

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО

ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ,
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

***ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ТА
ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ,
МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА
ОПТИМІЗАЦІЇ***

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ КОНФЕРЕНЦІЇ

ХІІ МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ УЧЕНИХ І СПЕЦІАЛІСТІВ
10-11 КВІТНЯ 2014 РОКУ

м. Кременчук, КрНУ, 2014

Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10-11 квітня 2014 р. – Кременчук, КрНУ, 2014. – 345 с.

ISSN 2079-5106

Науковий редактор

Чорний О.П., д.т.н., проф., директор Інституту електромеханіки енергозбереження і систем управління.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Бялобржеський О.В., к.т.н., доц.;

Гладир А.І., к.т.н., доц.;

Калінов А.П., к.т.н., доц.;

Коренькова Т.В., к.т.н., доц.;

Мамчур Д.Г., к.т.н., доц.;

Огар В.О., к.т.н., доц.;

Перекрест А.Л., к.т.н., доц.;

Прус В.В., к.т.н., доц.;

Родькін Д.Й., д.т.н., проф.;

Ромашихін Ю.В., к.т.н., доц.;

Сергієнко С.А., к.т.н., доц.

До збірника увійшли матеріали доповідей, представлених на XII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених і спеціалістів «Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації», яка організована та проведена Інститутом електромеханіки, енергозбереження і систем управління Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Збірник призначено для студентів, магістрів, аспірантів, здобувачів наукового ступеню, молодих науковців, фахівців з електротехніки, електромеханіки та автоматизації технологічних процесів та виробництв.

Представлено результати досліджень та розробок молодих учених із провідних технічних вузів та наукових закладів України (Вінниця, Донецьк, Дрогобич, Запоріжжя, Івано-Франківськ, Київ, Кіровоград, Комсомольськ, Краматорськ, Кременчук, Кривий Ріг, Луганськ, Львів, Суми, Харків), країн Росії, Республіки Білорусії, Словаччини, Марокко, Німеччини у напрямках: електромеханічні системи, моделювання та оптимізація; діагностика електромеханічних систем та енергоресурсозбереження; енергетика та енергетичні системи; автоматизація; електричні машини та апарати; інновації в освіті та виробництві; проблеми вищої школи; комп'ютерні технології в освіті та виробництві.

Затверджено науково-технічною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського (протокол №4 від 27.02.2014р.)

Редакційна рада:

Лещук О.Ю., Малякова М.С. – технічні редактори.

© Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

© Інститут електромеханіки, енергозбереження і систем управління, 2014 р.

ISSN 2079-5106

Адреса редакції: 39600, м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Інститут електромеханіки, енергозбереження і систем управління.
Телефон: (05366) 3-11-47. E-mail: esmo@kdu.edu.ua

MINISTRY OF EDUCATION, SCIENCE OF UKRAINE

KREMENCHUK MYKHAYLO OSTROGRADSKIY
NATIONAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF ELECTROMECHANICS,
ENERGYSAVING AND CONTROL SYSTEMS

***ELECTROMECHANICAL AND
ENERGY SYSTEMS,
MODELING AND OPTIMIZATION
METHODS***

CONFERENCE PROCEEDINGS

THE 12TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF STUDENTS AND YOUNG RESEARCHES
APRIL 10-11, 2014

Kremenchuk, KrNU, 2014

Electromechanical and Energy Systems, Modeling and Optimization Methods. Conference proceedings of the 12th International conference of students and young researches in Kremenchuk on April 10-11, 2014. – Kremenchuk, KrNU, 2014. – 345 p.

ISSN 2079-5106

Scientific editor

O. Chorny, Doctor of Sciences (Engineering), Professor, director of Institute of electromechanics, energy saving and control systems.

EDITORIAL BOARD

O. Byalobrezheskiy , Cand.Sc. (Eng.), Associate Professor;	A. Perekrest , Cand.Sc. (Eng.), Associate Professor;
A. Gladyr , Cand.Sc. (Eng.), Associate Professor;	V. Prus , Cand.Sc. (Eng.), Associate Professor;
A. Kalinov , Cand.Sc. (Eng.), Associate Professor;	D. Rodkin , Doct.Sc. (Eng.), Professor;
T. Korenkova , Cand.Sc. (Eng.), Associate Professor;	Y. Romashihin. , Cand.Sc. (Eng.), Associate Professor;
D. Mamchur , Cand.Sc. (Eng.), Associate Professor;	S. Sergienko , Cand.Sc. (Eng.), Associate Professor.
V. Ogar , Cand.Sc. (Eng.), Associate Professor;	

The conference proceedings include the reports presented in the 12th International conference of students and young researches «Electromechanical and Energy Systems, Modeling and Optimization Methods», which is organized and held by the Institute of Electromechanics, Energysaving and Control Systems of the Kremenchuk Mykhaylo Ostrogradskiy National University. The conference proceedings are intended for students, masters, post-graduates, competitors for science degree, beginners in science, professionals in electrotechnics, electromechanics and automation of technological processes and industries.

It is presented the results of research and developments of the beginners in science from leading technical higher learning and scientific institutions of Ukraine (Donetsk, Dragobych, Zaporizhzhia, Ivano-Frankivsk, Kharkiv, Kirovograd, Kramatorsk, Komsomolsk, Kremenchuk, Kryvyi Rig, Lugansk, Lviv, Sumi, Vinnytsia) and countries: Russia, Republic of Belarus, Slovak Republic, Morocc and Germany in the fields of: electromechanical systems, modeling and optimization methods; diagnosis of electromechanical systems, energy and resource saving; energetic and energy systems; automation; electric machinery and apparatus; innovations in education and production; problems of higher education; computer technologies in education and industry.

Approved by the Science and Technical Council of the Kremenchuk Mykhaylo Ostrogradskiy National University (record №4 from 27.02.2014)

Editing Committee:

O. Leshchuk, M. Maliakova – technical editors.

© Kremenchuk Mykhaylo Ostrogradskiy National University

© Institute of Electromechanics, Energy Saving and Control Systems, 2014

ISSN 2079-5106

Office address: Institute of Electromechanics, Energysaving and Control Systems, Kremenchuk Mykhaylo Ostrogradskiy National University, vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk.
Tel: +380536631147. E-mail: esmo@kdu.edu.ua

ЗМІСТ

МОЛОДИМ УЧЕНИМ – УЧАСНИКАМ КОНФЕРЕНЦІЇ	14
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ, МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ	
OVERVIEW OF STATIC DIODE MODEL FOR CIRCUIT SIMULATION <i>Dziak J., Tomčíková I.</i>	15
VERIFICATION OF DIELECTRIC CONSTANT USING COMSOL MULTIPHYSICS <i>Kováč D., Ocílka M.</i>	17
ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ЕНЕРГЕТИЧНИМ МЕТОДОМ <i>Базишин М.Ю.</i>	19
К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ <i>Бойко С.Н., Дяченко В.А.</i>	21
УПРАВЛЕНИЕ ПОЗИЦИОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С СИСТЕМОЙ НЕЧЕТКОЙ КОРРЕКЦИЕЙ СКОРОСТИ <i>Босак А.В., Петрученко А.О., Попова Е.А.</i>	23
ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ МОМЕНТОМ МАШИНИ ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ <i>Дорошенко А.Л., Шаповал І.А.</i>	25
ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА У ПЕРЕДПУСКОВОМУ ПЕРІОДІ У СКЛАДІ ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ВЕКТОРНИМ КЕРУВАННЯМ <i>Калінов А.П., Мельников В.О.</i>	27
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИРІВНЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ДВОДВИГУННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА З СИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ <i>Коваленко О.І., Романов В.Ю., Бердай Абдельмажид</i>	29
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕКСТРЕМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ТИПУ В ПАКЕТІ МАТЛАВ <i>Кулинич І. С., Конох І. С.</i>	31
ЦИФРОВИЙ ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИГНАЛІВ РЕГУЛЬОВАНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПОСТІЙНОГО ТА ЗМІННОГО СТРУМІВ <i>Кравець О.М., Калінов А.П., Шишков С.Ю., Яровий С.С., Каменцев Б.Б.</i>	33
МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА ПРОГРАМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РАБОТОЗДАТНОСТІ СХЕМИ БЛОКА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ РАДІОПРИЙМАЧІВ <i>Кравець М.В., Караєва Л.Б.</i>	35
ТОПОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ПОБУДОВИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ЗМІННОГО СТРУМУ <i>Кулагін Д.О.</i>	37
ВІРТУАЛЬНИЙ ПРИЛАД «СИСТЕМА ВЗАСМНОГО НАВАНТАЖЕННЯ МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ» <i>Нечитайло Є.В., Ломонос А.І., Мосюндз Д.А.</i>	39
АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МАЛОГО ПАРАМЕТРА В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ <i>Малякова М.С.</i>	41
ЕНЕРГЕТИЧНІ ПРОЦЕСИ В СИСТЕМІ З ВЕКТОРНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ДВИГУНА В РЕЖИМІ РЕКУПЕРАТИВНОГО ГАЛЬМУВАННЯ <i>Миколаєнко Ю.О.</i>	43
МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ГРАФІЧНОГО ЕКВАЛАЙЗЕРУ <i>Нагуляк С.А., Караєва Л.Б.</i>	45

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ БЕЗ ВИЛУЧЕННЯ ЇХ ІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ <i>Нестеров І.О., Калінов А.П.</i>	47
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ <i>Носуль Р.В.</i>	49
ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХКАНАЛЬНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДАЧИ С ТИПОВОЙ НАСТРОЙКОЙ КАНАЛОВ <i>Поленок В.В., Худяев А.А.</i>	51
АНАЛІЗ ТЕОРІЙ МИТТЄВОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ЗАДАЧ КОМПЕНСАЦІЇ НЕАКТИВНИХ СКЛАДОВИХ ТРИФАЗНИХ МЕРЕЖ ЖИВЛЕННЯ <i>Сергієнко С.А., Шейнога О.В.</i>	53
МОДЕЛЬ ОБМОТКИ ЗБУДЖЕННЯ СИНХРОННОГО ДВИГУНА В ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМАХ <i>Слободенюк Д.В.</i>	55
СТРУКТУРА ПАНЕЛІ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ РУДНИКОВОГО ЕЛЕКТРОВОЗУ <i>Сухоніс Т.Ю.</i>	57
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП <i>Токенов Н.П., Джаманбаев М.А.</i>	59
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ С ПОМОЩЬЮ СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ <i>Чермалых А.В., Затирка Ю.И., Доценко О.Б.</i>	61
АНАЛІЗ СПОСОБОВ КОНТРОЛЯ І ЗАЩИТЫ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ ШАХТНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ОТ ПРЕВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫ <i>Черная В.О., Федорова Я.В., Ханкишиева М.С.</i>	63
КОНЦЕПЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА <i>Бабенко В.О., Юхименко М.Ю.</i>	65
THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A THREE-PHASE POWER CONVERTER IN THE POWER ELECTRONICS AND ELEKTRIC DRIVES <i>Kovtun A., Yukhimenko M.</i>	67
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНВЕСРНОЇ УСТАНОВКИ ПРИ ВАРІАЦІЯХ МОМЕНТУ НАВАНТАЖЕННЯ <i>Бур'ян С.О., Наумчук Л.М.</i>	69
THE INFLUENCE OF PARAMETERS IRREGULARITY ON THE CHARACTERISTICS OF THE TRACTION ELECTRIC DRIVE OF THE ROLLING STOCK <i>Rosenko Zh., Artemenko A.</i>	71
МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ПЛАВНОГО ПУСКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ ГИДРОНАСОСА <i>Аксенов В.П., Шеремет А.И.</i>	73
СПОСІБ КЕРУВАННЯ МОДУЛЬНИМ БАГАТОРІВНЕВИМ ІНВЕРТОРОМ ПРИ РОБОТІ З НИЗЬКОЮ ВИХІДНОЮ ЧАСТОТОЮ <i>Козакевич І.А., Лисютенко І.Ю.</i>	75
СТРУКТУРА ЕНЕРГОНАБЛЮДАТЕЛЯ В СОСТАВЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА <i>Коренькова Т.В., Кравец А.М., Сердюк А.А., Бойко М.Б., Мокрий А.Ю.</i>	77
КОМПЕНСАЦІЯ ВПЛИВУ НЕСИМЕТРІЇ ОБМОТОК АСИНХРОННОГО ДВИГУНА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ВЕКТОРНИМ КЕРУВАННЯМ <i>Калінов А.П., Мельников В.О.</i>	79
МЕТОД КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ РЕЖИМОМ ТРЬОХФАЗНОЇ ДУГОВОЇ ПЕЧІ <i>Шокар'єв Д.А., Гула А.С.</i>	81

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗДАТЧИКОВОГО КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЇХ АНІЗОТРОПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ <i>Козакевич І.А.</i>	83
ВЫБОР ТИПА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛАБОРАТОРНОГО ОБРАЗЦА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ ДЛЯ УЧЕБНЫХ ЗАДАЧ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ <i>Гончар А.С.</i>	85
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С УЧЕТОМ ПОТЕРЬ В СТАЛИ <i>Ченчевой В.В.</i>	87
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОДУЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СИСТЕМ С ПОЛИГАРМОНИЧЕСКИМИ СИГНАЛАМИ <i>Красильникова Д.Ю., Кравец А.М., Коренькова Т.В.</i>	89
ФОРМИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ВИРТУАЛЬНОГО КОНСТРУКТОРА <i>Красильникова Д.Ю., Кравец А.М., Коренькова Т.В.</i>	91
СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИГОТОВЛЕННЯ СКЛОВОЛОКОННОЇ АРМАТУРИ <i>Лещук О.Ю., Гладир А.І., Мамчур Д.Г.</i>	93
АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТРАКОВОГО МЕХАНІЗМУ ПУЛТРУЗАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ <i>Лещук О.Ю., Гладир А.І.</i>	95
ПАРАМЕТРЫ ВЫНУЖДАЮЩЕЙ СИЛЫ ДВУХВАЛЬНОГО ДЕБАЛАНСНОГО ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯ ВИБРАЦИОННОЙ ПЛОЩАДКИ <i>Ноженко В.Ю.</i>	97
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ВИБРОУПЛОТНЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ <i>Ноженко В.Ю.</i>	100
СПОСОБ ОПИСАНИЯ РОСТА ПОТЕРЬ В СТАЛИ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ В РЕЖИМЕ ГЛУБОКОГО НАСЫЩЕНИЯ <i>Ченчевой В.В., Огарь В.О.</i>	102
ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ШАХТ <i>Синчук О.Н., Харитонов А.А.</i>	105
МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В СТАЛИ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ <i>Ченчевой В.В., Огарь В.О.</i>	107
СОЗДАНИЕ САЙТОВ НАУЧНЫХ ЖУРНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАТФОРМЫ WORDPRESS <i>Чистяков П.Р., Перекрест А.Л.</i>	109
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ПРОВОДА ПРИ ПЛЯСКЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ <i>Токенов Н.П., Джаманбаев М.А.</i>	112
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ <i>Ковальчук В.Г., Коренькова Т.В.</i>	114
ДІАГНОСТИКА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	
ФОРМИРОВАНИЕ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ УРАВНЕНИЙ ПО РАЗЛОЖЕНИЯМ СИГНАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА НА ПРОИЗВОЛЬНОМ УЧАСТКЕ <i>Мошковский В.Ю., Ромашихин Ю.В.</i>	116
ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ШАХТ КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНУ <i>Петриченко А.А.</i>	118

ВОЗМОЖНОСТЬ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПСЕВДОСИГНАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА <i>Потапов А.Л., Ромашихин Ю.В.</i>	120
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПП-СИГНАЛОВ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ <i>Потапов А.Л., Ромашихин Ю.В.</i>	122
СИСТЕМА КОМБІНОВАНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ В АСИНХРОННОМУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІ <i>Приймак Б.І., Шимко О.Є.</i>	124
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЯГОВОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ШАХТНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА <i>Сменова Л.В.</i>	126
ДИАГНОСТИКА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИБРОМОЩНОСТИ <i>Браташ О.В., Калинов А.П.</i>	128
THE POSSIBILITIES OF ENERGY METHOD APPLICATION FOR IDENTIFICATION OF THE ELECTROMAGNETIC PARAMETERS OF DOUBLE SQUIRREL CAGE ROTOR INDUCTION MOTORS <i>Rudenko N., Romashykhin Yu.</i>	130
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ПЕРЕМЕННОМ ГРАФИКЕ НАГРУЗКИ <i>Алексеева Ю.А.</i>	132
ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ НАСОСУ <i>Бур'ян С.О., Боднар Д.О.</i>	134
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МИТТЄВОЇ ПОТУЖНОСТІ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ ВЕНТИЛЬНО-ІНДУКТОРНОГО ДВИГУНА <i>Істоміна Н.М.</i>	136
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОЧАСТОТНОГО ПСЕВДОИСТОЧНИКА <i>Резник Д.В., Ромашихин Ю.В.</i>	138
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ ПРИ ПОМОЩИ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ С СОХРАНЕНИЕМ ФОРМЫ ВЫХОДНЫХ СИГНАЛОВ <i>Конох И.С., Найда В.В.</i>	140
ELECTROMAGNETIC PARAMETERS DETERMINATION METHOD FOR DOUBLE CAGE INDUCTION MOTORS <i>Rudenko N., Romashykhin Yu.</i>	142
ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ	
WIND ENERGY IN KOŠICE REGION – MEASUREMENT AND EVALUATION <i>Вацько М.</i>	144
NANOTECHNOLOGY IN ELECTROTECHNICS <i>Hodulíková A., Mako R.</i>	146
К ЗАДАЧЕ СОЗДАНИЯ ТОПОЧНОГО АГРЕГАТА С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ <i>Л. Г. Бойко, А. Е. Гуденко</i>	148
К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОПИСАНИЮ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ <i>Карайбида Т.В., Перекрест А.Л., Волжан М.Н.</i>	150

УСЛОВИЯ ГАРАНТИРОВАННОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА АВТОНОМНОЙ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ <i>Коека Т.Н., Зачепа Ю.В.</i>	152
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЯГОВОГО КОМПЛЕКСУ МАГІСТРАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОВОЗУ <i>Курись Л.В.</i>	155
АНАЛІЗ СТРУКТУР ГАЗОПОРШНЕВИХ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК СЕРЕДНЬОЇ ПОТУЖНОСТІ <i>Лазаренко Н.Г., Оганесян В.О.</i>	157
ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГОСМНОСТІ НАКОПИЧУВАЧА ПРИ ВИНИКНЕННІ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ В СИСТЕМІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕТРОПОЛІТЕНУ <i>Сулим А.О., Ломонос А.І.</i>	159
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ С АСИНХРОННЫМ ГЕНЕРАТОРОМ <i>Нетесаный А.П., Зачепа Ю.В.</i>	161
ВОЗМОЖНОСТЬ СОЗДАНИЯ МЕХАНИЗМА РАСЧЕТА ПЛАТЫ ЗА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ МГНОВЕННОЙ МОЩНОСТИ <i>Никитина А.В., Богодист Ф.Е.</i>	163
АНАЛІЗ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ ЧЕРЕЗ ВІКОННІ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ <i>Романенко С.С., Карайбіда Т.В.</i>	165
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ С ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТ <i>Федоров А.Ю.</i>	167
ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИЛОВОГО АКТИВНОГО ФІЛЬТРА ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ПОТУЖНОСТІ НЕСИМЕТРІЇ <i>Качалка В.Ю., Герасименко Р.В.</i>	169
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ҐРУНТОВОГО ТЕПЛОВОГО АКУМУЛЯТОРА ТА СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ У СИСТЕМІ ОПАЛЕННЯ БУДІВЛІ <i>Баганов Є.О., Овчаренко М.В.</i>	171
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЯ <i>Волжан М.Н., Романенко С.С.</i>	172
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТИПОВЫХ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ <i>Мосюндз Д.А.</i>	174
IDENTIFICATION OF NONLINEARITIES BY POWER METHOD <i>Mosyundz D.</i>	177
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ВОДОСБОРНИКОВ КАРЬЕРА КАК РЕЗЕРВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ <i>Романец Д.В.</i>	179
СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ВЕЛИЧИНАМИ ТОКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ <i>Калмыкова А.И., Наумов О.Е.</i>	181
ФОРМУВАННЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ЗАЛІЗОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ <i>Ялова О.М., Бауліна М.А.</i>	183
АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПОЛІПШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ <i>Калінов А.П., Сергієнко С.А., Хребтова Т.О., Шейнога О.В.</i>	184
ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИ РАЗВИТИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТРУБОПРОВОДНОЙ СЕТИ <i>Коренькова Т.В., Сердюк А.А., Ковальчук В.Г.</i>	186

ОПТИМІЗАЦІЯ РУХУ ЕЛЕКТРОПОТЯГУ МЕТРОПОЛІТЕНУ ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМАЛЬНИХ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ІЗ МЕРЕЖІ <i>Микитенко Н.М., Ломонос А.І., Сулим А.О.</i>	188
КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СВІТЛОДІОДНИХ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ЛАМП <i>Лежук О.Ю., Загорулько В.В., Гладир А. І., Шокур В.О.</i>	190
РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ РЕКУПЕРАТИВНОГО ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ПОВІТРЯНИХ ПОТОКІВ <i>Довбиш А.О., Молодика І.С.</i>	192
МОНІТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ СИСТЕМ ОТДАЛЕННЫХ ЗДАНИЙ <i>Масливец А.В., Перекрест А.Л.</i>	195
АВТОМАТИЗАЦІЯ	
ПАРАМЕТРИ ТЕПЛОВОЇ РОБОТИ ВОДООХОЛОДЖУВАЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ ЯК ДЖЕРЕЛО ІНФОРМАЦІЇ ПРО ХІД КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕСУ <i>Богушевський В.С., Скачок О.Е., Сухенко В.Ю., Забайрацький М.І.</i>	197
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ <i>Горкунов Б.М., Львов С.Г., Тищенко А.А., Горкунова И.Б.</i>	199
АСУ КИСНЕВО-КОНВЕРТЕРНИМ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА СТАЛІ У ЗАМКНЕНОМУ РЕЖИМІ <i>Жук С.В.</i>	200
ФОРМУВАННЯ СИГНАЛІВ ПЕРІОДІВ КИСНЕВО-КОНВЕРТЕРНОЇ ПЛАВКИ <i>Жук С.В., Капусняк О.О., Бондаренко Є.К.</i>	202
МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРИ КОНВЕРТЕРНОЇ ВАННИ <i>Жук С.В., Грабівський К.П., Стецьук А.І.</i>	204
DEVELOPMENT OF RESEARCH COMPLEX FOR STUDY THE PRINCIPLES OF MANUFACTURING PROCESS AUTOMATION USING ZENON SCADA SYSTEM <i>Koval I.</i>	206
ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ, ЗАСОБІВ ВИМІРУ Й СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ В СУЧАСНИЙ ВЕНТИЛЯЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС <i>Сукач С.В., Кобилянський М.А., Мірошніченко В.А.</i>	208
НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРЕСС-ФОРМЫ <i>Богушевський В.С., Самарай Р.В.</i>	210
РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДУТТЯ В ДВОХ'ЯРУСНИХ ФУРМАХ <i>Сергеева К.О.</i>	212
ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ РОБОТІВ НА УМОВИ ЗАХОПЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ <i>Павленко І.І., Годунко М.О.</i>	213
DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED COMPLEX OF TEMPERATURE STABILIZATION HEATING IN THE DWELLING <i>Tkachenko Yu., Romashykhin Yu., Boyko L.</i>	215
АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕПЛОВОГО ПУНКТУ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ НА БАЗІ ПРОГРАМНО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА SEGNETICS <i>Романенко С.С., Юшко Д.С.</i>	217
АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКАМИ И ПОТРЕБИТЕЛЯМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗДАНИЯ <i>Колот М.А., Левшов А.В., Коротков А.В.</i>	219
РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РУШАННЯ МЕХАНІЗМУ ПІДЙМАННЯ ЗАТВОРУ ЗЛИВНОЇ ГРЕБЛІ <i>Хребтова О.А., Манько Р.М., Христовий Б.А.</i>	221

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ МАШИНОЮ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ <i>Богушевський В.С., Антоневиц Я.К., Антоневиц О.О.</i>	223
УПРАВЛІННЯ КИСНЕВО-КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕСУ НЕЧІТКИМ РЕГУЛЯТОРОМ В РЕЖИМІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ <i>Богушевський В.С., Зубова К.М.</i>	225
АДАПТИВНЕ УПРАВЛІННЯ РЕЛЕЙНИМ РЕГУЛЯТОРОМ СТРУМУ ОДНОФАЗНОГО СИЛОВОГО АКТИВНОГО ФІЛЬТРУ <i>Власенко Р.В.</i>	227
МОДЕРНИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧЕКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ <i>Лещук А.Ю., Гладырь А.И.</i>	229
АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРРЕКТИРОВКИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИЗДЕЛИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ <i>Лещук А.Ю., Гладырь А.И.</i>	231
СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВІТРОГЕНЕРУЮЧИМ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ З ВЕКТОРНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ <i>Бондаренко Ю.О.</i>	233
ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ТА АПАРАТИ	
МАГНІТНА СИСТЕМА БАРАБАННОГО СЕПАРАТОРА З РІВНОМІРНИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ НА ПОВЕРХНІ ОБИЧАЙКИ <i>Гудь В.М.</i>	235
АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТРУМУ НУЛЬОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ <i>Козакевич І.А., Саприкін Є.Д.</i>	237
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ПІДКЛЮЧЕННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ДО МЕРЕЖІ ЖИВЛЕННЯ <i>Колотило І.А.</i>	239
ОЦЕНКА ПРЕДЛОЖЕННЫХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ МАССОГАБАРИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИЙ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ <i>Минко А.Н., Шевченко В.В.</i>	241
DEVELOPMENT OF MOTOR-GENERATOR FOR A HIGH-EFFECTIVE FLYWHEEL ENERGY STORAGE SYSTEM <i>Mosiundz A.</i>	243
АНАЛІЗ СТРУКТУРНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПОЛИГРАДИЕНТНЫХ МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ <i>Шведчикова И.А., Романченко Ю.А.</i>	245
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НАРУЖНОГО МАСЛОУЛОВИТЕЛЯ ДЛЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ <i>Минко А.Н.</i>	247
ОБЛАСТЬ ІСНУВАННЯ КЛАСУ УНІВЕРСАЛЬНИХ КОЛЕКТОРНИХ ДВИГУНІВ ДЛЯ ПЕРФОРАТОРІВ <i>Ємець В.І., Шиманська А.А.</i>	249
СИСТЕМА КЕРУВАННЯ КРОКОВИМ ДВИГУНОМ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКРОКОВОГО ДРАЙВЕРА ТА МІКРОКОНТРОЛЕРА <i>Ковальчук А.І., Романчук Ю.І., Хай В.М.</i>	251
СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТЯГОВИМ ЕЛЕКТРО ТЕХНІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ ЗА МІНІМУМОМ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ <i>Приходько В.О., Лосіна К.І.</i>	253

МОДЕЛЬ НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОХЛАЖДЕНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН <i>Носач Е.В., Мирошниченко В.А.</i>	255
STUDY THE PARAMETERS OF ELECTROMAGNETS MODIFIED STRUCTURES IN THE MAGNETIC SUSPENSION <i>Kuksa O.</i>	257
ІННОВАЦІЇ В ОСВІТІ ТА ВИРОБНИЦТВІ, ПРОБЛЕМИ ВИЩОЇ ШКОЛИ.	
TEACH-ROBOT MEEHATRONIC SYSTEM AND ALGORITHM FOR ITS CONTROL BY SPEECH <i>Вицько R.</i>	259
РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ З ДИСЦИПЛІНИ «СУЧАСНА ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ» <i>Шишковська О.С., Молодика І.С.</i>	261
УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ЛАБОРАТОРИЙ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОСНОВАННОЙ ФИТОСРЕДЫ <i>Ноженко В.Ю., Бойко Л.Г., Юдина Г.Г.</i>	263
ДО 200-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ Т.Г. ШЕВЧЕНКА <i>Гордієнко Н.О., Алексєєва Ю.О.</i>	266
ТЕРМОСТАТ НА ЕЛЕМЕНТАХ ПЕЛЬТЬЄ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З ДИСЦИПЛІНИ „НЕТРАДИЦІЙНА ЕНЕРГЕТИКА ТА АКУМУЛЮВАННЯ” <i>Андронова О.В., Курак В.В., Борохович С.І.</i>	268
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗАСВОЄННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ТЕХНІЧНИХ ФАХІВЦІВ <i>Лісняк А.С., Коваль Т.П.</i>	269
СТРУКТУРА ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ З ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ <i>Романенко С.С., Огарь В.О.</i>	271
КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ВИРОБНИЦТВІ, ЛАБОРАТОРНЕ ОБЛАДНАННЯ.	
PROGRAM ANALYSES FOR READING VALUES OF THE MEASURING DEVICE USING WEB CAMERA <i>Носко Р., Vince T.</i>	273
РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЦИФРОВОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ SMT-ТЕХНОЛОГІЇ <i>Бибик О.М., Караєва Л.Б.</i>	275
ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ПРИ ОЦЕНКЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СЕРВИСА <i>Бугро Н.С.</i>	276
ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЇ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРИТОЧНОЮ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ <i>Гинькут О.В., Конох І.С.</i>	277
РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОННОГО СВІТЛОДІОДНОГО ІНДІКАТОРА З ЗАСТОСУВАННЯМ SMT-ТЕХНОЛОГІЇ <i>Маліновський С.В., Караєва Л.Б.</i>	279
КОМП'ЮТЕРІЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПУСКОВИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ <i>Тіщенко О.О.</i>	281
КОМП'ЮТЕРІЗОВАНИЙ ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ НЕПРЯМОГО ПУСКУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА <i>Ганжа М.О., Артеменко А.М.</i>	283
ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ <i>Нестеров І.О., Кабаковський Р.Ю., Сиротін Я.В.</i>	285
EXPERIMENTAL SMALL-SIZED RASPBERRY PI BASED MODEL OF THE RADIO CONTROLLED CAR WITH DC MOTOR CONTROL SYSTEM <i>Usenko M.A., Kravchenko O.S.</i>	287

РОЗРАХУНОК РЕГУЛЯТОРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА В МАТЛАВ <i>Мошноріз М.М., Базалійський Д.В.</i>	289
МЕТОД ПОШУКУ КОНТРОЛЬНИХ ТОЧОК НА ЦИФРОВИХ ФОТОЗНІМКАХ ПРИ ГЕНЕРАЦІЇ ПАНОРАМ <i>Пожар Я.А., Костенко П.П.</i>	291
РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПРИМІЩЕННЯ НА БАЗІ ПЛАТФОРМИ ARDUINO <i>Чабан С.А., Найда В.В.</i>	292
НАВЧАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ТЕОРІЇ ЦИФРОВИХ АВТОМАТІВ <i>Москаленко М.С., Резнік О.А.</i>	294
ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ХАРАКТЕРИСТИК СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАТЧИКА ПОЛОЖЕНИЯ РОТОРА <i>Торопов А.В., Великий С.С., Романенко А.С.</i>	296
ANALOGUE PULSE GENERATOR FOR MULTI-LEG BOOST CONVERTER <i>Perduľak J., Kováč D.</i>	298
ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПОШУКУ ДІЙСНОГО МАКСИМУМУ ІНТЕНСИВНОСТІ ФЛЮОРЕСЦЕНТНОГО СИГНАЛУ <i>Халімовський О.М., Афійчук О.І.</i>	300
<i>Список авторів</i>	302
<i>Анотації</i>	305

МОЛОДИМ УЧЕНИМ – УЧАСНИКАМ КОНФЕРЕНЦІЇ

Щорічна Всеукраїнська конференція молодих учених та спеціалістів «Електромеханічні системи, методи моделювання та оптимізації» була започаткована 2002 року як факультетський науково-технічний захід, але поступово набула міжнародного масштабу й з часом стала візитною карткою Інституту електромеханіки, енергозбереження та систем управління (ІЕЕСУ).

Конференція – помітна подія, що сприяє розвитку науково-дослідної роботи аспірантів, студентів, розширенню спектра досліджень, росту їхньої ефективності, більш широкому залученню студентства до наукової творчості. Програмний комітет конференції очолюють відомі вчені країни: член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, заслужений діяч науки і техніки України, д.т.н., професор, завідувач кафедри електричних машин і апаратів, ректор Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського М. В. Загірняк, д.т.н., професор, завідувач кафедри електромеханіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» В. Ф. Шинкаренко.

Цього року вперше ми проводимо нашу конференцію спільно з колегами Карагандинського державного індустріального інституту (м. Теміртау, Казахстан) через мережу Internet. Учасники конференції в on-line зможуть прийняти участь в обговоренні представлених доповідей.

У роботі конференції взяли участь представники 21 вищих навчальних закладів України, країн Центральної та Східної Європи, Африки: Чехія, Словаччина, Польща, Білорусь, Казахстан, Марокко та промислових підприємств, які надали 145 робіт з досліджень в електромеханічних системах технологічних комплексів, моделювання, автоматизації, оптимізації та енергоресурсозбереження, діагностики та електротехнічного обладнання, дослідження в енергетичних системах, електричних машинах та апаратах, з проблем вищої освіти.

Уже традиційною стала практика проведення стендових доповідей та конкурсу на кращу доповідь у номінаціях: краща технічна розробка, високий рівень теоретичних досліджень, оригінальний підхід при розв'язанні наукових задач тощо. Невипадковою є широка участь представників промисловості кременчуцького регіону.

Електронна версія збірника матеріалів конференції розміщена на сайті esto.kdu.edu.ua і містить не тільки тези доповідей, але й знайомить з Кременчуцьким національним університетом імені Михайла Остроградського та кафедрами ІЕЕСУ.

Оргкомітет конференції висловлює подяку всім, хто брав участь у конференції.

Бажаємо подальших успіхів та наполегливості у нелегкому, але важливому процесі становлення молодого вченого.

*Голова організаційного комітету,
директор ІЕЕСУ*

О.П. Чорний

OVERVIEW OF STATIC DIODE MODEL FOR CIRCUIT SIMULATION

Dziak J., Ing., Tomčková I., Doc.

Technical University of Košice

Park Komenského 3, 042 00 Košice, Slovakia, e-mail: jozef.dziak@tuke.sk

Introduction. Theoretical Electrical Engineering and electronic components theory knows plenty of semiconductor diodes models: from basic model called ideal diode to complex physical models describing PN junction. We want to find suitable models for circuit simulation especially for circuit simulation using Sparse Tableau Analysis. We are looking for models consisting of ideal circuit (linear and nonlinear) elements.

Aim of the research. There are 2 ways of creating the nonlinear elements replacement model. The first way is to create a piecewise linear model and second way is to create an analytical model of element. We describe both ways of creating a recorded semiconductor diode model in this paper.

Experimental part and result obtained. PN junction is a fundamental part of any semiconductor diode. Therefore simulate diode really means simulate a PN junction. PN junction is a junction between the P-type semiconductor and N-type semiconductor (Figure 1). Real diode consists of part of the P-type and N-type of the same semiconductor material. They are used 3 types of semiconductors for the construction of diodes: Germanium (Ge diodes), Silicon (Si diodes) and Gallium-Arsenide (GaAs).

PN junction has two statuses: forward biased PN junction and reverse biased PN junction. Voltage polarity of diode determines PN junction status. Status PN junction is forward biased when will be the positive difference of electrical potential between the anode and cathode and conversely. [1]

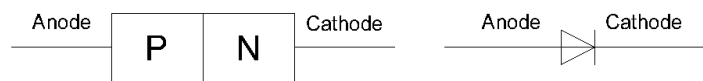


Figure 1 – PN Junction and circuit symbol of semiconductor diode.

Piecewise linear model consist of ideal linear elements only. Element called Ideal Diode (hereinafter ID) is necessary element for creating piecewise linear model. For negative voltage polarity between the anode and cathode of ID applies (1) and for positive voltage polarity between the anode and cathode of ID applies (2). Circuit symbol and I-U characteristic of ideal diode is shown in Figure 2 case a) [1].

$$u_{ID} < 0 \quad i_{ID} = 0; \tag{1}$$

$$u_{ID} = 0 \quad i_{ID} > 0. \tag{2}$$

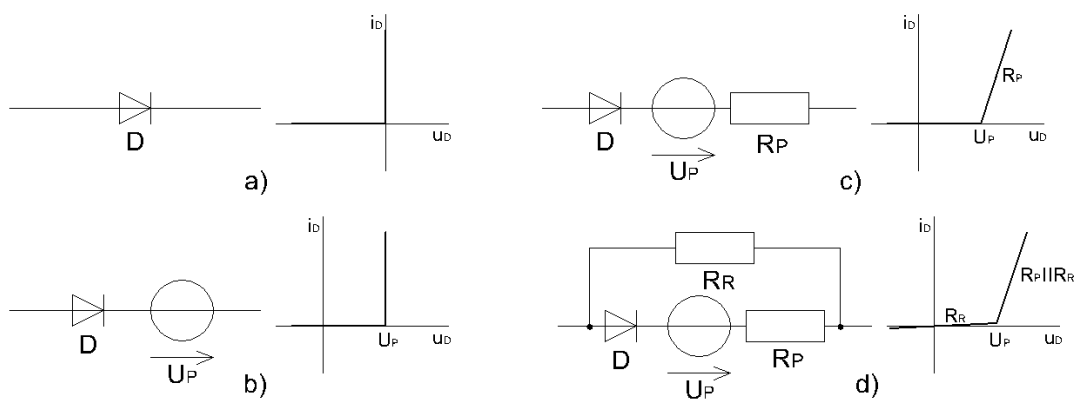


Figure 2 – a) Ideal diode b) c) d) Basic piecewise linear diode models.

If we want to creating diode piecewise linear model we must replace nonlinear characteristic by mathematical model with reasonable accuracy. Diode characteristic is divided into several parts and each part is approximated by linear function. Connection of ideal linear elements and ideal diode (diodes) represents this mathematical model.

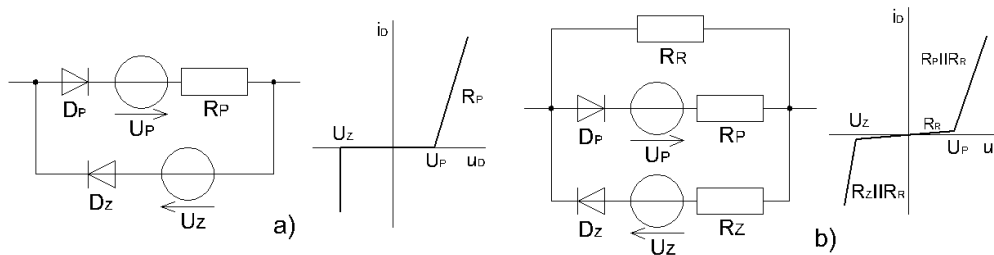


Figure 3 – Piecewise linear models with more detailed reverse biased diode status.

Basic piecewise linear diode models with characteristics are shown in Figure 2 cases b), c) and d). These models are suitable for forward biased diode simulation. For reverse biased diode simulation we can use models with more detailed reverse biased diode status (Figure 3 case a) and b). If necessary to achieve greater accuracy we can use detailed piecewise linear diode model (shown in Figure 4 case a). For finding values of resistors $R_1 - R_n$ in characteristic of this model applies (3).

$$R_n = \frac{1}{\frac{1}{R_{Pn}} - \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{R_{Pi}} - \frac{1}{R_R}} \cdot \quad (3)$$

To create an analytical model, we use a nonlinear resistor $R_D(u)$. For current flowing through this nonlinear element applies (4). I_s is saturation current, n is material constant and for voltage U_T applies (5), where k is Boltzmann constant, T is temperature in Kelvin and q is elementary charge.

$$i_D = I_s \left(e^{\frac{u_D}{nU_T}} - 1 \right); \quad (4)$$

$$U_T = \frac{kT}{q}. \quad (5)$$

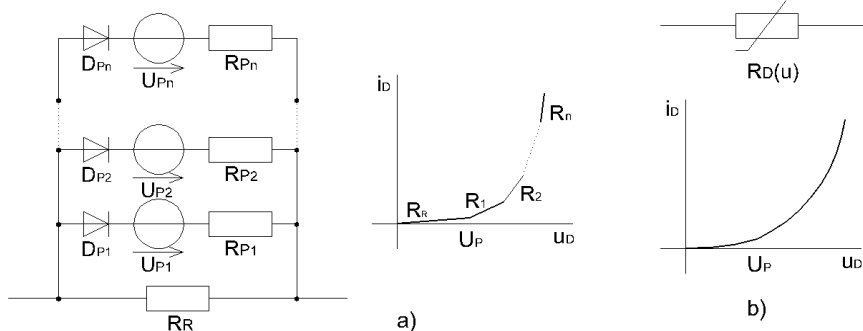


Figure 4 – a) Detailed piecewise linear diode model and b) analytical diode model

Conclusions. Both models can be used for the purposes of circuit simulation. Generally, for modeling two rules apply. Simulation uses the simplest possible model and uses model with sufficient accuracy. We use the basic piecewise linear diode models to achieve a low accuracy and we use detailed piecewise linear model or analytical model to achieve high accuracy.

ACKNOWLEDGEMENT.



Volkswagen Slovakia Foundation, grant no. 041/13_RT – Fast charger for electromobiles based upon the principle of directed energy transfer by air.

REFERENCES

1. Michaeli L. Electrical elements and circuits. Košice: 2012. ISBN 978-80-8086-195-7
2. Najm F. N. Circuit Simulation, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, United States of America, 2010, ISBN 978-0-470-53871-5
3. Kouřil F., Vrba K. Non-linear and parametric circuits, SNTL, Prague, Czechoslovakia, 1988, ISBN 0-85312-606-2

VERIFICATION OF DIELECTRIC CONSTANT USING COMSOL MULTIPHYSICS

Kováč D., Prof. Ing. PhD., Ocilka M., Ing., post-grad.

Dept. of Theoretical and Industrial Electrical Engineering, Technical University of Košice

Park Komenského 3, 042 00 Košice, Slovakia, e-mail: matus.ocilka@tuke.sk

Introduction. The aim of this paper is experimental measurement of the capacity and estimating relative permittivity of unknown material using laboratory measurement system and comparing results with simulation model created in COMSOL Multiphysics. Dielectric constant is a ratio of the electric field strength in vacuum to the electric field strength with medium. Dielectric constant also called relative permittivity is defined as a ratio of capacity of capacitor with dielectric to capacity of vacuum capacitor or with capacitor with air gap. A capacitor filled with a dielectric material has a real capacitance ϵ_r times greater than would have a capacitor with the same electrodes in vacuum. In this paper the laboratory measurement system for measuring dielectric constant is introduced. This system is in fact plate capacitor which allows to measure dielectric specimen is in form of thin sheet. In our case, as a reference specimen thin plastic sheet made of polypropylene (PP) was chosen with relative permittivity $\epsilon_r=2.3$ [1], [2], [3].

Aim of the research. Mathematical modeling of electromechanical systems using COMSOL Multiphysics.

Experimental part and result obtained. The measurement system is shown in the Fig.1. It consists of two aluminum electrodes. Between the electrodes measured specimen is located. To ensure the distance between the electrodes is the same as the thickness of specimen; electrodes are set between two plates which are tightened with four bolts. Both electrodes should be placed right opposite each other. To ensure the plates and electrodes remains in its place two pins are used. Whole measurement system is described by following parameters. a_w is width of plate[mm], a_h is height of plate [mm], b_w is width of electrode [mm], b_h expresses the height of electrode [mm], b_t is thickness of electrode [mm], and t is thickness of specimen[mm].

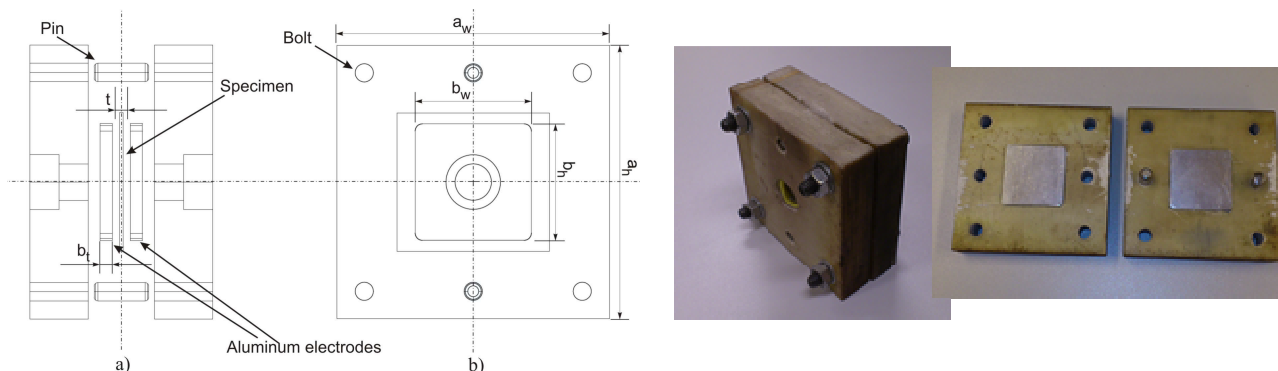


Figure 1 – Measurement system

Model of system – plate capacitor: Model of measurement system (plate capacitor) is created in COMSOL Multiphysics software in AC/DC module (Fig.2). COMSOL Multiphysics is software package that solves systems of coupled three-dimensional partial differential equations. This software can be used to model different physical phenomena including electromagnetics. It uses the finite element method of solution and can model the complex problems, geometries or material properties in 2D or 3D representation for better understanding some phenomena. This model is simplified and consists only of electrodes and specimen that are placed in air domain [4], [5].

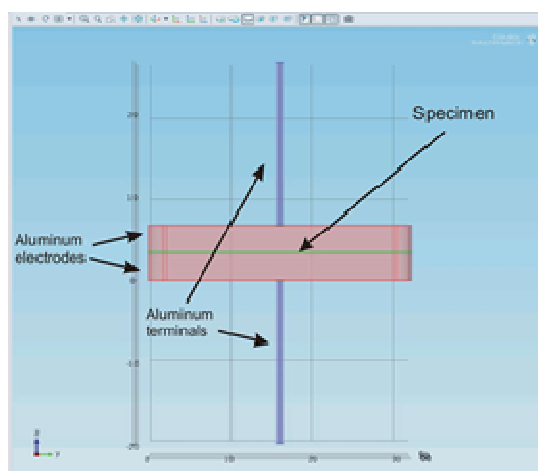


Figure 2 – Model of measurement system in COMSOL Multiphysics

Simulation results: For simulation the model shown in Fig.2 was used. As the material of electrodes aluminum and as the dielectric material PP with relative permittivity $\epsilon_r = 2.3$ was selected. Problem was solved as electrostatic problem. Very important parameter of simulation is a mesh. Proper size and shape of mesh elements influences the accuracy of solution; the finer the mesh elements, the better the solution accuracy.

Simulation parameters: The simulation took 48s and capacitance calculated by software is $C_{simPP} = 210.6$ pF.

Measurement results with PP specimen: The measurement system depicted in Fig.1 was used and measurements were made using LCR bridge Hameg HM8118 with basic accuracy 0.05% (Fig.5). The thickness of used PP sheet was 0.05mm and in measurement two pieces of specimen were used. The measured values are listed in table below.

Table 1 – Measurement results

	Capacitance		Dielectric constant		t[°C]
	20Hz	60Hz	20[Hz]	60[Hz]	
1.	1.94E-10	1.93E-10	2.141	2.131	20
2.	1.90E-10	1.89E-10	2.106	2.095	20
3.	1.94E-10	1.92E-10	2.144	2.128	20
4.	1.90E-10	1.89E-10	2.105	2.093	20
5.	1.91E-10	1.90E-10	2.116	2.103	20
6.	1.90E-10	1.88E-10	2.097	2.075	20
7.	1.91E-10	1.90E-10	2.114	2.100	20
8.	1.90E-10	1.89E-10	2.105	2.090	20
9.	1.90E-10	1.90E-10	2.106	2.103	20
10.	1.90E-10	1.90E-10	2.105	2.103	20
Average:	1.91E-10	1.9E-10	2.114	2.102	

Conclusions. The experimental results show that relative permittivity of PP differs (8.1%) from permittivity stated in literature. This can be caused by various factors including temperature, frequency, density or age of particular specimen. There are other factors which can also influence the accuracy of measurement, e.g. accuracy of LCR Bridge or accuracy during fabrication of measurement system (poor contact of electrodes or electrodes can be slightly shifted from each other causing lesser contact area). We can assume that the average value of relative permittivity (in this case) and the capacity of capacitor filled with this unknown material may differ from real value with relative deviation of 8,1%. This system allows measuring of capacitance of plate capacitor filled with thin dielectric sheet with good accuracy. Together with finite elements method of solution this system can be used in educational process for students to better understand the phenomenon of electromagnetism and for practical experiments.

ACKNOWLEDGEMENT

The paper has been prepared under support of Slovak grant projects KEGA No. 005TUKÉ-4/2012.



Volkswagen Slovakia Foundation, grant no. 041/13_RT – Fast charger for electromobiles based upon the principle of directed energy transfer by air.

REFERENCES

1. Lide David R., CRC Handbook of Chemistry and Physics, 88th edition, 2007-2008
2. National Physical Laboratory Kaye and Laby, Tables of Physical and Chemical Constants, 2013
3. Zeus Technical Whitepaper, Dielectric properties of polymers, Zeus Industrial Products, Inc., 2005
4. Kováč D., Ocilka M., Vansáč M., Calculating of inductance of spiral coil using comsol multiphysics In: Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods : conference proceedings : the 10th international conference of students and young researchers : March 28-29, 2012, Kremenchuk. – Kremenchuk : Mykhailo Ostrohradskyi National University, 2012 P. 89-90. – ISSN 2079-5106.
5. Kováč D., Ocilka M., Shutka O., Calculation of inductance of double-layer planar spiral coil using COMSOL Multiphysics, 1 elektronický optický disk (CD-ROM), In: SCYR 2012 : proceedings from conference : 12th Scientific Conference of Young Researchers : May 15th, 2012, Herľany, Slovakia. – Košice: TU , 2012 S. 247-249. - ISBN 978-80-553-0943-9.

**ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ
ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ
ЕНЕРГЕТИЧНИМ МЕТОДОМ***

М. Ю. Базишин, асп.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Україна, 39600, e-mail: bazyshyn.m.y@gmail.com

Вступ. Найбільш розповсюдженими в промисловості є асинхронні двигуни (АД) загального призначення. Незважаючи на свою надійність, АД все ж виходять з ладу. Причини цього можуть різнитися від фізичного старіння до недотримання умов експлуатації. Зазвичай двигуни після виходу з ладу поступають в електроремонтні цехи або підприємства. В рік ремонтується близько 20-30 % від загальної кількості АД, які потім повертаються на попереднє місце використання до наступного виходу з ладу. Неодноразове виконання ремонтних операцій значно погіршують експлуатаційні характеристики АД, котрі перестають задовольняти умовам технологічного процесу, що приводить до необхідності ідентифікувати параметри АД для після ремонтної паспортизації.

Незважаючи на всю різноманітність методів ідентифікації параметрів АД, більшість з них базується на аналізі перехідних процесів, які виникають в результаті зміни їх електромагнітного стану. З загальної маси можна виділити частотний метод [1], який оснований на використанні полігармонічного живлення та аналізі енергетичних процесів з використанням апарату миттєвої потужності. При формуванні відповідних впливів на вході системи (заступної схеми) можна отримати відклик від кожного окремо взятого елемента.

Мета роботи. Автоматизація пошуку параметрів заступної схеми асинхронного двигуна на основі балансу миттєвої потужності.

Матеріал і результати дослідження. В основі ідентифікації параметрів АД лежить метод аналізу балансу миттєвої потужності на джерелі та її розподіл між обмотками статора та ротора і магнітним потоком між ними. Ідея полягає в використанні математичних моделей, на яких досліджується розподіл потужності на елементах заступних схем. Система рівнянь складається за принципом рівності складових гармонік миттєвої потужності джерела полігармонічної напруги та складових гармонік миттєвої потужності елементів схеми заміщення.

Для несунусоїдних сигналів миттєва потужність визначається залежністю $p(t) = u(t)i(t)$ і містить суму постійної, косинусних і синусних складових [3]:

$$p(t) = u(t)i(t) = \sum_{m=1}^M U_m \cos(m\Omega t) \sum_{n=1}^N I_n \cos(n\Omega t) = P_{0\Sigma} + \sum_{k=1}^K P_{ka} \cos(k\Omega t) + \sum_{k=1}^K P_{kb} \sin(k\Omega t), \quad (1)$$

де Ω – кругова частота гармоніки; U_m – амплітудне значення напруги; m – номер гармоніки напруги; M – число гармоніки напруги; I_n – амплітудне значення струму; n – номер гармоніки струму; N – число гармонік струму; $P_{0\Sigma}$ – сумарна постійна складова миттєвої потужності; P_{ka} – косинусна складова миттєвої потужності; P_{kb} – синусна складова миттєвої потужності; k – номер гармоніки потужності ($k = |m \pm n|$); K – число складових потужностей.

З закону збереження енергії виходить, що значення миттєвої потужності на джерелі дорівнює сумі миттєвих потужностей складових частин на елементах електричної схеми. При аналізі енергетичних процесів сигнал миттєвої потужності розкладається в гармонічний ряд Фур'є. Використання складових миттєвої потужності для складання рівняння балансу потужностей дозволяє визначати електромагнітні параметри АД. Метод енергодіагностики базується на використанні повних рівнянь миттєвої потужності [3].

Невирішеною проблемою залишається автоматизація ідентифікації параметрів та створення інформаційних інтелектуальних технологій, які забезпечать побудову автоматизованих діагностичних комплексів.

Проблеми автоматизації процедури ідентифікації параметрів полягають в наступному:

- значній долі ручної праці, яка проявляється в формуванні рівнянь енергетичного балансу, виконанні тригонометричних перетворень, виділенні косинусних та синусних складових кожної гармоніки, згрупуванні отриманих частини, розрахунки параметрів заступної схеми;
- громіздкому математичному апараті;
- при зміні гармонічного складу полігармонічного сигналу необхідно заново складати рівняння енергетичного балансу.

Альтернативний метод полягає в тому, що зміна параметрів заступної схеми приводить до зміни спектральної складової струму, змінюється також і спектральна складова миттєвої потужності. Якщо прийняти спектр АД за еталонний, то можна використати функціонал якості [2], який оцінює відхилення в амплітудному і фазовому спектрах і дозволяє оцінити, на скільки модель заступної схеми правильно описує експериментальні дані реального двигуна. Швидкий підбір параметрів заступної схеми можливий з використанням методів

*Робота виконана під керівництвом к.т.н., ст. викл. Коноха І.С.

оптимізації та нечітких алгоритмів. Прискорити процес підбору можливо, якщо знайти і апроксимувати залежність між відкликами в елементах схеми заміщення і в спектрах миттєвої потужності.

Програмні засоби ідентифікаційного комплексу повинні містити наступні модулі: обробки сигналів струму та напруги, підрахунку значення миттєвої потужності, модуль швидкого перетворення Фур'є, з якого окремо виділяються всі гармоніки, які входять в сигнал, їх амплітуди та фазові зрушення; нечіткий алгоритм пошуку екстремуму цільової функції та математичну модель Т-подібної схеми заміщення.

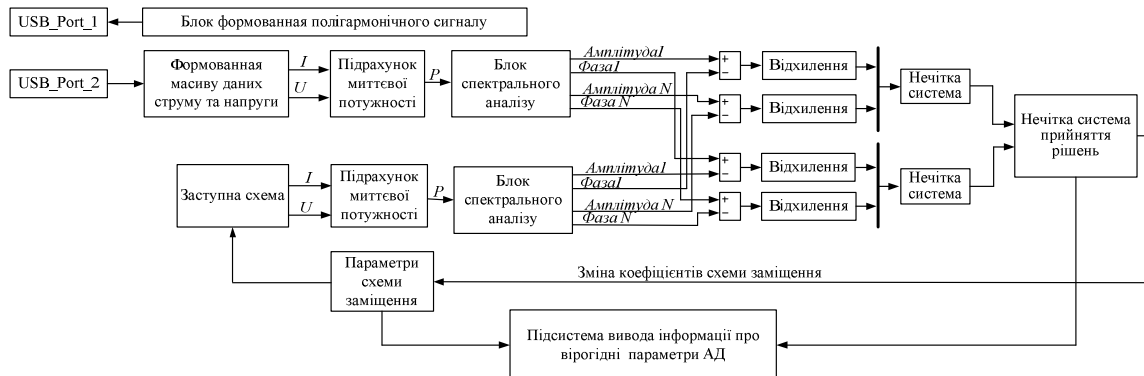


Рисунок 1 – Структурна схема програмної частини ідентифікаційного комплексу

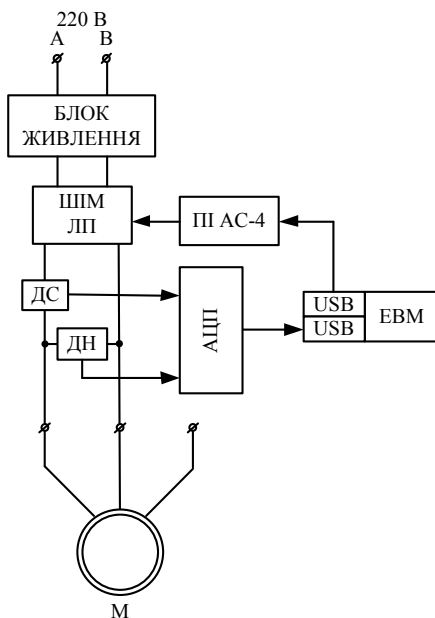


Рисунок 2 – Структурна схема апаратної частини ідентифікаційного комплексу

Силовий перетворювач ідентифікаційного комплексу може мати дві можливі реалізації, ключовими відмінностями яких являються використання широтно-імпульсного перетворювача (ШІМ) або лінійного підсилювача (ЛПІ) в якості джерела полігармонічного сигналу. Лінійний підсилювач доцільно використовувати на початкових етапах експериментальних досліджень. Перетворювач інтерфейсів АС-4 використовується для передачі полігармонічного сигналу в цифровій формі на виконавчі елементи, датчики струму (ДС) та напруги (ДН), аналого-цифровий перетворювач (АЦП) з інтерфейсом USB для зняття експериментальних даних.

Загальний алгоритм роботи починається з формування полігармонічного сигналу та подання його на обмотку АД. Блоком датчиків знімаються показники напруги та струму, формуються масиви даних напруги та струму, визначається миттєва потужність. На імітаційній моделі проводиться моделювання, а також визначається миттєва потужність. Спектри, які отримані від імітаційної моделі та обмотки АД, порівнюються квадратичним відхиленням за фазою та амплітудою. Значення відхилень надходять на нечітку систему, яка змінює параметри схеми заміщення в потрібному напрямку. Знову повторюється моделювання за заступною схемою з оновленими параметрами, в повторному знятті експериментальних даних немає потреби. Зміна параметрів заступної схеми змінюється доти, доки параметри АД не будуть відповідати заданому критерію точності.

Висновки. Запропонований метод ідентифікації параметрів АД дозволяє зменшити кількість людської праці до мінімуму, забезпечити достатню точність визначення параметрів. Використання широтно-імпульсного перетворювача забезпечує кінечну кількість гармонічних складових полігармонічного сигналу, що спрощує аналіз та забезпечує точне дотримання балансу енергії. Оцінка якості рішення виконується по ступеню подібності сумарних сигналів миттєвої потужності на елементах схеми заміщення та джерелі полігармонічної напруги. Необхідно провести натурний експеримент із простими електричними ланками і довести коректність підходу, та розглянути можливість використання рівнянь в матричному вигляді.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ромашихін Ю. В. Энергетический метод идентификации параметров асинхронных двигателей / Ю. В. Ромашихин, Д. И. Родькин, А. П. Калинов // Вісник КДПУ. Зб. наук. праць КДПУ. – Кременчук, 2007. – Вип. 3 (44). – С. 130–136.
2. Євстіфєєв В.О. Теорія автоматичного керування. Частина друга. Спеціальні системи автоматичного керування: навчальний посібник. – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2006. – 288 с.
3. Загірняк М.В., Родькін Д.І., Ромашихін Ю.В., Чорний А.П. Энергетичний метод ідентифікації асинхронних двигунів: монографія. – Кременчук, 2013. – 164 с.

*Робота виконана під керівництвом к.т.н., ст. викл. Коноха І.С.

**К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ**

С. Н. Бойко, асп., В. А. Дяченко, соискатель

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: bsn1987@i.ua

Введение. В ряде промышленно развитых стран магистральный железнодорожный транспорт занимает ведущее место в сфере перевозок. Исторически сложилось, что наиболее распространенными системами электроснабжения пассажирских вагонов в Украине являются автономные или смешанные. Это означает, что для питания вагонных потребителей электрическая энергия вырабатывается непосредственно в вагоне подвагонным генератором, приводимым во вращение колесной парой. Распространение автономной системы электроснабжения объясняется наличием в Украине огромной длины неэлектрифицированных железных дорог и отсутствием тепловозов, имеющих возможность выдавать необходимое высокое напряжение в вагонную магистраль [1].

Основным недостатком данной системы является следующее: для начала питания потребителей и заряда аккумуляторных батарей требуется, чтобы вагон разогнался до скорости около 35 км/ч (напряжение генератора к этой скорости достигнет необходимой величины). Данный недостаток является наиболее критичным с точки зрения обеспечения комфорта пассажиров, так как он означает, что во время стоянок и при движении поезда на низких скоростях вагонные, электропотребители вынуждены получать питание от АКБ, при этом мощные потребители должны быть отключены [1].

Автономная система электроснабжения с приводом генератора от оси колесной пары кроме преимуществ автономности имеет ряд существенных недостатков, ограничивающих перспективность ее развития.

С учетом вышесказанного можно сделать вывод, что разработка системы электроснабжения железнодорожного вагона, обеспечивающая повышение комфортности для пассажиров, является актуальной.

Цель работы. Обоснование и оценка возможностей использования возобновляемых источников энергии для автономной энергоустановки железнодорожного пассажирского вагона.

Материал и результаты исследований. Электрооборудование, применяемое в отечественных пассажирских вагонах, используется для освещения салонов, купе, коридоров, туалетов; вентиляции помещений вагона; отопления вагона и подогрева подаваемого в него воздуха зимой; охлаждения подаваемого воздуха летом; охлаждения продуктов питания и питьевой воды; радиовещания и работы устройств связи; создания комфортных условий для перевозки пассажиров и облегчения обслуживания поезда бригадой. Кроме того, для обеспечения работы устройств сигнализации и контроля безопасности.

Пассажирские вагоны с автономной системой электроснабжения характеризуются тем, что имеют собственные источники электрической энергии, обеспечивающие питание низковольтных потребителей электроэнергии при движении и на стоянках.

Преимуществом этой системы является ее независимость от внешнего источника питания, что позволяет эксплуатировать вагоны в любом поезде, в любом направлении и не зависимо от типа поезда локомотива.

В этой системе для низковольтных потребителей применяется исключительно постоянный ток. Это объясняется тем, что на вагоне установлена аккумуляторная батарея, которая служит резервным и аварийным источником питания. Кроме того, в системах с приводом от оси колесной пары генератор работает с переменной частотой вращения, пропорциональной скорости движения поезда.

Как резервный и аварийный источник энергии используется аккумуляторная батарея, которая питает основные потребители поезда при неработающем генераторе (при его неисправности, на стоянке), а также при малой скорости движения поезда, когда генератор не развивает необходимую мощность. Кроме того, аккумуляторная батарея воспринимает пики нагрузки, возникающие при одновременном включении нескольких потребителей большой мощности, пуске электрических двигателей, кратковременных перегрузках и др.

При скорости поезда выше 35–40 км/ч все потребители получают питание от подвагонного генератора, а аккумуляторная батарея находится в режиме зарядки от зарядного устройства. На современных вагонах устанавливаются генераторы переменного тока, которые проще по конструкции и более надежны в эксплуатации по сравнению с генераторами постоянного тока. В связи с этим электропотребители подключены через выпрямительный мост. Во время стоянки и при низкой скорости движения потребители получают питание от аккумуляторной батареи. Когда вагон находится на длительной стоянке – в отстое, потребители получают питание от внешнего источника питания через блок внешнего источника электроэнергии, преобразующего переменное трехфазное напряжение внешней сети 380/220 В в переменное трехфазное напряжение 142 В, которое выпрямляется так же, как и переменное напряжение генератора через трехфазный выпрямительный мост [1].

Автономная система электроснабжения с приводом генератора от оси колесной пары кроме преимуществ автономности имеет ряд существенных недостатков, ограничивающих перспективность ее развития. Основным недостатком – это энергозатратность системы в целом. Вращение генераторов от оси колесной пары осуществляется за счет силы тяги локомотива. Если учесть потери энергии в электроприводе локомотива, потери энергии в приводе генератора, потери мощности в самом генераторе, то в пассажирском поезде с вагонами, оборудованными климатической установкой, затраты тяги локомотива на работу генераторов вагонов составляют 20–25 % [2].

Мощность подвагонного генератора ограничена моментом, который можно передать от колесной пары, так как он определяется силой сцепления колеса с рельсом. С учетом затрат на техническое обслуживание и ремонт машин и аппаратов системы автономного энергоснабжения с приводом генератора от оси колесной пары стоимость электроэнергии в 5–10 раз выше, чем при системе централизованного электроснабжения. Привод от оси колесной пары увеличивает массу ходовых частей, ухудшая этим динамические качества вагона и увеличивая изнашиваемость колес колесной пары с приводом генератора, появляется большая вероятность заклинивания колесной пары при торможении.

В результате движения поезда, возникают воздушные возмущения, связанные с движением подвижного состава. В результате чего мощность этих воздушных потоков зависит, в основном, от скорости движения поезда [3].

В мире уже используется воздушный возмущенный поток, возникающий в результате движения транспортных средств.

Габариты пассажирских вагонов позволяют устанавливать дополнительные конструкции на крыше вагонов, размещённых на безопасном расстоянии от контактной сети.

Выводы. Таким образом, исходя из результатов исследований, есть возможность и необходимость использовать возобновляемые источники энергии, а именно, ветроэнергетические установки и солнечные энергетические установки, расположенные на пассажирских вагонах, для электрификации автономной системы электроснабжения вагонов как дополнительные источники электрической энергии. В результате применения возобновляемых источников энергии с целью электрификации автономной системы электроснабжения пассажирских вагонов есть возможность увеличить мощность этой автономной системы электроснабжения и увеличить её надёжность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зыков Ю.В. Расчет и выбор энергетического оборудования пассажирского вагона и вагоноремонтного предприятия: Методическое пособие УрГУПС. – Екатеринбург, 2009. – 66 с.
2. Elektrische Energieversorgung für Wagen der Reisezugwagenbauart: UIC 550 // UIC Codex, 1969. – 13 p.
3. Шефтер Я.И. Использование энергии ветра. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 200 с.

УПРАВЛЕНИЕ ПОЗИЦИОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С СИСТЕМОЙ НЕЧЕТКОЙ КОРРЕКЦИЕЙ СКОРОСТИ

А. В. Босак, асс., А. О. Петрученко, студ., Е. А. Попова, студ.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
пр. Победы, 37, 03057, г. Киев, Украина, e-mail: alla_koz@ukr.net

Введение. В высокоточных системах управления позиционным электроприводом основным требованием является формирование оптимального управляющего воздействия, точное его воспроизведение и автоматическое определение ограничиваемых переменных при изменении величины заданного перемещения рабочего органа механизма.

Цель работы. Построение структурной схемы и компьютерное моделирование позиционной системы управления асинхронным частотно-регулируемым электроприводом с использованием ПИД – регулятора с нечеткой коррекцией.

Материал и результаты исследований. Рассматривается автоматическое управление положением рабочего органа механизма с электроприводом, работающим в замкнутом по положению контуре регулирования. Для реализации оптимального по быстродействию режима используется автоматическое перенастраивание отдельных ограничиваемых переменных и коэффициентов в зависимости от заданного перемещения.

Структурная схема системы управления приведена на рис. 1.

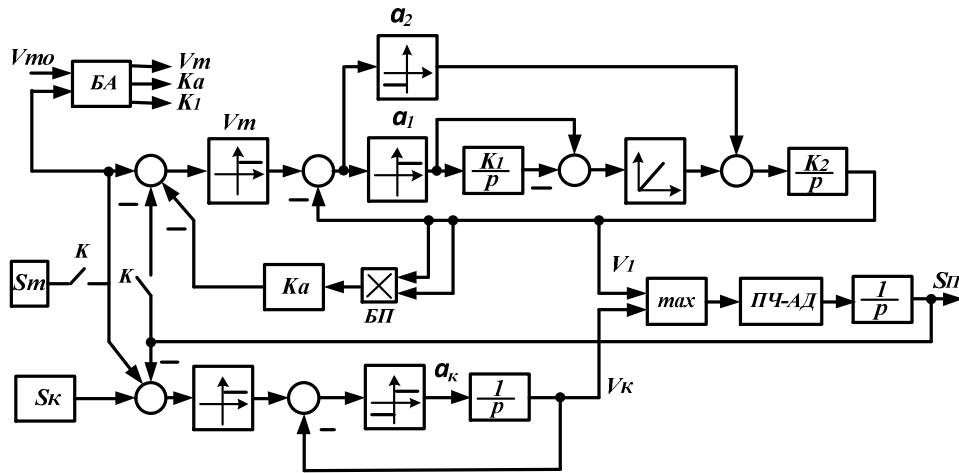


Рисунок 1 – Структурная схема автоматического управления позиционным электроприводом

Согласно структурной схеме ограничиваемыми величинами являются скорости перемещения (ограничиваемая максимальная $V_{m.o}$ и точного останова V_k), ускорения (начальное a_1 , уменьшаемое линейно, замедления a_2 и стопорения a_k), рывок ρ_m , а также ограничиваемые перемещения (максимальное $S_{m.o}$ и минимальное с малой скоростью S_k перед точной остановкой).

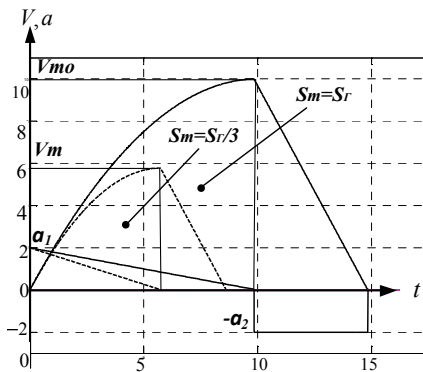


Рисунок 2 – Диаграммы скорости и ускорения для двух значений заданного перемещения S_m

Устройство точного останова (УТО) реализует перемещение с малой скоростью V_k .

Для реализации заданной диаграммы скорости все ограничиваемые переменные должны последовательно достигать ограничиваемых значений. Если основное перемещение $S_m = S_{m.o} - S_k$ меньше граничного S_Γ , автоматически определяется максимальная скорость $V_m < V_{m.o}$ и рывок $\rho > \rho_m$. Следовательно, меняются коэффициенты $K_1 = \rho / a_1$ и $K_a = K_2 \cdot K_1 / 2\rho$.

Зависимость S_Γ от V_m и ρ_m определяется по диаграммам скорости без конечного участка S_k (рис. 2).

При линейном уменьшении ускорения в период разгона системы и постоянном при уменьшении скорости

максимальная скорость V_m и граничное перемещение S_Γ соответственно равны

$$V_{m.o} = \frac{a_1^2}{2\rho_m}; S_\Gamma = \frac{a_1^3}{3\rho_m^2} + \frac{V_{m.o}^2}{2a_2}. \quad (1)$$

Если $S_m < S_\Gamma$, то при постоянных значениях a_1 и a_2 новые значения скорости V_m и рывка ρ определяются из зависимостей:

$$S_m = \frac{a_1^3}{3\rho^2} + \frac{V_m^2}{2a_2} = \frac{a_1^3}{3\rho^2} \left(1 + \frac{3a_1}{8a_2}\right), V_m = \frac{a_1^2}{2\rho}; \quad (2) \quad \rho = \sqrt{a_1^3 \left(1 + \frac{3a_1}{8a_2}\right) / 3S_m} = \rho_m \sqrt{S_\Gamma / S_m}. \quad (3)$$

Переменные параметры, зависящие от величины заданного перемещения, определяются по приведенным формулам в блоке адаптации (БА).

При моделировании использована линеаризованная система частотно-регулируемого асинхронного электропривода (ПЧ-АД) [1, 2] с двигателем 4АН200М4 мощностью 45 кВт и цифровым ПИД – регулятором. Для точной реализации заданной скорости вне зависимости от изменения параметров и нагрузки регулятор снабжен нечетким корректирующим устройством (НКУ) [3]. Схема регулятора приведена на рис. 3.

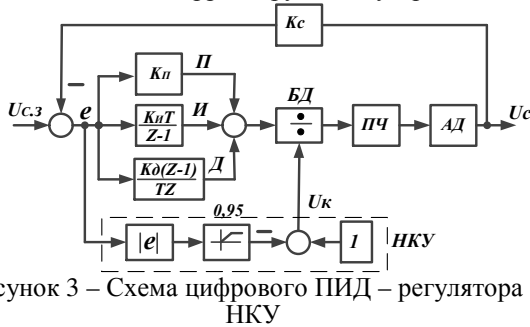


Рисунок 3 – Схема цифрового ПИД – регулятора с НКУ

Коррекция действия ПИД – регулятора осуществляется по ошибке регулирования e между сигналами заданной скорости и действительной ($e = U_{c.з} - U_c$).

Сигнал U_k с выхода НКУ в зависимости от ошибки e может изменяться от 1 до 0,05. Поэтому чем больше ошибка, тем быстрее она стремится к нулю, что обеспечивает точную реализацию заданной диаграммы скорости, а следовательно, и точное позиционирование.

Компьютерное моделирование по схемам рис. 1 и рис. 4 выполнено для четырех заданных перемещений S_m : $S_m > S_\Gamma$, $S_m = S_\Gamma$, $S_m = \frac{2}{3}S_\Gamma$, $S_m = \frac{1}{3}S_\Gamma$. Соответственно изменялись и максимальная скорость V_m , рывок ρ , коэффициенты K_a и K_1 . Блок “max” пропускает больший из двух входных воздействий: V_1 (скорость основной части диаграммы, показанной на рис. 2) и V_k (скорость, формируемая УТО). Это обеспечивает исключение рывка в начальный момент пуска системы и движения с малой скоростью в конце рабочего цикла.

Графики изменения скорости, полученные при компьютерном моделировании, приведены на рис. 4.

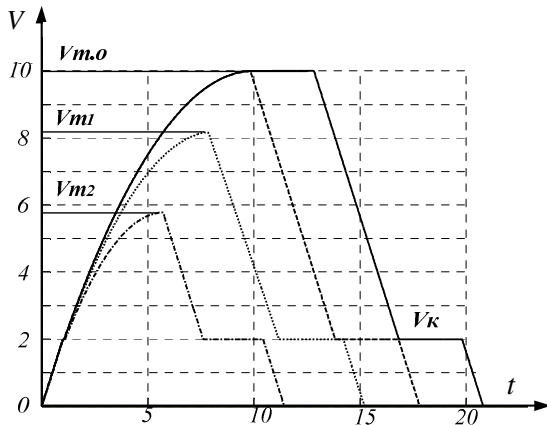


Рисунок 4 – Графики скорости при различных заданных перемещениях

При реализации полной диаграммы скорости контакты K на рис. 1 должны быть замкнуты. Если необходимы перемещения только на малой скорости с заданным перемещением S_k , эти контакты должны быть разомкнуты.

Выводы. 1. Так как в предлагаемой системе управления электропривод и устройство, формирующее заданный сигнал скорости, находятся в одном замкнутом по положению контуре регулирования, то точная реализация заданного перемещения достигается при любых изменениях параметров и нагрузки.

2. Использование ПИД – регулятора с нечеткой коррекцией позволяет использовать данную систему с регулируемым электроприводом любого типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводом: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр “Академия”, 2008. – 304 с.
2. Герман С Галкин. Matlab. Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: Корона-Век, 2008. – 368 с.
3. Босак А. В. Позиционное управление шахтной подъемной установкой с нечеткой коррекцией положения перемещаемого груза / А. В. Босак, В.М. Чермалых // Вісник НТУ «ХП». Серія: Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. - 2013. - С. 485-487.

**ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ МОМЕНТОМ
МАШИНИ ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ**

*А. Л. Дорошенко, асп., інж., І. А. Шаповал, к.т.н, с.н.с.
Інститут електродинаміки НАН України
проспект Перемоги 56, 03680, м. Київ, Україна, e-mail: DFIM@ukr.net*

Вступ. Керований електропривод, без якого важко уявити виробничий та технологічний процеси, є основою сучасної промисловості. Тому дослідження режимів роботи та методів керування електродвигуном та електроприводом в цілому є актуальним завданням. Сучасна промисловість потребує використання високодинамічних електроприводів, що обумовлено вимогами виробництва та якістю кінцевого продукту.

Дослідження методів регулювання електромагнітного моменту машини подвійного живлення (МПЖ) є продовженням роботи по дослідженню електромеханічної системи на базі МПЖ з матричним перетворювачем частоти, оглядова частина якої була представлена в [1].

Метою роботи є дослідження алгоритмів керування електромагнітним моментом МПЖ шляхом аналізу математичної моделі узагальненої електричної машини, що дозволило розробити алгоритм керування моментом МПЖ через струми статора та ротора.

Матеріал та результати дослідження. Асинхронний двигун (АД) з фазним ротором в режимі МПЖ має два канали керування: по колу статора та колу ротора. Причому струми та напруги обмоток статора та ротора доступні для вимірювання, що може розглядатися як додатковий ступінь свободи в керуванні МПЖ порівняно з АД з короткозамкненим ротором. Така особливість МПЖ дає можливість розширити поставлену мету керування електромагнітним моментом, враховуючи додатковий канал регулювання.

Представимо рівняння моменту узагальненої електричної машини у такому вигляді [2]:

$$M = \frac{3}{2} p_n L_m \vec{i}_1^T \mathbf{J} e^{j p_n \theta} \vec{i}_2, \quad (1)$$

де p_n – кількість пар полюсів; L_m – індуктивність контура намагнічування; \vec{i}_1^T – двовимірний вектор струму статора, (транспонований); \vec{i}_2 – двовимірний вектор струму ротора; \mathbf{J} – косиметрична матриця розміром 2×2 ; $e^{j p_n \theta}$ – поворотна матриця розміром 2×2 .

Запишемо рівняння електромагнітного моменту МПЖ в системі координат dq , що обертається з довільною кутовою швидкістю ω_k , через проєкції:

– струму статора та головного магнітного потоку

$$M = \frac{3}{2} p_n (i_{1q} \psi_{md} - i_{1d} \psi_{mq}), \quad (2)$$

де i_{1d} , i_{1q} та ψ_{md} , ψ_{mq} – проєкції узагальненого вектора струму статора та узагальненого вектора головного магнітного потоку в обертовій системі координат dq ;

– струму ротора та головного магнітного потоку

$$M = \frac{3}{2} p_n (i_{2d} \psi_{mq} - i_{2q} \psi_{md}), \quad (3)$$

де i_{2d} , i_{2q} – проєкції узагальненого вектора струму ротора.

З рівнянь (2) та (3) очевидно, що електромагнітним моментом МПЖ можна керувати як із використанням струмів статора, так і струмів ротора.

Побудова алгоритмів векторного керування може базуватися на орієнтації обертової системи координат dq вздовж одного з узагальнених векторів стану електричної машини. Так, в [3] обертова система координат орієнтована вздовж вектора напруги статора, в [4] – вздовж вектора електромагнітного поля статора. В даній роботі приймаємо, що вісь d обертової системи координат dq співпадає з напрямом вектора головного магнітного потоку $\vec{\psi}_m$, тобто:

$$\psi_{md} = |\vec{\psi}_m|, \psi_{mq} \equiv 0. \quad (4)$$

Умова (4) відома як умова точної орієнтації обертової системи координат dq по вектору головного магнітного потоку. На рис. 1 показано: стаціонарну систему координат (СК) $\alpha\beta$, що жорстко зв'язана зі статором; обертову СК $drqr$, що обертається з кутовою швидкістю обертання ротора ω ; обертову СК dq , що

обертається з кутовою швидкістю ω_k ; вектор головного магнітного потоку $\vec{\psi}_m$ та вектор струму статора \vec{I}_1 за умови створення максимального електромагнітного моменту МПЖ ($\vec{\psi}_m \perp \vec{I}_1$).

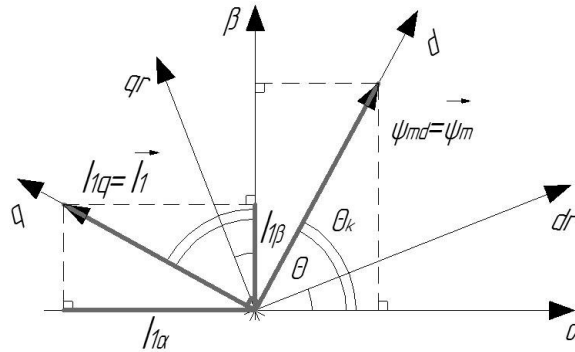


Рисунок 1 – Системи координат

Варто відзначити, що вектор головного магнітного потоку $\vec{\psi}_m$ безпосередньо не вимірюється, тобто можлива лише асимптотична орієнтація за полем головного магнітного потоку машини:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \psi_{md} = |\psi|, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \psi_{mq} = 0. \quad (5)$$

Запишемо рівняння (2) та (3) з урахуванням виразів (4) та рис. 1:

$$M = \frac{3}{2} p_n i_q \psi_{md}, \quad M = -\frac{3}{2} p_n i_{2q} \psi_{md}. \quad (6)$$

Таким чином, з рівнянь (6) очевидно, що при підтриманні головного магнітного потоку на заданому рівні та виконанні умови (5), керування електромагнітним моментом МПЖ зводиться до керування проекціями струму статора i_q та/або струму ротора i_{2q} . Фізичним обмеженням такого керування є обмеження струмів статора та ротора на номінальному значенні, тому регулювання електромагнітного моменту в межах, що не перевищують $(0,2-0,3)M_n$, можна лише струмами ротора, регулювання електромагнітного моменту в широкому діапазоні до номінального значення можна здійснювати струмами статора. Крім того, при необхідності створення електромагнітного моменту, більшого за номінальне значення МПЖ, реалізується шляхом регулювання струму статора та ротора одночасно. В [5] показано, що в МПЖ можливо досягти подвійного електромагнітного моменту шляхом одночасного регулювання відповідних струмів статора та ротора.

Висновки. Отже, аналіз рівняння математичної моделі МПЖ за умови точної орієнтації обертової системи координат dq вздовж вектора головного магнітного потоку ψ_m та умови створення максимального електромагнітного моменту ($\vec{\psi}_m \perp \vec{I}_1$) асинхронної машини виявив можливість керування моментом МПЖ в широкому діапазоні шляхом регулювання струмів статора або струмів ротора (чи струмів статора та ротора одночасно).

ЛІТЕРАТУРА

1. Дорошенко А. Л., Шаповал І. А. Огляд систем електропривода на базі машини подвійного живлення з різними типами перетворювачів частоти // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації, Збірник наукових праць XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів, 09-11 квітня 2013 р., м. Кременчук: КрНУ, 2013. – С. 41-42.
2. Leonhard W. Control of Electrical Drives. – Berlin: Springer-Verlag, 2001. – 460 P.
3. Шаповал И. А. Система генерирования электрической энергии на основе машины двойного питания с матричным преобразователем: Дис. канд. техн. наук: 05.09.03/ НАН Украины ин-т. электродинамики – Киев, 2003. – 178 с.
4. Hopfensperger B., Atkinson D.J., Lakin R.A. Stator-Flux-Oriented Control of a Doubly-Fed Induction Machine with and without Position Encoder // IEE Proceedings of Electric Power Applications. – July 2000. – Vol.147. – No.4. – PP. 241–250.
5. Безденежных Д. В. Разработка и исследование электропривода на базе машины двойного питания с подключением обмоток статора и ротора к преобразователям частоты: дис. канд. техн. наук: 05.09.03/ Липецкий гос. техн. ун-т. – Липецк, 2011. – 200 с.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА У ПЕРЕДПУСКОВОМУ ПЕРІОДІ У СКЛАДІ ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ВЕКТОРНИМ КЕРУВАННЯМ

А. П. Калінов, к.т.н., доц., В. О. Мельников, ас.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: scenter@kdu.edu.ua

Вступ. Однією з характерних особливостей сучасного частотно-керованого електропривода (ЕП) з векторним керуванням є наявність функції автоматичного налагодження параметрів системи керування на відповідний двигун. Як правило, ця функція реалізується за допомогою набору тестових режимів [1], при виконанні яких відбувається початкова установка параметрів ЕП. Найбільш простими тестовими режимами в даному випадку є режими при живленні двигуна «нерухомим» вектором напруги (частота обертання вектора напруги дорівнює нулю), а також режим неробочого ходу [2, 3].

Однак зазначені методики визначення електромагнітних параметрів двигунів базуються на припущеннях про симетрію електричної та магнітної систем, що при використанні асинхронних двигунів (АД), які довгий час знаходилися в експлуатації, не завжди є коректним, оскільки параметри кожної фази таких двигунів можуть відрізнятися. Це суттєво ускладнюється тим, що якість векторного керування АД залежить від адекватної інформації про електромагнітні параметри електродвигунів, а розходження між змінними реальними параметрами двигунів та незмінними параметрами в системах керування призводить до відхилення процесів в приводі від розрахункових, що не дозволяє в повній мірі використовувати переваги векторного керування. Для вирішення зазначеної проблеми в роботі [4] запропоновано систему векторного керування, що дозволяє проводити роздільне регулювання складових струму статора та потокозчеплення ротора за трьома фазами асинхронного двигуна окремо, та проводити налагодження системи керування у відповідності до електромагнітних параметрів кожної фази АД.

Мета роботи. Розробка методики визначення електромагнітних параметрів за трьома фазами асинхронних двигунів окремо в передпусковому періоді.

Матеріал і результати дослідження. Визначення електромагнітних параметрів двигунів за всіма фазами може бути забезпечено запропонованим в роботі [5] методом ідентифікації у передпусковому періоді, що ґрунтується на низькочастотних синусоїдних тестових впливах на обмотки статора досліджуваного двигуна, оскільки використання низькочастотних сигналів напруги дозволяє збільшити струм намагнічування практично до рівня струму ротора, що неможливо при частоті 50 Гц. Математичний апарат даного методу складається з рівнянь дійсної та уявної частин повного комплексного опору для сигналів струму та напруги при різних знижених частотах, при цьому використовуються значення лише перших гармонік сигналів струму та напруги. На відміну від існуючих методів ідентифікації параметрів АД [6, 7], у яких використовуються ультранизькі частоти, при реалізації запропонованого методу мінімальна частота тестових впливів обирається відповідно до умови: $f_{min} > f_1 s_k$ (де $f_1 = 50$ Гц; s_k – критичне ковзання АД). Система рівнянь для визначення електромагнітних параметрів АД буде мати вигляд:

$$\begin{cases} R_{\Sigma k} = R_s + \frac{R_r (L_\mu \cdot \omega_k)^2}{R_r^2 + (L_{r\sigma} \omega_k + L_\mu \omega_k)^2}; \\ X_{\Sigma k} = L_{s\sigma} \omega_k + \frac{R_r^2 L_\mu \omega_k + L_\mu \omega_k (L_{r\sigma} \omega_k)^2 + (L_\mu \omega_k)^2 L_{r\sigma} \omega_k}{R_r^2 + (L_{r\sigma} \omega_k + L_\mu \omega_k)^2}, \end{cases} \quad (1)$$

де $R_{\Sigma k}, X_{\Sigma k}$ – сумарні значення активного та індуктивного опорів обмоток двигуна при різних знижених частотах; R_s, R_r – активні опори обмоток статора та ротора; $L_{s\sigma}, L_{r\sigma}$ – індуктивності розсіювання статора та ротора; L_μ – індуктивність контуру намагнічування; ω_k – кутова швидкість при відповідних частотах.

Визначення активного опору обмоток статора здійснюється в режимі «нерухомого» вектора, що забезпечується подачею на обмотки постійної напруги.

Однак при живленні АД від перетворювача частоти обмотки двигуна зазвичай з'єднуються в «зірку» без нульового проводу, тому в режимі ідентифікації визначаються параметри не однієї фази двигуна, а двох. Оскільки для налагодження системи роздільного векторного керування [4] необхідно мати інформацію про електромагнітні параметри кожної фази двигуна, то в режимі ідентифікації необхідно проводити перерахунки з міжфазних у фазні параметри двигунів. Також необхідно визначити рівні несиметрії обмоток статора, що використовуються в системі керування, для здійснення процедури компенсації змінної складової електромагнітного моменту. Тому доцільно розв'язувати систему рівнянь відносно базового значення параметра, за який може бути взятий опір довільної фази, та ступенів несиметрії за двома іншими фазами.

Так, при одночасній роботі двох фаз активні опори обмоток статора будуть визначатися як [8]:

$$R_{AB} = R_A + R_B; R_{BC} = R_B + R_C; R_{AC} = R_A + R_C. \quad (2)$$

Припустивши, що $R_A = R$, $R_B = \varepsilon_{w1} R$, $R_C = \varepsilon_{w2} R$ ($\varepsilon_{w1}, \varepsilon_{w2}$ – коефіцієнти несиметрії фаз двигуна), можна записати:

$$R_{AB} = R(1 + \varepsilon_{w1}); R_{BC} = R(\varepsilon_{w1} + \varepsilon_{w2}); R_{AC} = R(1 + \varepsilon_{w2}). \quad (3)$$

Розв'язання даної системи рівнянь дає наступні співвідношення:

$$R = \frac{R_{AB} + R_{AC} - R_{BC}}{2}; \varepsilon_{w1} = \frac{R_{AB} - R_{AC} + R_{BC}}{R_{AB} + R_{AC} - R_{BC}}; \varepsilon_{w2} = \frac{R_{AC} - R_{AB} + R_{BC}}{R_{AB} + R_{AC} - R_{BC}}. \quad (4)$$

Таким чином, при розв'язанні зазначеної системи рівнянь визначаються активні опори обмоток статора та рівні несиметрії обмоток, що використовуються для налагодження регульованого електропривода, згідно з чим, $\varepsilon_{\psi A} = 1$, $\varepsilon_{\psi B} = \varepsilon_{w1}$, $\varepsilon_{\psi C} = \varepsilon_{w2}$. Однак коефіцієнти ε_{w1} та ε_{w2} можуть мати значення більші за 1, причому можливо два варіанти, коли $\varepsilon_{w1} > \varepsilon_{w2}$ та коли $\varepsilon_{w1} < \varepsilon_{w2}$.

Так, для першого випадку ($\varepsilon_{w1} > \varepsilon_{w2}$) можна записати, що $R^* = \varepsilon_{w1}R$, $\varepsilon_{w1}^* = 1/\varepsilon_{w1}$, $\varepsilon_{w2}^* = \varepsilon_{w2}/\varepsilon_{w1}$, тоді при налагодженні регульованого електропривода коефіцієнти несиметрії за фазами будуть визначатися як $\varepsilon_{\psi A} = \varepsilon_{w1}^*$, $\varepsilon_{\psi B} = 1$, $\varepsilon_{\psi C} = \varepsilon_{w2}^*$.

У другому випадку ($\varepsilon_{w1} < \varepsilon_{w2}$) перерахунок буде здійснюватися, згідно з виразами: $R^* = \varepsilon_{w2}R$, $\varepsilon_{w1}^* = 1/\varepsilon_{w2}$, $\varepsilon_{w2}^* = \varepsilon_{w1}/\varepsilon_{w2}$, тоді при налагодженні системи електропривода $\varepsilon_{\psi A} = \varepsilon_{w1}^*$, $\varepsilon_{\psi B} = \varepsilon_{w2}^*$, $\varepsilon_{\psi C} = 1$.

Перерахунок інших параметрів схеми заміщення асинхронного двигуна відбувається, згідно з поданим у роботі [9] методом. Згідно з яким, активний опір ротора та індуктивні опори статора і ротора визначаються за виразами:

$$\chi_A = \frac{\chi_{AB} - \chi_{BC} + \chi_{AC}}{2}; \chi_B = \frac{\chi_{AB} + \chi_{BC} - \chi_{AC}}{2}; \chi_C = \frac{-\chi_{AB} + \chi_{BC} + \chi_{AC}}{2}, \quad (5)$$

де χ_A, χ_B, χ_C – фазні електромагнітні параметри двигунів; $\chi_{AB}, \chi_{BC}, \chi_{AC}$ – міжфазні значення відповідних електромагнітних параметрів.

Визначення параметрів індуктивності контуру намагнічування, відбувається шляхом розв'язання системи рівнянь, яка складається, виходячи з тих міркувань, що міжфазний параметр X_μ визначається геометричною сумою фазних параметрів [9].

Таким чином, подана процедура перерахунку дозволяє визначити фазні параметри схеми заміщення асинхронного двигуна та рівні несиметрії обмоток статора, які використовуються для подальшого налагодження системи регульованого електропривода.

Висновки. Запропоновано метод ідентифікації електромагнітних параметрів асинхронного двигуна у складі частотно-регульованого електропривода, у якому шляхом задання у передпусковому періоді тестових впливів на обмотки статора у вигляді синусоїдних напруг низької частоти визначаються міжфазні параметри, подальший перерахунок яких дозволяє визначити фазні параметри схеми заміщення та рівні несиметрії обмоток статора електродвигуна для налагодження системи електропривода з роздільним векторним керуванням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Gastli A. Identification of induction motor equivalent circuit parameters using the single-phase test / A. Gastli // IEEE Transactions on Energy Conversion, March 1999. – Vol. 14. – No. 1. – PP. 51–56.
2. Виноградов А. Б. Асинхронный электропривод общепромышленного назначения с прямым цифровым управлением и развитыми интеллектуальными свойствами / А. Б. Виноградов, В. Л. Чистосердов, А. Н. Сибирцев, Д. А. Монов // Известия вузов. Электромеханика. – 2001. – № 3. – С. 60–67.
3. Панкратов В. В. Задачи синтеза алгоритмов идентификации для бездатчиковых асинхронных электроприводов с векторным управлением и вариант их решения / В. В. Панкратов, М. О. Маслов // Силовая интеллектуальная электроника, 2007. – № 1(6). – С. 10–22.
4. Мельников В. О. Поліпшення енергетичних характеристик електроприводів з векторним керуванням шляхом компенсації параметричної несиметрії асинхронних двигунів / В. О. Мельников, А. П. Калінов // Технічна електродинаміка. – К.: Інститут електродинаміки НАН України, 2012. – № 3. – С. 85–86.
5. Калінов А. П. Ідентифікація електромагнітних параметрів асинхронного двигуна при використанні низькочастотного живлення / А. П. Калінов, В. О. Мельников // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Проблеми сучасної електротехніки». – К.: Інститут електродинаміки НАН України, 2010. – Ч. 2 / 2010. – С. 138–143.
6. Резник Д. В. Особенности определения электромагнитных параметров асинхронных двигателей при использовании низкочастотного испытательного напряжения / Д. В. Резник, Д. И. Родькин, Ю. В. Ромашихин // Электроприводы переменного тока : Труды международной 14 НТК. – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. – С. 279–284.
7. Резник Д. В. К определению параметров асинхронных двигателей при разночастотном тестовом напряжении / Д. В. Резник, Д. И. Родькин, А. П. Черный // Электромеханічні і енергозберігаючі системи. Тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика» науково-виробничого журналу. – Кременчук : КрНУ, 2012. – Вип. 3/2012 (19). – С. 556–561.
8. Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний: ГОСТ 11828-86. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 32 с.
9. Родькин Д. И. Особенности определения параметров схемы замещения асинхронного двигателя при питании от трехпроводной линии / Д. И. Родькин, И. Е. Здор // Вісник КДПУ. – Кременчук : КДПУ, 2001. – Вип. 1. – С. 212–216.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИРІВНЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ
ДВОДВИГУННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА З СИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ***

О. І. Коваленко, магістр, В. Ю. Романов, інж.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна, e-mail: sanya-silent@mail.ru

Бердай Абдельмажид,

ENSEM, Университет Хассан II Аин Шок, Касабланка, Марокко

Вступ. Використання на потужних технологічних об'єктах систем дводвигунного електропривода з синхронним двигуном (СД) має низку переваг перед системами з індивідуальним приводом: менші махові маси, кращі масогабаритні показники тощо, але попри всі їх переваги, має і суттєві недоліки. До найбільш важливих слід віднести: нерівномірність статичного навантаження між двигунами в усталеному режимі роботи електроприводу та при його пуску.

Уникнути нерівномірності навантаження практично неможливо, враховуючи, що навіть у нових двигунів можливі деякі розбіжності в параметрах опорів та індуктивностей обмоток, а для двигунів, які довгий час експлуатуються і були ремонтowanі такі розбіжності можуть бути досить значними.

Наразі виникає нерівномірність розподілу навантаження. Перевантажений двигун поступово перегрівається і виходить з ладу. Тому актуальною є вирішення науково-практичної задачі синтезу систем зниження нерівномірності розподілу навантаження в усталених режимах роботи електропривода шляхом впливу на магнітний потік обмотки збудження.

Мета роботи. Підвищення ефективності експлуатації дводвигунних електроприводів з синхронними двигунами шляхом зниження нерівномірності розподілу навантаження між ними.

Матеріал і результати досліджень. Існує декілька способів вирівнювання нерівномірності навантаження між СД [1]: вирівнювання моментів за різницеvim сигналом споживаних потужностей двигунів; вирівнювання струмів за різницеvim сигналом споживаного струму статора двигунів; вирівнювання втрат за різницеvim сигналом втрат потужностей двигунів в обмотках статора і збудження. Всі способи для вирівнювання розподілу навантаження передбачають формування додаткового коригуючого сигналу на обмотку збудження, пропорційного отриманому різницеvому сигналу.

Математичний аналіз процесів у СД в загальному випадку дуже складний і обумовлений зміною електромагнітного моменту і струмів двигуна в широкому діапазоні. В даний час існує ряд методів розрахунку змінних стану СД. Найбільш часто СД моделюються на основі рівнянь, записаних в осях, нерухомих щодо ротора даної машини (система d, q) [1]. Однак для випадку дводвигунного електропривода рівняння кожного з СД мають спільне рівняння механічної частини (табл. 1).

Таблиця 1 – Математична модель дводвигунного електропривода з СД

Рівняння першого СД	Рівняння другого СД
$\frac{d\Psi_{d1}}{dt} = U_{d1} - i_{d1}r_{a1} + \omega_1\Psi_{q1};$	$\frac{d\Psi_{d2}}{dt} = U_{d2} - i_{d2}r_{a2} + \omega_2\Psi_{q2};$
$\frac{d\Psi_{q1}}{dt} = U_{q1} - i_{q1}r_{a1} + \omega_1\Psi_{d1};$	$\frac{d\Psi_{q2}}{dt} = U_{q2} - i_{q2}r_{a2} + \omega_2\Psi_{d2};$
$\frac{d\Psi_{f1}}{dt} = U_{f1} - i_{f1}r_{f1};$	$\frac{d\Psi_{f2}}{dt} = U_{f2} - i_{f2}r_{f2};$
$\frac{d\Psi_{ed1}}{dt} = -i_{ed1}r_{ed1};$	$\frac{d\Psi_{ed2}}{dt} = -i_{ed2}r_{ed2};$
$\frac{d\Psi_{eq1}}{dt} = -i_{eq1}r_{eq1};$	$\frac{d\Psi_{eq2}}{dt} = -i_{eq2}r_{eq2};$
$M_1 = (\Psi_{d1}i_{q1} - \Psi_{q1}i_{d1}).$	$M_2 = (\Psi_{d2}i_{q2} - \Psi_{q2}i_{d2}).$
Рівняння руху без урахування зазорів у шестернях	
$H_j \frac{d\omega}{dt} = M_1 + M_2 - M_c$	

На прикладі СД СТМ-3500-2 з параметрами: номінальна потужність 3500 кВт, номінальна напруга 6 кВ, номінальний струм 390 А, номінальна напруга збудження 69 В, номінальний струм збудження 252 А, було виконане дослідження вирівнювання нерівномірності навантаження при навантаженні привода на 95 %.

Вказані вище способи вирівнювання навантаження були досліджені шляхом математичного моделювання у Matlab Simulink. На рис. 1, як приклад, показані результати дослідження вирівнювання навантаження за

*Робота виконана під керівництвом д.т.н., проф. Чорного О.П.

різницеvim сигналом споживаного струму статора двигунів $\Delta I = I_1 - I_2$, де модулі векторів струмів статорів відповідно першого $I_1 = \sqrt{I_{d1}^2 + I_{q1}^2}$ і другого $I_2 = \sqrt{I_{d2}^2 + I_{q2}^2}$ СД.

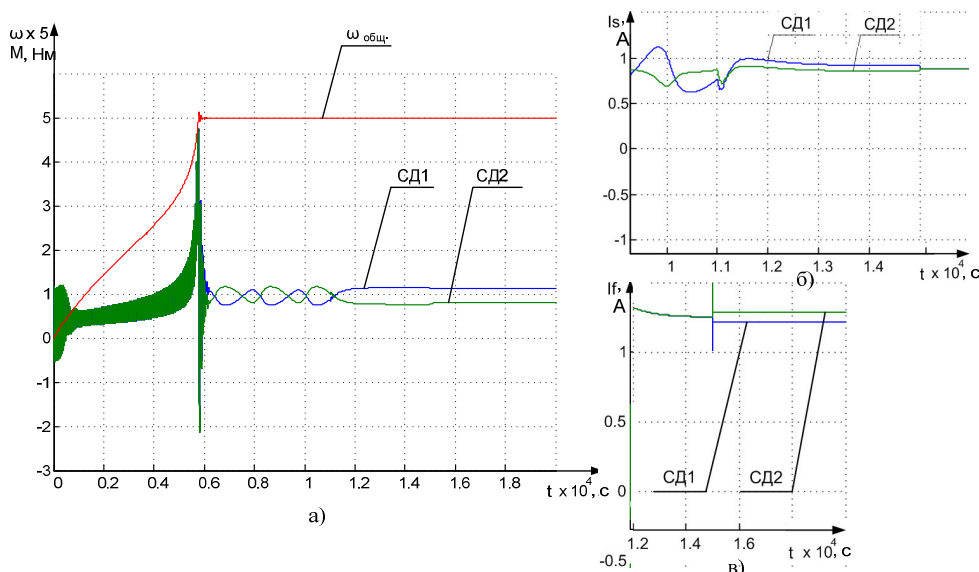


Рисунок 1 – Графік залежності моментів та кутової швидкості привода від часу –а), та фрагменти роботи системи: зміна у часі струмів СД – б) та струмів збудження – в) до і після вирівнювання навантаження

Таблиця 2 – Порівняльні дані способів вирівнювання навантаження

Спосіб вирівнювання навантаження	$M_1, \text{ Нм}$	$M_2, \text{ Нм}$	$I_{s1}, \text{ А}$	$I_{s2}, \text{ А}$	$I_{f1}, \text{ А}$	$I_{f2}, \text{ А}$	$\Delta P_{\Sigma 1}, \%$	$\Delta P_{\Sigma 2}, \%$	$\Delta P_{s1}, \%$	$\Delta P_{s2}, \%$	$\Delta P_{f1}, \%$	$\Delta P_{f2}, \%$
без вирівнювання	1,139	0,762	0,915	0,854	1,257	1,257	93,6	90,6	23,8	20,38	70,09	70,086
за сигналом моментів СД	0,96	0,94	0,736	1,047	1,047	1,453	64	125	15	30,3	49	94,4
за сигналом струмів статора СД	1,11	0,79	0,884	0,884	1,22	1,28	87,9	95,2	21,62	21,62	66,26	73,6

Показаний приклад вирівнювання навантаження за різницеvim сигналом струмів статора, як видно з табл. 2, має переваги перед вирівнюванням за різницеvim сигналом моментів. При вирівнюванні за моментом, останні вирівнюються (0,94 і 0,96 в.о.), однак виникає нерівномірність струмів. Причому один з них навіть перевищує номінальний (0,736 і 1,047). Такий СД із струмом, що перевищує номінальний перегріється і вийде з ладу. При вирівнюванні за струмом відбувається (0,884 і 0,884) відбувається також частове вирівнювання моментів (з 1,139 і 0,762 до 1,11 і 0,79). І не зважаючи, що один з СД перевантажений, його струм не перевищує номінальний і обмотки не перегріваються.

Висновки. В роботі розглянуті питання порівняння способів і побудови систем вирівнювання навантаження між синхронними двигунами у складі дводвигунного електропривода за моментом на валу, струмами статора та загальними втратами в двигуні. Розроблені системи дозволяють: вирівняти нерівномірність механічного навантаження та покращити тепловий режим обмоток двигунів, підвищити надійність роботи електропривода та збільшити ресурс його роботи, що в цілому вирішує одну з складових загальної проблеми енергоресурсозбереження. Вказане дозволяє визначити наукову новизну і практичне значення роботи, яка полягає у синтезі системи вирівнювання навантаження за різницеvim сигналом змінних стану двигунів шляхом дії на магнітний потік обмотки збудження, що на відміну від відомих забезпечує не лише вирівнювання механічного навантаження, а й зниження загальних втрат в обмотках статора і збудження, що дозволяє покращити тепловий режим обмоток двигунів. Практичне значення роботи у можливості підвищити надійність роботи електроприводу та збільшити ресурс його роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вершинин П.П. Применение синхронных электроприводов в металлургии / П.П. Вершинин, Л.Я Хашпер / Учебное пособие. М.: Металлургия. 1987.
2. Ахматов М. Г. Синхронные машины. Специальный курс: Учебное пособие / М. Г. Ахматов. – М.: Высшая школа, 1984. – 135 с.

*Робота виконана під керівництвом д.т.н., проф. Чорного О.П.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕКСТРЕМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ТИПУ В ПАКЕТІ MATLAB

І. С. Кулинич, студ., І. С. Конох, к.т.н., ст. викл.

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: kylinich2@mail.ru*

Вступ. В процесі підготовки інженерів різних спеціальностей необхідно вивчати методи оптимізації та побудову оптимальних систем керування. Зробити це з мінімальними витратами з використанням сучасних пакетів моделювання, таких як MATLAB, для яких можливо створити керуюче програмне забезпечення, яке буде контролювати процес моделювання [1, 2].

Екстремальні системи керування відносяться до класу адаптивних систем і здатні підтримувати екстремальне значення критерію, який характеризує якість їх функціонування. Такий клас систем керування широко використовується для об'єктів керування з нестационарними параметрами. В даній роботі критерієм якості виступає інтегральний функціонал, який регламентує точність і плавність перехідних процесів. Система може знаходити дві складові регулятора, навіть при умові зміни параметрів об'єкту керування [2, 3].

Мета роботи. Створення навчального демонстраційного прикладу моделювання роботи екстремальних систем управління диференціального типу і дослідження на його основі якості пошуку оптимальних налаштувань ПІД-регулятора.

Матеріал і результати дослідження. В дослідженні реалізовано спосіб використання екстремальних систем управління диференціального типу для пошуку оптимальних налаштувань ПІД-регулятора за послідовністю перехідних процесів. Складено імітаційну модель системи. Розроблено алгоритм та програмно реалізовано М-функцію для логічного керування процесом в системі MATLAB.

Імітаційну модель екстремальної системи керування приведено на рис. 1. Блок Discrete Pulse Generator і Transfer Fcn2 моделюють зміни задаючого впливу у вигляді прямокутних імпульсів. Для моделювання прийнято наступні параметри блоку: амплітуда імпульсів 1, період 5, ширина 80. Блок Transfer Fcn2 потрібен для згладжування фронтів імпульсу [3, 4].

Основними елементами є блоки моделей регуляторів, об'єктів керування та блоків обчислення критерію якості. Структура регулятора відповідає ПІД-регулятору, для якого виконується пошук пропорційної та інтегральної складових. Об'єкт керування описується двома паралельно з'єднаними передавальними функціями, одна з яких представляє собою коливальну ланку другого порядку, а друга – аперіодична ланка першого порядку. Вихідний сигнал об'єкта керування отримується шляхом підсумовування [4, 5].

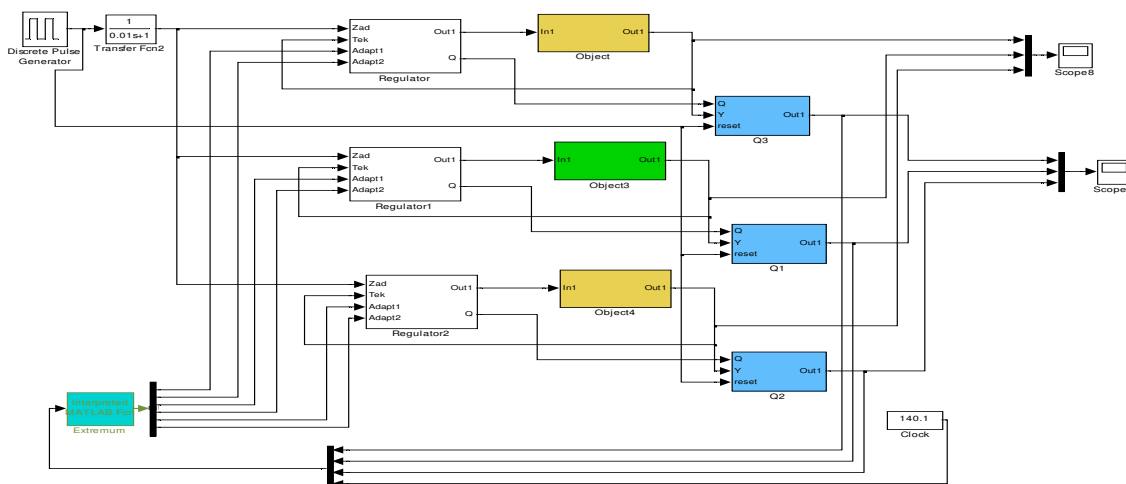


Рисунок 1 – Імітаційна модель екстремальної системи керування

Одна система регулятор–об'єкт керування є основною, а дві інші використані як допоміжні, в яких одне з налаштувань регулятора більше і менше основного. Для кожного перехідного процесу виконується обчислення кінцевого значення критерію якості та найкращий варіант приймається за основний. Для наступного перехідного процесу виконується перевірка іншого налаштування. Таким чином, поперемінна зміна пропорційної та інтегральної складових регулятора дозволяє за кінцеву кількість кроків оптимізувати регулятор за прийнятим критерієм.

Логічне керування процесом виконує блок Matlab Fcn (рис. 1), основна функція якого є зміна почергова зміна коефіцієнтів основного регулятора та вибір найкращого на кожному кроці.

Аналіз якості кожного нового перехідного процесу в блоках обчислення критерію починається з нульового стану і не відчуває вплив попередніх перехідних процесів завдяки формуванню сигналу Reset.

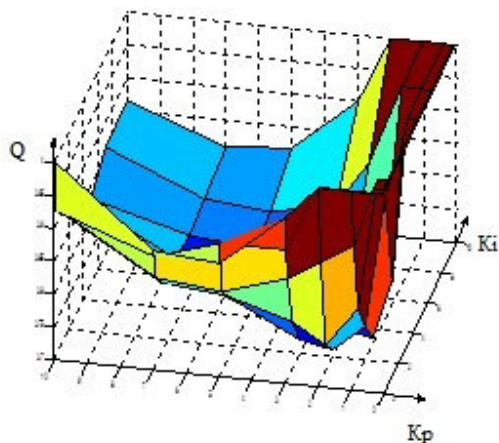


Рисунок 2 – Поверхня, що описує зміну значення критерію якості в залежності від налаштувань регулятора

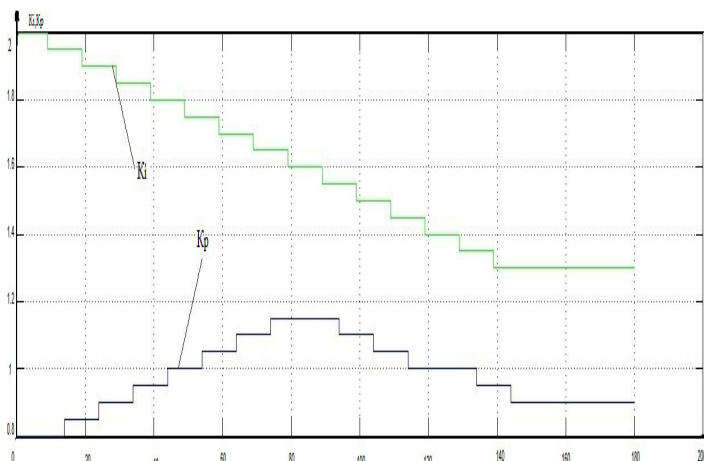


Рисунок 3 – Зміна налаштувань регулятора в процесі пошуку екстремуму

Аналіз графіку залежності критерію якості від налаштувань регулятора K_p – коефіцієнт П складової, K_i – коефіцієнт І складової, $Q=f(K_p, K_i)$, (рис. 2) дозволяє стверджувати, що існує один глобальний екстремум, поверхня монотонна і дозволяє, почерговою зміною налаштувань оптимізувати регулятор за кінцеву кількість кроків із заданою точністю.

На рис. 3 показано зміну налаштувань регулятора в процесі пошуку екстремуму. Для заданої початкової точки пропорційна складова починає зростати, інтегральна – зменшуватись, в підсумку вони в значеннях, що відповідають оптимальним з заданою точністю і повністю згоджуються з попереднім значенням. Слід зазначити, що показаний частковий випадок, і для інших початкових умов процес відбувається аналогічно і наближується до тих самих оптимальних значень.

Висновки. Створено навчальний демонстраційний приклад моделювання роботи екстремальних систем управління диференціального типу і досліджено на його основі якості пошуку оптимальних налаштувань ПІД-регулятора.

Складено екстремальну систему керування диференціального типу, яка знаходить налаштування регулятора з постійним кроком, який визначає точність і швидкість пошуку.

Перевага даної моделі в тому, що для будь-якого об'єкту та згідно висунутого критерію в автоматичному режимі здійснюється оптимізація регулятора за двома налаштуваннями.

За результатами виконаних досліджень отримано програмну реалізацію процедури логічного керування імітаційною моделлю, що відповідає алгоритму роботи екстремальної системи. Коректність роботи перевірена і доведена контрольними прикладами, процес знаходження екстремуму стійкий і не залежить від початкової точки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Власов К.П. Специальный курс по теории автоматического управления (учебное пособие). – Харьков: ХПИ, 1974. – 198 с.
2. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления. Часть III. Оптимальные, многосвязные и адаптивные системы. –М.: Энергия, 1970. – 365 с.
3. Євстіфєєв В.О. Теорія автоматичного керування. Частина друга. Спеціальні системи автоматичного керування: Навчальний посібник. – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2007. – 224 с.
4. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2001. – 480 с.
5. Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н.. MATLAB 7 Полное руководство. БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.

ЦИФРОВИЙ ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИГНАЛІВ РЕГУЛЬОВАНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПОСТІЙНОГО ТА ЗМІННОГО СТРУМІВ

О. М. Кравець, асс., А. П. Калінов, к.т.н., доц., С. Ю. Шишков, студ., С. С. Яровий, студ.,

Б. Б. Каменцев, студ.

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: kdu7008@ukr.net*

Вступ. Існує багато підходів до побудови цифрових систем вимірювань параметрів електричних сигналів, кожен з яких базується на застосуванні того чи іншого первинного вимірювального перетворювача і відповідного йому алгоритму обробки даних. Широко представлені на ринку промислової електроніки прилади для визначення параметрів мережі живлення компаній LovatoElectric, Autonics, Satec, Socomec, Janitza, Fluke, Metrel, Vertesz електроніка, Hioki, Prova, Овен та інших. Існуючі системи визначення параметрів мережі живлення дозволяють здійснювати контроль і аналіз параметрів напруг, струмів й потужності, визначають весь спектр показників якості електроенергії, дозволяють виконувати порівняльний аналіз отриманих результатів щодо встановлених норм. Такі пристрої визначають якість електроенергії за європейськими стандартами EN50.006, міжнародним стандартам МЕК 861, МЕК 1000-3-2, МЕК 1000-3-3, МЕК 1000-4-1.

З кожним роком усе більшого розповсюдження набуває використання перетворювачів частоти (ПЧ) у регульованих електроприводах (ЕП) змінного струму. При вимірюванні параметрів електричних кіл змінного струму, які працюють у широкому діапазоні зміни частоти, виникають певні труднощі, пов'язані із тим, що більшість із існуючих вимірювальних пристроїв розраховані на роботу на частотах, близьких до 50 Гц. Задачу вимірювань електричних сигналів на виході ПЧ у промислових умовах зазвичай можна розв'язати із використанням ресурсів системи керування перетворювача. Так, у більшості ПЧ є можливість виводу до двох сигналів параметрів роботи на магнітоелектричні або цифрові вимірювальні прилади. При необхідності всебічного дослідження процесів у системі перетворювач частоти – асинхронний двигун (ПЧ–АД), наприклад, у форматі лабораторних робіт, розглянутих можливостей самого ПЧ стає недостатнім. Крім цього, зазвичай фізичні лабораторні стенди для дослідження ЕП крім електричних машин (ЕМ) змінного струму містять ЕМ постійного струму, які використовуються у якості навантажувальних. Також реалізація лабораторних стендів вимагає наявності оперативної інформації про параметри досліджуваної електромеханічної системи, представленої у вигляді інтегральних значень. Це зумовлює актуальність задачі розробки цифрової системи вимірювань параметрів регульованих ЕП постійного та змінного струмів.

Мета роботи. Розробка цифрового пристрою вимірювання параметрів сигналів регульованих електроприводів постійного та змінного струмів.

Матеріал та результати досліджень. Функціональну схему розробленого цифрового пристрою вимірювання параметрів сигналів регульованих електроприводів постійного і змінного струмів показано на рис. 1.

Основою розробленого пристрою є 8-розрядний однокристальний мікроконтролер (МК) фірми Microchip, який здійснює обробку виміряних даних та керування індикаторами. Вимірювання сигналів у колах ЕП постійного та змінного струмів здійснюється з використанням блоку датчиків [1], у якому здійснюється масштабування та гальванічний розділ силових та вимірювальних кіл. При розробці пристрою була реалізована можливість вимірювань частоти обертання валу досліджуваної електромеханічної системи як у вигляді сигналу постійного струму (тахогенератор), так і у вигляді імпульсного сигналу (інкрементальний енкодер).

Особливістю реалізації пристрою та вимірювань у широкому діапазоні зміни частоти сигналів змінного струму є використання модулю компаратора МК. За допомогою модуля компаратора реалізується визначення періоду сигналу, що, із використанням фільтрів та тригера Шмідта, за рахунок зовнішніх виходів МК дозволяє забезпечити високу точність вимірювання в умовах наявності суттєвих перешкод. Тестування розробленого пристрою показало високу точність визначення частоти та середньоквадратичного значення напруги у діапазоні від 0,5 до 60 Гц.

Алгоритм обробки виміряних даних залежить від типу сигналів: для сигналів змінного струму здійснюється розрахунок середньоквадратичних значень, для сигналів постійного струму – середніх значень на визначеному періоді. Також для сигналів струмів і напруг кіл постійного струму може розраховуватись значення потужності, а для сигналів кіл змінного струму – значення частоти, активної та реактивної потужностей, коефіцієнту корисної дії. Вимірювання імпульсних сигналів можливе у діапазоні частот 0÷100 кГц та реалізується методом підрахунку кількості імпульсів за певний проміжок часу. Визначення параметрів, які виводяться на індикацію, здійснюється дискретним сигналом шляхом натискання оператором на кнопку вибору режиму відображення даних.

Візуалізація виміряних параметрів реалізується двома шляхами. Перший – використання рідкокристалічного індикатора, що підтримує стандарт HD44780 і дозволяє відображати дані у дварядки по шістнадцять символів

кожен [2]. Другий шлях візуалізації результатів – використання групи світлодіодних індикаторів із інтерфейсом зв'язку RS-485 типу СМІ2 фірми ОВЕН та протоколом передачі даних Modbus RTU [3]. Індикатори СМІ2 призначені для виведення оператору інформації та забезпечують індикацію параметрів системи або діагностичних повідомлень на щитах і пультах оперативного керування лабораторного стенду. Використання світлодіодних індикаторів із інтерфейсом RS-485 дозволяє мікроконтроллеру керувати тридцятьма двома паралельно підключеними індикаторами з використанням двопровідної схеми в умовах високого рівня перешкод, які генеруються силовими напівпровідниковими перетворювачами частоти та напруги. Таким чином, можливість виводу результатів вимірювань на два різні типи індикаторів суттєво розширює сферу використання розробленого пристрою. Представлена структура цифрового пристрою дозволяє використовувати його як у форматі моноблочного виконання, так і у вигляді розподіленої системи із віддаленим розташуванням індикаторів.

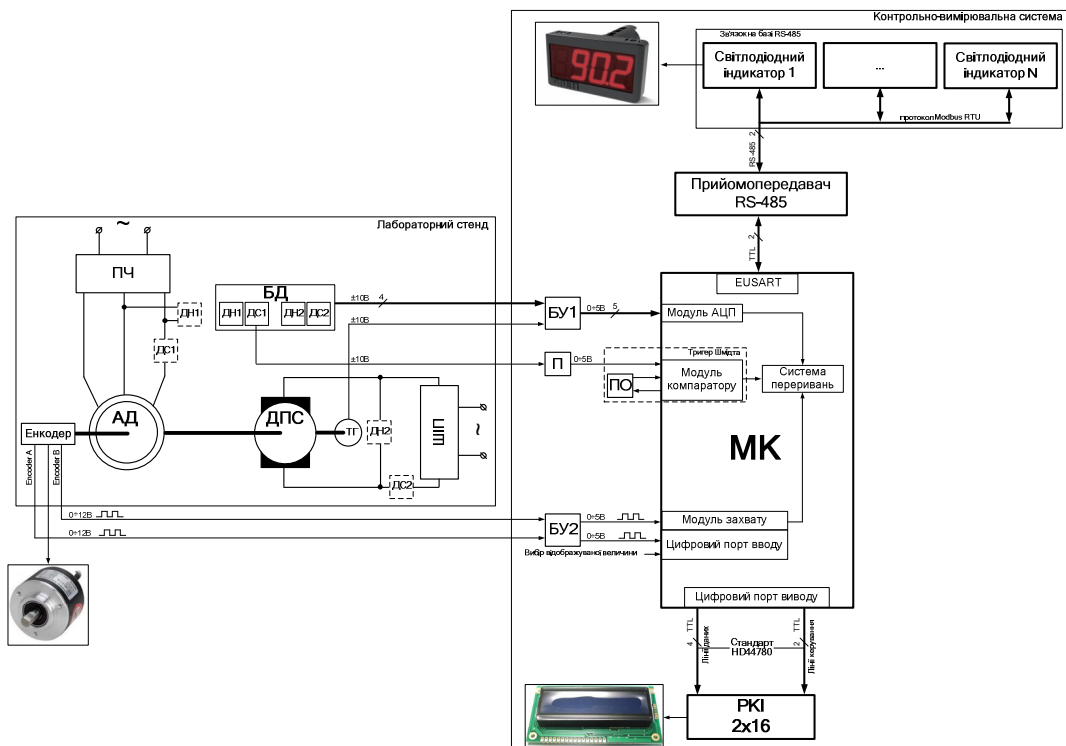


Рисунок 1 – Функціональна схема цифрового пристрою для вимірювання параметрів сигналів регульованих електроприводів постійного і змінного струмів:

АД – асинхронний двигун; ДПС – двигун постійного струму; ПЧ – перетворювач частоти; ШПІ – широтно-імпульсний перетворювач; БД – блок датчиків; ДН1, 2 – датчики напруги; ДС1, 2 – датчики струму; ТГ – тахогенератор; БУ1, 2 – блоки узгодження; П – підсилювач; ПО – підлаштування опору; МК – мікроконтролер; ПК1 – рідкокристалічний індикатор

Висновки. Розроблений цифровий пристрій вимірювання параметрів сигналів регульованих електроприводів постійного і змінного струмів дозволяє вимірювати сигнали змінного струму у широкому діапазоні зміни частоти, сигнали постійного струму і імпульсні сигнали, що дозволяє реалізувати вимірювання інтегральних величин параметрів електричних кіл більшості лабораторних стендів з дослідження систем електроприводів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калинов А.П. Универсальное учебно-исследовательское оборудование для электромеханических лабораторий / А.П. Калинов, А.И. Гладырь // Щоквартальний науково-виробничий журнал Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Вип. 1. – Кременчук: КДПУ, 2007. – С. 14–19.
2. Брей Б. Применение микроконтроллеров PIC18. Архитектура, программирование и построение интерфейсов с применением С и асемблера / Б. Брей. – М.: МК-Пресс, 2008. – 576 с.
3. Парк Д. Передача данных в системах контроля и управления / Д. Парк, С. Маккей, Э. Райт. – М.: Группа ИДТ, 2007. – 480 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА ПРОГРАМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РАБОТОЗДАТНОСТІ СХЕМИ БЛОКА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ РАДІОПРИЙМАЧІВ

М. В. Кравець, студ., Л. Б. Караєва, ст. викл.

*Світловодський політехнічний коледж Кіровоградського національного технічного університету
вул. Єгорова, 15, 27501, м. Світловодськ, Україна, e-mail:svet-koledg@ukr.net*

Вступ. При розробці радіоелектронної апаратури часто виникає необхідність живлення малопотужних схем для їх перевірки на працездатність стабільною фіксованою напругою 3; 4.5; 6; 9; 12; Вольт . Для модернізації було обрано схему стабілізованого блока живлення на основі параметричного стабілізатора рис. 1.

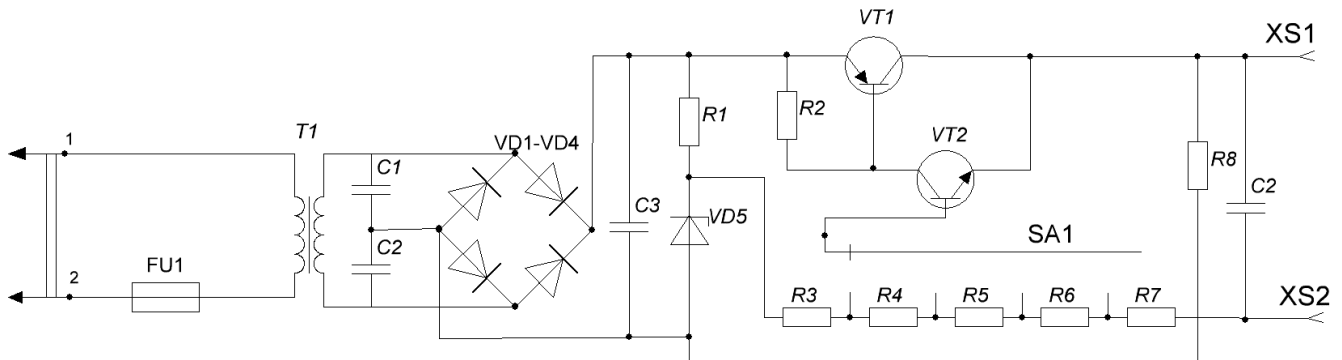


Рисунок 1 – Блок живлення для радіоприймачів вихідна схема

Мета роботи. Отримати блок живлення що має кращі характеристики, а саме: більший максимальний струм, більший діапазон вихідних напруг, нижче рівень відхилення вихідної напруги від номіналу і меншу кількість радіоелементів. Також потрібно промоделювати створену схему з допомогою комп'ютерної програми MULTISIM 12

Матеріал і результати роботи. В результаті модернізації була отримана схема зображена на рис.2. Модернізація схеми полягає в заміні елементної дози на більш нову, що дає можливість зменшити кількість елементів схеми, збільшити її функціональність та покращити електричні та експлуатаційні характеристики . Проглянувши таблицю 1 можна побачити що в результаті модернізації отримана схема що має набагато ліпші характеристики ніж вихідна.

Таблиця 1 – Технічні характеристики модернізованої та вихідної системи

Пристрій	Напруга живлення, В	Максимальний Вихідний струм, мА	Вихідна потужність, Вт	Вихідна напруга, В	Граничне відхилення вихідної напруги, %
Блок живлення для радіоприймачів модернізований	220	250	3	3; 4,5; 6;9; 12.	0,3
Блок живлення для радіоприймачів вихідна схема	220	100	1,8	3; 4,5; 6;9.	0,01

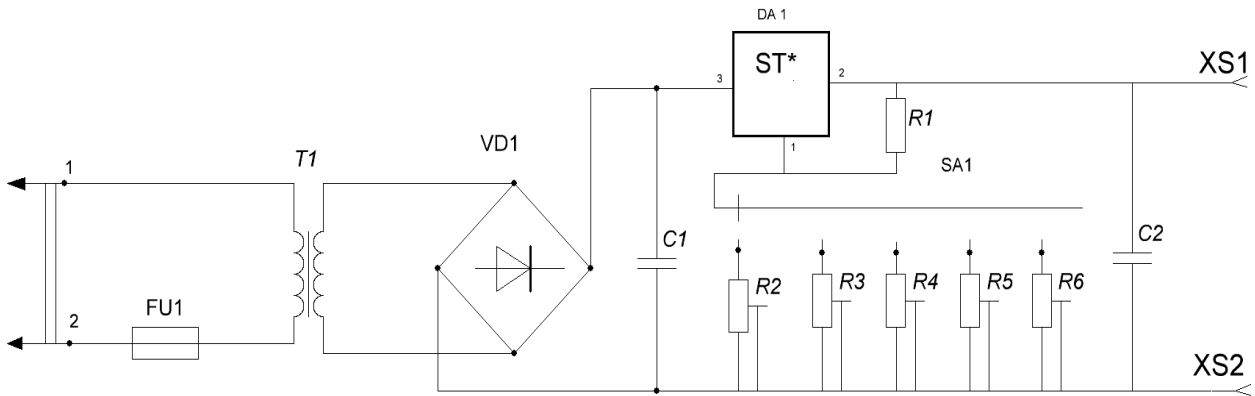


Рисунок 2 – Блок живлення для радіоприймачів модернізований.

Комп'ютерне моделювання схеми. Розробка будь-якого радіоелектронного пристрою включає фізична або математичне моделювання. Фізичне моделювання пов'язане з великими матеріальними витратами, тому що вимагає виготовлення макетів і їх трудомістке дослідження. Іноді чисто фізичне моделювання просто неможливо через складність пристрою. У цьому випадку вдаються до математичного моделювання з використанням засобів і методів обчислювальної техніки.

Для моделювання роботи схеми блоку живлення потрібно збирати його електричну принципову схему з елементів бібліотек програми MULTISIM 12, всім елементам схеми привласнити необхідні номінали (рис2) . Оскільки блок живлення має кілька вихідних напруг і відповідно режимів роботи перевіряємо їх окремо , для більшої реалістичності на вихід блоку живлення приєднана навантаження 100 Ом. Для отримання на виході схеми трьох вольт перемикач S1 встановлюється в перше положення , по суті він і резистори R1- R6 є схемою завдання режиму.

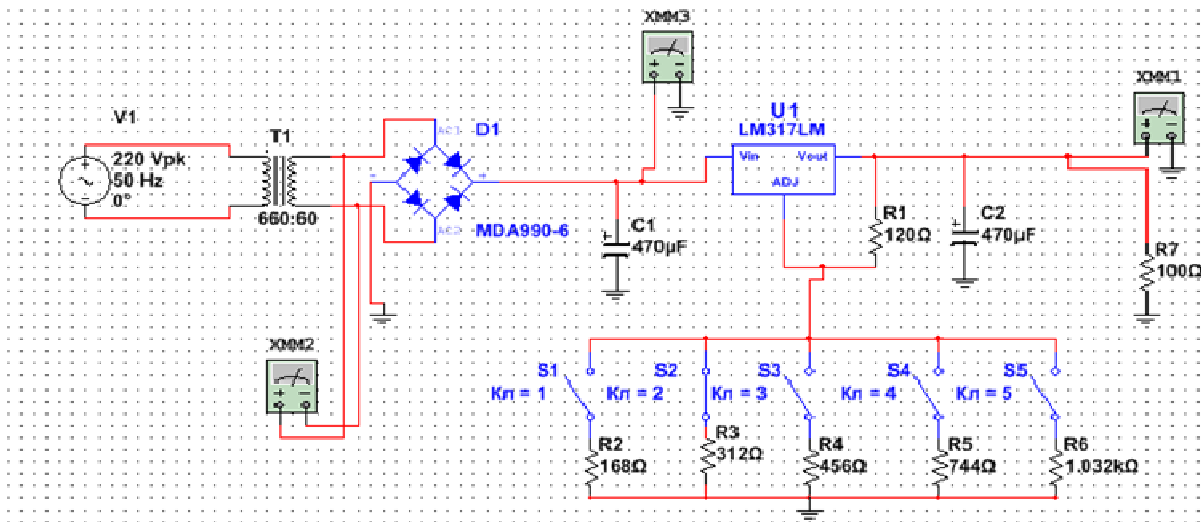


Рисунок 3 – Блок живлення для радіоприймачів модернізований , комп'ютерне моделювання.

Висновок. Зберігши принципи роботи старої схеми завдяки застосуванню сучасної елементної бази та схемотехнічних рішень вдалося забезпечити кращі електричні та експлуатаційні показники схеми, та спростити її , також в рамках курсового проекту було виконано розрахунок елементів конструкції трансформатора в програмі evtrans 3.0 .

ЛІТЕРАТУРА

1. Найвельт Г.С. Мазель К.Б. и др. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры (под редакцией Найвельта Г.С) М.: Радио и связь. – 1985.
2. Невлюдов І. Ш. Основи виробництва електронних апаратів Компанія СМІТ. – Харків. – 2006.
3. Петров К. С. Радиоматериалы, компоненты и электроника. – СПб Питер. – 2003.

**ТОПОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ПОБУДОВИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ
ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ЗМІННОГО СТРУМУ**

Д. О. Кулагін, к.т.н., доц.

Запорізький національний технічний університет

вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, 69007, Україна, e-mail: nemix123@rambler.ru

Вступ. Введення до складу тягових систем інформаційних компонентів призводить до необхідності збільшення різноманітних пристроїв та давачів, що встановлюються в систему. Цей клас систем характеризується наявністю в своєму складі, разом з енергетичними компонентами, додатково необхідної інформаційної підсистеми, що включає сукупність давачів, перетворювачів сигналів, пам'яті, в якій зберігається модель поведінки тягової системи, програми обробки інформації та вироблення керуючих сигналів. Така значна кількість додаткових пристроїв призводить до ускладнення системи, зменшення її надійності, бо в разі виходу з ладу певної частини інформаційної підсистеми вся система автоматичного керування (САК) працювати повноцінно не зможе. Тому таке ускладнення САК не виправдовує переваг, що при цьому отримано. Ускладнення тягових систем, що виявляється в збільшенні кількості і появи додаткових взаємозв'язків компонентів призводить до проблем розробки та забезпечення необхідного рівня якості функціонування САК. Потреба поліпшення функціональних показників і забезпечення ширших функцій САК при одночасному посиленні вимог до їх характеристик призводить до появи певних законів керування. В таких умовах первинного значення при проектуванні систем набувають завдання оптимізації законів керування, та виникає принципова необхідність оптимального проектування топології тягового перетворювача на конкретні умови роботи [1].

Мета роботи. Аналіз топологічних підходів щодо побудови систем керування тягових електропередач.

Матеріал і результати дослідження. Складні системи ідентифікації параметрів не завжди виправдані за техніко-економічними показниками в порівнянні з використанням систем з прямим визначенням параметрів без давача швидкості, оскільки призводять до ускладнення конструкції та збільшення вартості системи, ускладнення законів керування САК, необхідності збільшення частоти комутації ключів інвертора, в наслідок чого з'являються додаткові втрати потужності. Більшість розроблених законів ідентифікації параметрів розраховано на синусоїдальні струми в колах асинхронного двигуна (АД), що призводить до неадекватної оцінки параметрів при відхиленні від даного припущення, неврахування появи додаткових втрат в реакторах, сталі двигуна. Для реалізації систем регулювання без зворотного зв'язку за частотою обертання необхідні додаткові заходи, що забезпечують стійку роботу. Наприклад, в електроприводах серії ЕКТ використані пристрої для усунення автоколивань та зміни темпу розгону, засновані на введенні в генератор, що задає скважність комутації автономного інвертора напруги, додаткового сигналу в функції електрорушійної сили або напруги АД. Використання даного методу дозволило забезпечити високу якість регулювання частоти обертання привода в системі. Проте, зміна параметрів об'єкта керування під час його роботи призводить до складності отримання необхідних характеристик перехідних процесів. Це властиве системам підпорядкованого регулювання [2]. Для створення уніфікованих систем приводів без давачів на валу двигуна та в його середині закладено наукову базу формування САК на основі регуляторів частоти вектора потокозчеплення ротора та активної складової струму АД. Робота з активною складовою струму, яку можна отримати з ланки постійного струму, дозволяє точно контролювати зміну параметрів двигуна в часі, характеризувати його енергетичний стан за фактичною потужністю, що споживається. Значення частоти вектора потокозчеплення ротора АД отримується на основі відомих значень напруги та активної складової струму в ланці постійного струму. При розробці способів керування та ідентифікації параметрів АД без давачів швидкості виключені припущення, традиційні при математичному моделюванні та оптимізації режимів двигуна, бо при виборі способу керування, методів структурного та динамічного синтезу систем високоточного регулювання моменту та швидкості реального об'єкта вирішується проблема інваріантного керування з автоматичною компенсацією всього комплексу збурюючих факторів, включаючи часові та просторові гармоніки поля, широку зміну активних опорів статора і ротора внаслідок нагріву та витиснення струму, а також зміни індуктивностей розсіювання статора, ротора та головної індуктивності при насиченні. На практиці керування в сукупності послідовних дій та операцій над режимними параметрами власне двигуна (фазовий принцип керування двигуном) - фазами та амплітудами реальних фізичних величин струмів, напруг, потокозчеплень, а не обчислюваних в мікроконтролері сигналів та параметрів керуючих програм, що мають відхилення в динаміці від реальних значень в двигуні, дозволяє значно оптимізувати перехідні та енергетичні процеси в двигуні, поліпшити їх якість. Використання прямих методів вимірювання при цьому однозначно характеризує процес споживання потужності АД. Загальні технічні вимоги до САК показують, що діапазон регулювання частоти обертання знаходиться в межах від 1:5 до 1:50, без її вимірювання, та 1:20000 в разі вимірювання частоти обертання, при точності стабілізації 0,5-20 %. При цьому САК та механізм повинні забезпечувати формування режимів пуску, реверса, гальмування [1]. Виконання таких вимог в статичних режимах для більшості випадків (діапазон регулювання частоти обертання 1:50) можливе системами автоматичного керування розімкнутими за частотою обертання вала АД [1]. Розробка САК без давачів зворотного зв'язку за частотою обертання ротора робить таку систему універсальною і забезпечує її використання в усіх типах тягових

електропередач. З точки зору розробки тягових електропередач масових серій така система є найбільш прийнятною, оскільки не потребує встановлення давачів на вал та в середину АД [1].

Системний підхід до проектування САК із заданим набором властивостей вимагає розробки деяких комплексних, загальних моделей різних фізичних процесів, що визначають функціональні властивості компонентів системи.

У проаналізованих системах можна виділити основні функції, що виконуються ними:

- підтримка (стабілізація) ряду параметрів (напруга, частота обертання, частота струму, потужність) на заданому рівні в статичному і динамічному режимах;
- програмне керування (виконання заданої послідовності законів в процесі роботи системи);
- автоматичний контроль, сигналізація та захист елементів (захист від коротких замикань, перевантаження, перенапружень, виключення можливостей виникнення аварійних і нехарактерних режимів роботи, світлова, звукова, цифрова сигналізація);
- вибір ефективних режимів роботи в процесі керування за прийнятими критеріями оптимізації, серед яких можуть бути коефіцієнт корисної дії, активна потужність, витрата енергії чи палива;
- керування зі самонавчанням і самоорганізацією, що включає аналіз інформації, вибір стратегії та законів роботи з можливістю зміни параметрів і структури системи.

Одним з компонентів комплексу завдань по створенню сучасних засобів керування є розробка законів керування, в тому числі визначення оптимальних співвідношень між частотою і амплітудою напруги. При цьому закони, що розробляються, у значній мірі залежать від кількості та якості контрольованої інформації відносно параметрів двигуна. На сучасному етапі розвитку теорії оптимального керування наголошується прагнення забезпечити прийнятну якість статичних характеристик двигуна шляхом регулювання амплітуди напруги у функції частоти і момента навантаження. Найбільшого поширення набули системи, що реалізують пропорційний спосіб керування за законом Костенко [2]. Даний метод хоча і забезпечує прийнятні для ряду випадків практичного вживання механічні характеристики та режими роботи, проте, не є оптимальним. Він не спрямований на досягнення граничних показників якості функціонування електропередачі з точки зору мінімізації втрат потужності, витрат енергії, нагріву. Для оптимізації наведених вище показників при зміні момента навантаження доцільно не стабілізувати, а певним чином змінювати магнітний стан двигуна.

Розвиток структур тягових електропередач змінного струму ґрунтується на використанні наступних перетворювачів:

- дволанкових перетворювачів частоти (ДПЧ) із проміжною ланкою постійного струму;
- безпосередніх перетворювачів частоти (БПЧ).

Найбільш розповсюдженими є системи з дволанковими перетворювачами частоти, що виконуються на основі автономних інверторів напруги або автономних інверторів струму [2].

Силова частина ДПЧ із проміжною ланкою постійного струму складається з випрямляча, фільтра та інвертора. У ДПЧ здійснюється дворазове перетворення електричної енергії. Спочатку енергія джерела змінного струму перетворюється в енергію постійного струму, а потім в енергію змінного струму заданої частоти. Характерною ознакою перетворювачів даного типу є наявність накопичувача енергії в проміжній ланці постійного струму [2]. БПЧ спочатку мали обмежене застосування - в основному для тихохідних приводів, в яких використовуються БПЧ із природною комутацією вентилів. Якщо ж БПЧ виконати на повністю керованих ключах, за допомогою яких у будь-який момент часу можна здійснити прямий двосторонній зв'язок двигуна та мережі живлення і забезпечити регулювання частоти й напруги (струму) у необхідних діапазонах, то такий перетворювач буде мати очевидні переваги перед ДПЧ, тому що найбільш повно буде відповідати вимогам до САК. Такий БПЧ перевершує ДПЧ за енергетичними показниками за рахунок однократного перетворення енергії, динамічних характеристик, тому що не містить у силовому колі накопичувальних реактивних елементів. В його силовому колі відсутні такі малонадійні елементи, як конденсатори. Структури електроприводів на основі БПЧ можуть будуватися по тим же принципам, що й з АІН і є більш простими в реалізації з огляду забезпечення стійкості та динаміки, ніж системи з АІС. Такий БПЧ поєднує переваги ДПЧ на основі АІН і АІС, крім їхніх характерних недоліків.

Висновки. В роботі проведено аналіз топологічних підходів щодо побудови систем керування тягових електропередач змінного струму. Показано, що функціональні завдання, які покладено на тягову електропередачу, вимоги що пред'являються до її техніко-економічних, екологічних, ергономічних та інших показників, приводять до необхідності створення систем тягових електропередач, в складі яких, окрім основного компоненту - електромеханічного перетворювача - повинні бути різноманітні перетворювачі енергії, пристрої контролю, керування, захисту, побудовані на основі сучасних електронно-інформаційних систем та комплексів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кулагін Д. О. Розробка моделі модернізованого частотно-керованого тягового електроприводу зі змінним алгоритмом керування дизель-потяга ДЕЛ-02 / Кулагін Д. О., Качур О. С., Андрієнко П. Д. // Електротехніка та електроенергетика. – 2010. – № 1. – С. 30–34.
2. Пивняк Г. Г., Волков А. В. Современные частотно-регулируемые асинхронные электроприводы с широтно-импульсной модуляцией. – Днепропетровск, 2006. – 421 с.

ВІРТУАЛЬНИЙ ПРИЛАД «СИСТЕМА ВЗАЄМНОГО НАВАНТАЖЕННЯ МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ»

*Є. В. Нечитайло, студ., А. І. Ломонос, ст. викл., Д. А. Мосюндз, асп.
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна, e-mail: lln1xToll@ukr.net*

Вступ. Під навантаженням двигуни досліджують з метою визначення механічних властивостей відремонтованих машин, стійкості їх до механічних та струмових навантажень. Під час випробування в режимах навантаження виникає необхідність у розрахунку та підборі керуючих впливів, що формуються та подаються на системи керування транзисторних або тиристорних перетворювачів.

Проведені дослідження показали [1], що визначення гармонічних складових математичним шляхом достатньо ускладнене. Виконання підбору значень гармонічних складових експериментальним шляхом вимагає значних витрат часу [2], оскільки необхідно враховувати перехресні зворотні зв'язки, нелінійність кривої намагнічування та нелінійну залежність моменту опору від частоти обертання двигуна.

Виникає необхідність підвищити ефективність дослідження системи взаємного навантаження (СВН) електричних машин шляхом розробки віртуального приладу, що дозволить досліджувати режими взаємного навантаження декількох машин постійного струму (МПС) при використанні тиристорних та транзисторних перетворювачів енергії.

Мета роботи. Підвищення ефективності дослідження системи взаємного навантаження машин постійного струму без механічного з'єднання валів шляхом розробки віртуального приладу.

Матеріал і результати дослідження. Реалізація систем навантаження машин постійного струму може бути здійснена з використанням машинних або тиристорних перетворювачів у якірних колах та колах обмоток збудження [3]. В роботах [3–4] запропоновано спосіб використання електромеханічного накопичувача-компенсатора, в якості якого застосовується машина постійного струму.

В роботі [4] запропонована схема системи взаємного навантаження машин постійного струму без механічного з'єднання валів. При випробуваннях за методом взаємного навантаження дві електричні машини з'єднуються між собою якірними колами та підключаються до зовнішнього джерела енергії. Споживання енергії при випробуваннях за методом взаємного навантаження визначається сумарними втратами в обох випробуваних машинах. Компенсація цих втрат здійснюється від зовнішнього джерела електричної або механічної енергії, або від обох джерел одночасно [3].

Для підвищення ефективності дослідження системи взаємного навантаження електричних машин виникає необхідність розробки віртуального приладу, що дозволить досліджувати режими взаємного навантаження декількох машин постійного струму при використанні тиристорних та транзисторних перетворювачів енергії.

Для досягнення цієї мети розроблено UML-діаграму станів, виходячи з якої створено віртуальний прилад «Система взаємного навантаження МПС» на базі програмного пакету LabVIEW. Метою даної мови є автоматизація використання обчислювального та вимірювального лабораторного обладнання.

Графічний інтерфейс розробленого віртуального приладу представлений на рис. 1, де цифрами показано:

1. – блок-схема системи взаємного навантаження МПС;
2. – прилади для відображення параметрів в СВН МПС;
3. – панель керування тиристорними та транзисторними перетворювачами енергії;
4. – вкладка «Перехідні характеристики» призначена для відображення зміни контрольованих параметрів у СВН з можливістю масштабування;
5. – вкладка «Перехідні характеристики 2» призначена для відображення зміни окремих контрольованих параметрів у СВН з можливістю масштабування.

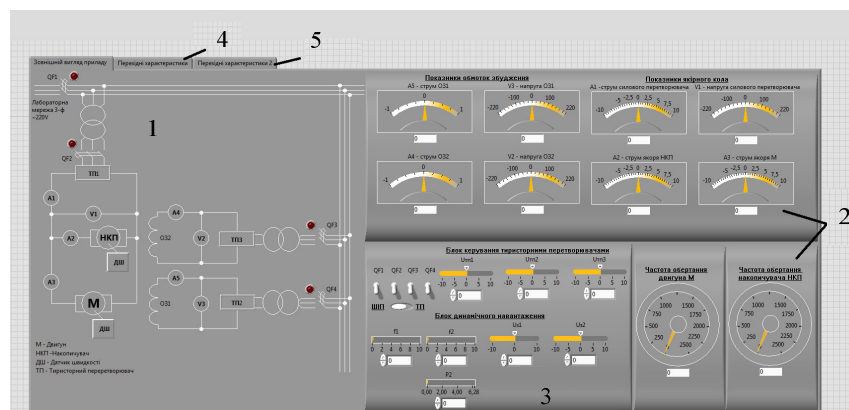


Рисунок 1 – Загальний вигляд віртуального приладу системи взаємного навантаження МПС

В якості прикладу розглянуто режими динамічного навантаження при використанні тиристорних та транзисторних перетворювачів в колах обмоток збудження електричних машин. Керуючі впливи на перетворювачах формуються в загальному випадку наступним чином [1, 3]:

$$U_{\kappa 1} = U_{01} + U_{m1} \sin(\Omega_1 t); U_{\kappa 2} = U_{02} + U_{m2} \sin(\Omega_2 t - \phi_2),$$

де $U_{01}, U_{02}, U_{m1}, U_{m2}$, – постійні та змінні складові напруги керування; Ω_1, Ω_2 – частоти навантаження; ϕ_2 – кут зсуву векторів струму.

При використанні тиристорних перетворювачів в колах обмоток збудження постійні складові задано у формі: $U_{\kappa}=8$ В, $U_{\kappa 1}=6$ В, $U_{\kappa 2}=6$ В, а змінні складові та частоти навантаження – $U_{\omega 1}=3,55$ В, $U_{\omega 2}=3,55$ В, $\Omega_1 = \Omega_2 = 28$ рад/с.

Для випадку використання ШПП керуючі впливи задано у формі: $U_{\kappa}=5$ В; $U_{\omega 1}=10$ В; $U_{\omega 2}=10$ В; $\gamma = 0,8$.

Залежності зміни струмів перетворювача та якорних кіл електричних машин для обох випадків наведено на рис. 2.

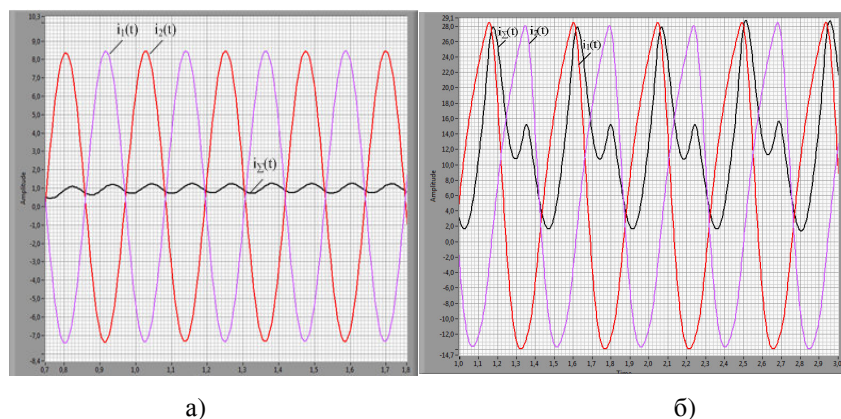


Рисунок 2 – Залежності зміни струмів перетворювача та якорних кіл електричних машин: а) при використанні ТП; б) при використанні ШПП.

Висновки У роботі проаналізовано структура та режими роботи системи взаємного навантаження машин постійного струму без механічного з'єднання валів. Виникає необхідність підвищення ефективності дослідження системи взаємного навантаження електричних машин шляхом розробки віртуального приладу, що дозволить досліджувати режими взаємного навантаження декількох МПС при використанні тиристорних та транзисторних перетворювачів енергії.

Виходячи з приведеного аналізу розроблено UML-діаграму станів роботи, на підставі якої створено віртуальний прилад «Система взаємного навантаження машин постійного струму», що дозволяє дослідити режими статичного та динамічного навантаження електричних машин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ломонос А.І. Визначення параметрів керування силовими перетворювачами систем випробування машин постійного струму / А.І. Ломонос, О.В. Удовичський // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 1/2012 (17). – С. 72–76.
2. Родькин Д.И. Системы динамического нагружения и диагностики электродвигателей при послеремонтных испытаниях / Д.И. Родькин // – М.: Недра, 1992. – 236 с.
3. Ломонос А.И. Принципы построения регулятора нагрузки системы испытания машин постоянного тока с электромеханическим накопителем энергии / А.И. Ломонос, А.В. Бялобержеский // Вісник КДПУ. – 2005. – Вип. 4/2005. – С. 47–52.
4. Ломонос А.И. Исследование процессов в системе взаимного нагружения машин постоянного тока без механической связи валов/ А.И. Ломонос // Вісник КДПУ: Наукові праці КДПУ. – 2006. – Вип. 3/2006 (38), частина 2. – С. 37–42.
5. Ломонос А.І., Срібна М.В. Спосіб розрахунку параметрів керування силовими перетворювачами в системі взаємного навантаження / А.І. Ломонос, М.В. Срібна // № 82257 від 25.07.2013, – Бюл. №14.
6. Ломонос А.І., Сухорук С.В. Спосіб розрахунку параметрів керування силовим перетворювачем в системі взаємного навантаження машин постійного струму / А.І. Ломонос, С.В. Сухорук // №69961 від 25.05.2012.

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА МАЛОГО ПАРАМЕТРА В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ

М. С. Малякова, уч. мастер

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: marry_88@mail.ru

Введение. На сегодняшний день не теряет актуальность задача исследования процессов, протекающих в цепях с полупроводниковыми преобразователями, которые являются элементами с явно выраженной нелинейностью [1-3]. К главным вопросам, которые ставят перед собой исследователи при анализе таких систем можно отнести: определение закономерностей и повышения эффективности энергопреобразования [1-3], определение природы возникновения реактивной мощности [2], разработка эффективных методов расчета токов [3].

Как известно, работу цепей описывают нелинейные дифференциальные уравнения, решение которых позволяет определить токи, протекающие в цепи. На основе проведенного анализа литературных источников, для решения таких уравнений был выбран метод малого параметра (ММП) [4], относящийся к группе методов возмущений, как наиболее эффективный, универсальный и простой в реализации.

Необходимо отметить, что ММП реализуется во временной области, что сопровождается сложными тригонометрическими преобразованиями и снижает его эффективность. Для повышения эффективности аналитических расчетов предложено реализовать ММП в частотной области с использованием алгоритма дискретной свертки [5].

Цель работы. Аналитическое определение гармонических составляющих тока электрических цепей, содержащих полупроводниковые преобразователи с использованием ММП в частотной области.

Материал и результаты исследования. В качестве примера реализации предлагаемого метода была рассмотрена электрическая цепь с диодом и активно-индуктивной нагрузкой (рис. 1).

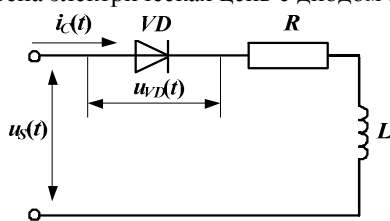


Рисунок 1 – Исследуемая электрическая цепь

Согласно ММП [4], было сформировано дифференциальное уравнение, описывающее исследуемую цепь:

$$u_s(t) = u_{VD}(t) + L \frac{di(t)}{dt} + i(t)R, \quad (1)$$

где $u_s(t)$, $u_{VD}(t)$, $u_R(t)$, $u_L(t)$ – напряжение на источнике питания, диоде, активном сопротивлении, индуктивности, соответственно; L – индуктивность; R – активное сопротивление.

В качестве аппроксимирующей функции вольт-амперной характеристики (ВАХ) диода была выбрана полиномиальная зависимость второй степени:

$$i(u_{VD}) = a + bu_{VD} + cu_{VD}^2, \quad (2)$$

где a , b , c – коэффициенты полинома.

Для реализации расчета исследуемой цепи ММП в частотной области с использованием автоматизированного метода формирования составляющих мгновенных величин [5] были получены косинусные (3) и синусные (4) ортогональные составляющие всех компонент уравнения (1) в частотной области:

$$U_{aSn} = U_{aVDn} + U_{aLn} + U_{aRn}; \quad (3)$$

$$U_{bSn} = U_{bVDn} + U_{bLn} + U_{bRn}, \quad (4)$$

где U_{aVDn} , U_{aLn} , U_{aSn} , U_{aRn} – n -е косинусные составляющие напряжения на диоде, индуктивности, источнике питания и активном сопротивлении, соответственно; U_{bVDn} , U_{bLn} , U_{bSn} , U_{bRn} – n -е синусные составляющие напряжения на диоде, индуктивности, источнике питания и активном сопротивлении, соответственно; n – номер гармоники напряжения.

Выражения (3) и (4) представляют собой систему уравнений, имеющих нелинейный характер. Для их решения напряжение на диоде было представлено в виде степенного ряда по малому параметру. В данном случае в качестве малого параметра выступает коэффициент c при максимальной степени полиномиальной зависимости (2).

Напряжение диода было описано в функции малого параметра полиномом второй степени:

$$u_{VD}(c) = a_0 + a_1c + a_2c^2, \quad (5)$$

где a_0 , a_1 , a_2 – коэффициенты степенного ряда.

Было принято, что ортогональные составляющие коэффициента a_0 определяются как:

$$a_{a0} = \begin{pmatrix} 0 \\ A_{01} \\ 0 \end{pmatrix}; a_{b0} = \begin{pmatrix} 0 \\ B_{01} \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где A_{01} , B_{01} – коэффициенты, зависящие от параметров цепи.

Для корректного определения гармонического состава коэффициентов a_1 и a_2 была проанализирована система уравнений, полученная из уравнений (3)-(4) с учетом (5) путем приравнивания коэффициентов при

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц., Калинова А.П.

одинаковых степенях малого параметра c . Во внимание принимались только коэффициенты при нулевой, первой и второй степенях. Полученные выражения имеют вид:

$$a_{a1} = \begin{pmatrix} A_{10} \\ 0 \\ A_{12} \end{pmatrix}; a_{b1} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ B_{12} \end{pmatrix}; a_{a2} = \begin{pmatrix} 0 \\ A_{21} \\ 0 \end{pmatrix}; a_{b2} = \begin{pmatrix} 0 \\ B_{21} \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (7)$$

где $A_{10}, A_{12}, B_{12}, A_{21}, B_{21}$ – коэффициенты, зависящие от параметров цепи.

В соответствии с вышеизложенным были записаны массивы косинусной и синусной составляющих степенного ряда (5) в частотной области с учетом (6) и (7), определяющие напряжение на полупроводниковом преобразователе:

$$U_{aVD} = \begin{pmatrix} A_{10}c \\ A_{01} + A_{21}c^2 \\ A_{12}c \end{pmatrix}; U_{bVD} = \begin{pmatrix} 0 \\ B_{01} + B_{21}c^2 \\ B_{12}c \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Подставляя (8) в выражения (3) и (4), была сформирована система уравнений, из которой были определены соответствующие коэффициенты $A_{01}, B_{01}, A_{10}, A_{12}, B_{12}, A_{21}, B_{21}$:

$$A_{01} = \frac{(1+bR)U_{a1}}{1+2bR+b^2R^2+\omega^2L^2b^2}; B_{01} = \frac{\omega bLU_{a1}}{1+2bR+b^2R^2+\omega^2L^2b^2}; A_{10} = \frac{-2RU_{a1}^2}{(1+bR)(1+2bR+b^2R^2+\omega^2L^2b^2)};$$

$$A_{12} = \frac{U_{a1}^2 \begin{pmatrix} -3R\omega^2L^2b^2 - R - 3bR^2 - 3b^2R^3 - \\ -b^3R^4 + \omega^4L^4b^3 - 3\omega^2L^2b \end{pmatrix}}{(1+2bR+b^2R^2+\omega^2L^2b^2)^3}; B_{12} = \frac{-\omega LU_{a1}^2 \begin{pmatrix} 3R^2b^2 + 2b^3R^3 + 3\omega^2b^2L^2 + \\ + 2\omega^2L^2R - 1 \end{pmatrix}}{(1+2bR+b^2R^2+\omega^2L^2b^2)^3}, \quad (9)$$

где U_{a1} – напряжение питания; ω – угловая частота напряжения питания.

Выражения для коэффициентов A_{21} и B_{21} не приводятся из-за громоздкости.

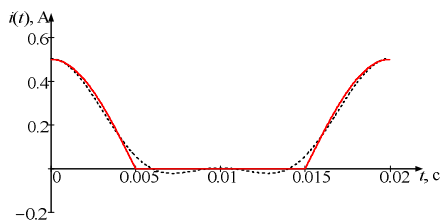


Рисунок 2 – Кривые сигнала тока, где (---) – кривая, построенная по рассчитанным значениям, (—) – кривая, полученная путем численного структурного моделирования

Полученные аналитические выражения для коэффициентов $A_{01}, B_{01}, A_{10}, A_{12}, B_{12}, A_{21}, B_{21}$ подставлялись в выражения (8). Это позволило определить составляющие напряжения на диоде. Путем подстановки их в выражение (2), описывающее ВАХ диода, были сформированы массивы косинусной и синусной составляющих тока цепи в аналитическом виде.

Для оценки точности расчета проводилось сравнение кривой тока, полученной с использованием предлагаемых выражений, и кривой тока, полученной путем численного структурного моделирования (рис. 2).

При этом были приняты следующие коэффициенты аппроксимации ВАХ диода $a=0,046, b=0,466, c=0,503$, напряжение питания $U_{Sa1}=1$ В и параметры цепи $R=1$ Ом, $L=0,0015$ Гн. В качестве критериев оценки точности расчета были выбраны относительные ошибки ортогональных косинусных $\delta(I_{an})$ и синусных $\delta(I_{bn})$ составляющих гармоник тока. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты проверки точности

Номер гармоники n	I_{an}, A	I_{bn}, A	$\delta(I_{an}), \%$	$\delta(I_{bn}), \%$
0	0,149	–	–7,77	–
1	0,125	$2,1 \cdot 10^{-5}$	+5,93	–7,11
2	0,049	$1,5 \cdot 10^{-5}$	+3,92	–9,86

Выводы. Расчет электрической цепи с диодом с использованием метода малого параметра в частотной области показал, что предложенный метод позволяет осуществлять как численный, так и аналитический анализ. Относительная ошибка определения значения ортогональных составляющих искомого тока не превысила 10 % даже при невысокой степени аппроксимирующего полинома, что свидетельствует о приемлемости изложенного метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Czarnecki L. S. Physical interpretation of the reactive power in terms of the CPC power theory, Electrical power quality and utilization journal, Vol. 13, No.1, PP. 87–93, 2007.
2. Osnach O. The Apparent Power of Electric Circuits With Switching Elements in Single-Phase Systems, Proc. of 10-th International Conference on Electrical Power Quality and Utilization, Lodz, Poland, PP. 1–5, 2009.
3. Zagirnyak M., Kalinov A., Maliakova M. Analysis of instantaneous power components of electric circuit with a semiconductor element, Archive of Electrical Engineering, vol.62(3), PP. 473–486, 2013.
4. H. Nayfer, C-Y. Chev, Perturbation methods with mathematica, Nonlinear dynamic, New York, Wiley, P. 346, 1999.
5. Zagirnyak M., Kalinov A., Maliakova M. An algorithm for electric circuits calculation based on instantaneous power component balance, Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review), R. 87, No. 12b, PP. 212–215, 2011.

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц., Калинова А.П.

ЕНЕРГЕТИЧНІ ПРОЦЕСИ В СИСТЕМІ З ВЕКТОРНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ДВИГУНА В РЕЖИМІ РЕКУПЕРАТИВНОГО ГАЛЬМУВАННЯ

Ю. О. Миколаєнко, студ.

Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м.Кременчук, Україна, e-mail: _Julka@email.ua

Вступ. Витрати на електроенергію, споживану на тягу поїздів, становлять відчутну частку в загальних експлуатаційних витратах залізниць. Одним з напрямків їх зниження є повернення електроенергії (ЕЕ) при рекуперативному гальмуванні. Останнім часом актуальною є проблема впровадження накопичувачів енергії (НЄ) в тягові електротехнічні комплекси (ТЕТК). Пропоновані концепції орієнтовані на розв'язок різних завдань. Наприклад, розв'язання проблеми накопичення надлишкової енергії рекуперації для подальшого її використання, без передачі через контактну мережу. Підвищення ефективності використання тягового електроустаткування на ТЕТК може бути реалізовано за рахунок повернення і накопичення енергії на накопичувачах енергії при гальмуванні. ТЕТК змінного струму мають рекуперативне гальмування порівняне з потужністю режиму тяги. При гальмуванні поїзда використовуються електричні гальма й генерується ЕЕ. Одним з різновидів рекуперативного гальмування є електричне гальмування, при якому електрична енергія, що виробляється тяговими оберненими електричними машинами, які працюють в генераторному режимі, повертається на накопичувальні елементи для подальшого користування [1, 2].

Найбільш ефективне використання НЄ в системі тягового електротранспорту досягається при його розміщенні безпосередньо на рухомому складі. Ємність накопичувального обладнання, установлюваного на ТЕТК, значною мірою визначається його призначенням: використання енергії електричних гальмувань або забезпечення автономності ходу ТЕТК. З погляду ефективності використання енергії гальмування, проєктований накопичувач повинен працювати в буферному режимі: запасати енергію гальмування й віддавати її при наступному режимі тяги.

Мета роботи. Аналіз та дослідження електроенергетичних процесів в системі ТЕТК з векторним регулюванням в режимі рекуперативного гальмування та шляхів підвищення ефективності електроспоживання.

Матеріал і результати дослідження. Для дослідження електроенергетичних процесів в системі ТЕТК в режимі рекуперативного гальмування була створена імітаційна модель [3] в програмному пакеті PowerSIM. Яка (рис. 1) складена з типових напівпровідникових та електричних елементів та включає: джерело живлення постійної напруги; вимірювач потужності та коефіцієнт потужності (VA/PF); система керування; інвертор; вимірювачі струму (I_a , I_b , I_c) та швидкості (nr); асинхронну машину (АМ) типу НТА-1200 з номінальними параметрами: $U_{ном} = 2183$ В, $I_{ном} = 385$ А, $P_{ном} = 1200$ кВт, $\eta = 95,7$ %; навантаження, яке предстало блоком механічно-електричного інтерфейсу, в якому електричні параметри конденсатора еквівалентні механічним параметрам асинхронної машини (ємність відповідає моменту інерції $C=J_1+J_2$, а напруга – кутовій швидкості $U=\omega_m$).

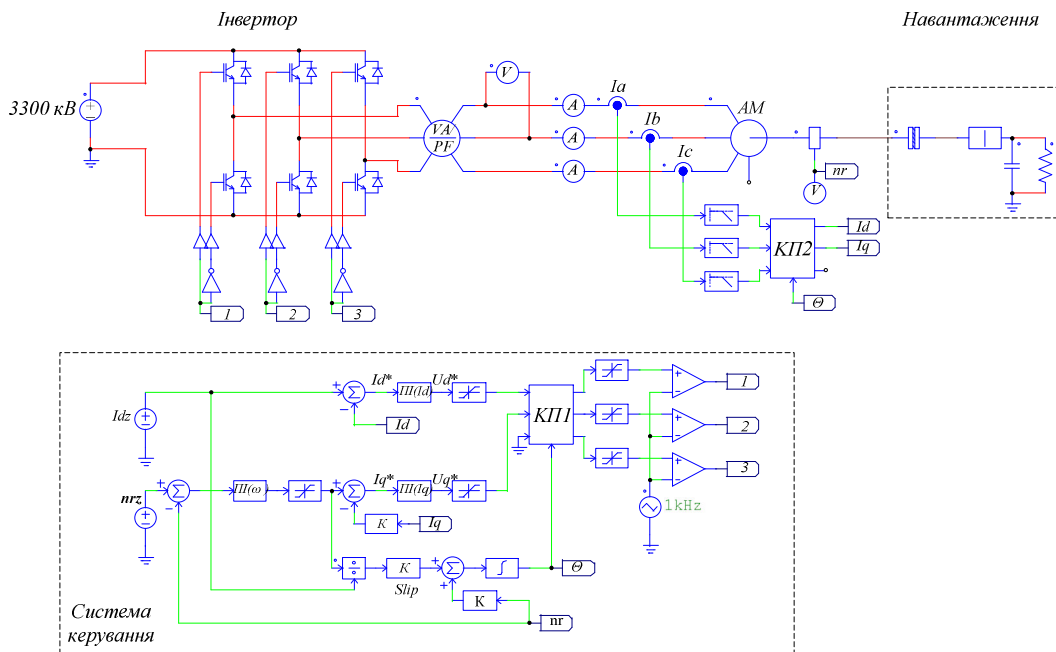


Рисунок 1 – Модель досліджуваного ТЕТК

Система керування інвертором [4, 5] виконана у вигляді системи керування з непрямою орієнтацією за полем. Основними параметрами системи керування є фазні струми в статорній обмотці двигуна I_a, I_b, I_c , які контролюються датчиками струму. Сигнали з цих датчиків поступають на низькочастотні фільтри другого порядку, які забезпечують фільтрацію пульсацій вищих гармонік струму статора. Після фільтрації сигнали струму подаються на блок координатного перетворювача. Формування ШІМ для інвертора забезпечується двома контурами регулювання реактивної складової статорного струму та швидкості обертання двигуна. Заданий сигнал реактивної складової струму I_{dz} поступає на суматор, де від нього віднімається сигнал блока координатного перетворювача I_d . Після цього перетворення сигнал поступає на регулятор струму I_d та обмежувач, який обмежує амплітуду сигналу. Сформований сигнал після обмежувача надходить на блок координатного перетворювача. В цей же час, заданий сигнал швидкості n_{rz} поступає на суматор, де від нього віднімається сигнал датчика швидкості валу двигуна n_r . Після цього, отриманий сигнал поступає на регулятор швидкості і обмежувач. Сформований сигнал активної складової струму I_{qz} поступає на суматор, де від нього віднімається сигнал блока координатного перетворювача I_q . Після цього перетворення сигнал поступає на регулятор струму I_q та обмежувач, який обмежує амплітуду сигналу, і передає сигнал на блок координатного перетворювача. Сформований сигнал зворотнього зв'язку θ поступає на блоки координатних перетворювачів.

Основними параметрами регулювання системи керування є реактивна складова струму I_{dz} та швидкість обертання n_{rz} . Для дослідження особливостей протікання режиму рекуперативного гальмування (час гальмування $t_c=2$ с) було проведено серію експериментів з різним значенням реактивної складової струму I_{dz} і визначено залежності енергетичних показників при зміні реактивної складової струму I_{dz} в межах від 40 % до 105 % від $I_{ном}$. Результати експериментів зображені на рис. 2.

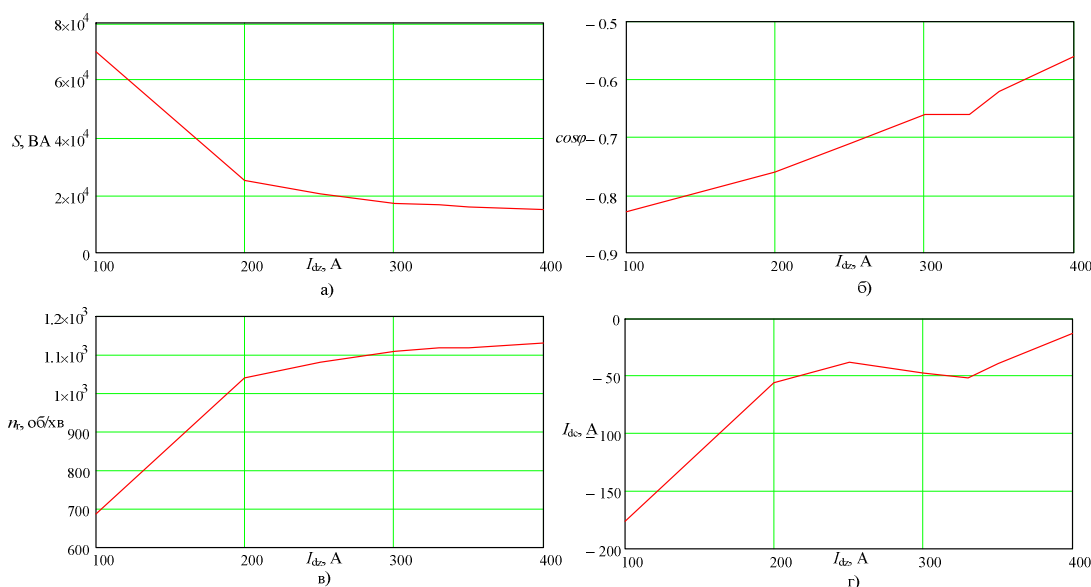


Рисунок 2 –Результати моделювання: а) рекуперована потужність; б) коефіцієнт потужності; в) швидкість обертання двигуна; г) рекуперований струм

Висновки. При значенні задаючого струму I_{dz} 40 % від $I_{ном}$ система працює в режимі ефективної рекуперації, яка характеризується відносно швидким зменшенням швидкості валу двигуна n_r (рис. 2, в), віддачею в мережу відносно великого значення потужність S (рис. 2, а) та струму (рис. 2, г) з високим значенням $\cos\phi$ (рис.2, б). Для подальшого збільшення ефективності рекуперативного гальмування потрібно створювати систему накопичення і передбачати відведення надлишкової енергії гальмування в мережі при перевищенні заданих значень напруги на НЕ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Валтонен П.В. Электровоз с асинхронными двигателями / П.В. Валтонен, О.Н. Жулев., В.П. Янов. // Железнодорожный транспорт. 1986. –№11. – С. 37–40.
2. Магистральные электровозы. Тяговые электрические машины / В.И. Бочаров, Г.В. Василенко, А.Л. Курочка и др. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 464 с.
3. Электроподвижной состав с асинхронными тяговыми двигателями / Н.А. Ротанов, А.С. Курбасов, Ю.Г. Быков, В.В. Литовченко; под ред. Н.А. Ротанова – М.: Транспорт, 1991. – 336 с.
4. Півняк Г.Г. Сучасні частотно-регульовані асинхронні електроприводи з широтно-імпульсною модуляцією: Монографія / Г.Г. Півняк, О.В. Волков // Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2006. – 470 с.
5. Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводом переменного тока / ГОУВПО "Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина". – Иваново, 2008. – 298 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ГРАФІЧНОГО ЕКВАЛАЙЗЕРУ

С. А. Нагуляк, студ., Л. Б. Караєва, ст. викл.

Світловодський політехнічний коледж Кіровоградського національного технічного університету
вул. Єгорова, 15, 27501, м. Світловодськ, Україна, e-mail: svet-koledg@ukr.net

Вступ. Графічний еквалайзер, це один з поширених типів еквалайзера, який складається з певної кількості спайдерів додаючих і що вирізають різні частотні діапазони звуку. Завдяки тому що він виконаний у вигляді "движкових" регуляторів, положення ручок якби відображає АЧХ пристрою в графічному вигляді, звідки і пішла назва графічного еквалайзера. Кількість і ширина фільтрів залежить від області застосування.

Мета роботи. Ознайомлення з принципами роботи графічних еквалайзерів. Розробка конструкції друкованої плати для схеми. Моделювання працездатності схеми.

Матеріал і результат роботи. Є розробка конструкції графічного еквалайзера на основі спеціалізованої мікросхеми LA3607. Подібні пристрої призначені для регулювання частотної характеристики звукового сигналу і застосовуються при звукозапису, озвучуванні концертних залів, а також при відтворенні вже готових звукових сигналів. Використання еквалайзера дозволяє поліпшити і оптимізувати сигнал від джерела звуку, відтвореного через акустичні системи, надати більш природний характер звучанню голосу або музичного інструменту.

Схема пристрою представлена на рис. 1. Як видно, застосування мікросхеми дозволяє значно скоротити кількість елементів і, як наслідок підвищити надійність.

Основними функціональними вузлами схеми є сім смугових RC-фільтрів, налаштованих на різні смуги частот. Фільтри розташовані паралельно і вхідний сигнал подається на них одночасно. За допомогою резисторів R2 ... R8 змінюється рівень сигналу окремо на вході кожного фільтра, що дозволяє зменшити або збільшити рівень сигналу в межах певної смуги частот і сформувати АЧХ сигналу на виході, де сигнали всіх фільтрів надходять на змішувач, тим самим відновлюючи його.

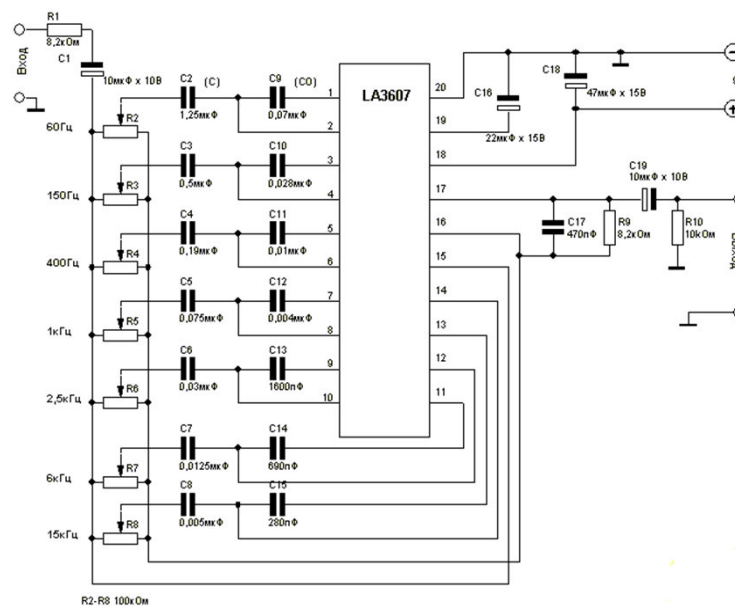


Рисунок 1 – Схема еквалайзера графічного.

Розглянемо роботу даної схеми. Поданий на вхід сигнал проходить через обмежувальний резистор R1 і конденсатор C1, який виконує функції ФНЧ і є блокувальним по постійному струму. Після цього сигнал одночасно надходить на сім елементів регулювання, представлені резисторами R2 ... R8. За допомогою цих елементів регулюється рівень сигналу на вході кожного з семи смугових фільтрів незалежно один від одного. Подальшу роботу розглянемо на прикладі першого фільтра, так як за принципом вони ідентичні. Зовні мікросхеми фільтр представлений парою конденсаторів, які є частотозадаючих. Активний елемент і резистивна складова фільтра знаходяться всередині мікросхеми. Після проходження фільтра оброблений сигнал надходить на змішувач, який перебуває у складі мікросхеми і призначений для відновлення, розділеного на складові сигналу. Також на змішувач подається і необроблений сигнал, але в меншому ступені. Після відновлення сигнал надходить на вихідний НЧ фільтр, представлений конденсатором C19, який виконує однакові функції з C1. Після C19 сигнал надходить на вихід, проходячи через шунтуючий резистор R11, який виконує захисну функцію. Також на виході присутній ланцюг зворотного зв'язку, представлена конденсатором C18 і резистором R10. За допомогою цих елементів стабілізується робота схеми і згладжуються різкі перепади на АЧХ.

Сучасні комп'ютерні технології дозволяють промоделювати роботу схеми і визначити її робочі параметри за допомогою персонального комп'ютера. Це значно спрощує проектування пристроїв, так як знижується необхідність у збірці макетів для спостереження і регулювання певних процесів у роботі схеми.

Проектована схема була зібрана в програмі для моделювання електричних схем NI Multisim 10. Вид схеми наведений на рис. 2. Для зручності роботи конденсатори C2 ... C15 поміщені в загальний блок з урахуванням всіх зв'язків. На малюнку блок позначений як «filter».

Як видно, до схеми підключені генератор сигналів на вході, осцилограф і вольтметр на виході, а також плоттер Боде для спостереження змін АЧХ.

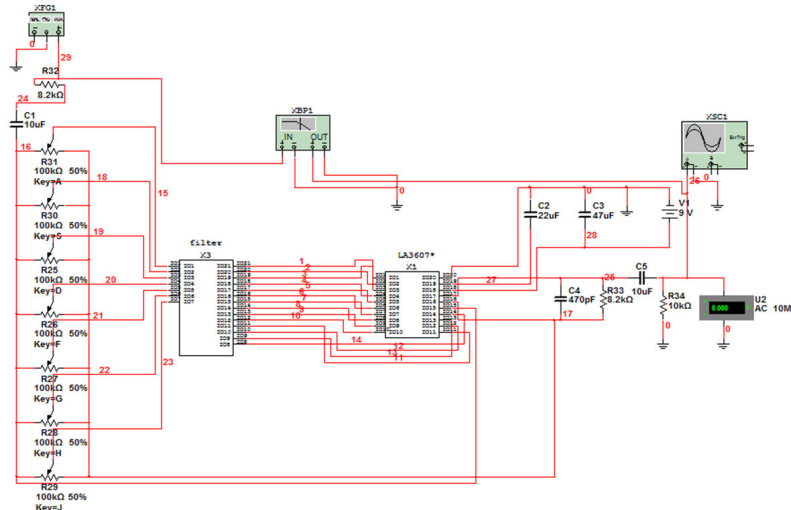


Рисунок 2 – Модельована схема

Для перевірки роботи схеми і відсутності спотворень на виході подаю з генератора на вхід сигнал частотою 1 кГц і амплітудою 50 мВ. При цьому всі змінні резистори знаходяться в середньому положенні. На виході спостерігається сигнал амплітудою 35 мВ без спотворень. Характеристика лінійна на всій ділянці частот.

Друкована плата виконана із застосуванням монтажу в отвори, але сучасні технології дозволяють застосовувати поверхневий монтаж елементів, що значно зменшить габарити плати, вартість і швидкість збірки. На рис. 3 наведена трасування друкованої плати з розташуванням елементів.

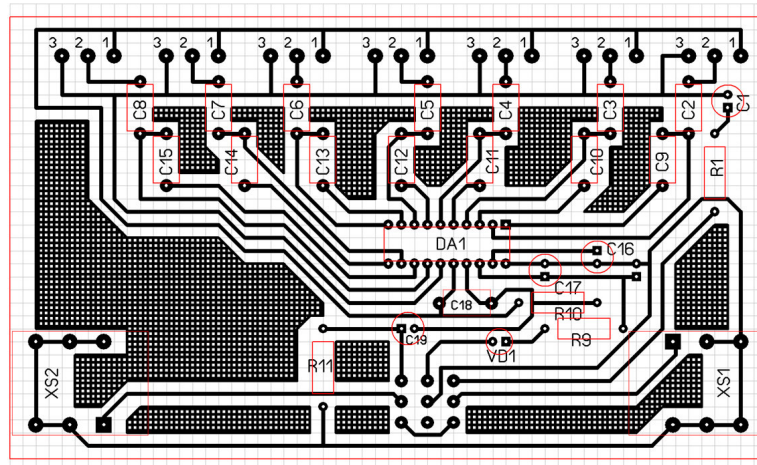


Рисунок 3 – Друкована плата

ЛІТЕРАТУРА

1. Методические указания по конструкторско-технологическому и электрическому расчету печатных плат. – Киев – 2010. – 32с.
2. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств Москва: Техносфера, 2007. – 256 с.
3. Невлюдов І. Ш. Основи виробництва електронних апаратів Компанія СМІТ. – Харків. – 2006
4. Петров К. С. Радиоматериалы компоненты и электроника СПб. – Питер. – 2003

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ БЕЗ ВИЛУЧЕННЯ ЇХ ІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

І. О. Нестеров, студ., А. П. Калінов, к.т.н., доц.

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: nester25@meta.ua*

Вступ. Визначення енергетичних показників асинхронних двигунів (АД) зазвичай виконується у рамках сертифікаційних, приймально-здавальних та інших випробувань з використанням відповідного обладнання. Однак у період тривалої експлуатації АД відбувається старіння матеріалів деяких елементів, виникнення аварій та пошкоджень, здійснення ремонтних операцій, унаслідок яких відбувається зміна енергетичних показників. З урахуванням великої кількості працюючих двигунів та задіяності їх у виробничому процесі відсутній сенс відправки двигуна на випробувальну ділянку тільки задля визначення його реальних енергетичних параметрів. Однак інформація про реальні енергетичні показники АД є вкрай важливою, оскільки відображає фактичний стан двигуна та може використовуватись для його діагностики. Тому актуальною є задача розробки та експериментальних досліджень методів визначення енергетичних показників АД без виключення його із технологічного процесу.

У роботі [1] представлено метод визначення складових витрат потужності, потужності на валу АД, його коефіцієнту корисної дії (ККД) при використанні вимірювальних комплексів [2] та без вилучення двигуна із технологічного процесу. Для пошуків шляхів підвищення точності та ефективності запропонованого методу [1] актуальним є проведення та аналіз експериментальних досліджень.

Мета роботи. Експериментальне дослідження методу визначення енергетичних показників асинхронного двигуна без вилучення його із технологічного процесу.

Матеріал та результати досліджень. Ідея методу [1] міститься у використанні режиму неробочого ходу для визначення сталих витрат без їх розділення на втрати у сталі та втрати у механічних вузлах, та подальшого використання визначених сталих витрат при розрахунку потужності на валу АД у режимі роботи під навантаженням.

Для реалізації методу необхідні вимірювання активних опорів фаз статора у практично холодному та у нагрітому станах, вимірювання струмів і напруг фаз статора, а також кутової частоти обертання у режимах роботи без навантаження і з номінальним, чи близьким до нього навантаженням.

Відомо, що електричні втрати в міді статора у режимі неробочого ходу можна визначити за допомогою рівняння:

$$\Delta p_{m1_нх}(t) = i_{A_нх}^2(t) \cdot R_A + i_{B_нх}^2(t) \cdot R_B + i_{C_нх}^2(t) \cdot R_C, \quad (1)$$

де R_A, R_B, R_C – активні опори фаз статора АД у практично холодному стані; $i_{A_нх}, i_{B_нх}, i_{C_нх}$ – струми фаз статора.

Приймаємо припущення, що усі складові виразу, окрім втрат у міді статора, є постійними і не залежать від навантаження. Тоді, на основі вищеописаного, можна записати вираз для постійних втрат в АД, що не залежать від навантаження:

$$\Delta p_k(t) = \Delta p_{нх}(t) - \Delta p_{m1_нх}(t) = \Delta p_{мех}(t) + \Delta p_{доод}(t) + \Delta p_c(t), \quad (2)$$

Де $\Delta p_{нх}(t)$ – активна трифазна споживана потужність АД у режимі неробочого ходу; $\Delta p_{мех}(t)$ – втрати у механічних вузлах АД; $\Delta p_{доод}(t)$ – додаткові втрати; $\Delta p_c(t)$ – втрати у сталі.

Із урахуванням (2) потужність на валу двигуна:

$$p_e(t) = p_1(t)(1-s) - \Delta p_{m1_p}(t) - \Delta p_k(t), \quad (3)$$

де $\Delta p_{m1_p}(t) = i_{A_p}^2(t) \cdot R_{Ar} + i_{B_p}^2(t) \cdot R_{Br} + i_{C_p}^2(t) \cdot R_{Cr}$ – електричні втрати в міді статора в поточному режимі роботи; $p_1(t)$ – активна трифазна споживана потужність у режимі під навантаженням; R_{Ar}, R_{Br}, R_{Cr} – активні опори АД у нагрітому стані; $i_{A_p}(t), i_{B_p}(t), i_{C_p}(t)$ – струми фаз статора.

ККД за цикл роботи електропривода технологічного механізму за визначеною потужністю на валу $p_e(t)$ та виміряною споживаною потужністю $p_1(t)$ визначається за виразом :

$$\eta = \int_0^{T_y} p_e(t) dt / \int_0^{T_y} p_1(t) dt .$$

Вимірювання миттєвих значень струмів і напруг фаз статора виконується із використанням вимірюваного комплексу [1]. Вимірювання кутової частоти обертання здійснюється безконтактним способом з використанням оптичного тахометра ТХ01, а також енкодера типу Е40S8-100-3-Т-24. Вимірювання активних опорів обмоток здійснювалось із використанням вимірювального моста згідно з [3].

Досліди проводилися з АД типу АИР80В4У2 ($P_n=1,5$ кВт; $I_n=6,3/3,6$ А; $\eta_n=77$ %; $n_n=1395$ об/хв; $\cos\phi_n=0,81$; режим роботи – S1; клас ізоляції – F1; номінальне перевищення температури ізоляції 155 °С; номінальні сумарні втрати $\Delta P_{\Sigma n}=448$ Вт). На рис. 1 показано сигнали струму і напруги фази А у режимах без і з навантаженням. Навантаження досліджуваного АД здійснювалось із використанням генератора постійного

струму із регульованим джерелом напруги обмотки збудження. Результати обробки дослідів роботи АД з та без навантаження наведено у табл. 1.

Для можливості уточнення результатів було реалізовано дослід неробочого ходу згідно з [4]. За результатами дослідження неробочого ходу було визначено втрати у механічних вузлах $\Delta P_{мех}=70,31$ Вт, що складає 4,7% від номінальної потужності, та втрати у сталі $\Delta P_c=45,54$ Вт, що складає близько 10 % від номінальних сумарних втрат АД. Визначення складових втрат потужності із дослідження неробочого ходу дозволило визначити потужність на валу АД під навантаженням, яка склала 1771,2 Вт, за базовим рівнянням [1]:

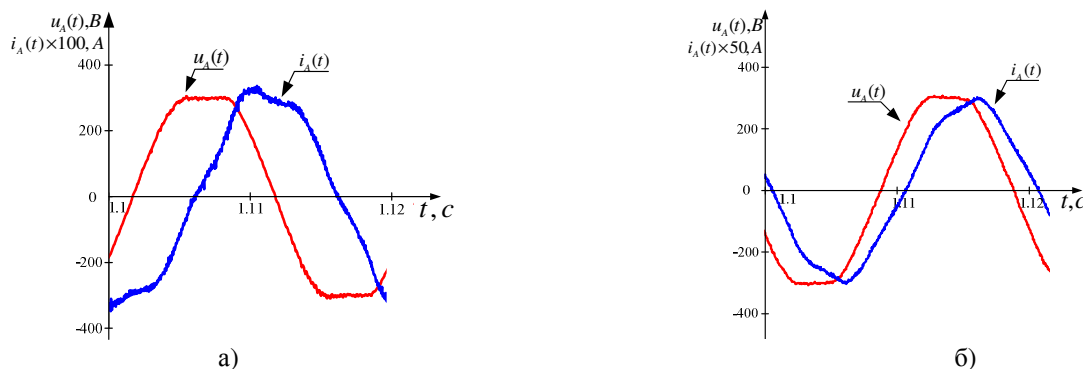
$$P_g = (P_1 - \Delta P_{м1} - \Delta P_c)(1 - s) - \Delta P_{мех} - \Delta P_{дод}.$$


Рисунок 1 – Струм та напруга фази А асинхронного двигуна у режимах: а) без навантаження; б) під навантаженням

Аналіз розрахованих параметрів режиму роботи під навантаженням показав, що жорсткість механічної характеристики досліджуваного АД суттєво вища за жорсткість характеристики, яка може бути визначена за паспортними даними. Унаслідок цього, при проведенні дослідів роботи АД під навантаженням із кутовою частотою обертання, яка близька до номінальної, двигун виявився перевантаженим на 16,4 % у порівнянні із паспортною потужністю на валу. Порівняння значень потужності на валу, розрахованих за запропонованим методом, та за класичними рівняннями енергетичного балансу АД з використанням визначених у режимі неробочого ходу та короткого замикання втрат [3, 4], показали розбіжність, яка менша за 2 %. Значення похибки буде тим меншим, чим більше номінальна потужність АД. При цьому слід зазначити, що точність розрахунків при реалізації методу суттєво залежить від точності вимірювань активних опорів статора АД, особливо після реалізації дослідів роботи під навантаженням.

Висновок. Реалізація експериментальних досліджень методу визначення енергетичних показників асинхронного двигуна без вилучення його із технологічного процесу показала, що похибка визначення потужності на валу досліджуваного асинхронного двигуна не перевищує 2 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нестеров І.О. Визначення енергетичних параметрів асинхронних двигунів // Електротехніка та електромеханіка. Збірник рефератів робіт Дніпродзержинського державного технічного університету: Дніпродзержинськ : ДДТУ. – 2013, 160 с.
2. Калинов А. П. Энергетические характеристики асинхронных двигателей в динамических режимах работы / А. П. Калинов, Д. Г. Мамчур, А. В. Чумачёва // Збірник наук. праць Дніпродзержинського державного технічного університету: (техн. науки) – Дніпродзержинськ : ДДТУ. – 2009. Вип. №1 (11). – С. 104–109.
3. ГОСТ 11828-86 Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний. Издание (август 2003) с изменениями № 1, 2, принятыми в декабре 1999, августе 2000. (ИУС 3-2000, 11-2002).
4. ГОСТ 7217-87 (СТ СЭВ 168-85) Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные. Методы испытаний. – М., 1987.

Таблиця 1 – Результати обробки експериментальних даних метода визначення енергетичних показників АД

Параметр	Режим	
	неробочого ходу	під навантаженням
виміряні параметри		
I_{efA}, A	2,217	4,094
I_{efB}, A	2,191	4,29
I_{efC}, A	2,168	4,15
$R_{\Delta}, Ом$	5,068	7,957
$n, об/хв$	1494	1400
розраховані параметри		
s	0,004	0,067
$P_1, Вт$	189,93	$2,445 \cdot 10^3$
$\Delta P_{м1}, Вт$	73,15	418,42
$P_1 - \Delta P_{м1}, Вт$	116,78	$2,027 \cdot 10^3$
$\cos(\varphi_n)$	0,157	0,842
$\Delta t, ^\circ C$	17,3	143,64
$P_B, Вт$	-	$1,746 \cdot 10^3$
$M, Нм$	-	11,92
$\eta, \%$	-	71,4

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ
АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Р. В. Носуль, магистр.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, Украина, 39600, e-mail: nosul.rostislaw@yandex.ru

Введение. Экономическая ситуация, сложившаяся в Украине в последние годы, такова, что предприятия промышленности и сельского хозяйства практически находятся в условиях отсутствия какого-либо обновления электромеханического оборудования. Это означает, что выходящее из строя оборудование неоднократно подвергается капитальному ремонту и вновь вводится в эксплуатацию. При этом характеристики электрооборудования, прошедшего ремонт, меняются и, как правило, в худшую сторону [1].

Сказанное в полной мере относится к ситуации с электродвигателями, в частности, трехфазными асинхронными машинами. Следует указать, что какие-либо организационные и технические мероприятия, учитывающие подобную динамику показателей электрических машин, их нагрузочную способность, допустимые режимы их работы, на предприятиях просто отсутствуют. Поэтому нет ничего удивительного, когда электродвигатель после ремонта устанавливают на прежнее место эксплуатации, а спустя три - четыре месяца он вновь выходит из строя [1]. Для выхода из сложившейся ситуации необходимо, чтобы в рамках послеремонтных испытаний электрических машин определялись их фактические параметры, реальная нагрузочная способность, оценивалась возможность эксплуатации в тех или иных технологических условиях.

Цель работы. Разработка аппаратного комплекса для испытания АД с целью получения характеристик для дальнейшего использования при определении параметров пуска.

Материал и результаты исследований. Согласно [2] часто необходимость определения параметров электрических машин отождествляют с известной задачей испытания электрооборудования в условиях электромашиностроительных или электроремонтных предприятий. Это делает усилия по определению нужных параметров, на первый взгляд, малоинформативными или не востребуемыми в будущем. Отметим, что практические задачи эксплуатационного характера требуют точного знания параметров и характеристик двигателей по следующим причинам:

- качественные микропроцессорные интеллектуальные защиты могут быть построены только при наличии полной информации об объекте защиты;
- меняющиеся параметры электрических машин приводят к изменению эксплуатационных характеристик систем регулирования и режимов энергопотребления силового оборудования;
- управляющие режимами энергопотребления, организация энергоаудита, получение характеристик технических механизмов эксплуатационного характера могут быть реализованы только при наличии точной информации об электрооборудовании.

Именно эти обстоятельства, а также известная и до сих пор не реализованная потребность в испытательном оборудовании, делают необходимым подведение определенных промежуточных итогов исследований, посвященных проблематике диагностирования параметров с высокими точностными показателями [2]. Данная работа посвящена разработке комплекса для определения параметров асинхронных машин во время пуска.

Пуск асинхронного двигателя заключается в подключении его к сети с целью приведения в состояние вращения. Пусковые свойства асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором определяются в первую очередь значением пускового тока I_n или его кратностью $I_n/I_{ном}$ и значением пускового момента M_n или его кратностью $M_n/M_{ном}$. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, обладающий хорошими пусковыми свойствами, развивает значительный пусковой момент при сравнительно небольшом пусковом токе. Однако получение такого сочетания пусковых параметров в асинхронном двигателе сопряжено с определенными трудностями, а иногда оказывается невозможным. Подключение обмотки статора к сети может быть выполнено: а) одновременно во всех фазах и б) неодновременно, т.е. с определенной или случайной последовательностью коммутации обмоток отдельных фаз. При неодновременном включении картина переходных процессов может существенно отличаться от случая, соответствующего одновременному включению всех трех обмоток статора. Физически это объясняется тем, что суммарное поле аperiодических составляющих токов зависит от момента подключения отдельных обмоток к зажимам питающей сети [4]. Именно поэтому рассмотрение пускового режима является важным и актуальным для детального исследования.

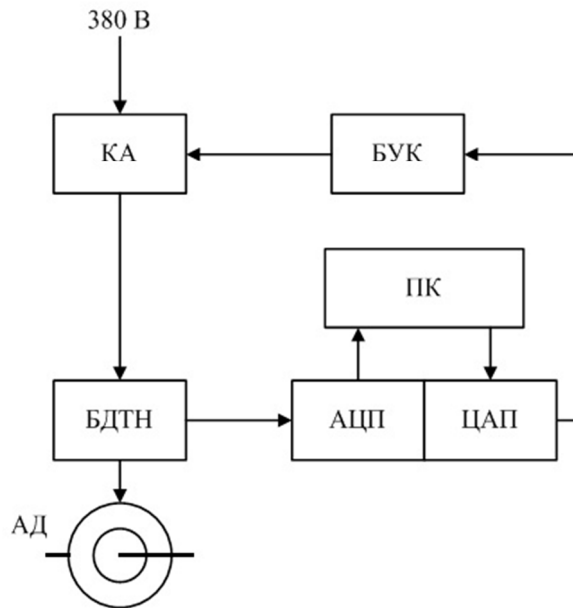


Рисунок 1 – Блок-схема комплекса для испытания асинхронного двигателя

На данной схеме: ПК – персональный компьютер; БДТН – блок датчиков тока и напряжения; АЦП – аналого-цифровой преобразователь, ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь; АД – асинхронный двигатель; КА – коммутационная аппаратура; БУК – блок управления коммутации.

В результате проведенного анализа приведены требования к оборудованию для исследования пусковых режимов АД:

- наличие оборудования для определения мгновенных значений тока и напряжения цепи статора АД (БДТН);
- наличие управляемой коммутационной аппаратуры, что позволит задавать нужные режимы (БУК, КА);
- наличие ПК.

Испытываемый АД подключается к сети питания. БДТН предназначен для фиксирования мгновенных значений токов и напряжений цепи статора АД. Обработанные данные с БДТН поступают на АЦП, с которого посредством интерфейса USB поступают на ПК, где происходит их дальнейшая обработка. Также ПК используется для задания управляющих сигналов на ЦАП для управления работой БУК, который задает режимы работы (одновременное и неодновременное подключение обмотки статора) на КА.

Выводы. В работе с целью испытания АД предложена блок-схема оборудования, приведены требования к оборудованию и разработан комплекс для исследования пусковых режимов АД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Максимов М.Н., Родькин Д.И. Обоснование необходимости пересмотра объемов послеремонтных испытаний АД. Депонир. в УкрИНТЭИ 22.02.94 N362. – Ук. 94, –18 с.
2. Родькин Д.И., Давидкович В.М., Алистратенко Ю.В. Оценка эффективности Систем динамического нагружения асинхронных двигателей, Электротехника №1, 1994. – 156 с.
3. Родькин Д.И., Черный А.П., Здор И.Е. Задачи диагностики параметров асинхронных двигателей при испытаниях и в системах промышленного привода. Труды КГПИ "Проблемы создания новых машин и технологий", 1999, Вып. 1, С.16–23
4. Петров И.И., Мейстель А.М. Специальные режимы работы асинхронного электропривода – М.: Энергия, 1968. – 263 с.

ДВУХКАНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДАЧИ С ТИПОВОЙ НАСТРОЙКОЙ КАНАЛОВ

В. В. Поленок, асп., А. А. Худяев, к.т.н., доц.

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
ул. Фрунзе, 21, 61002, г. Харьков, Украина, e-mail: vitaliy_polenok@inbox.ru*

Введение. К электроприводам (ЭП) механизмов подачи (МП) металлорежущих станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и обрабатывающих центров предъявляются все более возрастающие требования по быстродействию и точности управления инерционными рабочими органами (РО), прежде всего, рабочим столом с изделием [2]. Для достижения желаемых динамических характеристик от традиционного одноканального ЭП подачи часто требуются чрезмерно большие коэффициенты усиления и практически нереализуемые полосы воспроизводимых частот. Эффективным структурным средством повышения быстродействия и точности управления МП, особенно в динамических режимах, при сохранении требуемых силовых воздействий на объект управления может служить применение различных многоканальных следящих приводов, построенных и функционирующих по итерационному [1, 3, 4] или близким к итерационному [6] принципам. В таких приводах при условии компенсации негативного динамического взаимовлияния каналов (ДВБК) по нагрузке может быть принята типовая настройка каналов управления по принципу СПР [5].

Цель работы. Построение математической модели механической части и оценка потенциальной эффективности применения (с точки зрения повышения быстродействия и точности управления) квазиитерационной двухканальной системы управления энергосберегающего ЭП МП с типовой настройкой каналов и МД в ИУ подачи РО применительно к крупному многоцелевому металлорежущему станку повышенной точности типа «обрабатывающий центр ИР800ПМФ4» (масса станка 13 т).

Материал и результаты исследования. Предлагаемая двухканальная система управления дифференциального ЭП подачи, построенная по итерационному принципу, включает первый – основной (грубый) К-1 и второй – дополнительный (точный) К-2 каналы управления по углу с соответствующими подчиненными контурами скорости, настроенными на технический (модульный) оптимум. Такой двухканальный ЭП из-за наличия в нем ДВБК по нагрузке, обусловленного общими элементами в механической части, может быть отнесен к подклассу квазиитерационных многоканальных систем, поскольку основные свойства собственно итерационных систем автоматического управления (САУ) [1] для него выполняются лишь частично. В частности, свойство автономности по устойчивости двухканального привода при некоторых допустимых настройках каналов управления в зоне малых перемещений РО может не выполняться.

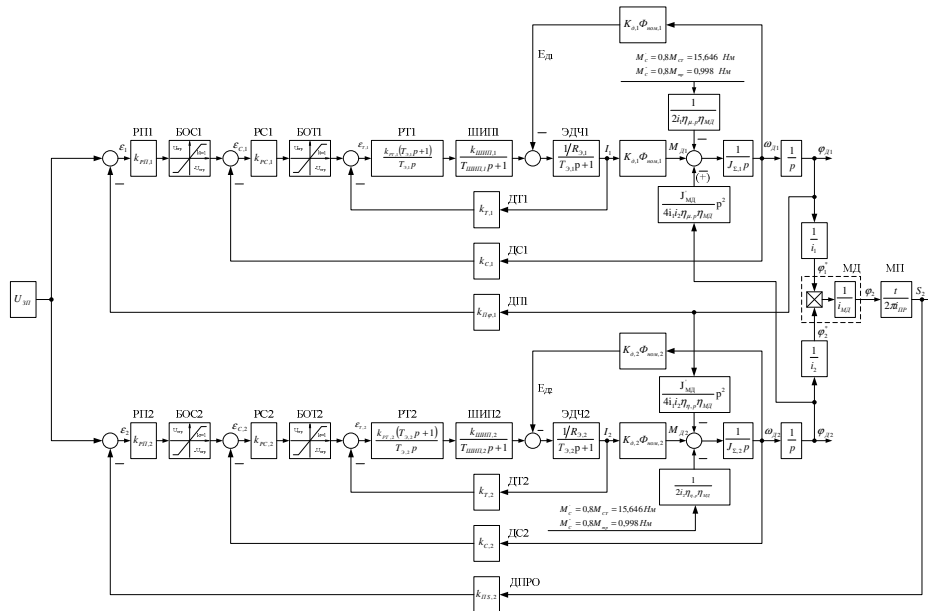


Рисунок 1 – Структурно-алгоритмическая схема квазиитерационной двухканальной САУ дифференциального ЭП

На рис. 1 приведена структурно-алгоритмическая схема квазиитерационной двухканальной САУ дифференциального ЭП с СПР-настройкой и учетом ДВБК по нагрузке для МП поперечно-подвижного стола (ось X) станка модели ИР800ПМФ4. Расчет и моделирование двухканального привода выполнены с учетом полученной модели движения, но без учета связей между каналами, компенсирующих влияние ДВБК.

Результаты сравнительного имитационного компьютерного моделирования электродинамических (временных и частотных) характеристик предлагаемой двухканальной и традиционной одноканальной систем управления ЭП подачи РО (рабочего стола с изделием) для обрабатывающего центра ИР800ПМФ4 приведены на рис. 2,3. Характеристики получены при максимальной загрузке станка для рабочих режимов подачи РО в процессе механообработки изделия.

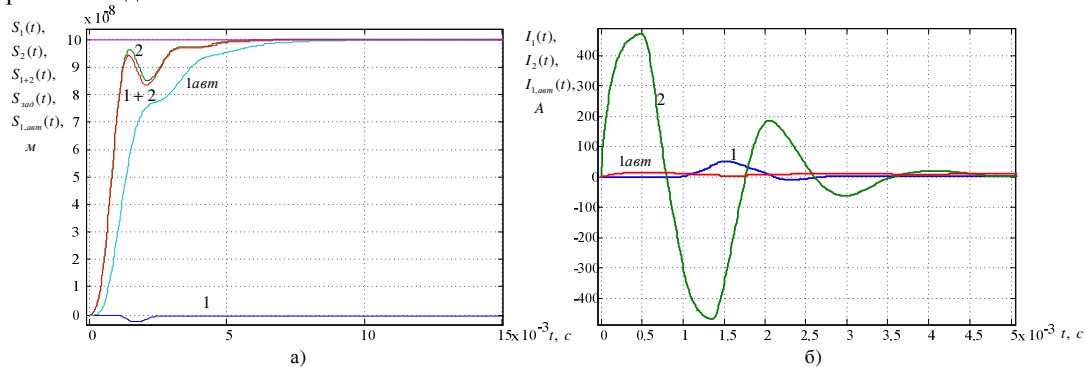


Рисунок 2 – Переходные процессы двухканального ЭП и одноканального ЭП при отработке особо малых перемещений РО ($S_M = 0,1 \text{ мкм}$) в рабочем режиме максимальной нагрузки: а – положения; б – тока

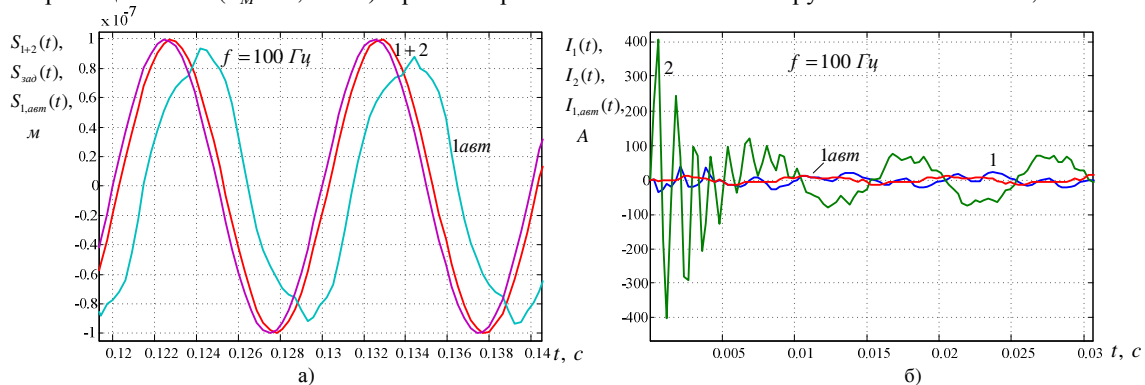


Рисунок 3 – Графики отработки синусоидального задающего воздействия $U_{3П}(t) = U_{3П,max} \sin(2\pi ft)$ одноканальным (автономным) ЭП и итерационным двухканальным ЭП в зоне особо малых перемещений ($S_M = 0,1 \text{ мкм}$) в установившемся гармоническом режиме при максимальной нагрузке: а – положения; б – тока

Выводы. Применение квазиитерационной двухканальной системы управления энергосберегающего ЭП подачи целесообразно в тех случаях, когда от традиционного одноканального ЭП подачи инерционного РО станка требуются очень высокие быстродействие и динамическая точность отработки малых задающих воздействий при значительных нагрузках на выходе привода. Такие требования в полной мере соответствуют растущим требованиям к качеству работы приводов МП современных металлорежущих станков и обрабатывающих центров повышенной и особо высокой точности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Б.И. Многоканальные итерационные системы управления: Учебное пособие /Б.И. Кузнецов, А.А. Худяев, И.Н. Богаенко и др. – К.: НПК «КИА», 1998. – 224 с.
2. Лебедев А.М. Следящие электроприводы станков с ЧПУ /А.М. Лебедев, Р.Т. Орлова, А.В. Пальцев. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 223 с.
3. Никольский А.А. Новые высокоточные электроприводы с пьезокомпенсаторами для станков, механизмов и приборов /А.А. Никольский // Электротехника. – 1993. – № 1. – С. 27–31.
4. Худяев А.А. Электродинамика двухдвигательных линейных электроприводов механизмов подач высокой точности /А.А. Худяев, А.В. Червоний // Электротехнические и компьютерные системы. – 2011. – № 3 (79). – С. 209–213.
5. Худяев А.А. Итерационное подчиненное управление следящими электроприводами /А.А. Худяев, Д.Г. Литвиненко // Сб. научных трудов «Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2011. – № 4. – С. 141–171.
6. Худяев А.А. Механика и электродинамика комбинированного трехканального следящего электропривода подачи для тяжелого станка особо высокой точности /А.А. Худяев // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Тематичний випуск. – 2012. – Вип. 3/2012 (19). – С. 386–392.

АНАЛІЗ ТЕОРІЙ МИТТЕВОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ЗАДАЧ КОМПЕНСАЦІЇ НЕАКТИВНИХ СКЛАДОВИХ ТРИФАЗНИХ МЕРЕЖ ЖИВЛЕННЯ

С. А. Сергієнко, к.т.н., доц., О. В. Шейнога, студ.

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: sergsa@kdu.edu.ua*

Вступ. Наразі є декілька теорій потужності, що пропонують математичний опис та тлумачення складових потужності в електричних колах із вентильними перетворювачами. Їх класифікація та основний зміст наведено в роботі [1]. На даному етапі можна виділити три теорії потужності, що найширше використовуються для тлумачення складових трифазної потужності та, як наслідок, пропонують стратегії компенсації вказаних небажаних гармонік: крос-векторна теорія, p - q теорія миттєвої потужності та p - q - r теорія миттєвої потужності. Незважаючи на те, що в літературі вже неодноразово проводився аналіз вищевказаних теорій, доцільно дослідити їх основні положення, переваги та недоліки.

Мета роботи. Аналіз теорій миттєвої потужності для задач компенсації неактивних складових трифазних мереж живлення.

Матеріал та результати дослідження. Теорія миттєвої реактивної потужності p - q була представлена в роботі [2] як фундаментальна теорія для аналізу властивостей і фізичних процесів в трифазних системах, для застосування при вирішенні проблем, пов'язаних з вищими гармоніками, реактивною потужністю та несиметрією, для розрахунку та керування активними фільтрами.

Ця теорія передбачає перехід від стаціонарної системи координат А-В-С до стаціонарної системи координат α - β на основі перетворень Кларка.

На основі наведених співвідношень активна та реактивна потужності записуються у вигляді:

$$p = u_{\alpha}i_{\alpha} + u_{\beta}i_{\beta} = \bar{p} + \tilde{p}; \quad (1)$$

$$q = u_{\alpha}i_{\beta} - u_{\beta}i_{\alpha} = \bar{q} + \tilde{q}, \quad (2)$$

де \bar{p} – середнє (діюче) значення миттєвої активної потужності; \tilde{p} – змінна складова миттєвої активної потужності; \bar{q} – середнє (діюче) значення миттєвої реактивної (уявної) потужності; \tilde{q} – змінна складова миттєвої реактивної (уявної) потужності.

Автори [3] визначають \bar{p} як енергію за одиницю часу, що передається від симетричного джерела живлення до симетричного навантаження, в координатах А-В-С. Це єдина бажана складова потужності, що передається від джерела. Згідно з [3] \tilde{p} – це енергія за одиницю часу, якою обмінюються джерело та навантаження, в координатах А-В-С. Оскільки \tilde{p} не передбачає ніякої трансформації енергії від джерела до навантаження, вона має бути компенсована. Причому, слід зазначити, що в даній теорії термін «миттєва уявна потужність» є синонімом терміну «миттєва реактивна потужність» та визначається як частина добутку миттєвих трифазних напруг і струмів, що не виконує будь-який перенос енергії від однієї системи до другої в будь-який момент часу. І фізичний зміст, що надається цим величинам, є тотожним: це частина енергії, якою обмінюються фази системи [3].

Для того, щоб забезпечити трифазну активну потужність лише як \bar{p} , необхідно компенсувати змінну складову миттєвої активної потужності \tilde{p} , а також змінну складову потужності від струму нульової послідовності \tilde{p}_0 . Але, оскільки компенсація лише \tilde{p}_0 не є можливою, то постає також задача і повної компенсації $p = \bar{p}_0 + \tilde{p}_0 = u_0i_0$. Також для мінімізації струмів у системі, миттєва реактивна потужність теж повинна бути компенсована.

В роботі [1] автори недоліками p - q теорії миттєвої реактивної потужності називають неможливість її застосування при аналізі чотирипровідних мереж із нульовим проводом, та, в ряді випадків, великі значення коефіцієнтів несинусоїдності струмів після їх корекції САФ при несинусоїдній напрузі мережі. Однак в ряді літературних джерел [4, 5] автори знаходять та вказують на інші недоліки розглянутої теорії, та навіть на деякі розбіжності з фізичним змістом.

Згідно з [4] миттєві активна та реактивна p - q потужності, в такому значенні, як їх пропонує [3], не дозволяють миттєво ідентифікувати усі процеси перетворення електричної енергії в трифазній мережі. По-перше, миттєва активна потужність p , є не чим іншим, як миттєвою потужністю – значенням потоку енергії від джерела живлення до навантаження. Автор [4] стверджує, що дві назви однієї і тієї ж самої величини можуть спричинити деяку незрозумілість і, найголовніше, що величина p не має ніякого відношення до інтегрального значення активної потужності навантаження. Тобто вона існує незалежно від того, має навантаження активну потужність, чи ні. Такі ж незрозумілість виникають і при розгляді миттєвої реактивної потужності q та її фізичного змісту. Реактивні елементи в навантаженні не несуть відповідальності за появу q , оскільки, як показано в [5], вона виникає навіть в чисто активному навантаженні. Наведені результати свідчать про обґрунтованість цього зауваження до теорії: згідно із виразами, що пропонуються у [3], в трифазній системі із

нульовим проводом з'являється «уявна», тобто лише розрахункова, реактивна потужність, що не відповідає фізичному змісту. Взагалі, згідно з теорією електромагнітних полів, миттєва реактивна потужність q не може бути представлена як енергія, якою обмінюються фази мережі [4].

У той же час автор [5] стверджує неправильність того положення $p-q$ теорії, що змінна складова активної потужності завжди є небажаною. Припускається, що якщо напруга джерела симетрична, але містить в собі основну і, наприклад, п'яту гармоніки, то потужність, що в результаті передається до навантаження, буде містити в собі постійну і змінну складові, із частотою, вшестеро більшу за частоту мережі. Але, оскільки, навантаження є чисто активним, то ця змінна складова ніяк не впливає на його коефіцієнт потужності, тобто активна потужність дорівнює повній (уявній) потужності, внаслідок цього необхідності в компенсації цієї змінної складової нема.

Теорія потужності $p-q-r$ була запропонована у [6] для трифазних чотирипровідних мереж. У цій теорії використовується три системи координат: А-В-С, $\alpha-\beta-0$ та $p-q-r$, причому перші дві нерухомі відносно одна одної, а третя система $p-q-r$ обертається навколо осі 0 разом із площиною, що перпендикулярна площині $\alpha-\beta$. Положення осі p визначається вектором напруги $u_{\alpha\beta}$ в площині $\alpha-\beta$ і вектором напруги нульової послідовності. Слід відмітити, що r -складова струму визначає миттєву реактивну потужність за віссю $q-qq$, а q -складова струму визначає миттєву реактивну потужність за віссю $r-qr$.

Перевагою цієї теорії є те, що вона пропонує розрахунок потужностей, які лінійно незалежні одна від одної. Зважаючи на це, три складові струму можуть бути компенсовані трьома незалежними регуляторами без накопичувача енергії.

Основним недоліком даної теорії є те, що при спотворених та несиметричних напругах мережі незкомпенсованою залишається частина змінних складових у миттєвій активній та реактивній потужностях навіть за умови підтримання струмів мережі симетричними й синусоїдними.

Крос-векторна теорія або «узагальнена теорія миттєвої реактивної потужності» може бути застосована для розрахунку як синусоїдних, так і несинусоїдних, як симетричних, так і несиметричних трифазних систем, із або без напруги/струму нульової послідовності [7].

Миттєву активну та реактивну потужності трифазної системи можна записати:

$$p = u_s \cdot i_s ; \quad (3)$$

$$q = u_s \times i_s , \quad (4)$$

де u_s – вектор напруг фаз мережі; i_s – вектор струмів фаз.

Роботи багатьох авторів свідчать про дієвість системи компенсації гармонік, реактивної потужності і струмів в нульовому проводі за допомогою схем керування, побудованих на базі крос-векторної теорії.

Висновки. Проаналізовано основні відмінності теорій миттєвої потужності, які полягають в їх ефективності при компенсації струмів у нульовому проводі при несинусоїдних та несиметричних напругах мережі: крос-векторна теорія не дозволяє контролювати струми в нульовому проводі незалежно від фазних, та не забезпечує повну компенсацію струму в нульовому проводі, якщо напруги містять нульову послідовність; за допомогою $p-q$ теорії є можливим незалежне регулювання нульового і фазного струмів, але для цього є необхідним накопичувач активної енергії, оскільки складові миттєві потужності є взаємозалежними; система керування активним фільтром, побудована на базі $p-q-r$ теорії, дозволяє роздільно регулювати нульовий та фазні струми без накопичувача енергії, але, навіть якщо струми мережі є синусоїдними та симетричними, в миттєвій активній і реактивній потужностях залишається незкомпенсованою частина змінних складових.

ЛІТЕРАТУРА

1. Домнин И.Ф., Жемеров Г.Г., Крилов Д.С., Сокол Е.И. Современные теории мощности и их использование в преобразовательных системах силовой электроники // Техн. электродинамика. Тем. Вып., 2004. – С. 80–91.
2. Akagi H., Nabae A., Atoh S. control strategy of active power filters using multiple voltage source PWM converters. IEEE Trans. on Ind. Appl., Vol. 22, No. 3, 1986, PP. 460-465.
3. Akagi H., Watanabe E. H., Aredes M. Instantaneous power theory and applications to power conditioning // IEEE Press on power engineering, Canada, 2007. – P. 379
4. Leszek S. Czarnecki Instantaneous reactive power p-q theory and power properties of three-phase systems // IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 21, No. 1, January 2006, PP. 362–367.
5. Leszek S. Czarnecki Comments to the paper: Instantaneous p-q theory for compensating nonsinusoidal systems // Przegląd elektrotechniczny (Electrical review), ISSN 0033-2097, R. 85, NR 6/2009, PP. 167–169.
6. Kim H.S., Akagi H., Ogasawara S. The instantaneous power theory in three-phase four-wire systems: a comprehensive approach // Proc. IEEE/IAS'99 Conf., 1999. PP. 431–439.
7. Peng Z., Ott G.W., Adams D.J. Harmonics and reactive power compensation based on the generalized instantaneous reactive power theory for three-phase four-wire systems // IEEE Trans. Power Electronics, Vol. 13, No. 6, PP. 1174–1181, 1998.

**МОДЕЛЬ ОБМОТКИ ЗБУДЖЕННЯ СИНХРОННОГО ДВИГУНА
В ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМАХ**

Д. В. Слободенюк, асп.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: dv2907@mail.ru

Вступ. Робота синхронного двигуна (СД) екскаватора характеризується тривалим режимом роботи зі змінним навантаженням, що змінюється циклічно через рівні проміжки часу. Такий режим роботи при значних накидах навантаження СД без автоматичного регулювання збудження викликає коливання ротора та коливання активного і реактивного струмів двигуна, зниження віддачі реактивної потужності синхронного двигуна в мережу. Основним методом підвищення динамічної та статичної стійкості СД в перехідних режимах є застосування автоматичних регуляторів збудження [1].

До систем збудження синхронних машин висуваються певні вимоги. Вони мають забезпечувати: а) надійне живлення обмотки збудження в нормальних і аварійних режимах; б) стійке регулювання струму збудження при зміні навантаження машини; в) кратність форсування по напрузі збудження не менше 2; д) ефективне гасіння електромагнітного поля ротора [2].

Значний прогрес в перетворювальній техніці пов'язаний зі створенням силових напівпровідникових вентилів в поєднанні з керованими ємнісними накопичувачами енергії. В якості керованих накопичувачів енергії можуть бути використані електричні ємності в поєднанні з ключовими елементами, які в інерційному контурі збудження забезпечують ємнісну компенсацію індуктивності. Високі електричні параметри, малі габарити і маса, простота конструкції і обслуговування, висока експлуатаційна надійність дозволяють широко використовувати їх в схемах збудження [3].

Мета роботи. Розробка схеми напівпровідникового пристрою динамічного збудження СД з ємнісним накопичувачем і моделювання режимів роботи.

Матеріал та результати дослідження. Сталим режимом СД вважають режим, в якому можуть відбуватись незначні зміни напруги мережі, напруги збудження або зовнішнього моменту. Значні зміни вказаних параметрів викликають порушення сталого режиму, в результаті якого виникає перехідний процес, що закінчується або новим сталим режимом ($\theta = const$), або кут θ безперервно змінюється, і нормальна робота синхронної машини стає неможливою. При великих і різких збуреннях (значні перевантаження, короткі замикання в мережі та ін.) стійкість роботи залежить як від величини збурення і його тривалості, так і від параметрів режиму СД, значення його попереднього навантаження й інших умов. У більшості випадків при таких збуреннях виникають коливання (хитання) ротора з певною амплітудою. Нерідко виникаючий при таких збуреннях режим роботи є нестійким і може призвести до асинхронного режиму СД.

Для підвищення швидкодії та точності керування збудженням синхронної машини в динамічних режимах запропоновано систему збудження з ємнісним накопичувачем, функціональна схема якої наведена на рис. 1.

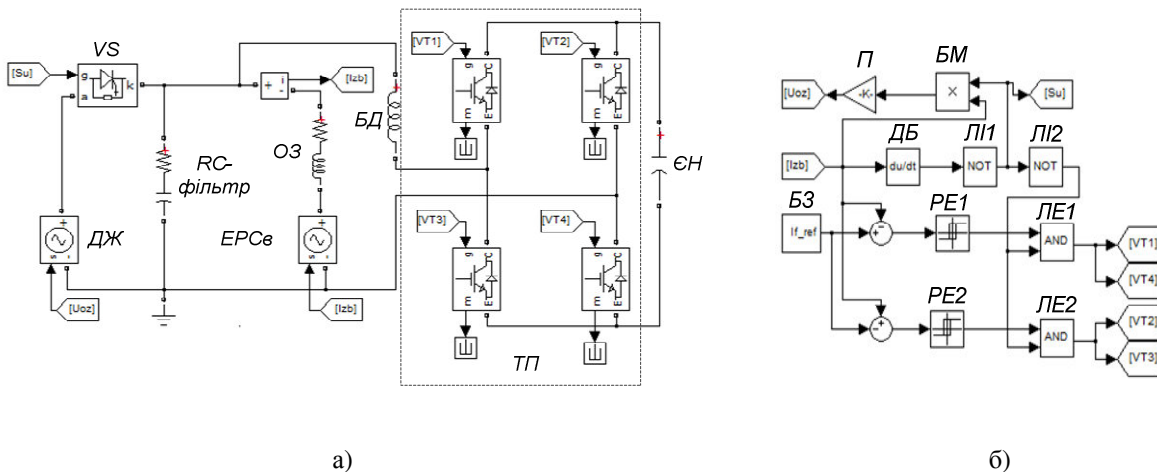


Рисунок 1 - Модель силової частини (а) та системи керування (б) регулювання збудженням СД

Силова частина складається з синхронного двигуна; системи збудження, до якої входять обмотка збудження (ОЗ), система керування режимом роботи синхронного двигуна, До системи, паралельно обмотці збудження через буферний дросель (БД) підключений транзисторний перетворювач (ТП) та ємнісний накопичувач енергії (ЄН). На основі вимірюваних значень параметрів режиму роботи синхронного двигуна, система керування розраховує та подає керуючі сигнали на перетворювачі, що живлять обмотку збудження.

Дослідження режимів роботи моделі виконано з наступними параметрами елементів схеми: активний опір обмотки збудження $R_f = 0,133 \text{ Ом}$, індуктивність $L_f = 0,01 \text{ Гн}$; індуктивність буферного дроселя, попередньо обрана $L_{fb} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Гн}$. На проміжку часу від 2 до 3 с задано лінійне наростання струму зі швидкістю $\frac{di_{f_ref}}{dt} = 120 \text{ А/с}$. В іншому досліді на цьому ж проміжку, від 2 до 3 с, задано лінійне спадання струму з тією ж швидкістю. Як видно з графіка, струм обмотки збудження i_f повністю відпрацьовує заданий режим із пульсаціями зумовленими принципом регулювання. Конденсатор розряджається, забезпечуючи при цьому необхідне значення кратності напруги та контрольоване наростання струму збудження. Оскільки живлення від конденсатора здійснюється через транзисторний перетворювач, напруга на обмотці збудження має пульсуючий характер, що є недоліком (рис. 2).

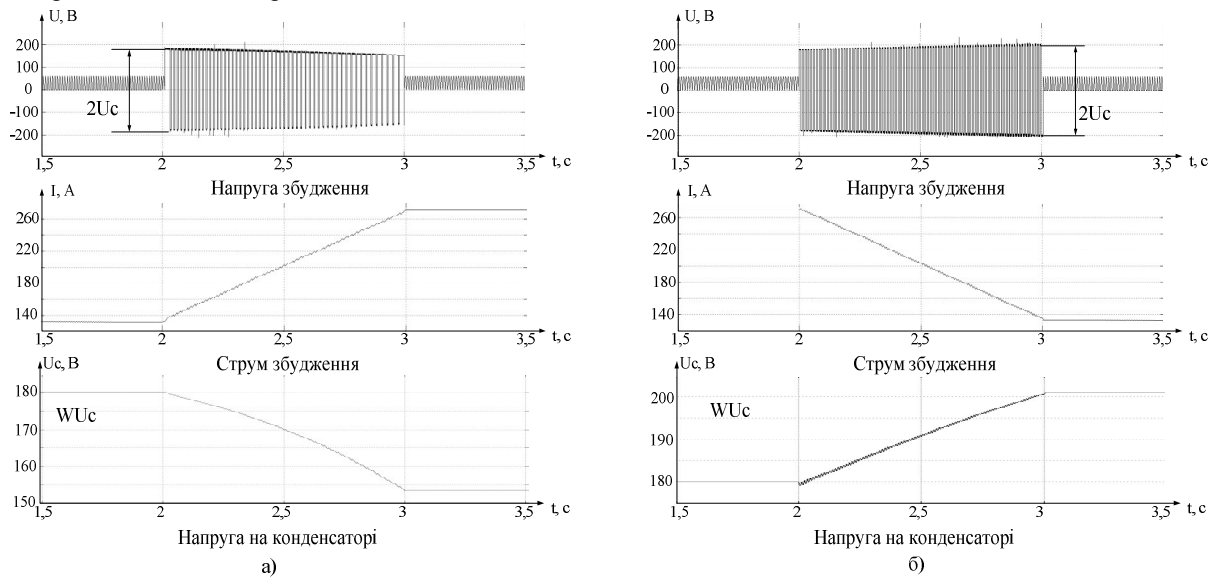


Рисунок 2 – Напруга, струм збудження СД при живленні та напруга на накопичувачі в режимі форсування (а) та гасіння електромагнітного поля (б)

Висновки. Система регулювання режимом збудження дозволяє підтримувати заданий струм збудження синхронного двигуна період часу за рахунок енергії конденсатора, введеного в контур збудження транзисторним перетворювачем. Запас енергії конденсатора зумовлює тривалість роботи пропонованого пристрою. В динамічних режимах роботи для підвищення стійкості можливе застосування форсування та гасіння електромагнітного поля ротора СД шляхом зміни струму збудження за рахунок енергії конденсатора, при цьому визначення параметрів елементів схеми є окремим завданням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калентионок Е.В. Устойчивость электроэнергетических систем. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 375 с.
2. Овчаренко А.С., Розинский Д.И. Повышение эффективности электроснабжения промышленных предприятий. – К.: Техника, 1989. – 287 с.
3. Низимов В.Б., Колычев С.В., Снижко А.А. Система параметрического пуска СД со ступенчатым накопителем энергии в обмотке возбуждения. / Низимов В.Б., Колычев С.В., Снижко А.А. // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету. Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2011. – Випуск 1(16). – С. 101-106.

**СТРУКТУРА ПАНЕЛІ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ
РУДНИКОВОГО ЕЛЕКТРОВОЗУ**

Т. Ю. Сухоніс, асп.

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: suhonosik@mail.ru*

Вступ. Тяговий електрорухомий склад рудникових електровозів є найважливішою складовою частиною залізничного транспорту країни. На підприємствах гірничо-металургійної галузі України з підземною технологією ведення робіт експлуатується більше 4 тис. електровозів, які класифікуються як рудникові та нараховують 20 різних видів [1]. На даний час рівень їх технічного зношення складає 75-80 %. Це зумовлюється виникненням нештатних (аварійних) режимів при експлуатації тягового рухомого складу, які пов'язані з відмовами його елементів [3, 4]. Тому для підвищення надійності та ефективності роботи тягового електротехнічного комплексу в цілому необхідно вирішувати питання моніторингу параметрів рудникового електровозу та вдосконалення складових систем управління, контролю та індикації панелі керування машиніста.

Мета роботи. Обґрунтування структури панелі управління тягового електротехнічного комплексу рудникового електровозу.

Матеріал і результати дослідження. На даний час оновлення панелі управління та використання систем моніторингу є необхідним для покращення керування та експлуатації тягового рухомого складу. Система моніторингу в результаті своєї роботи повинна надавати машиністу необхідний обсяг інформації про стан функціонування основних вузлів та елементів електровозу з урахуванням умов експлуатації. Тому головною задачею є обґрунтування структури панелі управління (рис. 2) з системою моніторингу (рис. 1) для впровадження на тяговому рухомому складі рудникового електровозу.

Запропонована структурна схема системи моніторингу базується на схемі тягового електротехнічного комплексу [2], що містить певні датчики, які дозволяють контролювати основні параметри елементів тягового електротехнічного комплексу рудникового електровозу.

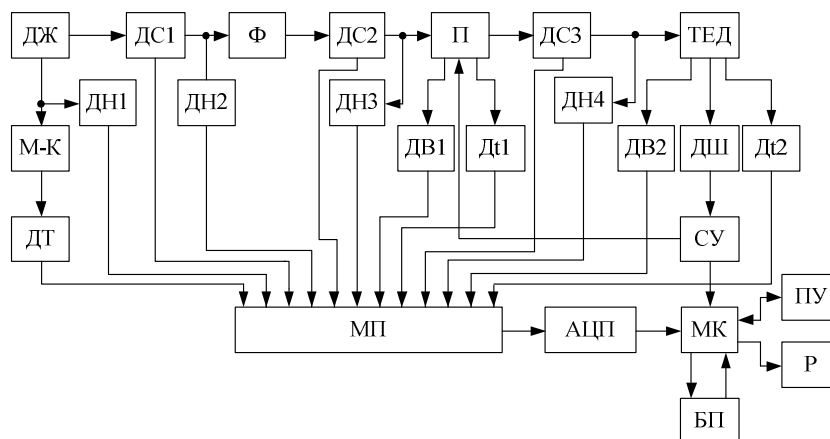


Рисунок 1 – Структурна схема системи моніторингу тягового електротехнічного комплексу рудникового електровозу: ДЖ – джерело живлення; ДН1 – датчик напруги на ізоляторах пантографу; М-К – мотор-компресор; ДТ – датчик тиску; ДС1 – датчик струму на вході LC-фільтру; ДН2 – датчик напруги на вході LC-фільтру; Ф – LC-фільтр; ДС2 – датчик струму на вході перетворювача; ДН3 – датчик напруги на вході перетворювача; П – перетворювач; ДВ1 – датчик вібрації перетворювача; Дт1 – датчик температури перетворювача; ДС3 – датчик струму тягового електродвигуна; ДН4 – датчик напруги тягового електродвигуна; ТЕД – тягові електродвигуни; ДВ2 – датчик вібрації тягових електродвигунів; ДШ – датчик швидкості тягових електродвигунів; Дт2 – датчик температури тягових електродвигунів; СУ – система управління; МК – мікроконтролер; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; МП – мультиплексор; БП – блок пам'яті; Р – радіомодем, ПУ – панель управління

Моніторинг параметрів тягового електротехнічного комплексу рудникового електровозу відбувається під час експлуатації локомотиву [3]. За допомогою пристрою зв'язку система вимірювань отримує дані показників вищеписаних датчиків. Блоки мультиплексора (МП), аналого-цифрового перетворювача (АЦП) та мікроконтролеру (МК) перетворюють отримані дані в цифрові та передають на мікро-ЕОМ. При цьому блок пам'яті (БП), який входить до складу мікро-ЕОМ, виконує функцію запису інформації для відновлення роботи при наступному включенні системи. В свою чергу, радіомодем (Р) слугує для підключення до системи приладу для перевірки точності роботи системи в цілому. Дані з мікро-ЕОМ поступають на систему управління (СУ), за

допомогою якої і здійснюється керування рудниковим електровозом. Контрольовані показники та стан роботи комплексу відображаються на панелі управління (рис. 2).

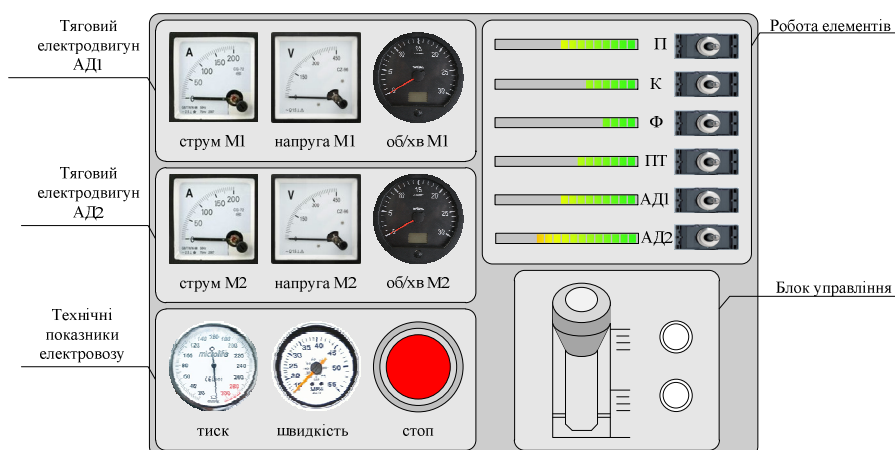


Рисунок 2 – Панель управління тягового електротехнічного комплексу рудникового електровозу

Панель управління умовно поділена на блоки, які включають в себе контрольно-вимірювальні пристрої, вимикачі та кнопку екстреного гальмування. Машиніст за допомогою важеля керування блоку управління приводить в рух тяговий електрорухомий склад та регулює його швидкість. Кнопка «Стоп» забезпечує екстрене гальмування рудникового електровозу під час виникнення аварійної (нештатної) ситуації. Блоки візуального контролю АД1 та АД2 мають умовну межу у верхньому лівому кутку панелі управління. Блоки вимикачів з візуальними індикаторами основних елементів системи (компресор, пантограф, фільтр, перетворювач, асинхронні двигуни) знаходяться на панелі праворуч та забезпечують безпосереднє керування окремим обладнанням. В свою чергу, візуальні індикатори мають градуйовану шкалу з відповідним забарвленням, що допомагає більш точно визначити межовий бар'єр стану роботи елементів. Контрольно-вимірювальними приладами на панелі управління являються амперметри, вольтметри, манометр і т.п.

При подачі електроживлення через пантограф (П) відбувається підключення панелі управління. Візуальні індикатори блоку роботи елементів ТРС надають інформацію щодо завантаженості та готовності роботи основних елементів тягового електротехнічного комплексу. Після надходження інформації з блоків вимикачів до мікропроцесорної системи підключається інше допоміжне обладнання електровозу. Під час роботи машиніст виконує необхідне управління рудниковим електровозом, враховуючи показники контрольно-вимірювального обладнання та візуальних індикаторів панелі. Якщо обладнання успішно ввімкнулось, то мікропроцесорна система надає в цифровому вигляді інформацію до блоку вимикачів, що супроводжується роботою індикаторів зеленого забарвлення до того часу поки елементи працюють справно. Якщо обладнання (або один окремий елемент) не підключилось належним чином, то індикатори відповідних елементів приймуть червоне забарвлення, що свідчить про несправність. Але, якщо елемент знаходиться на межі виходу з ладу, але продовжує функціонувати, індикатори матимуть жовте забарвлення. В такому випадку машиністу необхідно вжити заходів щодо усунення виниклої проблеми. Після вирішення проблеми несправності мікропроцесорна система знову надасть інформацію до блоку вимикачів, що відобразиться роботою індикаторів зеленого забарвлення.

Висновки. В роботі запропонована структура панелі управління тягового електротехнічного комплексу рудникового електровозу, що забезпечує візуальний контроль за станом обладнання рухомого складу за допомогою контрольно-вимірювальних пристроїв та індикаторів відповідного забарвлення у відповідності до працездатності елементів тягового електротехнічного комплексу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дебелый В. Л. Основные направления развития шахтного локомотивного транспорта / В. Л. Дебелый, Л. Л. Дебелый, С. А. Мельников // Уголь Украины.-2006.-№6. – С. 30–31.
2. Киреев А. В. Схема питания вентильно-индукторного тягового привода электропоезда // Научный журнал. Вісник СХУ ім. В. Даля – №4 (158) – Ч. 1.
3. Патент України 86561. МПК (2013.01), B60L 3/00. Спосіб моніторингу параметрів тягового електротехнічного комплексу рудникового електровозу / О. В. Бялобржеський, Т. Ю. Сухоніс, К. І. Лосіна, Ю. О. Миколаєнко; опубл. 10.01.2014, Бюл.№ 1.
4. Синчук О. Н. Контактно-аккумуляторный шахтный электровоз с тяговым электротехническим комплексом: IGBT-инвертор-асинхронный электрический двигатель / О. Н. Синчук, И. О. Синчук, Д. А. Шокарев, Е. И. Скапа, Ф. И. Караманиц // Научный журнал. Вісник СХУ ім. В. Даля – №4 (158) – Ч. 1.
5. Системы управления шахтным электровозным транспортом / О. Н. Синчук, Э. С. Гузов, Н. И. Шулин, П. К. Саворский. – К.: Техніка, 1985. – 198 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП

*Н. П. Токенов, докторант, М. А. Джаманбаев, к.ф.-м.н., доц.
Казахский Национальный Технический Университет им. К. И. Сатпаева
ул. К. И. Сатпаева, 22, г. Алматы, 050013, Казахстан, e-mail: TNPNuri@mail.ru*

Введение. Воздушные линии электропередачи (ЛЭП) являются основным средством передачи и распределения электрической энергии. В этой связи вполне естественным является постоянный интерес к их усовершенствованию. Как правило, расчет и конструирование ЛЭП должны производиться из условий прочности ее элементов и предотвращения электрического замыкания, обусловленных воздействием ветра, гололеда и различных видов механических колебаний, в частности, пляски проводов. Известно, что провода воздушных линий электропередачи под воздействием ветрового потока, подвержены пляске – высокоамплитудным низкочастотным колебаниям [1]. Высокие динамические нагрузки, действующие на провода при пляске, могут привести к повреждению, поэтому в последнее десятилетие активно разрабатывают алгоритмы и программы для численного моделирования аэроупругих колебаний проводов. Наиболее распространенным методом решения задачи является метод конечных элементов [2, 3] и метод Галеркина [4].

Цель работы. Разработка математической модели пляски воздушных линий, позволяющей при заданных условиях определить параметры пляски.

Материал и результаты исследования. Следует отметить, что пляска проводов, как опасное явление, известна уже более 80 лет, но до сих пор актуальность этой проблемы не уменьшилась. Повторяемость пляски на воздушных линиях с расщепленными фазами значительно выше, чем на одиночных проводах. За счет большей сопротивляемости расщепленных фаз к кручению, в результате которого на провода осаждаются наиболее благоприятные формы осадка, приводящие к пляске.

Поэтому при моделировании движения воздушных ЛЭП используем уравнения движения РФ, покрытых гололедным осадком, в ветровом потоке определяются, исходя из уравнения Лагранжа.

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L_{\Lambda}}{\partial \dot{a}(t)} \right) - \frac{\partial L_{\Lambda}}{\partial a(t)} &= - \frac{\partial R_a}{\partial \dot{a}(t)} + F_a; \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L_{\Lambda}}{\partial \dot{\varphi}(t)} \right) - \frac{\partial L_{\Lambda}}{\partial \varphi(t)} &= - \frac{\partial R_{\varphi}}{\partial \dot{\varphi}(t)} + M_a, \end{aligned} \tag{1}$$

где $L_{\Lambda} = E_k - (E_d - E_{\Pi})$ – функция Лагранжа, зависящая от кинетических E_k и потенциальных энергий системы (E_d – энергия деформаций, E_{Π} – потенциальная энергия силы тяжести); $a(t)$ и $\varphi(t)$ обобщенные координаты; F_A и M_A – аэродинамическая сила и момент; $\frac{\partial R_a}{\partial \dot{a}(t)}$ и $\frac{\partial R_{\varphi}}{\partial \dot{\varphi}(t)}$ – обобщенная сила и обобщенный

момент сопротивления (R_a и R_{φ} – диссипативные функций).

Известно исследованиями пляски проводов, что большинство процессов поддерживается аэродинамическими характеристиками. Для конкретных профилей экспериментально определяются аэродинамические коэффициенты силы лобового сопротивления, подъемной силы и коэффициент аэродинамического момента при скорости потока, рис. 1

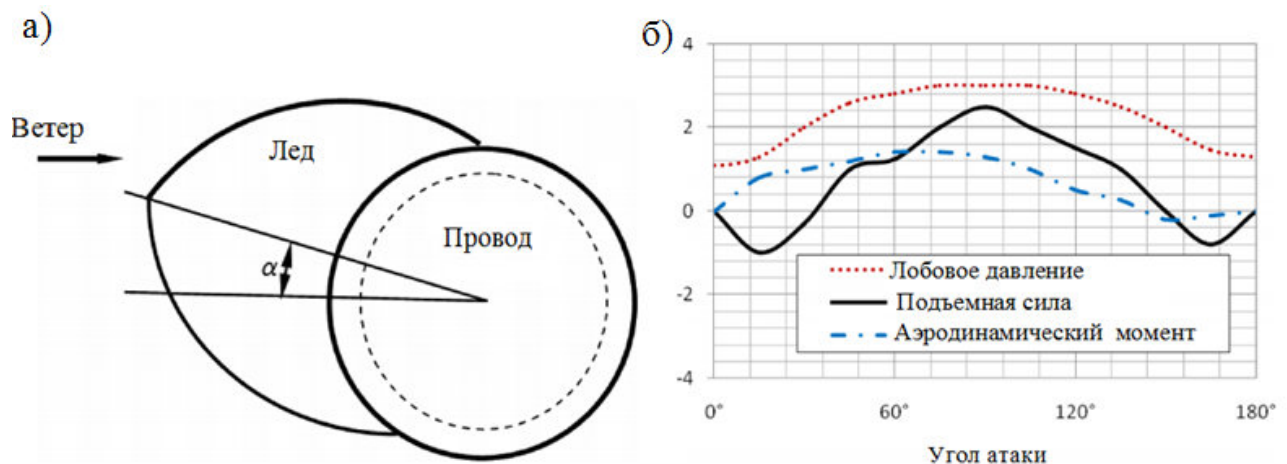


Рисунок 1 – а) форма льда и определение угла атаки α , б) аэродинамические коэффициенты по сравнению с углом атаки.

Анализ результатов продувки показывает, что график зависимости в пределах угла атаки $\psi = \pm 30$ градусов с достаточной точностью может быть аппроксимированы формулами:

Подъемная сила

$$C_L(\psi) = -C_{L0} \psi + C_{L1} \psi^3. \quad (2)$$

Лобовое давление

$$C_D(\psi) = C_{D0}. \quad (3)$$

Аэродинамический момент

$$C_M(\psi) = C_{M0} \psi - C_{M1} \psi^3 \quad (4)$$

Аэродинамические коэффициенты C_{L0} , C_{L1} , C_{D0} , C_{M0} , C_{M1} определены на основе данных, с применением метода наименьших квадратов: $C_{L0} = 4,0$, $C_{L1} = 12,0$, $C_{D0} = 0,87$, $C_{M0} = 1,0$ и $C_{M1} = 2,6$

В дальнейшем, при расчетах аэродинамических сил и моментов будут использованы эти зависимости.

Выводы. При небольших скоростях ветра частота пляски практически совпадает с собственной частотой свободного поперечного колебания РФ. С увеличением скорости ветра отличие между этими частотами становятся заметными. (отличие в нашем примере составляет до 25 %). Причем, с увеличением скорости ветра частота пляски снижается по сравнению с собственной частотой поперечного колебания РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. EPRI. Transmission Line Reference Book, «Wind Induced Conductor Motion». Palo Alto (California): Electrical Power Research Institute, 1979, 255 P.
2. Бекметьев Р.М., Джаманбаев М.А. Методика расчета динамических нагрузок при пляски проводов. Сборник докладов советских специали-тов на международном конференции по проблемам пляски проводов ЛЭП. – Сочи, октябрь, 1985.
3. Джаманбаев М.А. Расчет характеристик колебаний проводов методом последовательных приближений. – Метеовоздействия на энергосооружения /сб. науч. трудов/, Алма-Ата, 1991.
4. Елисеева И.И., Курышева С.В. и др. Практикум по эконометрике /учебное пособие/.- М.: Финансы и Статистика, 2001, – 192 с.
5. Wang, B.P., «Eigenvalue Sensitivity with Respect to Location of Internal Stiffness and Mass Attachments» AIAA Journal, Vol. 34, No. 4, 1993, PP.791 –794.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ С ПОМОЩЬЮ СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ

*А. В. Чермалых, к.т.н., доц., Ю. И. Затирка, магистр., О. Б. Доценко, магистр.
 Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
 пр. Победы 37, 03057, г. Киев, Украина, e-mail:olgaborisovna1991@ukr.net*

Введение. Известно, что с энергетической точки зрения наиболее эффективным способом согласования режимов работы насосных установок относительно расхода (производительности) и напора жидкости является изменение частоты вращения рабочего колеса. При этом скорость может быть изменена различными способами, однако наиболее рациональным и удобным считается вариант использования регулируемого электропривода с современными микропроцессорными системами управления. Для насосных установок практическое применение нашел электропривод на базе машин переменного тока: с параметрическим регулированием с помощью тиристорных регуляторов напряжения, по схеме асинхронно-вентильного каскада, вентильного двигателя, а также с частотным регулированием скорости. Независимо от системы электропривода фактически основной и единственной координатой, которая определяет рабочие режимы насосов, является угловая скорость приводного двигателя, поскольку момент нагрузки для таких установок является функцией частоты вращения рабочего органа. На сегодняшний день при проектировании насосных станций практически повсеместно применяются различные методы компьютерного моделирования для исследования режимов их работы. Однако в большинстве случаев выходной переменной моделей является угловая скорость двигателя с приведением момента инерции механизма на его вал. В этом случае нет привязки непосредственно к параметрам самого насоса. Поэтому разработка структурной модели, реализующей нелинейные математические зависимости между скоростью двигателя, параметрами насоса и энергетическими показателями является важной задачей.

Цель работы. Расчет рабочих параметров и основных энергетических характеристик насосной установки при изменении частоты вращения приводного двигателя с помощью универсальной структурной модели.

Материал и результаты исследования. Регулирование частоты вращения рабочего органа насоса приводит к изменению всех его рабочих параметров и энергетических показателей. Таким образом, имеют место функциональные зависимости расхода $Q = f(\omega)$, подачи $H = f(\omega)$, коэффициента полезного действия насоса $\eta = f(\omega)$ от угловой скорости приводного двигателя ω , а также мощности $P = f(Q, H)$. Формулы для вычисления расхода и подачи могут быть получены в результате совместного решения уравнений для напорной характеристики насоса $H = f(\omega^2, Q^2)$ и сети трубопровода $H = f(Q^2)$ относительно Q и H соответственно.

Для удобства пользования формулами согласно методике, изложенной в [1], синтезирована структурная модель в пакете MATLAB-Simulink [2], которая изображена на рис. 1.

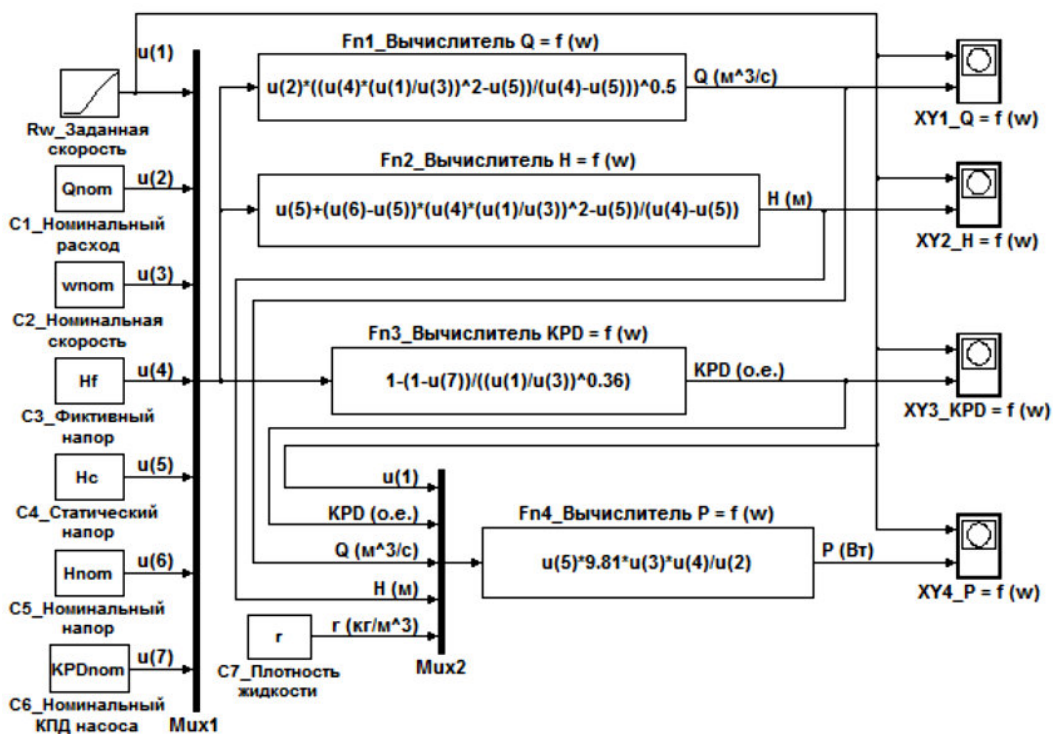


Рисунок 1 – Структурная модель насосной установки при изменении скорости рабочего органа

Входной линейно нарастающий сигнал угловой скорости ω формируется специальным блоком Rw .

Основными элементами являются однотипные вычислители $Fn1...Fn4$, которые непосредственно моделируют необходимые математические зависимости.

$Fn1, Fn2$ – реализуют выражения для определения $Q = f(\omega)$ и $H = f(\omega)$

$$Q = Q_{ном} \cdot \sqrt{\frac{H_{\phi} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_{ном}}\right)^2 - H_c}{H_{\phi} - H_c}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad H = H_c + (H_{ном} - H_c) \cdot \frac{H_{\phi} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_{ном}}\right)^2 - H_c}{H_{\phi} - H_c}, \text{ м},$$

где $Q_{ном}$ – номинальный расход насоса (паспортные данные), $\text{м}^3/\text{с}$; $\omega_{ном}$ – номинальная угловая скорость насоса, $1/\text{с}$; H_{ϕ} – фиктивный напор, соответствующий нулевому расходу насоса, м; H_c – статический напор насоса, м; $H_{ном}$ – номинальный напор насоса (паспортные данные), м.

$Fn3, Fn4$ – функционируют согласно формулам для вычисления $\eta = f(\omega)$ и $P = f(Q, H)$

$$\eta = 1 - \frac{1 - \eta_{ном}}{\left(\frac{\omega}{\omega_{ном}}\right)^{0.36}}, \text{ о.е.}, \quad P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta}, \text{ Вт},$$

где $\eta_{ном}$ – номинальный КПД насоса (паспортные данные), о.е.; ρ – плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$; g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$.

Необходимые постоянные величины задаются в виде констант блоками $C1...C7$. Вычислители через объединяющие блоки $Mux1, Mux2$ выбирают требуемые значения сигналов $u(1)...u(7)$ и формируют на выходе соответствующие переменные параметры и энергетические характеристики. Визуализацию работы модели обеспечивают графопостроители $XU1...XU4$.

В качестве примера рассмотрена насосная установка фирмы *Wilo*, которая занимает ведущие позиции на мировом рынке в области электрооборудования насосных станций.

На рис. 2 приведены соответствующие графические зависимости расхода, подачи, коэффициента полезного действия и потребляемой мощности при линейном законе изменения угловой скорости от граничной минимальной $\omega_{гр.мин} = 100$ 1/с до номинальной $\omega_{ном} = 300$ 1/с в диапазоне регулирования $D = 1:3$.

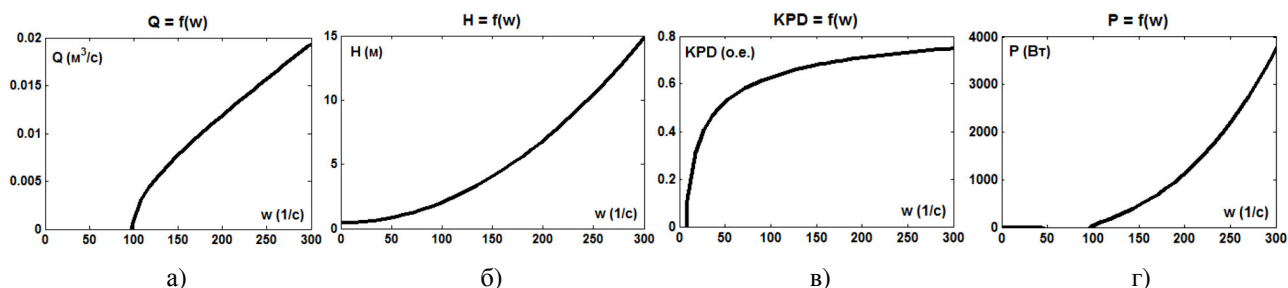


Рисунок 2 – Графики изменения параметров и энергетических характеристик насоса:

а) $Q = f(\omega)$; б) $H = f(\omega)$; в) $\eta = f(\omega)$; г) $P = f(\omega)$

Полученные результаты показывают полное соответствие теоретическим положениям относительно функционирования насосных агрегатов при изменении скорости приводного двигателя.

Выводы. В работе на основании математических зависимостей параметров и энергетических характеристик насоса от угловой скорости его рабочего органа синтезирована универсальная структурная модель, для функционирования которой достаточно ввести только данные конкретной насосной установки. Предложенная модель позволяет совместно с моделями различных систем электропривода с выходной координатой по угловой скорости проводить исследования практически любых режимов работы насосных станций в зависимости от требований технологического процесса и их функционального назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фащиленко В.Н. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий: Учеб. пособие. – М.: Издательство «Горная книга», 2011. – 260 с.
2. Дьяконов В.П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ КОНТРОЛЯ И ЗАЩИТЫ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ ШАХТНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ ОТ ПРЕВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫ

*В. О. Черная, асс., Я. В. Федорова, студ., М. С. Ханкишиева, студ.
Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: chornajav@gmail.com*

Введение. Тяговые электрические двигатели (ТЭД), а точнее их обмотки, по классу изоляции и способу пропитки выпускаются на определенные температурные режимы функционирования. Превышение допустимых температурных показателей является первопричиной большинства повреждений изоляции тяговых двигателей рудничных контактных электровозов. Среди наиболее часто возникающих повреждений является перегрев обмоток, особенно якорной [1]. В связи с этим актуальным является применение эффективной защиты от перегрева ТЭД в комплексе тягового электропривода для повышения его эффективности и надежности.

Цель работы. Анализ способов контроля температурных режимов ТЭД и выбор способа их защиты от перегрева.

Материал и результаты исследования. Как показывает анализ литературных источников, реально возможными являются следующие способы контроля температуры ТЭД: заложение в двигатель датчиков температуры, применение тепловых реле, косвенная оценка по сопротивлению обмоток двигателей или по расчетным потерям в двигателе [2].

Наиболее подходящими для эксплуатационного контроля температуры электрических машин являются полупроводниковые термосопротивления, достоинства которых заключаются в следующем [3]:

- высокий температурный коэффициент сопротивления, – на порядок выше, чем у металлов;
- наибольшие размеры и различное конструктивное исполнение – в виде бусинок, пластинок, шайб, стержней, что облегчает закладку в обмотки и другие элементы двигателей;
- прочность и стойкость к механическим воздействиям;
- малая величина тепловой инерции.

К недостаткам термосопротивлений можно отнести разброс характеристик, что требует их индивидуальной градуировки. Однако главным недостатком применения температурных датчиков является необходимость их закладки в обмотки двигателя, что в условиях эксплуатации без разборки двигателя невозможно. Кроме того, при контроле температуры двигателя с помощью температурных датчиков необходимо выведение из двигателя дополнительных проводов, что в условиях сильной вибрации ТЭД может приводить к их повреждению.

Тепловые реле нашли широкое применение в промышленности для защиты двигателей наибольшей мощности от тепловых перегрузок [4]. По нагревательному элементу реле и по обмоткам двигателя протекает один и тот же ток и количество тепла, которое выделяется в нагревательном элементе и в обмотках двигателя, прямо пропорциональны, таким образом по нагреву реле косвенно оценивается нагрев двигателя. Однако, тепловые реле при превышении токов продолжительного режима срабатывают слишком быстро и непригодны для защиты ТЭД от перегрева.

По расчетным потерям энергии в ТЭД за расчетный период может быть дана косвенная оценка его нагревания [5]. Как известно, потери энергии пропорциональны I^2t . В тяговых расчетах при выборе мощности двигателей по допустимому нагреву исходят из того, что двигатель не перегревается, если его среднеквадратичный или эквивалентный ток не превысит номинальный ток продолжительного режима $I_{э\text{кв}} \leq I_{н.прод.}$. В данном случае эквивалентный по нагреву ток:

$$I_{э\text{кв}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I^2 dt},$$

где T – период работы двигателя.

При практических расчетах период работы двигателя разбивают на интервалы, в течение которых ток двигателя можно считать неизменным. В условиях железорудных шахт цикл движения состоит:

$$T = t_{нор.} + t_{ногр.} + t_{зр.} + t_{раз.} + t_{ман.} + t_{прос.},$$

где t – время соответственно движения порожнего состава, погрузки, движения груженого состава, разгрузки, маневров и простоев.

С учетом этого эквивалентный ток можно представить как:

$$I_{э\text{кв}} = \alpha \sqrt{\frac{1}{T} (I_{нор.}^2 \cdot t_{нор.} + I_{ногр.}^2 \cdot t_{ногр.} + I_{зр.}^2 \cdot t_{зр.} + I_{раз.}^2 \cdot t_{раз.} + I_{ман.}^2 \cdot t_{ман.})},$$

где α – коэффициент, учитывающий ухудшение охлаждения двигателя во время работы.

Если электровоз оборудован микропроцессорной системой управления, что уже применяется в новых разработанных образцах электровозов, может быть реализовано непрерывное вычисление функции $I^2 \cdot t$, ее интегрирование и определение эквивалентного тока согласно:

$$I_{\text{экс}} = \alpha \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I^2 dt}.$$

Достоинством данного метода является отсутствие каких-либо дополнительных элементов, однако недостатком является более низкая точность контроля нагревания обмоток двигателя по сравнению с методами, использующими непосредственный контроль температуры.

Еще одним способом определения температуры обмотки – по изменению сопротивления обмотки в зависимости от ее температуры. Температура горячей обмотки определяется по формуле:

$$\tau_2 = \frac{R_2 - R_x}{R_x} (\kappa + \tau_x) + \tau_x, \text{ } ^\circ\text{C},$$

где R_2, R_x – сопротивления обмоток, измеренные соответственно в горячем и холодном состояниях, Ом; τ_x – известная температура обмотки в холодном состоянии, при котором измерялось сопротивление R_x ; κ – коэффициент, равный для меди 235, для алюминия 245.

Однако контроль сопротивления якорной обмотки и соответствующей температуры встречает большие трудности, связанные со щеточными контактами. Сопротивление щеточных контактов, которое включено последовательно с обмоткой якоря, является нестабильным и может изменяться в десятки раз в зависимости от марки щеток, приработки щеток, состояния поверхности коллектора, температуры коллектора, скорости вращения. К тому же щетки перекрывают несколько коллекторных пластин, шунтируя секции якорной обмотки. В этой связи достаточно точное определение температуры якорной обмотки по ее сопротивлению невозможно.

Однако, обмотка возбуждения ТЭД включается последовательно с обмоткой якоря и по ним протекает одинаковый ток, т.е. их нагрев и охлаждение взаимосвязаны. Как установлено в результате проведения авторами ряда экспериментов, температура якорной обмотки на $20\text{ }^\circ\text{C}$ превышает температуру обмотки возбуждения. В связи с этим логичен вывод, что для контроля температурных режимов обмотки якоря возможно использование косвенного метода – путем определения температуры обмотки возбуждения по ее сопротивлению. С этой целью предлагается следующая схема (рис. 1).

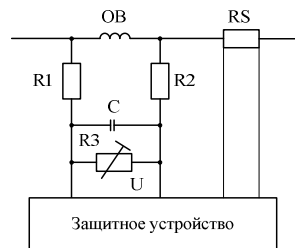


Рисунок 1 – Структурная схема защиты тягового двигателя шахтного электровоза от перегрева

В схеме напряжение U «снимается» с обмотки возбуждения ОБ через цепь, состоящую из R1-3 и C, ограничивающих импульсы напряжения на защищаемом устройстве при переключениях в силовой цепи. Ток I , протекающий через ОБ, определяется с помощью шунта RS. Настройка защиты на требуемое сопротивление и соответствующую температуру производится подстроечным резистором R3. Блок защитного устройства содержит аналоговый интегральный делитель, непрерывно определяющий значение сопротивления обмоток. При достижении значения сопротивления, соответствующего критической температуре обмотки возбуждения (температура обмотки якоря при этом достигает предельно допустимой температуры), срабатывает защита.

Выводы. Предложенный способ бесконтактного контроля, мониторинга и защиты ТЭД от недопустимого превышения уровня температуры в элементах ТЭД не требует установки соответствующих датчиков температуры, поскольку сама обмотка возбуждения является датчиком, делает защиту достаточно простой, надежной, что особенно актуально для тяговых комплексов шахтных электровозов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черная В. О. К вопросу анализа повреждений тяговых двигателей шахтных электровозов / В. О. Черная // Молодь: наука та інновації. I Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів і молодих учених: збірник праць. – Дніпропетровськ: ВНЗ «НГУ», 2013. – С. 421–422.
2. Богаенко И. Н. Контроль температуры электрических машин. – К.: Техника, 1975. – 176 с.
3. Пасынков В. В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы: учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1987. – 479 с.
4. Чунихин А. А. Электрические аппараты: учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 720 с.
5. Ключев В. И. Теория электропривода: учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.

**КОНЦЕПЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА***

В. О. Бабенко, студ., М. Ю. Юхименко, ст. преп.

*Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: saue1@kdu.edu.ua*

Введение. Правильный выбор двигателя для конкретного технологического процесса является одной из важнейших составляющих, обеспечивающих реализацию энергосбережения средствами промышленного электропривода (ЭП). В зарубежной практике [1] принято считать, что средний коэффициент загрузки двигателей должен составлять 0,6, тогда как в нашей стране, где до недавнего времени не было принято экономить ресурсы, этот коэффициент составляет 0,3 – 0,4, т.е. двигатель работает с коэффициентом полезного действия (КПД) значительно меньшим номинального. Завышенная мощность двигателя часто приводит к незаметным на первый взгляд, но очень существенным отрицательным последствиям в обслуживаемой электроприводом технологической сфере, – например, к излишнему напору в гидравлических сетях, что связано с ростом потерь и снижением надежности.

Цель работы. Выработка комплекса требований к программному обеспечению (ПО) и выработка концепции автоматизированного расчета энергетических характеристик систем электропривода переменного тока.

Материал и результаты исследования. Эффективным способом решения проблемы принятия качественных проектных решений в области электропривода является автоматизированное проектирование с применением программных продуктов, позволяющих выполнить необходимые расчеты энергетических показателей различных режимов работы и сделать правильный выбор из множества альтернативных вариантов, с точки зрения соответствующих критериев.

В качестве выходной информации в программе автоматизированного расчета энергетических показателей ЭП должны определяться для каждого участка нагрузочной диаграммы (НД) и за весь цикл работы:

- активная энергия, потребляемая из сети;
- полезная мощность;
- реактивная мощность;
- потери энергии;
- КПД привода;
- коэффициент мощности ($\cos \phi$).

Кроме этого, желательно осуществить определение эквивалентной мощности, тока, момента, а также проверку электродвигателя по нагреву и перегрузочной способности с построением соответствующих гистограмм.

Соответственно, ПО для автоматизации расчета энергетических показателей должно содержать средства ввода, редактирования и анализа НД и тахограмм (ТГ). При этом для каждого участка рабочего цикла необходимо предусмотреть следующие возможности ввода исходных данных:

- укрупненно по точкам участков цикла работы: разгона, статического режима, наброса нагрузки, торможения и т.д. – асимптотические НД и ТГ;
- для случая, когда известны аналитические зависимости динамических характеристик отдельных участков – аналитические НД и ТГ;
- для реальных переходных процессов, полученных с помощью численных методов расчета или регистрирующих приборов, при этом предполагается отсутствие ручного ввода данных, а чтение и конвертирование данных из внешнего файла, содержащего результаты работы математических пакетов [2].

Формализацию автоматизированного расчета энергетических показателей исследуемой системы электропривода удобнее всего представить в виде трехмерной матрицы. Графически ее можно представить в виде пространственного куба, построенного в трехмерной системе координат x, y, z , где x – тип двигателя, y – тип системы управления, z – режим работы двигателя. Пользователь программы может выбрать при помощи графического интерфейса интересующие его параметры и ввести паспортные данные двигателя, после чего ПО реализует алгоритм расчета энергетических показателей и получает данные для построения ТГ и НД. В случае выбора пользователем некорректных начальных условий (несоответствие выбранной системы управления определенному типу двигателя) программа выводит сообщение о невозможности продолжения расчетов.

Для наглядного пояснения процесса расчета энергетических показателей системы электропривода за один полный цикл работы механизма могут быть использовать не только текстовые данные, но и графическое представление результатов. Например, на рис. 1 показаны сравнительные характеристики потерь и энергопотребления в электроприводе. Такая форма представления результатов расчета возможна для количественных параметров (активная, реактивная, полезная энергии, потери и т.п.). Характеристики качественных параметров (КПД, $\cos \phi$) и сравнительные характеристики различных вариантов реализации ЭП

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

для повышения наглядности могут быть представлены в виде столбчатых гистограмм [4]. Возможность сравнительного анализа вариантов расчета требует от ПО поддержки специального формата хранения данных на внешнем носителе.

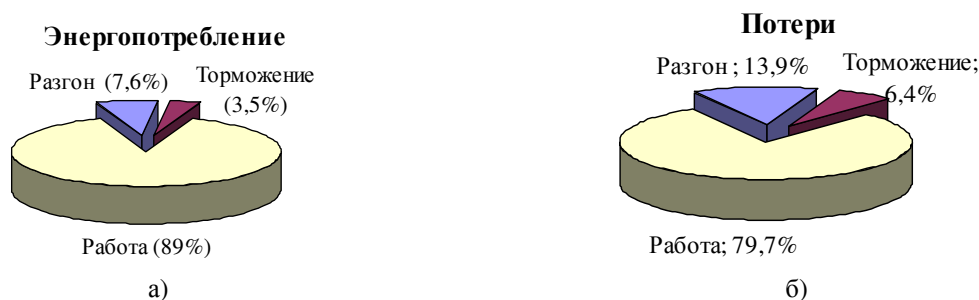


Рисунок 1 – Графическое представление сравнительных характеристик потерь и энергопотребления в электроприводе



Рисунок 2 – Структура программного обеспечения для расчета энергетических характеристик электропривода

С учетом указанного ранее комплекса требований к функциональным возможностям ПО в работе предлагается следующая структура ПО, для расчета энергетических характеристик ЭП, программно-алгоритмическую основу которой на данный момент составляет следующий комплекс программного обеспечения, показанный на рис. 2.

По результатам расчета энергетических показателей для сравнительного анализа режимов работы электропривода при различных способах регулирования может быть сделан вывод, например, низкий коэффициент мощности при способах управления, предполагающих включение преобразователя в цепь статора объясняется тем, что коэффициент мощности связан с углом отпирания силовых полупроводниковых ключей. Большее значение коэффициента мощности при импульсном и реостатном управлении реализуется из-за большего активного сопротивления в цепи ротора.

Выводы. В работе рассмотрены вопросы формирования структуры системы автоматизированного расчета энергетических характеристик электроприводов и организации взаимосвязанной работы программного обеспечения. По результатам анализа намечены пути решения и даны некоторые рекомендации по организации и использованию указанного ПО. Максимальный эффект от использования программного обеспечения возможен только при эксплуатации программы в составе специализированной САПР. Вышеприведенные требования полностью согласуются с общей идеологией функционирования современных САПР электроприводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радимов С.Н. Потенциал энергосбережения и его реализация средствами электропривода // Научно-технический журнал "Мир техники и технологий", ООО издательский дом "Проминь", г. Харьков, № 1, 2004, С. 59-63.
2. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображения / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 400 с.
3. Романов А.В., Бурковский В.Л., Фролов Ю.М. Проблематика автоматизированного проектирования электроприводов / Вестник ВГТУ. Серия "Вычислительные и информационно-телекоммуникационные системы". Т. 2. № 5. Воронеж: ВГТУ, 2006. – С. 119 – 123.
4. Романов А.В., Фролов Ю.М. К вопросу построения САПР электроприводов / Информатика: проблемы, методология, технологии: матер. шестой междунар. науч.-метод. конф. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2006. – 551 с.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A THREE-PHASE POWER CONVERTER IN THE POWER ELECTRONICS AND ELEKTRIC DRIVES*

A. Kovtun, stud., M. Yukhimenko, Sen. Lect.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

Pershotravneva str., 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine, e-mail: saue1@kdu.edu.ua

Introduction. Over the past decade the field of power electronics has passed through rapid development due to the advancement of many modern technologies such as; DSP Cards, Data Acquisition Block and Microprocessors. The aforementioned technologies made power electronics projects and applications easier to implement and more accessible. In this project we have implemented a three-phase Power Converter (AC/DC/AC) to control the speed of an induction motor using Data Acquisition Block.

Aim of the research. Design and implementation of a three-phase Power Converter to induction motor speed control.

Experimental part and result obtained. The complete system will consist of two sections; a Power Circuit and a Control Circuit. The power circuit consists of the three phase bridge rectifier, C Filter and three-phase PWM Inverter. On the other hand, the control circuit consists of the Computer (Data Acquisition Block/PWM Program), Opto-Couplers and Gate Drivers [1]. An AC voltage input feed a three phase diode bridge rectifier to produce DC output voltages which across a C filter will feed the three phase PWM inverter. The PWM inverter is controlled by a three-phase PWM-signal generated by a control circuit. The PWM inverter will then convert the DC voltage at the input to AC output voltage. The AC output voltage can be controlled in both magnitude and frequency (V/F Open Loop Control). This control of voltage and frequency is required as it permits the user speed control an induction motor at different rates.

The project utilised many electronic components such as: Diodes, MOSFETs, Capacitors, Optoisolators and Gate Drivers, to construct the full circuit. So, in order to achieve a full understanding of the characteristics and theory of each section, which assisted in completing the design and implementation of the product according to the required specifications.

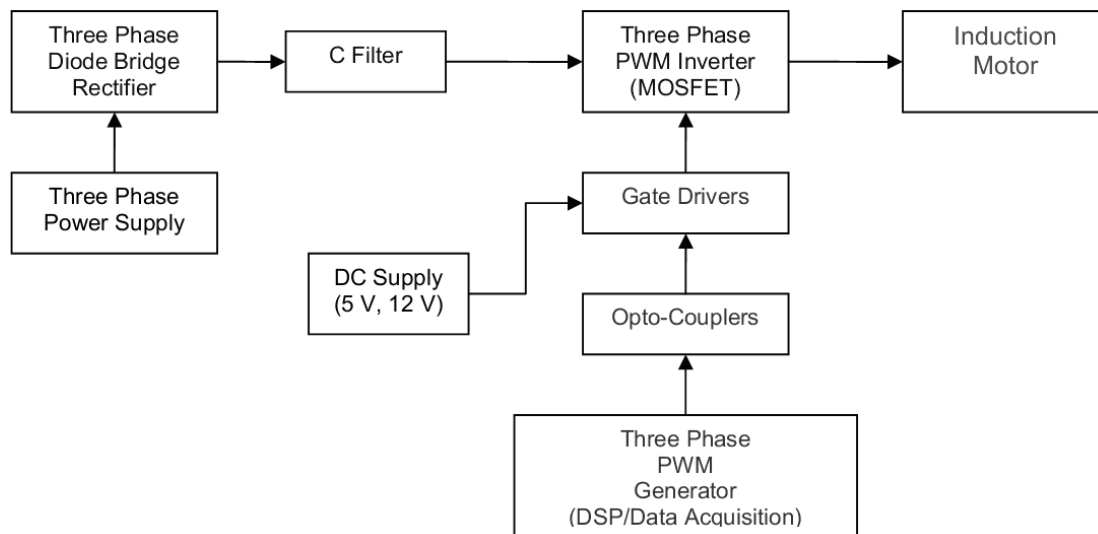


Figure 1 – Complete System Block Diagram

One of the main sections if this project was to construct is a three-phase PWM program which generates the appropriate pulses or signals that control the switching operations (On/Off) of the inverter circuit (MOSFET's). It was required to design the program in such a way that the generated PWM signals are able to produce an output which enables the power circuit to control the motor within a speed of 10% – 100% (V/F open loop control) of rated speed. This implied that the range of frequency used to control the motor varies between 5 Hz – 50 Hz.

It was required to find a relationship that relates these frequencies to the modulation index (m_a), as the program was specified to automatically change the modulation index value according the any given frequency. As can be seen from Figure 2, the relationship between the two parameters as follows: the maximum modulation index which occurs at maximum frequency of 50 Hz (100% motor speed) is at $m_a = 0,85$, while the minimum modulation index which occurs at the minimum frequency (10% motor speed) occurs at approximately $m_a = 0,0167$.

The basic idea of the program is to compute three different sinusoids with the same triangular wave to produce the three-phase PWM [2]. As can be seen from Figure 2, a variable frequency block is fed into a saturation block, which in turn limits the input frequencies to the specified range of 5 – 50 Hz. For example: if the input frequency is below 5 Hz

*Work written under the guidance of Dr. Sc. (Eng.), Prof., D. Rodkin

or larger than 50 Hz, then the saturation block would limit the input frequency to the upper or lower ranges of the frequency.

After finishing the compiler with the real time code, a subsystem block was created for compute three different sinusoids with the same triangular wave to produce the three phase PWM. The subsystem block was fed into a Digital Output block which represents the data acquisition interface of the computer. This outputs are three-phase signal generated from the program to the Hardware PCB, which in turn controls the output and operation of the power circuitry, and as a result, it controls the speed of the motor.

This program was very beneficial for students as it introduced new techniques of signal generation using Real Time Window Target and Data Acquisition Block.

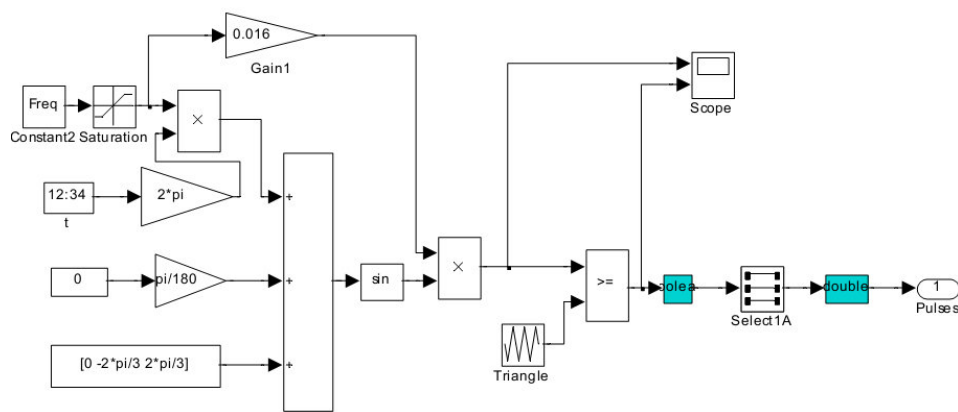


Figure 2 – Three-phase PWM Simulink Program

The hardware section of this project was very challenging, as the design was dealing with high voltages and currents. The rectifier circuit consists of six diodes where, theoretically, it can handle a minimum voltage of 566 V DC and a minimum direct current 0,9 A. However, taking a safety factor at least one of the diodes was chosen to handle a minimum breakdown voltage of 1000 V and a continuous direct current up to 3 A.

$$V_d = \sqrt{2}V_{line} = 565,685 \text{ V.} \quad (1)$$

The filter situated after the rectifier circuit is connected across the 566 V DC and ground, in order to filter out the ripple voltages produced on the DC output.

$$V_{Ripple} = \left(\frac{V_{peak}}{2fRC} \right), \quad (2)$$

where f – is the frequency between ripples = 300 Hz; R – is the output resistance; C – is the Filter capacitance

The three-phase inverter has an input of 566 V DC and consists of six MOSFETs. Similar to the diodes in the rectifier section, each MOSFET will be exposed to a maximum voltage of 566 V and current of 1 A. However, for safety purposes, the MOSFETs were chosen to handle a minimum breakdown voltage of 1000 V DC and a maximum current of 3,1 A.

The overall circuit contains three MOSFET driver circuits operating the six MOSFETs of the three inverter circuit. Each gate driver circuit operates a single phase of the three-phase power inverter legs. The main application of the gate drivers is that it converts the PWM signals produced from the Data Acquisition Block (5 V logic level signals) to a level where the MOSFETs can operate [3].

After completing the hardware and software sections, it was required to test the final product. The circuit successfully managed to control the speed of the induction motor at speed ratings that vary between 10 – 100 %, and at a frequency range of 5 to 50 Hz. The PWM program managed to provide the open loop voltage to frequency control. Moreover, the ripple voltages were reduced to a very low level of 1 %

Conclusions. The project was a very useful introduction for students at Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University to the power electronics applications. The project involved many aspects which needed scrupulous attention to detail. The circuit design managed to perform perfectly under all testing procedures, and managed successfully to drive and control the speed of the induction motor at the required ratings. Finally, the project assisted students in learning to new tools and design methodologies.

REFERENCES

1. N. Mohan, T.M. Undeland and W.P. Robbins Power Electronics: converter, applications and design, Media Enhanced third edition, 2002.
2. J. Adams Bootstrap Component Selection for Control IC's, Reference: DT98-2a, www.irf.com.
3. A. Merello, A. Rugginenti and M. Grasso Using monolithic high voltage gate drivers, Reference: DT04-4 revA, www.irf.com.

*Work written under the guidance of Dr. Sc. (Eng.), Prof., D. Rodkin

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ
АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНВЕЄРНОЇ УСТАНОВКИ ПРИ ВАРІАЦІЯХ МОМЕНТУ
НАВАНТАЖЕННЯ**

С. О. Бур'ян, к.т.н., ст. викл., Л. М. Наумчук, студ.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

Проспект Перемоги, 37, 03056, м. Київ, Україна, e-mail: sburyan@rambler.ru

Вступ. Питання підвищення енергоефективності механізмів безперервного транспорту стоїть досить жорстко на сьогоднішній день. Збільшуючи енергоефективність підприємство зможе суттєво зменшити енергетичні й економічні витрати, а також ризики передчасного зношення обладнання. Досягнути поставленої мети допоможе оптимальний регулятор напруги (ОРН), який дозволить підвищити коефіцієнт корисної дії (ККД) двигуна і зменшити втрати в системі.

Мета роботи. Розробка оптимальних законів керування, які зменшать втрати енергії в електромеханічних системах, а також дослідження енергоефективних режимів роботи магістрального конвеєра при зміні навантаження на тяговому органі.

Матеріал і результати дослідження. В роботі була застосована розрахункова схема динамічної моделі конвеєра з урахуванням пружних властивостей тягового органу [1].

В якості узагальнених змінних математичної моделі руху конвеєра прийнято координати положення чотирьох мас m_1, m_2, m_3, m_4 , їх швидкості $\dot{X}_1, \dot{X}_2, \dot{X}_3, \dot{X}_4$, переміщення X_1, X_2, X_3, X_4 , а також положення і швидкість переміщення натяжного вантажу $\delta, \dot{\delta}$.

Розроблена функціональна схема електромеханічної системи автоматичного керування магістральним конвеєром дозволяє оцінити характер зміни втрат при варіаціях параметрів руху тягового органу (рис. 1).

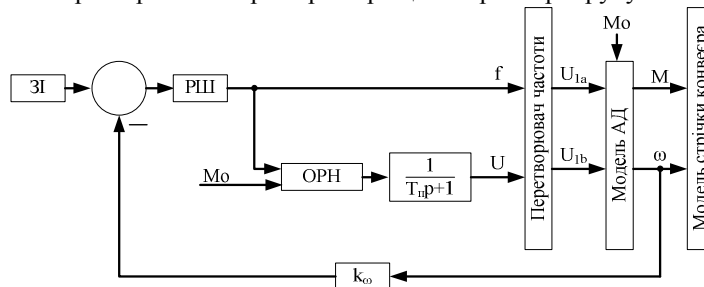


Рисунок 1 – Функціональна схема електромеханічної системи

На функціональній схемі електромеханічної системи застосовано наступні позначення: ЗІ – задатчик інтенсивності; РШ – регулятор швидкості; ОРН – оптимальний регулятор напруги.

Асинхронний двигун описується системою нелінійних диференціальних рівнянь в нерухомій системі координат статора a-b [2].

Перетворювач частоти працює за законом керування $U/f = \text{const}$.

Модел стрічки конвеєра представлена у вигляді наступної векторно-матричної форми:

$$\dot{X} = \tilde{A} \cdot X + \tilde{B}_1 \cdot U_1 + \tilde{B}_2 \cdot U_2 + \tilde{B}_3 \cdot U_3, \quad (1)$$

де \tilde{A} – матриця стану системи, являє собою блочну матрицю, що містить матриці $M^{-1}N$ та $M^{-1}C$; $\tilde{B}_1, \tilde{B}_2, \tilde{B}_3$ – блочні матриці керування; U_1 – момент, який створюється електроприводом; U_2 – масив сил опору руху зосереджених мас стрічки; U_3 – вага натяжного пристрою.

Відомо, що всі втрати, які впливають на роботу електромеханічної системи, можна виділити в три групи: P_m – втрати в міді, $P_{\text{мех}}$ – механічні втрати, $P_{\text{ст}}$ – втрати в сталі, тобто

$$P_m = P_{m.n} M_o k_f^2 / k_u^2; \quad (2)$$

$$P_{\text{мех}} = P_{\text{мех.n}} k_f (1-s) / (1-s_n); \quad (3)$$

$$P_{\text{ст}} = P_{\text{ст.n}} (a + bk_f) k_u^2 / k_f, \quad (4)$$

де M_o – коефіцієнт завантаженості; k_f – коефіцієнт регулювання частоти; k_u – коефіцієнт регулювання напруги; s_n – номінальне ковзання; a, b – коефіцієнти, що залежать від сталі та характеризують втрати на гістерезис і вихрові струми.

На основі виразів (2)–(4) проведено синтез оптимального регулятора, в основі якого лежить закон керування напругою [2]:

$$u = u_n \cdot \sqrt{\frac{f}{f_n}} \cdot M_o \cdot \sqrt{s_n + \sqrt{s_n + \frac{P_{м.н} \cdot \frac{f}{f_n}}{P_{ст.н} \cdot (a + b \cdot \frac{f}{f_n})}}}$$

Для дослідження енергоефективних режимів використано пакет програм MatLab в середовищі Simulink. Використовуючи блоки Simulink, складено структурну схему системи, яка включає модель стрічки конвеєра й електромеханічну систему.

При моделюванні системи використовувалася конвеєрна установка довжиною в 1000 м, продуктивністю 420 т/год і асинхронний двигун потужністю 160 кВт.

Було проведено дослідження конвеєрної системи (рис. 2), коли момент змінювався за довільним законом: $[0,5M_n - M_n - 0,8M_n - 1,5M_n - M_n - 1,2M_n - 0,7M_n]$.

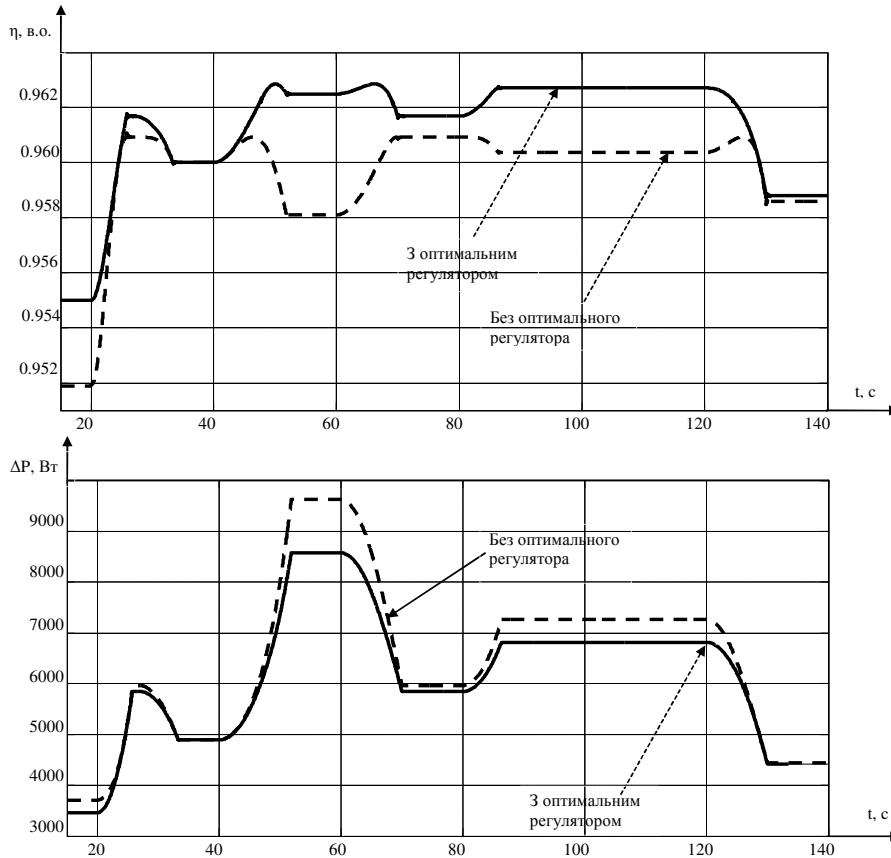


Рисунок 2 – Графіки перехідних процесів ККД сумарних втрат двигуна з ОРН та без нього

Результати моделювання наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Результати моделювання

t, c	20	27	40	60	80	120	130
Mo, Нм	0,5M _n	M _n	0,8M _n	1,5M _n	M _n	1,2M _n	0,7M _n
Приріст ККД, %	0,3	0,09	0	0,4	0,09	0,2	0,003
Зменшення втрат, %	4	2	0	18	2	7	0

Висновки. Як показали отримані результати, застосування ОРН спільно з перетворювачем частоти допоможе знизити швидкість зношення стрічки конвеєра, витрати електроенергії і суттєво підвищити ККД електромеханічної системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Черный А.П. Моделирование электромеханических систем / А.П.Черный, Д.И.Родькин, А.В.Луговой, Г.Ю. Сисюк, А.В. Садовой // Учебное пособие. – Кременчуг: 1999. – 202 с.
2. Печеник М.В. Питання підвищення енергетичної ефективності асинхронних електроприводів / М.В. Печеник, О.М. Суходоля // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 1998. – Вип. 2. – С. 29–32.

THE INFLUENCE OF PARAMETERS IRREGULARITY ON THE CHARACTERISTICS OF THE TRACTION ELECTRIC DRIVE OF THE ROLLING STOCK

Zh. Rosenko, stud., A. Artemenko Sen. Lect.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

Pershotravneva str., 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine, e-mail: scenter@kdu.edu.ua

Introduction. Recently, as a result of the new electric motors, improved conversion devices, new types of railway lines, etc., railway transport on electric traction has been rapidly developing, especial linehaul rail vehicles. Electrical equipment of industrial transport (mine and open-mine transport) remained at the level of 70–80th years of the last century. So, still remained unresolved the problem of slipping. This phenomenon has a negative impact on the railroad tracks, as well as at the electric locomotive [1–2].

The purpose of the work. The investigation of the influence of traction motor parameters irregularity on the electric drive system.

Materials and research results. Operation of electric rolling stock confirms the fact that the actual value of the motive force of each electric locomotive and their characteristics are dispersing comparative to calculated values. The heavier the traffic conditions and more loaded electric locomotive are the more increasingly visible impact of these differences or instability traction of electric locomotive becomes. That is why not every electric locomotive can properly implement the calculation of motive force and rated weight of a locomotive. Instability traction characteristics of electric rolling stock caused by two groups of causes: the first one is called the external and the second one the internal [3].

External reasons are the following: weather conditions for each ride, the current conditions of the piece of railway of electric rolling stock, qualification of a crew and their actions to control the motion of electric rolling stock.

The internal reasons are the following: the quality of manufacturing and repairing, and also technical staff of every locomotive and train; design features of the mechanics of the electric locomotive of each type; electrical equivalent circuits and the configuration of the electrical equipment. For example, the quality of the production and repair influences on the characteristics difference of the wheel-motor blocks of an electric locomotive. The design of the mechanical part of the electric locomotive defines changes in pressing forces from wheels on the rails, and, consequently, the adhesion forces. The Current system and the electrical equipment define the random variation of traction motors torque and their distribution between wheel sets. The connection scheme of traction motors, their excitation system also influence on the implementation of the traction force and on the use of the adhesion force.

Among the internal causes of instability traction characteristics of electric rolling stock, special attention deserves the irregularity of traction motors parameters. Parametric asymmetry of traction motors can occur as result of repairing operations and also as during normal operation. The main types of such asymmetry are resistance asymmetry and magnetization curves asymmetry. Researches allows to obtain static characteristics of electric drive traction system for the case of magnetic flux change by 10%, (Fig. 1), and also for the case of change the active resistance of an anchor by 10% (Fig. 2).

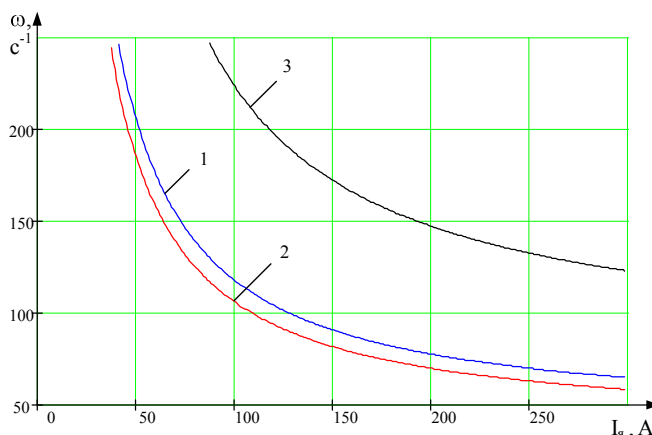


Figure 1 – Electromechanical characteristics of electric traction:

- 1 – characteristic curve of the first motor with increased by 10% value of the magnetic flux;
- 2 – characteristic curve of the second motor at a rated value of magnetic flux;
- 3 – total drive system characteristic curve

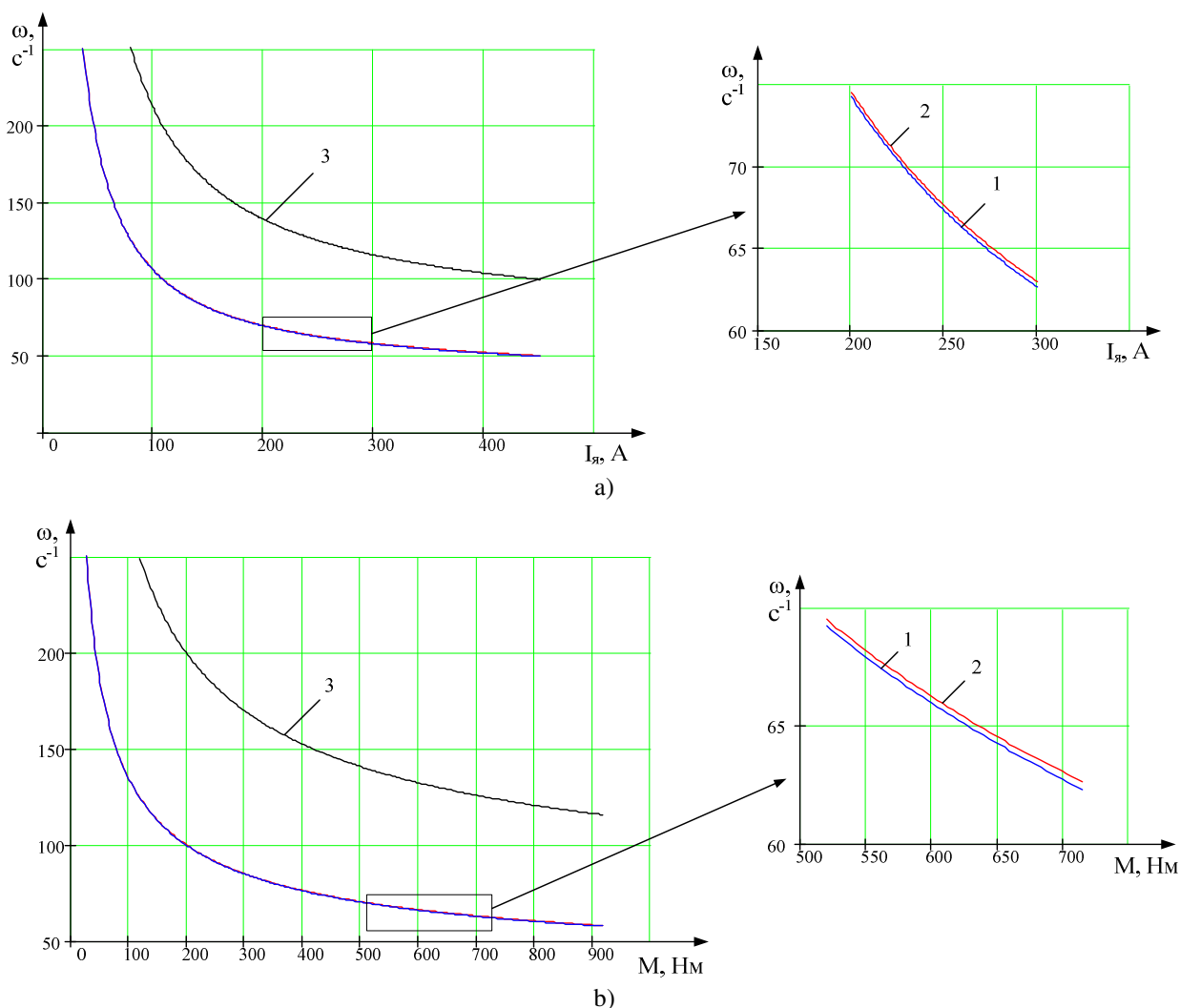


Figure 2 - Electromechanical (a) and mechanical (b) characteristics of the electric traction when changing the resistance value of the anchor:

- 1 – characteristic curve of the first motor by 10% larger resistance value anchor;
- 2 – characteristic curve of the second motor at rated armature resistance value;
- 3 – total drive system characteristics

The significant changes in the characteristics occur when the magnetic flux changes (Fig. 1) in difference to increasing the active resistance of an anchor circuit, where difference between the characteristics is not significant (Fig. 2).

Conclusion. The change of electromechanical parameters of electric motors of traction electric drives, as internal reasons of instability in traction and coupling properties of electric rolling stock, leads to a change in the characteristics of single motors as well as of the whole system of traction electric drive.

REFERENCES

1. Galkin V. G. The reliability of the traction rolling stock/ V. G. Galkin, V. P. Paramzin, V. A. Chetvergov – M.: Transport, 1981 – 94 p.
2. Osipov S. I. The foundations traction of trains/ S. I. Osipov, S. S. Osipov. – M.: UMK MPS Russia, 2000. – 592 p.
3. Isaev I. P. The theory of electric traction/I. P. Isaev, V. E. Rosenfeld, N. N. Sidorov, M. I. Ozerov. – M.: Transport, 1995. – 294 p.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ПЛАВНОГО ПУСКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ ГИДРОНАСОСА

В. П. Аксенов, соиск., инж.-констр.

Новокраматорский машиностроительный завод

А. И. Шеремет, к.т.н., доц.

Донбасская государственная машиностроительная академия

ул. Беляева, 111-50, 84300, г. Краматорск, Украина, e-mail: aksvitpav@yandex.ru

Введение. При проектировании современных машин и механизмов для металлургического производства в качестве приводного элемента чаще всего применяются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором (АД КЗ). Самый популярный, а также самый дешевый метод пуска данных двигателей – прямой пуск. Однако такой вид пуска имеет ряд недостатков: большая кратность пускового тока (5-15 Iном), а также колебательный характер пускового момента. Избежать этих негативных явлений возможно, если использовать устройство плавного пуска АД КЗ. Также оправданным является использование устройств плавного пуска (УПП), когда требуется только плавный запуск двигателя, но не требуется регулирования скорости в процессе работы механизма. К таким видам можно отнести следующие механизмы: насосы, вентиляторы, транспортеры, мельницы и т.п.

Цель работы. Создание и исследование полноценной модели устройства плавного пуска 3RW4073 фирмы SIEMENS для асинхронного двигателя центробежного гидравлического насоса. Данная тематика особенно актуальна в наше время, так как мировые лидеры по производству средств автоматики активно предлагают готовые УПП с возможностью настройки множества параметров пуска. Тем не менее, созданию подобных моделей для исследования УПП посвящено не так много работ [1-3]. В данных работах нагрузка на валу АД КЗ представлена в упрощенном виде. Новая модель призвана устранить этот недостаток путем построения модели реальных устройств при помощи пакетов SimPowerSystems и SimHydraulics из состава MATLAB Simscape.

Материал и результаты исследования. Принцип работы УПП заключается в плавном увеличении напряжения на обмотках статора при помощи пары встречно-параллельно соединенных тиристоров в каждой фазе статора АД КЗ. Угол открытия тиристоров α позволяет регулировать значение фазного напряжения от минимального значения до номинального напряжения сети. Изменение угла открытия тиристоров осуществляется

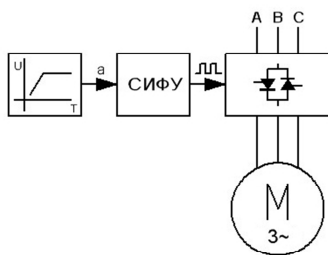


Рисунок 1 – Привод с УПП

при помощи системы импульсно-фазового управления (СИФУ). Входным сигналом для УПП является рампа разгона, которая определяется двумя параметрами: стартовое напряжение и время его нарастания до номинального напряжения сети. Далее в соответствии с этой рампой формируется линейный закон нарастания угла открытия тиристоров α . СИФУ в соответствии с этим законом формирует управляющие импульсы, имеющие фазовый сдвиг, соответствующий углу открытия тиристора α . Сигналы поступают на каждую из пар тиристоров и включают их поочередно для каждой полуволны питающего напряжения сети соответственно. Таким образом, получается организовать плавное нарастание напряжения в фазах АД КЗ. Функциональная схема УПП показана на рис. 1. Для модели-

рования были использованы данные реального насоса REXROTH A10VSO (рабочий объем $6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{рад}$, объемный КПД 92%, полный КПД 80%, номинальное давление 120 МПа, номинальная скорость 157 рад/с, рабочая жидкость – масло ISO VG32, температура масла 45°C). Двигателем этого насоса был выбран АД КЗ фирмы SIEMENS 1LG4288-4A (110 кВт, 400 В, 50 Гц, 1487 об/мин). Ниже представлена Simscape-модель привода с УПП и исполнительным механизмом в виде гидронасоса (рис. 2).

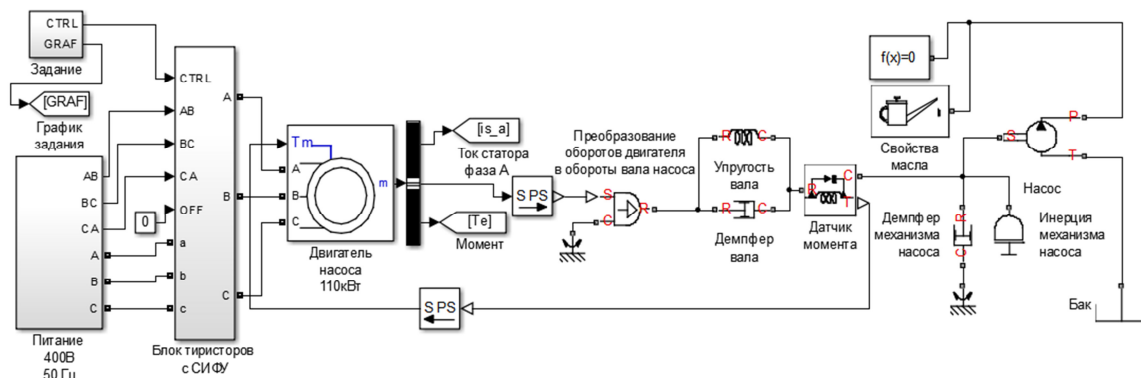


Рисунок 2 –Simscape-модель привода с УПП двигателя гидронасоса

Таким образом, изменяя стартовое напряжение от 100% (прямой пуск) до 20% от номинального напряже-

ния сети и время его нарастания от 0 до 20 сек, получим значения бросков тока и момента при пуске АД КЗ.

По полученным данным построим графики зависимостей $I=f(U,T)$ и $M=f(U,T)$. Данные графики представлены на рис. 3, 4.

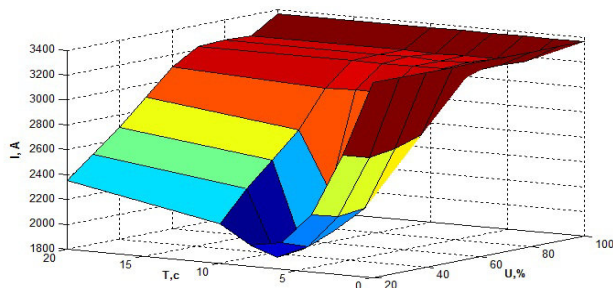


Рисунок 3 – График зависимости $I=f(U,T)$

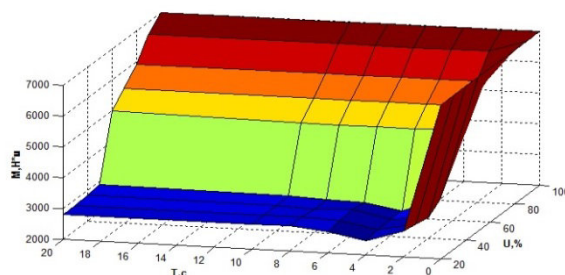


Рисунок 4 – График зависимости $M=f(U,T)$

Из графиков видно, что настройки УПП, при которых броски тока и момента минимальны: $U=40\%$, $T=5$ с. Графики переходных процессов при прямом пуске АД (1) и при оптимизированной настройке УПП (2) показаны на рис. 5-7.

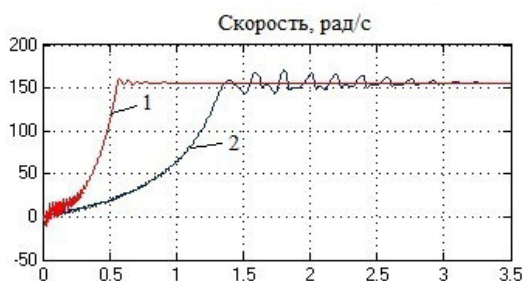


Рисунок 5 - Графики скорости АД КЗ при прямом пуске (1) и с УПП

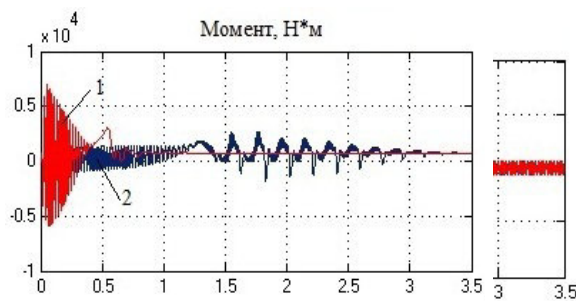


Рисунок 7 - Графики момента АД КЗ при прямом пуске (1) и с УПП (2) статора ТПП (2)

Выводы. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что разработанная модель УПП при помощи пакетов SimPowerSystems и SimHydraulics MATLAB является работоспособной и может использоваться для определения оптимальных настроек реальных УПП. Данная информация представляет практический интерес на этапе проектирования нового оборудования, так как позволяет определить броски токов при пуске и выбрать оптимальную по цене и функциональным возможностям защитную аппаратуру (автоматические выключатели, плавкие предохранители, разрядники), а также выбрать оптимальное сечение питающих шин подстанции и кабелей трасс подвода питания к двигателю с УПП. Данные о бросках момента, могут быть полезны для инженеров занимающихся проектированием механической и гидравлической частей машины. Также возможность определить оптимальные параметры настройки УПП на математической модели очень полезна и на этапе выполнения пуско-наладочных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинов А.П. Исследование эффективности формирования пусковых режимов асинхронного двигателя // Електротехнічні і енергозберігаючі системи: Сб. Кременчуг. гос. политех. ун-та ім. М. Остроградського. – Кременчуг, 2007. – № 2(2). – С. 15–21.
2. Стефановская Н.Л. Исследование процессов при пуске асинхронного электропривода и обоснование параметров автоматизированного электропривода с функцией Soft Start // Студ. Науч.-техн. журнал Донецкого НТУ. – Донецк, 2006. – №9. – С. 96–109.
3. Назаренко В.Н. Моделирование устройств плавного пуска асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором в среде MATLAB/SIMULINK // Збірник наукових праць СНУЯЕтаП. – Севастополь, 2011. – С. 207–217.

СПОСІБ КЕРУВАННЯ МОДУЛЬНИМ БАГАТОРІВНЕВИМ ІНВЕРТОРОМ ПРИ РОБОТІ З НИЗЬКОЮ ВИХІДНОЮ ЧАСТОТОЮ

І. А. Козакевич, ас., І. Ю. Лисютенко, студ.

ДВНЗ «Криворізький національний університет»

вул. XXII Партз'їзду, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна, e-mail: aepigor@gmail.com

Вступ. Проблема створення простих та надійних топологій схем перетворювачів частоти для двигунів з номінальною напругою 6-10 кВ є актуальною для промисловості України, особливо з точки зору енергозбереження. При цьому найбільш перспективним шляхом є використання багаторівневих інверторів, що дозволяє знизити знос ізоляції двигуна. Найбільш гострою проблемою є вибір правильної топології схеми багаторівневого інвертора, яка повинна забезпечити використання мінімальної кількості силових ключів та реактивних елементів на один рівень інвертора.

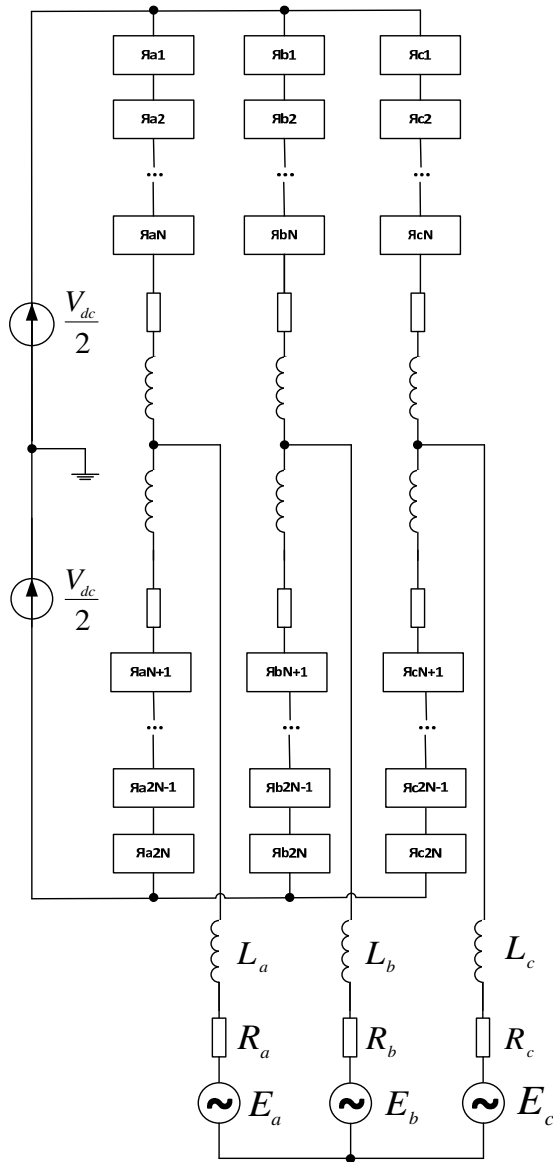


Рисунок 1 – Загальна схема модульного багаторівневого інвертора

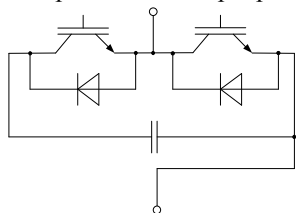


Рисунок 2 – Варіант реалізації однієї комірки перетворювача

інвертора, яка повинна забезпечити використання мінімальної кількості силових ключів та реактивних елементів на один рівень інвертора.

Мета роботи. Синтезувати спосіб керування модульним багаторівневим інвертором, що дозволяє працювати у широкому діапазоні вихідних частот з можливістю балансувати часткові напруги ланки постійного струму.

Матеріал і результати дослідження. Найбільше розповсюдження отримали схеми багаторівневих інверторів з фіксуючими діодами, «плаваючими» конденсаторами, а також схеми, що побудовані з використанням послідовно з'єднаних Н-мостів. Ці схеми мають недоліки, що пов'язані з необхідністю застосування коштовного багатообмоточного трансформатора, складних алгоритмів вирівнювання часткових напруг, а також істотне збільшення кількості ключів при підвищенні кількості рівнів на одиницю. Окрім того, реалізація цих схем неможлива при використанні однотипних комірок з ідентичними характеристиками, що суттєво ускладнює експлуатацію перетворювача, а також робить неможливим резервування комірок на випадок виходу з ладу. Тому найбільш привабливими з цієї точки зору є схеми багаторівневих інверторів, побудованих по модульному принципу. У роботі розглянуто перетворювач, схема включення комірок якого представлено на рис. 1, а на рис. 2 – один з варіантів схеми однієї комірки. Усі комірки є однотипними, як в плані схеми з'єднань, так і в плані їх параметрів.

Перетворювачі за такою схемою вже досить успішно використовуються у системах передачі електричної енергії, але їх використання у складі електричного приводу істотно ускладнене, оскільки основною проблемою такого багаторівневого інвертора є використання ємнісного подільника для отримання часткових напруг ланки постійного струму. При цьому в процесі роботи перетворювача відбувається зміна величини цих напруг, а амплітуда цих змін збільшується зі зменшенням частоти вихідної напруги інвертора. Це суттєво скорочує діапазон регулювання приводу, тому проблема вимагає рішення, причому більш раціональним є використання спеціальних алгоритмів керування ключами інвертора без необхідності встановлення додаткових ланцюгів вирівнювання напруги.

На рис. 3 представлено схему заміщення інвертора. Виходячи з прийнятих на ній позначень, рівняння для струмів верхнього та нижнього плеча фази А інвертора можна записати так:

$$\begin{aligned} i_A &= i_{A\phi} - i_{Aн}; i_{A\phi} = i_{номА} + 0.5i_A; \\ i_{Aн} &= i_{номА} - 0.5i_A. \end{aligned} \quad (1)$$

Потужність, що споживається від конденсаторів верхнього плеча інвертора:

$$P_{\text{BC}} = \int 0,5U_{\text{nocm}} \cdot i_A dt = \int 0,5U_{\text{nocm}} \cdot I_{\text{Amaz}} \cos(\omega t) dt = \frac{0,5U_{\text{nocm}} I_{\text{Amaz}}}{\omega} \sin(\omega t) \quad (2)$$

Потужності верхнього та нижнього плеча інвертора можна записати так:

$$p_{\text{B}} = u_{A\text{B}} i_{A\text{B}} = \left(\frac{U_{\text{nocm}}}{2} - u_A - u_{N0} \right) \left(\frac{i_{\text{nocm}}}{3} - \frac{i_A}{2} + i_{N0} \right) = p_n - p_p; \quad (3)$$

$$p_{\text{H}} = u_{A\text{H}} i_{A\text{H}} = \left(\frac{U_{\text{nocm}}}{2} + u_A + u_{N0} \right) \left(\frac{i_{\text{nocm}}}{3} + \frac{i_A}{2} + i_{N0} \right) = p_n + p_p, \quad (4)$$

де $p_n = \frac{U_{\text{nocm}} i_{\text{nocm}}}{6} + \frac{u_A i_A}{2} + \frac{U_{\text{nocm}} i_{N0}}{2} + \frac{u_{N0} i_A}{2}$, $p_p = \frac{i_A U_{\text{nocm}}}{4} + \frac{u_A i_{\text{nocm}}}{3} + u_A i_{N0} + \frac{u_{N0} i_{\text{nocm}}}{3} + u_{N0} i_{N0}$,

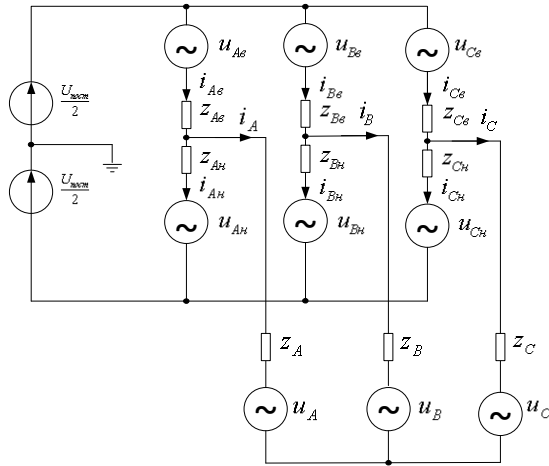


Рис. 3. Схема заміщення модульного багаторівневого інвертора

чів інвертора, напруга на конденсаторах може коливатися навіть при роботі на частоті 50 Гц. Застосування алгоритму вибору комбінації включення в залежності від напруги на конденсаторах дозволяє суттєво знизити амплітуду коливань, але при переході інвертора на роботу з низькою частотою вихідної напруги амплітуда цих коливань суттєво зростає, що помітно знижує якість вихідної напруги та струму перетворювача, а у випадку переходу на нульову частоту відбувається безповоротне перетікання заряду з конденсаторів однієї частини плеча в конденсатори іншої частини плеча, що робить функціонування інвертора в такому режимі неможливим.

В якості вирішення проблеми модульного багаторівневого інвертора, що пов'язана з роботою на низькій та нульовій частотах, пропонується введення додаткового сигналу в сигнали керування інвертором. Таке рішення є раціональним через те, що воно не вимагає жодних змін в апаратній частині інвертора. В якості такого сигналу пропонується використання синусоїдально модульованого сигналу нульової послідовності. Перевагою такого рішення є відсутність впливу на вихідну напругу перетворювача.

Висновки. Таким чином, застосування запропонованого способу дозволяє використовувати модульний багаторівневий інвертор у широкому діапазоні зміни вихідної частоти без суттєвого відхилення напруги комірків від їх номінального значення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bin Wu High-power converters and AC drives / Bin Wu. – IEEE Press, 2006. –333 p.
2. Осадчук Ю.Г., Козакевич І.А., Кулик О.М. Аналіз можливостей підтримання балансу часткових напруг в ланці постійного струму багаторівневого інвертора з фіксуєчими діодами // Вісник Криворізького національного університету, Вип. 30, 2012.
3. Осадчук Ю.Г., Козакевич І.А., Сінчук І.О. Алгоритм компенсації ефекту «мертвого часу» в трьохрівневих інверторах напруги // Електромеханічні і енергозберігаючі системи, Вип. 1, 2010.
4. Spichartz M., Staudt V., Steimel A. Analysis of the module-voltage fluctuations of the modular multilevel converter at variable speed drive applications // 13th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM), 2012.
5. Hagiwara M., Nishimura K., Akagi H. A medium-voltage motor drive with a modular multilevel PWM inverter // IEEE Transactions on power electronics, Vol. 25, № 7, 2010.
6. Kolb J., Kammerer F., Braun M. Straight forward vector control of the modular multilevel converter for feeding three-phase machines over their complete frequency range // IECON 2011 – 37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, 2011.

СТРУКТУРА ЭНЕРГОНАБЛЮДАТЕЛЯ В СОСТАВЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

*Т. В. Коренькова, к.т.н., доц., А. М.Кравец, асс., А. А. Сердюк, асс., М. Б. Бойко, магистр., А. Ю. Мокрий
Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: viktoria_kovalc@mail.ru*

Введение. Насосные агрегаты (НА) и технологические комплексы на их базе представляют собой сложную систему взаимодействующего электромеханического и гидравлического оборудования с определенными свойствами и характеристиками технологического механизма, гидротранспортной сети, запорно-регулирующей арматуры. В процессе функционирования в силовом канале электрогидравлического комплекса (ЭГК) возникают разнообразные энергетические режимы, которые количественно характеризуются набором электрических (напряжением, током), энергетических (мощностью, потерями мощности, КПД) и механических параметров (частотой вращения и моментом), а также технологическими показателями (производительностью, давлением). Параметром, характеризующим любой режим ЭГК, является мощность. Энергетические переменные (электрическая мощность, механическая, гидравлическая и т.д.) дают конкретную характеристику протекающего процесса преобразования энергии и позволяют выполнить оценку эффективности силового канала ЭГК. Вопрос анализа энергорежимов ЭГК еще более усложняется при: одновременной работе нескольких последовательно или параллельно включенных НА; регулировании выходных технологических параметров ЭГК в соответствии с графиком работы потребителя; наличии накопителей энергии различного рода (приемных резервуаров, аккумулирующих емкостей, наклонных участков трубопровода); сложном характере изменения гидродинамических процессов во времени (турбулентные и кавитационные явления, гидроудары, противоток и утечки жидкости) и т.п. С учетом сказанного заслуживают внимания вопросы формирования сигналов мгновенных мощностей на каждом элементе энергопреобразования ЭГК, их гармонического анализа и получения показателей энергоэффективности гидротранспортной системы в различных режимах работы.

Цель работы. Обоснование структуры энергонаблюдателя в составе контрольно-измерительного блока физической модели электрогидравлического комплекса.

Материал и результаты исследований. Анализ энергетических процессов в ЭГК выполнен на базе лабораторной физической модели, включающей: два центробежных насоса, оснащенных регулируемым электроприводом (ЭП); систему разветвленного трубопровода, содержащую горизонтальные и вертикальные участки с установленной запорно-регулирующей и защитной арматурой, приемные резервуары, кавитационные трубки Вентури разного поперечного сечения; регулируемый дисковый затвор; устройства для регулирования частоты вращения электродвигателей насосов и дискового затвора на базе преобразователей частоты. Функциональная схема, технические показатели насосных агрегатов, трубопроводной системы, преобразователей частоты приведены в [1].

На рис. 1 приведена функциональная схема контрольно-измерительного блока (КИЗБ), в состав которого входят: четыре датчика тока $ДТ_1 - ДТ_4$, шесть датчиков напряжения $ДН_1 - ДН_6$, работающих на эффекте Холла; датчики давления $ДД_1 - ДД_3$ фирм ОВЕН и JUMO; датчики расхода $ДР_1, ДР_4$ (в лабораторном комплексе использован двухканальный ультразвуковой счетчик Эргомера 125); датчик скорости ДС (тахогенератор, установленный на одном валу с двигателем). Связь датчиков, осуществляющих измерение технологических и механических параметров ЭГК с персональным компьютером (ЭВМ), выполнена посредством аналого-цифрового преобразователя (АЦП) фирмы LCard E440-14.

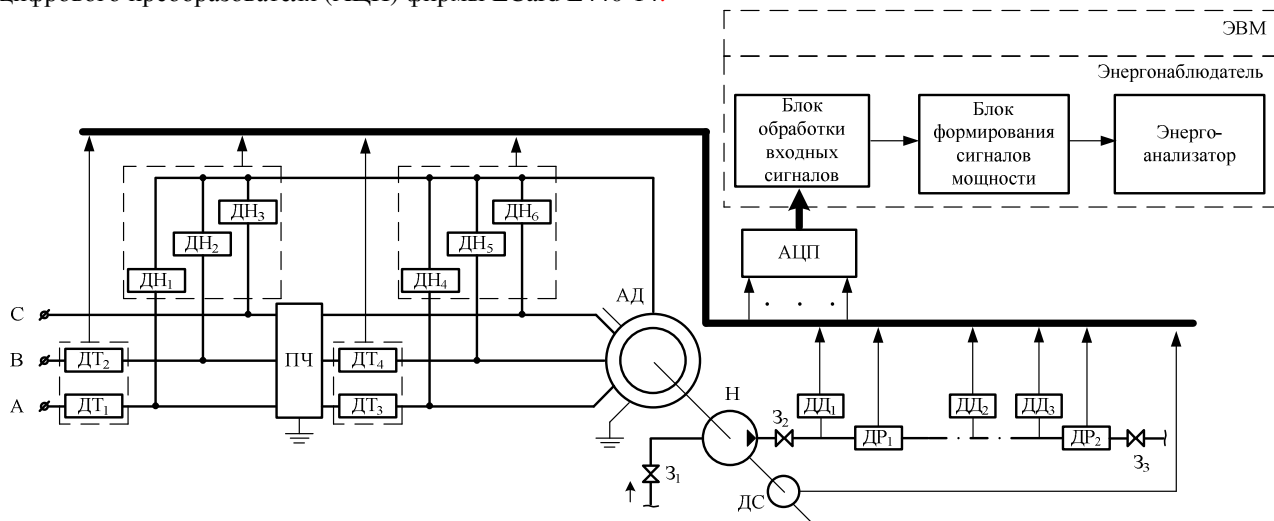


Рисунок 1 – Функциональная схема контрольно-измерительного блока экспериментальной установки

Для формирования и частотного анализа сигналов мгновенной мощности (электрической, гидравлической) в структуре КИЗБ предусмотрен энергонаблюдатель – программный модуль, включающий: блок обработки входных сигналов, поступающих непосредственно с датчиков; блок формирования мгновенной мощности, получаемой произведением исходных сигналов; энергоанализатор, позволяющий представить кривые мгновенных значений токов и напряжений (напоров и расходов) обобщенным рядом Фурье, а также аппроксимировать сигналы мгновенной мощности в виде суммы гармонических составляющих.

Работу энергонаблюдателя демонстрирует окно лицевой панели программного модуля (рис. 2), где приведены кривые изменения мгновенных сигналов тока, напряжения и мощности в трехфазной системе, а также электромагнитной мощности, подводимой к статору электрического двигателя, определяемой в виде суммы мощностей отдельных фаз питающего напряжения. Для исследования энергетических режимов в ЭГК использован метод мгновенной мощности [2, 3], базирующийся на представлении сигнала мощности и ее составляющих в базисе гармонических функций, которые однозначно соответствуют происходящим в системе процессам. Частотную характеристику полученных кривых отражают спектры (амплитудные, фазовые) для различных компонент (косинусных или синусных) рассматриваемых сигналов (рис. 2).

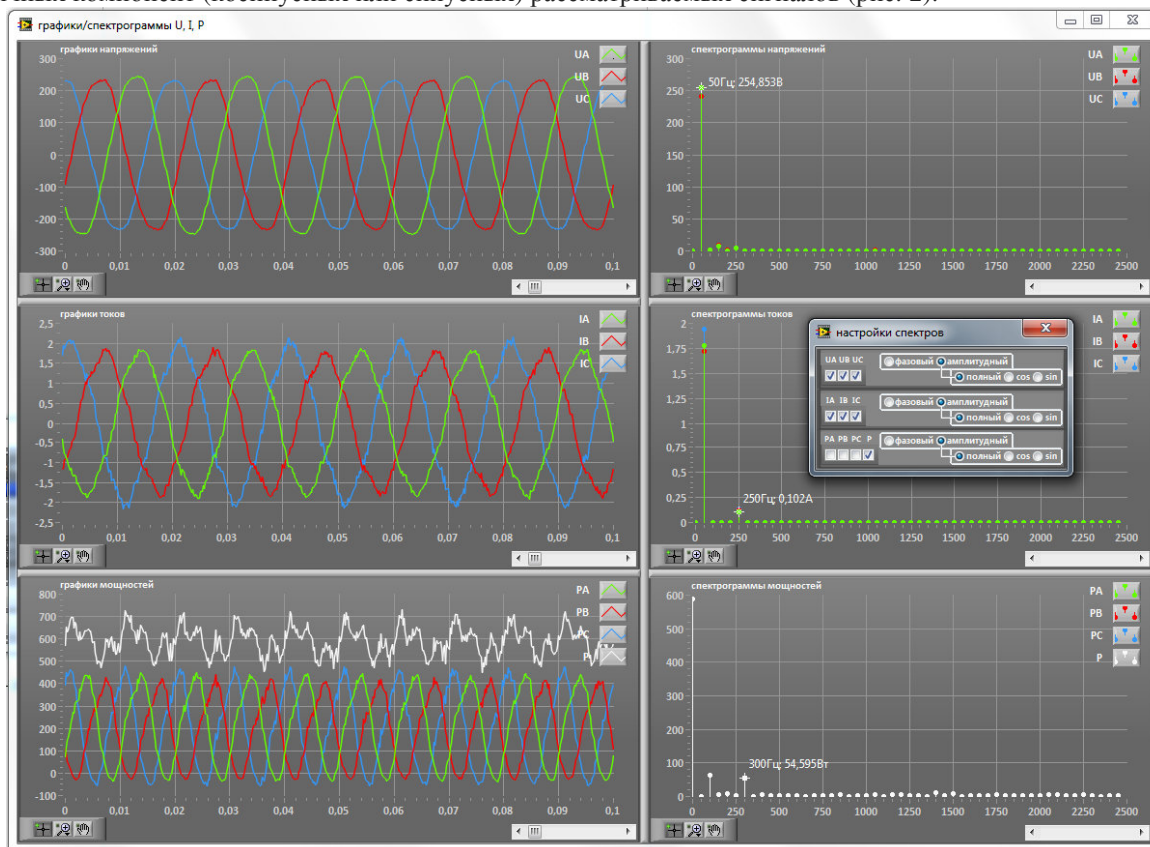


Рисунок 2 – Лицевая панель программного модуля «Энергонаблюдатель»

Выводы. Разработанный программный модуль «Энергонаблюдатель» предоставляет возможность анализа процессов энергопреобразования для цепей переменного тока как в статических, так и переходных режимах, с периодическими сигналами различной физической природы (электрических, механических, гидравлических и т.п.), где в качестве математического аппарата использован метод аппроксимации исходных компонент энергетического режима в форме тригонометрических рядов. В виду того, что мгновенная мощность является функцией, однозначно описывающей энергетические режимы в электрогидравлическом комплексе, путем математического анализа имеется возможность получить такие энергетические характеристики (среднеквадратичное значение, гармонический состав и т.п.), которые наиболее полно отражают происходящие в системе процессы энергопреобразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на корисну модель № 58707, Україна, F04D 27/00. Тренажер гідротранспортної установки / Коренькова Т.В., Сердюк О.О., Родькін Д.Й., Шоколов В.М. – № 58707; зареєстровано 26.04.2011.
2. Родькин Д. И. Составляющие мгновенной мощности полигармонических сигналов – М.: Электротехника, 2003. – №3. – С. 39–44.
3. Загирняк М. В. Оценка процессов энергопреобразования с использованием составляющих мгновенной мощности / Загирняк М. В., Родькин Д. И., Коренькова Т. В. // Електромеханічні та енергозберігаючі системи. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 4/2012(20). – С. 152–167.

КОМПЕНСАЦІЯ ВПЛИВУ НЕСИМЕТРІЇ ОБМОТОК АСИНХРОННОГО ДВИГУНА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ВЕКТОРНИМ КЕРУВАННЯМ

А. П. Калінов, к.т.н., доц., В. О. Мельников, ас.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: scenter@kdu.edu.ua

Вступ. Характерною ознакою сучасного етапу розвитку промисловості є значне розширення областей застосування частотно-керованих асинхронних електроприводів (ЕП), причому, незважаючи на простоту та ефективність скалярних систем керування, в більшості випадків перевагу надають системам векторного керування (СВК) [1]. Це зумовлюється тим, що асинхронні ЕП з векторним керуванням можуть застосовуватися практично скрізь: у загальнопромислових механізмах, що вимагають регулювання швидкості без безпосереднього її вимірювання в діапазонах до 1:100; у прецизійних приводах з глибоким регулюванням з діапазоном близько 1:10000; у системах, до яких висуваються підвищені вимоги до динамічних і статичних показників якості керування та широкого діапазону потужностей двигунів – від десятків ват до декількох мегават.

Однак у результаті довготривалої експлуатації асинхронних двигунів (АД) виникають різного роду пошкодження обмоток статора, обмоток ротора та механічні пошкодження, що може призвести до зміни параметрів АД за фазами, тобто обмотка статора стає електрично та магнітно несиметричною. Як показують дослідження несиметричних режимів роботи СВК [2], наявність несиметрії параметрів обмоток АД призводить до значних втрат якості керування, зниження показників енергетичної ефективності процесу електромеханічного перетворення енергії, характеризується збільшенням втрат у двигуні та появою змінної складової електромагнітного моменту.

Мета роботи. Розробка підходів компенсації впливу несиметрії обмоток статора асинхронного двигуна на динамічні та енергетичні характеристики систем електропривода з векторним керуванням.

Матеріал і результати дослідження. У СВК, при орієнтації змінних за вектором потокозчеплення ротора, електромагнітний момент АД визначається добутком векторів струму статора та потокозчеплення ротора. При розгляді математичної моделі АД в трифазній системі координат рівняння електромагнітного моменту, що визначається зазначеними векторами, містить електричний кут між осями відповідних обмоток статора та ротора [3], який є періодичним коефіцієнтом. Введення припущень, які б дозволили позбавитися періодичних коефіцієнтів, буде неправомірним, оскільки необхідно аналізувати період даних сигналів. Тому, для обґрунтування принципової можливості корекції енергетичних показників асинхронних двигунів з несиметричними обмотками статора, розглянемо процес формування електромагнітного моменту АД відносно струму та потокозчеплення статора, який визначається згідно з виразом [4]:

$$M = (p/\sqrt{3})[(\psi_C - \psi_B)i_A + (\psi_A - \psi_C)i_B + (\psi_B - \psi_A)i_C], \quad (1)$$

де i_A, i_B, i_C – фазні струми статора АД; ψ_A, ψ_B, ψ_C – потокозчеплення фаз статора; p – кількість пар полюсів.

Розглянемо спрощене зображення системи трифазних несиметричних обмоток АД, при якому були зроблені наступні припущення: фазні обмотки отримують живлення від автономних джерел напруги u_A, u_B, u_C довільної величини і форми, а тому миттєві значення фазних струмів i_A, i_B, i_C лінійно незалежні; струми мають лише амплітудну (виткову) несиметрію, а фазна (просторова) несиметрія відсутня.

Якщо струм асинхронного двигуна зобразити векторами (i_A, i_B, i_C), то їх проекції на осі ортогональної системи координат будуть рівними:

$$i_\alpha = i_{\max} \cos(\varphi_i); \quad i_\beta = i_{\max} \sin(\varphi_i), \quad (2)$$

де i_{\max} – максимальні значення амплітуд фазних струмів (для трьох фаз відповідно – $i_{A\max}, i_{B\max}, i_{C\max}$); φ_i – кути векторів струму фаз (для трьох фаз двигуна беруться – $\varphi_{iA} = 0^\circ, \varphi_{iB} = 120^\circ, \varphi_{iC} = 240^\circ$).

Відповідно проекції векторів потокозчеплення на осі ортогональної системи координат будуть визначатися:

$$\Psi_\alpha = \Psi_{\max} \cos(\varphi_\Psi); \quad \Psi_\beta = \Psi_{\max} \sin(\varphi_\Psi), \quad (3)$$

де Ψ_{\max} – максимальні значення амплітуд фазних потокозчеплень (для трьох фаз АД – $\Psi_{A\max}, \Psi_{B\max}, \Psi_{C\max}$).

Одна із задач векторного керування полягає в тому, щоб підтримувалась ортогональність векторів фазних струмів і потокозчеплень [5]. Тоді кути між векторами потокозчеплень і векторами струму будуть рівними: $\varphi_{\Psi_A} = 90^\circ, \varphi_{\Psi_B} = (120^\circ + 90^\circ), \varphi_{\Psi_C} = (240^\circ + 90^\circ)$.

На основі автоматизованого алгоритму дискретної згортки двох рядів [6], в якому ортогональні складові струму та потокозчеплення задаються першими гармоніками (відповідно до 2 та 3), визначаються гармонічні складові електромагнітного моменту АД:

$$\begin{cases} M_{\alpha\alpha} = \left(\sum_{k=0}^{K-1} \text{if} (k-m \geq 0, i_{A\alpha_m} \Psi_{CB\alpha_{k-m}}, i_{A\alpha_m} \Psi_{CB\alpha_{m-k}}) \right) + \left(\sum_{k=0}^{K-1} \text{if} (k-m \geq 0, i_{A\beta_m} \Psi_{CB\beta_{k-m}}, -i_{A\beta_m} \Psi_{CB\beta_{m-k}}) \right); \\ M_{\alpha\beta} = \left(\sum_{k=0}^{K-1} \text{if} (k-m \geq 0, i_{A\beta_m} \Psi_{CB\alpha_{k-m}}, i_{A\beta_m} \Psi_{CB\alpha_{m-k}}) \right) + \left(\sum_{k=0}^{K-1} \text{if} (k-m \geq 0, i_{A\alpha_m} \Psi_{CB\beta_{k-m}}, -i_{A\alpha_m} \Psi_{CB\beta_{m-k}}) \right); \end{cases} \quad (4)$$

де K – кількість гармонік потокозчеплення і струму; m, k – номери гармонік потокозчеплення і струму.

Наведений вище алгоритм шляхом зміни вхідних векторів ортогональних складових струмів і потокозчеплень дозволяє визначити складові електромагнітного моменту АД. Підсумовуючи відповідні отримані гармонічні складові електромагнітного моменту за фазами, розраховуються ортогональні складові моменту АД.

Використовуючи представлений алгоритм, гармонічний склад електромагнітного моменту двигуна для випадку повної симетрії струму та потокозчеплення АД визначається наступним чином:

$$\begin{cases} M_{\alpha_0} = \frac{3}{2} i_{\max} 3^{\frac{1}{2}} \Psi_{\max}; \\ M_{\alpha_2} = 0; M_{\beta_2} = 0, \end{cases} \quad (5)$$

де M_{α_0} – постійна складова електромагнітного моменту двигуна; $M_{\alpha_2}, M_{\beta_2}$ – ортогональні складові другої гармоніки електромагнітного моменту двигуна.

Таким чином, у симетричному АД гармонічний склад електромагнітного моменту містить лише постійну складову.

Для дослідження несиметричних режимів роботи необхідно сформувані несиметричні струми двигуна, що може бути забезпечене за допомогою коефіцієнта несиметрії ε_i , який визначається відношенням активного опору пошкодженої обмотки до активного опору непошкодженої обмотки. Згідно з чим, амплітудне значення струму несиметричної фази буде визначатися як $i_{C\max} = \varepsilon_i i_{\max}$.

Гармонічний склад електромагнітного моменту за наявності несиметрії фазних струмів і симетрії потокозчеплень двигуна буде визначатися наступним чином:

$$\begin{cases} M_{\alpha_0} = i_{\max} 3^{\frac{1}{2}} \Psi_{\max} + \frac{1}{2} \varepsilon_i i_{\max} \Psi_{\max} 3^{\frac{1}{2}}; \\ M_{\alpha_2} = \frac{1}{4} i_{\max} 3^{\frac{1}{2}} \Psi_{\max} - \frac{1}{4} \varepsilon_i i_{\max} \Psi_{\max} 3^{\frac{1}{2}}; M_{\beta_2} = -\frac{3}{4} i_{\max} \Psi_{\max} + \frac{3}{4} \varepsilon_i i_{\max} \Psi_{\max}. \end{cases} \quad (6)$$

Таким чином, у несиметричному навантаженні виникають коливання електромагнітного моменту, про що свідчить наявність 2-ї гармоніки в гармонічному складі моменту.

Для можливості створення несиметрії потокозчеплень двигуна використовується коефіцієнт несиметрії ε_{ψ} , який дорівнює відношенню амплітудного значення потоку в пошкодженій фазі до амплітудного значення в непошкодженій фазі. Тоді амплітудне значення потокозчеплення несиметричної фази буде визначатися як $\Psi_{C\max} = \varepsilon_{\psi} \Psi_{\max}$.

Гармонічний склад електромагнітного моменту за наявності несиметрії фазних струмів і несиметрії потокозчеплень двигуна буде визначатися наступним чином:

$$\begin{cases} M_{\alpha_0} = \frac{1}{2} \varepsilon_{\psi} i_{\max} \Psi_{\max} 3^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{2} i_{\max} 3^{\frac{1}{2}} \Psi_{\max} + \frac{1}{2} \varepsilon_i i_{\max} \Psi_{\max} 3^{\frac{1}{2}}; \\ M_{\alpha_2} = \frac{1}{4} i_{\max} \varepsilon_{\psi} \Psi_{\max} 3^{\frac{1}{2}} - \frac{1}{4} \varepsilon_i i_{\max} \Psi_{\max} 3^{\frac{1}{2}}; M_{\beta_2} = -\frac{3}{4} i_{\max} \varepsilon_{\psi} \Psi_{\max} + \frac{3}{4} \varepsilon_i i_{\max} \Psi_{\max}. \end{cases} \quad (7)$$

Отримані результати показують, що за умови рівності коефіцієнтів несиметрії за струмом і потокозчепленням ($\varepsilon_i = \varepsilon_{\psi}$), друга гармоніка електромагнітного моменту АД буде дорівнювати нулю. Таким чином, при зменшенні потокозчеплення в несиметричній фазі двигуна відбувається компенсація змінної складової електромагнітного моменту.

Подані розрахунки підтверджують можливість компенсації впливу несиметрії параметрів за фазами на динамічні та енергетичні характеристики АД за рахунок корекції потокозчеплення несиметричної фази.

Висновки. За аналізом ортогональних складових гармонік електромагнітного моменту асинхронного двигуна у системі векторного керування при несиметрії струмів доведено можливість їх компенсації шляхом корекції потокозчеплення у відповідній фазі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Панкратов В. В. Энергооптимальное векторное управление асинхронными электроприводами: учебное пособие / В. В. Панкратов, Е. А. Зима. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. – 120 с.
2. Zagirnyak M. Sensorless vector control systems with the correction of stator windings asymmetry in induction motor / M. Zagirnyak, A. Kalinov, V. Melnykov // Przegląd elektrotechniczny, 2013. – R. 89 NR 12/2013. – PP. 340–343.
3. Шевченко І. С. Електромеханічні процеси в асинхронному електроприводі: навчальний посібник / І. С. Шевченко, Д. І. Морозов. – Алчевськ: Донату, 2009. – 349 с.
4. Справочник по автоматизированному електроприводу: под ред. В. А. Елисеєва и А. В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
5. Пивняк Г. Г. Современные частотно-регулируемые асинхронные электроприводы с широтно-импульсной модуляцией / Г. Г. Пивняк, А. В. Волков. – Днепропетровск : НГУ, 2006. – 470 с.
6. Zagirnyak M. V. An algorithm for electric circuits calculation based on instantaneous power component balance / M. V. Zagirnyak, A. P. Kalinov, M. S. Maliakova // Przegląd elektrotechniczny (Electrical Review), 2011. – R. 87 NR 12b/2011. – PP. 212–215.

МЕТОД КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ РЕЖИМОМ ТРЬОХФАЗНОЇ ДУГОВОЇ ПЕЧІ

Д. А. Шокар'ов, ст. викл., А. С. Гула, студ.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Україна, 39600, e-mail: ali3201@yandex.ru

Вступ. Дугові електросталеплавильні печі є великими споживачами електроенергії, що вимагають особливої уваги до керування їх електричним режимом. Найбільшу потужність вони споживають у період плавлення шихти, який за часом триває від 1/3 до 2/3 часу плавки. В даному процесі змінюється опір шихти R_x й інші параметри силового кола, що призводить до збільшення коливання силового струму електричної дуги. Це спричиняє збільшення часу плавки і зниження енергоефективності печі. Завдання керування електричним режимом полягає в компенсації цих збурень, що в основному досягається за рахунок переміщення електродів, а в разі неможливості цього – перемиканням ступенів напруги пічного трансформатора. Механізм переміщення електродів має виняткове значення для керування електричним режимом печі, так як його робота визначає якість автоматичного регулювання режиму плавки, яке, в свою чергу, впливає на продуктивність печі та питомі втрати електроенергії. Ефективним напрямом вирішення цієї проблеми є розробка методу керування електричним режимом з позиції енергоспоживання, що, в свою чергу, дозволить скоротити електричні втрати.

Мета роботи. Підвищення якості керування електричним режимом трьохфазної дугової печі, зниження чутливості до мінливих параметрів процесу плавлення і, як наслідок, підвищення стабільності режимів роботи, зменшення рівня пульсацій силового струму шляхом застосування розробленого пристрою керування з контролем електричних параметрів під час плавлення.

Матеріал і результати дослідження. Електричний режим дугової печі регулюють за рахунок перемикання ступенів напруги пічного трансформатора та/або зміни технологічних параметрів за допомогою переміщення електродів. При цьому в період між перепусками електрода підтримують заданий струм електрода шляхом переміщення його в заданій зоні, контролюючи струм електрода, положення електродотримача або вплив на пічний трансформатор. Контролюють електричний режим роботи печі, змінюючи параметри трансформатора, або після вироблення певної кількості електроенергії коригують величину перепуску по сигналу корекції з контуру. Переміщення електродів здійснюють безперервно за рахунок виконання контуру управління переміщенням електродів. На рис. 1 представлена структурна схема керування електричним режимом дугової сталеплавильної печі.

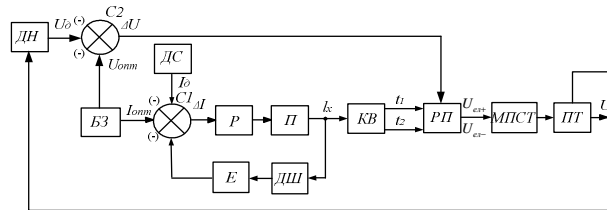


Рисунок 1 – Структурна схема керування електричним режимом дугової сталеплавильної печі

Тут БЗ – блок завдання; С1, С2 – суматори; ДС – датчик струму; Р – регулятор; П – привід переміщення електродів; ДШ – датчик швидкості; Е – електроди; КВ – кінцеві вимикачі на електродах; РП – реверсивний перетворювач; МПСТ – механізм переключення ступенів трансформатора; ПТ – пічний трансформатор; ДН – датчик напруги; I_{opt} – оптимальний струм при плавленні; I_d – дійсне значення струму; ΔI – сигнал неузгодженості струму; l_x – довжина переміщення електродів; t_1, t_2 – крайнє верхнє і нижнє положення електродів; U_{el+} – напруга, за якої електроди потрібно опустити; U_{el-} – напруга, за якої електроди потрібно підняти; U_d – дійсне значення напруги; U_{opt} – оптимальне задане значення напруги; ΔU – сигнал неузгодженості напруги.

Блок завдання БЗ задає сигнал оптимального струму при плавленні I_{opt} на суматор С1, де відбувається порівняння з сигналом дійсного значення струму I_d , що поступає з датчика струму ДС. Якщо на виході суматора С1 з'являється сигнал неузгодженості ΔI , спрацьовує регулятор Р, який приводить в дію привід переміщення електродів П на певну відстань l_x , сигнал з приводу поступає на датчик швидкості ДШ, а потім на самі електроди Е. Обернений зв'язок по швидкості забезпечує плавне опускання електродів і стабілізує струм під час плавлення. Даний метод дозволяє керувати електричним режимом печі та/або за рахунок перемикання ступенів напруги пічного трансформатора, а саме: сигнал з приводу переміщення електродів П поступає на кінцеві вимикачі положення електродів КВ з граничними умовами (t_1, t_2), далі спрацьовує реверсивний перетворювач РП, що задає позитивний або негативний, в залежності від умов, сигнал на блок механізму переключення ступенів трансформатора МПСТ.

Умови роботи реверсивного перетворювача: якщо $\Delta I = 0$, то $U_{РП} = 0$; якщо $\Delta I > 0$, то $U_{РП} = U_{el+}$; якщо $\Delta I < 0$, то $U_{РП} = U_{el-}$,

де U_{PI} – напруга на реверсивному перетворювачі.

Пічний трансформатор ПТ має обернений зв'язок по напрузі. Датчик напруги ДН, що вимірює дійсне значення напруги U_d , під'єднаний до негативного входу суматора С2, до іншого входу якого підключений другий вихід блоку завдання БЗ, що задає сигнал оптимальної напруги при плавленні U_{opt} . У разі отримання сигналу неузгодження ΔU , спрацьовує реверсивний перетворювач РП і механізм переключення ступенів трансформатора МПСТ.

На рис. 2 представлені діаграми функцій чутливості системи управління дуговою сталеплавильною печі до зміни опоры шихти R_x .

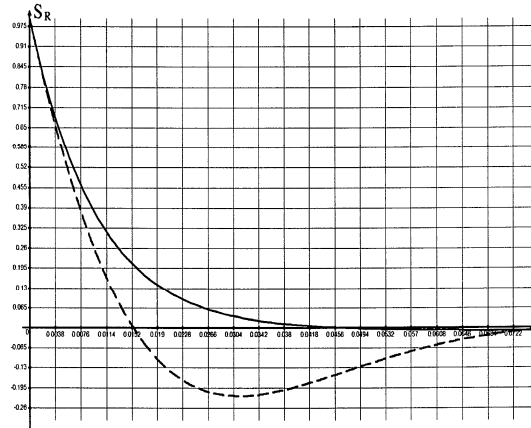


Рисунок 2 – Діаграми функцій чутливості електричного режиму дугової сталеплавильної печі до зміни опоры шихти R_x

Передавальна функція об'єкта управління – електродів має вигляд (1):

$$W_M(p) = \frac{\beta K_{OCT} / R_x}{T_x p + 1}, \quad (1)$$

де β – градієнт потенціалу в стовпі дуги; K_{OCT} – коефіцієнт зворотного зв'язку по струму; $T_x = \frac{L_x}{R_x}$ – постійна часу контуру силового струму дугової сталеплавильної печі; L_x , R_x – сумарні індуктивність і опір контуру силового струму дугової сталеплавильної печі; p – оператор Лапласа.

Відомо, що при визначенні функції чутливості значення змінюваного параметра приймається номінальним. За цієї умови функції чутливості до зміни опоры шихти R_x для систем без зворотного зв'язку за швидкістю і з пропонуванним зворотним зв'язком за швидкістю мають вигляд (2), (3), (4):

$$S_R = S_o \cdot S_R^o; \quad (2)$$

$$S_o \Rightarrow T_c^3; \quad (3)$$

$$S_o^{oc} \Rightarrow \frac{2T_c^4}{2T_c + 1}; \quad (4)$$

де S_o – чутливість системи до об'єкта управління (електродів); S_R^o – чутливість об'єкта управління (електродів) до параметру опоры шихти R_x .

Висновки. Даний метод дозволяє шляхом формування команд від крайніх кінцевих вимикачів на електродах покращити якість керування електричним режимом, підвищити стабільність електричного режиму роботи, зменшити рівень пульсацій силового струму дугової сталеплавильної печі до мінливих параметрів процесу плавки, а саме опоры шихти, за рахунок введення зворотного зв'язку по швидкості переміщення електродів, здійснювати управління положенням електродів і безперервно контролювати їх стан, зменшити можливі автоколивальні процеси за рахунок можливого управління електричним режимом печі, перемиканням ступенів напруги пічного трансформатора, в результаті чого знизити втрати споживаної електроенергії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лапшин І. В. Автоматизація дугових печей. – Видавництво МГУ, 2004. – 165 с.
2. Овчаренко О.С., Розинський Д.І. Підвищення ефективності електропостачання промислових підприємств. – К.: Техніка, 1989. – 287 с.
3. Жежеленко І.В. Показники якості електроенергії та їх контроль на промислових підприємствах. – М.: Енергія, 1977. – 128 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗДАТЧИКОВОГО КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЇХ АНІЗОТРОПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

І. А. Козакевич, ас.

ДВНЗ «Криворізький національний університет»

вул. XXII Партз'їзду, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна, e-mail: aepigor@gmail.com

Вступ. Сучасні системи векторного керування двигунами змінного струму є особливо привабливими при їх реалізації за відсутності датчиків як на валу двигуна, так і всередині машини [1]. Такі системи називають бездатчиковими. Аналізуючи документацію відомих світових виробників приводів, можна помітити, що використання бездатчикового керування суттєво скорочує діапазон керування частоти обертання у порівнянні з датчиковим варіантом даних систем. Це пояснюється багатьма причинами, що значно погіршують якість керування при роботі на низьких частотах обертання. Головною з них є неможливість ідентифікації частоти обертання за допомогою ідеалізованої моделі асинхронного двигуна, яка є основою більшості існуючих способів при роботі з низькою частотою живлення статора [2-4].

Мета роботи. Складність ідентифікації частоти обертання призводить до необхідності пошуку кардинально нових способів оцінки змінних стану двигуна, і мета даної роботи полягає в аналізі одного із можливих шляхів вирішення питання за допомогою використання анізотропних властивостей двигуна.

Матеріал і результати дослідження. До основних анізотропних властивостей асинхронного двигуна можна віднести насичення сталі машини, ексцентриситет, а також наявність дискретних роторних стержнів. Використовуючи ці анізотропії, можна визначити положення вектору основного поточкозчеплення двигуна або положення ротора. Аналізуючи струмовий відгук на тестовий сигнал, можна оцінювати положення вісі анізотропії двигуна.

Наявність анізотропних властивостей призводить до зміни власних індуктивностей обмоток машини таким чином, що в матриці індуктивностей L_{ABC} з'являються додаткові складові, що залежать від положення вісі анізотропії. Зробивши припущення щодо синусоїдного характеру зміни опору, що модулюється анізотропією, матрицю індуктивностей можна записати так:

$$L = \begin{bmatrix} l_a(t) & 0 & 0 \\ 0 & l_b(t) & 0 \\ 0 & 0 & l_c(t) \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$l_a(t) = l_0 + l_{ан} \cos(2\theta_{ан}), \quad (2)$$

$$l_b(t) = l_0 + l_{ан} \cos\left(2\left(\theta_{ан} - \frac{2\pi}{3}\right)\right) = l_0 + l_{ан} \cos\left(2\theta_{ан} + \frac{2\pi}{3}\right), \quad (3)$$

$$l_c(t) = l_0 + l_{ан} \cos\left(2\left(\theta_{ан} + \frac{2\pi}{3}\right)\right) = l_0 + l_{ан} \cos\left(2\theta_{ан} - \frac{2\pi}{3}\right), \quad (4)$$

де L_{ABC} – матриця власних індуктивностей машини, l_0 – постійна складова індуктивності обмоток, $l_{ан}$ – складова індуктивності обмоток, що модулюється анізотропією машини, $\theta_{ан}$ – положення вісі анізотропії.

Виконаємо перетворення матриці індуктивностей з нерухомої відносно статора трифазної системи відліку у двофазну, використовуючи відоме співвідношення:

$$L_{\alpha\beta} = K_1 L_{ABC} K_1^T, \quad (5)$$

де $K_1 = \begin{bmatrix} 1 & \cos\frac{2\pi}{3} & \cos\frac{4\pi}{3} \\ 0 & \sin\frac{2\pi}{3} & \sin\frac{2\pi}{3} \end{bmatrix}$.

Виконавши підстановку (1) в (5) та ряд спрощень, отримуємо:

$$L_{\alpha\beta} = \begin{bmatrix} l_0 + \frac{1}{2}l_{ан} \cos(2\theta_{ан}) & \frac{1}{2}l_{ан} \sin(2\theta_{ан}) \\ \frac{1}{2}l_{ан} \sin(2\theta_{ан}) & l_0 + \frac{1}{2}l_{ан} \cos(2\theta_{ан}) \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Виконаємо перехід від нерухомої двофазної системи до двофазної системи dq, що обертається синхронно з віссю анізотропії машини:

$$L_{dq} = K_2 L_{\alpha\beta} K_2^T = \begin{bmatrix} l_0 + \frac{1}{2}l_{ан} & 0 \\ 0 & l_0 - \frac{1}{2}l_{ан} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

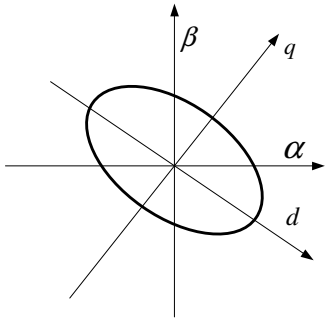


Рисунок 1 – Зміна індуктивності розсіяння вздовж повітряного зазору машини

$$\text{де } K_2 = \begin{bmatrix} \cos \theta_{ан} & \sin \theta_{ан} \\ -\sin \theta_{ан} & \cos \theta_{ан} \end{bmatrix}.$$

Як видно з (7), наявність анізотропних властивостей машини призводить до того, що її власні індуктивності по повздовжній і поперечній вісі не є рівними, що демонструється на рис. 1. Це дозволяє визначити поточне положення вісі анізотропії і, як наслідок, положення ротора двигуна або вектора потокозчеплення машини в залежності від характеру анізотропії.

Найпростішим способом ідентифікації положення вісі анізотропії є інжекція високочастотної напруги до основної напруги, що живить статор машини змінного струму. Вектор інжектваної напруги описується рівнянням:

$$v_{інж} = V_{інж} e^{j\omega_{інж}t}, \quad (8)$$

де $V_{інж}$ та $\omega_{інж}$ – амплітуда та кругова частота напруги, що інжектуються.

Складова струму статора, що викликана інжектваною напругою, може бути представлена як сума складових прямої та зворотної послідовностей:

$$i_{інж} = \frac{V_{інж}}{\omega_{інж} \left(l_0^2 + (0,5l_{ан})^2 \right)} \left(l_0 e^{j \left(\omega_{інж} - \frac{\pi}{2} \right) t} + 0,5l_{ан} e^{-j \left(\omega_{інж} - \frac{\pi}{2} - 2\theta_{ан} \right) t} \right). \quad (9)$$

З (9) видно, що складова зворотної послідовності містить інформацію щодо положення вісі анізотропії машини.

Результати моделювання роботи системи представлені на рисунку 2 графіками зміни частоти обертання та положення ротора, що оцінювалось шляхом визначення положення вісі анізотропії насичення заліза машини.

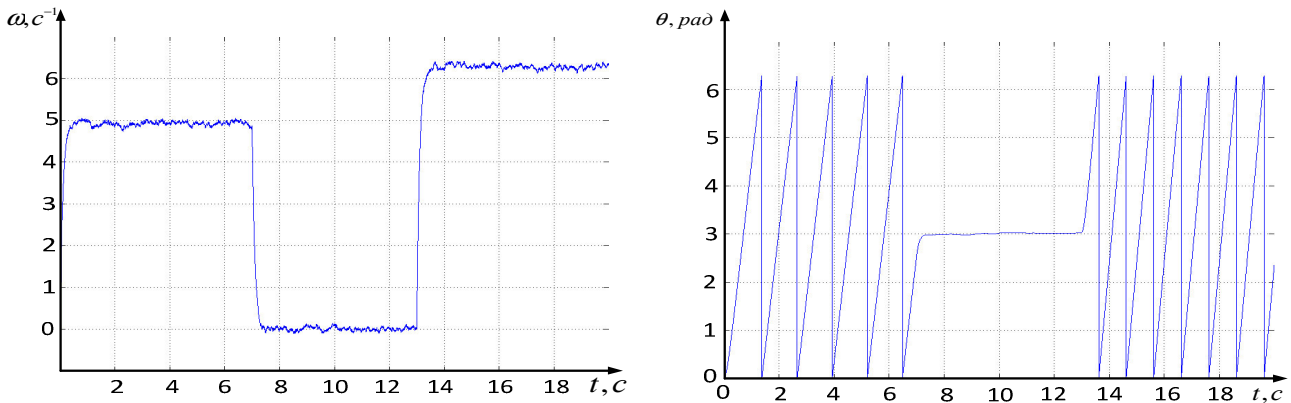


Рисунок 2 – Графіки сигналу оціненої частоти обертання та кута повороту ротора для досліджуваної системи

Висновки. Таким чином, проведене моделювання системи бездатчикового векторного керування асинхронним двигуном з інжекцією високочастотної тестової напруги дозволяє зберегти показники якості керування приводом навіть при роботі в зоні низьких частот обертання, що дозволяє суттєво розширити діапазон керування існуючих систем. Недоліком застосування високочастотної інжекції є виникнення додаткових пульсацій електромагнітного моменту, частоти обертання, підвищення втрат енергії. Тому слід шукати шляхи раціонального керування амплітудою інжектваної напруги.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пересада С.М., Ковбаса С.Н., Дымко С.С. Робастифицированное бездатчиковое векторное управление асинхронным двигателем на основе адаптивного наблюдателя пониженного порядка // Техническая электродинамика. – 2012. – №2. – С. 81–82.
2. Wolbank T.M., Machl J.L., Jager Th. Combination of signal injection and neural networks for sensorless control of inverter fed induction machines // Power electronics specialists conference. – 2004. – Vol. 3. – PP. 2300-2305.
3. Raute R., Caruana C., Staines C.S., Cilia J., Teske N., Sumner M., Asher G.M. A review of sensorless control in induction machines using hf injection, test vectors and PWM harmonics // Sensorless control for electric drives. – 2011. – PP. 47–55.
4. Raute R., Caruana C., Staines C.S., Cilia J., Sumner M. Design of a periphery control FPGA board for electric drive systems // IEEE Mediterranean electrotechnical conference. – 2010. – PP. 927–932.

**ВЫБОР ТИПА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛАБОРАТОРНОГО ОБРАЗЦА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ
ДЛЯ УЧЕБНЫХ ЗАДАЧ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

А. С. Гончар, м.н.с.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ул. Фрунзе, 21, Харьков 61002, Украина

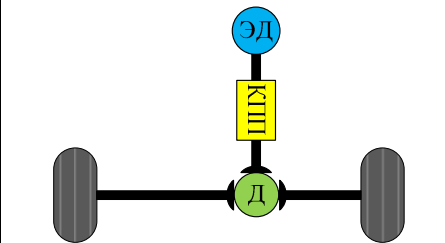
Вступление. Мировая тенденция развития автомобилестроения свидетельствует о стремительном росте числа автотранспортных средств, использующих в качестве движителя силовые системы электропривода, что вызвано рядом факторов, таких как: истощение ограниченных нефтяных ресурсов, низкий КПД двигателей внутреннего сгорания, а также обостряющейся экологической ситуации в крупных городах. Учитывая эти обстоятельства на кафедре «Автоматизированные электромеханические системы» Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» была открыта специализация «Компьютеризированные системы электромобилей». Открытие новой специализации требует создания соответствующей учебно-лабораторной базы, куда входят лабораторный стенд и опытный образец электромобиля.

Цель работы. Провести анализ существующих решений по созданию электроприводов для электромобилей и выбрать оптимальный тип электропривода для лабораторного образца электромобиля.

Материал и результаты исследований. В подавляющем большинстве современных автомобилей используют однодвигательный тип привода, который состоит из двигателя внутреннего сгорания (ДВС), коробки переключения передач (КПП) и дифференциала с полуосями. Электропривод является более гибкой системой и позволяет реализовать как традиционный вариант для автомобилей с одним двигателем, так и многодвигательные типы приводов, включая прямой привод колес [1]. Анализ существующих решений позволит выбрать наиболее приемлемый тип электропривода для лабораторного образца электромобиля.

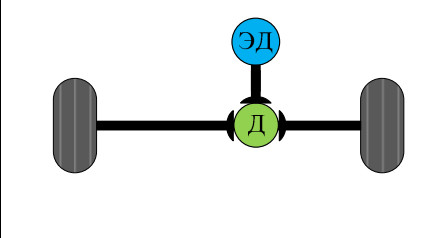
Однодвигательный тип привода с КПП и дифференциалом. Такой тип привода является наиболее распространенным не только среди автомобилей с ДВС, но и среди всех типов электромобилей и гибридных автомобилей. Основным преимуществом этого типа является возможность использования двигателя в оптимальном диапазоне частоты вращения, при этом требуемый момент обеспечивается за счет коробки передач, что позволяет использовать любой тип электродвигателя [2, 3]. С другой стороны, использование коробки передач ведет к снижению общего коэффициента полезного действия (КПД) электропривода. В табл. 1 приведена функциональная схема однодвигательного электропривода с КПП и дифференциалом для электромобилей, а также его преимущества и недостатки.

Таблица 1 – Однодвигательный электропривод электромобиля с КПП и дифференциалом

	Преимущества	Недостатки
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Простота установки 2. Стандартный двигатель 3. Возможность использования любого типа электродвигателя 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Потери в КПП и дифференциале 2. Дополнительный вес КПП и дифференциала

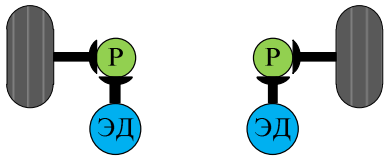
Однодвигательный привод без КПП электропривода. Электродвигатель напрямую соединяется с дифференциалом, исключение из привода коробки передач накладывает дополнительное требование к выбранному электродвигателю – высокий пусковой момент, а также высокий номинальный крутящий момент для обеспечения требуемого ускорения электромобиля. Отсутствие коробки передач положительно сказывается на общем КПД электропривода. Прямое соединение электродвигателя и дифференциала сопряжено с ростом потерь в двигателе при малых скоростях, что будет соответствовать низким оборотам двигателя, а также при больших скоростях электромобиля, что будет соответствовать максимальным оборотам двигателя. Величина этих потерь зависит от типа выбранного электродвигателя. В табл. 2 сведены основные преимущества и недостатки однодвигательного электропривода без КПП.

Таблица 2 – Однодвигательный электропривод электромобиля без КПП

	Преимущества	Недостатки
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Простая система управления 2. Стандартный двигатель 3. Увеличение пространства в моторном отсеке и снижение веса привода 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Потери в дифференциале 2. Сложности сочленения электродвигателя и дифференциала, зачастую требует изготовление специального дифференциала


Индивидуальный привод. Индивидуальный привод или привод с жестким, коротким валом является переходным вариантом к прямому приводу колеса, но позволяет организовать регулируемое распределение крутящего момента на каждом из приводных колес для исключения дифференциала из кинематической схемы привода. Такое решение повышает общий КПД электропривода за счет применения высокоэффективных одноступенчатых редукторов, вместо КПП и дифференциала [2, 3]. Недостатком является высокая цена двух/четырёх двигательной системы, увеличение веса. Функциональная схема с описанием преимуществ и недостатков внедрения отражены в табл. 3.

Таблица – 3 Индивидуальный привод колеса

	Преимущества	Недостатки
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокий КПД 2. Стандартные двигатели 3. Компактность 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая цена 2. Требуется изготовление валов привода

Прямой привод, мотор-колесо. Прямой привод колеса означает, что для передачи мощности к колесу не используются дополнительных механизмов, двигатель и колесо связаны жестко. Как правило, двигатель интегрируется в конструкцию колеса, и такое соединение получило название в литературе как мотор-колесо [4]. Так как двигатель и колесо связаны непосредственно, то скорость вращения колеса соответствует скорости вращения электродвигателя, что ведет к необходимости применения двигателей с высоким крутящим моментом на низких оборотах. Чаще всего в мотор-колесах используют синхронные машины с постоянными магнитами. Особенностью такого привода является относительно большая неподрессоренная масса, т.к. электродвигатель существенно утяжеляет колесо. В табл. 4 приведены достоинства и недостатки применения мотор-колес.

Таблица 4 – Мотор-колесо, преимущества и недостатки

	Преимущества	Недостатки
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокий КПД 2. Снижение веса и освобождение полезного пространства ввиду отсутствия КПП и редукторов 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неподрессоренная масса 2. Дороговизна 3. Отсутствие в массовом производстве двигателей, только прототипы

Лабораторный образец электроавтомобиля кафедры «АЭМС» НТУ «ХПИ» реализуется на базе отечественного легкового автомобиля «Ланос». Также принято решение об использовании двигателя постоянного тока с постоянными магнитами в качестве тягового [5], таким образом, реализация привода с мотор-колесами на данном этапе невозможна. Основным требованием к выбору типа привода было минимальное вмешательство в механику базового автомобиля с целью экономии средств и времени на его переоснащение. Исходя из этого требования, наиболее приемлемым решением является привод с КПП, что значительно упрощает задачу по переоборудованию базового автомобиля в электроавтомобиль без ущерба поставленным задачам в исследовании электропривода постоянного тока с суперконденсаторами, а также дает возможность применить другие типы двигателей и ставить новые задачи.

Выводы. Проведен анализ существующих типов электроприводов электроавтомобилей. Учитывая требования к переоборудованию автомобиля «Ланос» в лабораторный образец электроавтомобиля, был выбран однодвигательный привод с коробкой переключения передач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pautzke F.: Radnabenantriebe, Shaker Verlag Aachen, 2010.
2. Kasper, R., Schünemann, M.: Elektrische Fahrtriebe- Topologien und Wirkungsgrad, MTZ Ausgabe 10/2012, Springer Automotive Media Wiesbaden GmbH, 2012.
3. Kuhlmann K., Daniel Schaub B. A., Schünemann M., Haugwitz C. Methodische Auswahl des Antriebsstrangs hinsichtlich Motoren und Getriebe für ein Elektrofahrzeug// Зб. матер. конф. «11. Magdeburger Maschinenbau-Tage» 25 –26 сентября 2013, г. Магдебург: Otto-von-Geuricke-Universitaet Magdeburg, 2013. – A2-5.
4. Zeraoulia M., Benbouzid M., Diallo D. Electric Motor Drive Selection Issues for HEV Propulsion Systems: A Comparative Study// IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, Vol. 55, № 6, November 2006. – PP. 1756-1764
5. Клепиков В.Б., Гончар А.С. Рекуперативные режимы электропривода электроавтомобиля с суперконденсаторами // Зб. матер. конф. Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика, 17 сентября 2012 г., Кременчуг: Кременчужский національний університет імені Михайла Остроградського, 2012. – С. 216-218.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С УЧЕТОМ ПОТЕРЬ В СТАЛИ*

В. В. Ченчевой, ас.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, haostime@gmail.com

Введение. Повышение требований к точности работы промышленных установок, использующих асинхронную машину при самовозбуждении, поставило на повестку дня необходимость прямого аналитического учета влияния потерь в стали на характеристики машины. Сказанное стало особенно ясным, в частности, на основании проведенного сравнительного анализа влияния потерь в стали на характеристики асинхронного генератора (АГ) с конденсаторным самовозбуждением [1]. Между тем существующие методы расчета стационарных режимов АГ обычно ограничиваются косвенным учетом потерь в стали машины.

Следует также отметить одно общее обстоятельство, характерное для реализации любого варианта генерирующей установки с АГ – это установление допустимой нагрузочной способности генератора. Проблема с решением данного вопроса заключается в следующем: значительное возрастание магнитного потока машины в режиме конденсаторного возбуждения генератора вызывает увеличение степени насыщения ее магнитной цепи, что приводит к существенному увеличению потерь в стали. Учет потерь в стали как величины, пропорциональной квадрату магнитной индукции, приводит к значительной погрешности, поскольку такая взаимосвязь справедлива только для ненасыщенного магнитопровода [2].

Цель работы. Определение максимальной нагрузочной способности асинхронного генератора.

Материал и результаты исследования. Расчет характеристик является одной из важнейших задач при исследовании автономного АГ. Пользуясь данными статических характеристик, можно оценить рабочие свойства генератора и получить информацию по таким существенным вопросам, как: рабочие характеристики генератора в широком диапазоне изменения нагрузки, выбор оптимального способа стабилизации напряжения при заданном коэффициенте мощности нагрузки, оптимизация параметров системы возбуждения для обеспечения необходимого уровня стабилизации выходного напряжения АГ, значения критических параметров емкости возбуждения и частоты вращения, при которых возможно самовозбуждение и другим вопросам [2]. Поэтому естественно, что любая работа по исследованию автономного АГ не может обойти задачу расчета и анализа статических характеристик, выделяя при этом главные, наиболее существенные вопросы для решения поставленной задачи. Среди таких вопросов можно назвать: выбор типа емкостной системы возбуждения (с учетом необходимого уровня стабилизации напряжения на нагрузке); расчет статических характеристик для АГ с постоянными параметрами рассеяния контуров статора и ротора и параметрами, изменяющимися в функции нагрузки; определение рациональных значений параметров АГ и системы возбуждения для заданных условий работы.

В связи с практическим использованием установившихся режимов конденсаторного самовозбуждения важное значение приобретает расчет максимальной нагрузочной способности АГ.

Расчет характеристик генератора выполнен с использованием методики [2]. Рассмотрим основные принципы данной методики.

Мощность, подведенная к валу АГ:

$$P_1 = P_{\text{мех}} = M \cdot \omega; \tag{1}$$

где M – относительное значение момента, развиваемого АГ, ω – скорость ротора генератора.

Сумма потерь АГ:

$$\Sigma p = P_{\text{м1}} + P_{\text{м2}} + \Delta P_c + p_m + p_{\text{доб}}, \tag{2}$$

где $p_{\text{мех}}$ и $p_{\text{доб}}$ – механические и добавочные потери в АГ соответственно.

Механические потери $p_{\text{мех}}$ представляют собой часть механической мощности, расходуемой на трение в подшипниках и на вентиляцию. В диапазоне мощностей 1 – 5 кВт они составляют 5 – 10 % общих потерь.

Добавочные потери $p_{\text{доб}}$ обусловлены высшими гармониками МДС и зубчатым строением статора и ротора. Расчет и экспериментальные исследования добавочных потерь вызывают значительные затруднения, поэтому, в соответствии с ГОСТ 11828-75, они принимаются равными 0,5 % потребляемой мощности.

Электрические потери в обмотках статора и ротора соответственно равны:

$$P_{\text{м1}} = m \cdot I_1^2 \cdot R_1; \tag{3}$$

$$P_{\text{м2}} = m \cdot (I_2')^2 \cdot R_2'; \tag{4}$$

где R_1, R_2', x_1, x_2' – активные и индуктивные сопротивления цепей статора и ротора (приведенные); I_1, I_2' – фазные токи в обмотках статора и ротора АГ.

*Работа выполнена под руководством д.т.н, проф. Д.И. Родькина

Магнитные потери, вызываемые явлением гистерезиса и вихревыми токами в сердечнике статора, определялись с помощью выражения для определения потерь в стали [4]:

$$\Delta P_c(I) = \frac{\xi}{\left(\frac{dE(I)}{dI}\right)^2} \cdot (E(I))^2 \quad (5)$$

где $E(I)$ – зависимость кривой намагничивания асинхронной машины; I – ток намагничивания АГ, ξ – поправочный коэффициент.

Полезная мощность АГ (мощность на нагрузке):

$$P_2 = P_1 - \sum p. \quad (6)$$

Для принятия решения об использовании асинхронного двигателя в генераторном режиме необходимо, прежде всего, знать процент от номинальной мощности двигателя, который может быть использован в режиме генератора без конструктивной переделки машины.

С целью проверки правильности предлагаемого метода для целого ряда асинхронных двигателей была использована универсальная кривая намагничивания [2].

По результатам проведенных исследований построен график зависимости максимально реализуемой мощности в генераторном режиме в процентах от номинальной мощности базового асинхронного двигателя при условии, что скорость вращения генератора остается постоянной (рис. 1).

Как видно из приведенных данных, максимально реализуемая мощность генераторного режима от мощности базового двигателя лежит в достаточно узких пределах 34-60%. При этом использование предложенного метода оценки потерь в стали по сравнению с известными методами снижает перегрузочную способность АГ на 30 – 40%.

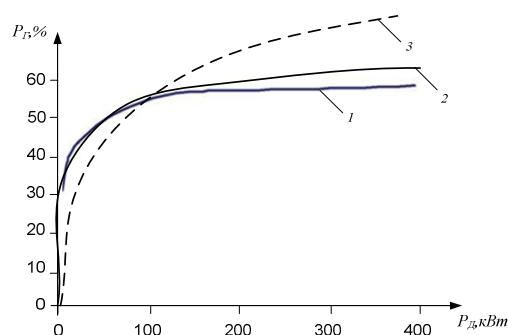


Рисунок 1 – Максимально реализуемая мощность генераторного режима в зависимости от номинальной мощности базового АД при различных методах расчета:

1– экспериментальная кривая, 2– рациональный метод оценки потерь в стали по (5), 3 – традиционный метод расчета потерь в стали ($\Delta P_c = \Delta P_{c50} \cdot F^2$ [2])

Рост реализуемой мощности генераторного режима, в зависимости от роста мощности базового двигателя объясняется уменьшением доли намагничивающего тока с ростом мощности двигателя. Здесь же отметим, что с уменьшением $\cos\phi$ максимально реализуемая активная мощность генератора снижается.

Выводы. Применение предложенного метода определения потерь в стали при расчете нагрузочных характеристик АГ с конденсаторным возбуждением обеспечивает высокую точность расчетов, необходимую для проектирования асинхронных генераторов малой мощности. Анализ результатов исследования показал, что учет потерь в стали показывает снижение перегрузочной способности АГ на 30 – 40% по сравнению с известными методами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джендубаев А-З.Р. Математическое моделирование асинхронного генератора с учетом потерь в стали // Электричество. - 2003. №7. - С. 36-45.
2. Петров Л.П. Управление пуском и торможением асинхронных двигателей. – М.: Энергоатомиздат, 1981. - 183 с.
3. Кашкалов В.И., Долгополов Ф.Ф. Торможение асинхронных двигателей без внешнего источника энергии. – К: Техника, 1985. – 117 с.
4. Обґрунтування раціонального способу визначення втрат у сталі з насиченням [Електронний ресурс] / В. В. Ченчевой, Д. Й. Родькін, В. О. Огарь [та ін.] // Інженерні та освітні технології в електротехнічних і комп'ютерних системах. – 2013. – № 1 (1). – Режим доступу: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/450>

*Работа выполнена под руководством д.т.н, проф. Д.И. Родькина

ФОРМИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ВИРТУАЛЬНОГО КОНСТРУКТОРА

Д. Ю. Краси́льникова, студ., А. М. Кравец, асс., Т. В. Коренькова, к.т.н., доц.
Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: pp-kontur@ukr.net

Введение. В условиях современных экономических отношений остается актуальной проблема повышения эффективности использования энергоресурсов с применением в широких масштабах энергосберегающих технологий. Одним из важнейших вопросов в решении этой задачи является снижение энергопотребления промышленных объектов средствами автоматизированного электропривода. Анализ показал, что на качество преобразования электроэнергии в электромеханических системах (ЭМС) и технологических комплексах на их базе существенным образом влияет: гармонический состав питающего напряжения, наличие реактивных и нелинейных элементов в силовом канале передачи мощности потребителю и их схемы включения, переменный во времени режим работы потребителя и т.п. [1–3]. Сказанное приводит к необходимости разработки автоматизированных подходов к анализу энергопроцессов в ЭМС, представленных эквивалентными электрическими схемами замещения. При этом в основе исследования должны лежать временные энергетические модели, описывающие преобразование энергии в каждом звене рассматриваемой системы в форме уравнений энергобаланса гармонических составляющих мощности.

Цель работы. Исследование энергопроцессов в электрических схемах замещения с различной структурой канала преобразования мощности от источника к потребителю.

Материал и результаты исследования. Главное окно виртуального конструктора (ВК), созданное в среде программирования LabVIEW, приведено на рис. 1. Его центральным элементом является поле набора электрической схемы, состоящее из "ячеек" с возможностью выбора элементов схемы: линейных (нелинейных) активных, индуктивных или емкостных сопротивлений; постоянного, синусоидального или полигармонического источников питания. Такой подход позволяет рассматривать электрические схемы любой степени сложности и получать кривые изменения напряжения, тока и мгновенной мощности на выбранных элементах системы с возможностью определения в дальнейшем необходимых показателей энергопроцессов.

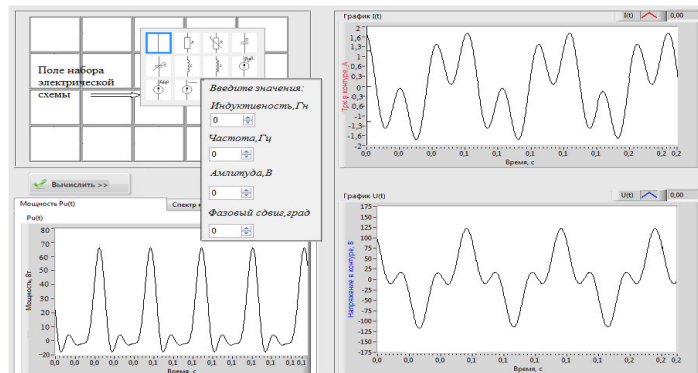


Рисунок 1 – Главное окно ВК энергетических моделей электромеханических систем

В качестве примера на рис. 2 приведена электрическая схема замещения ЭМС с источником полигармонического питания и ее энергетическая модель, разработанная средствами ВК.

Уравнение энергетического баланса системы с источником полигармонического питания и RLC – каналом передачи мощности от источника к потребителю имеет вид: $p_s(t) = \Delta p_R(t) + \Delta p_L(t) + \Delta p_C(t) + p_{con}(t)$,

где $p_s(t) = u(t)i(t)$ – мгновенная мощность источника питания; $u(t) = u_1 \cos(\omega t - \phi_1) + u_3 \cos(\omega t - \phi_3)$ – напряжение источника полигармонического питания; u_1, u_3, ϕ_1, ϕ_3 – амплитудные значения и углы сдвига фаз первой и третьей гармоник напряжения, соответственно; $\omega = 2\pi f$ – круговая частота; $i(t)$ – мгновенный ток в

электрической цепи; $\Delta p_R(t) = i^2(t)R$, $\Delta p_L(t) = \left(L \frac{di(t)}{dt} \right) \times i(t)$, $\Delta p_C(t) = \left(\frac{1}{C} \int_0^T i(t) dt \right) \times i(t)$ – потери мощности на

активном, индуктивном и емкостном сопротивлениях, соответственно; $p_{con}(t) = i^2(t)R_{con}$ – мгновенная мощность у потребителя.

Оценкой качества энергопроцессов в системе является эффективная мощность: $P_{ei} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p_i^2(t) dt}$, где $p_i(t)$ – мгновенная мощность на i -м элементе энергопреобразования [2].

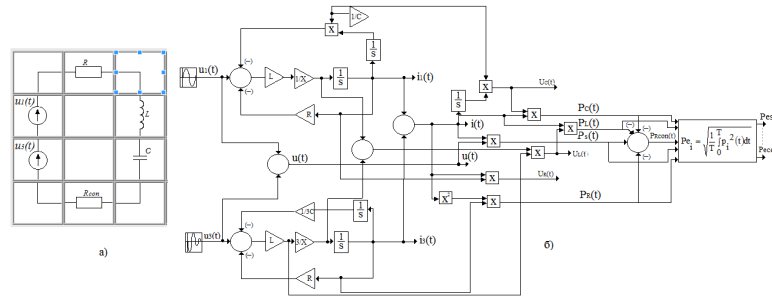


Рисунок 2 – Електрическа схема заміщення з джерелом полігармонічного живлення і RLC – каналом передачі потужності від джерела до споживача (а) і її енергетична модель (б)

На рис. 3 приведено приклад системи з синусоїдальним джерелом живлення при наявності нелінійної індуктивності в каналі передачі потужності споживачу, представлена часовою залежністю: $L(t) = L_0 + L_{var}(t) = L_0 + L_n \cos(\omega t)$, де L_0 , L_n – постійна складова і амплітуда змінної складової нелінійної індуктивності. Нелінійна індуктивність $L(t)$ на схемі заміщення рис. 3, а представлена лінійним елементом L_0 і нелінійною компонентою в вигляді ЕДС $e_{Lvar}(t) = \frac{d}{dt}(L_{var}(t)i(t))$ в енергетичній моделі рис. 3, б [3].

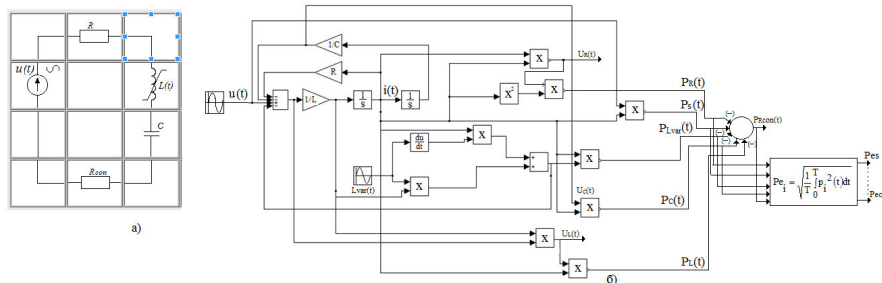


Рисунок 3 – Електрическа схема заміщення з нелінійною індуктивністю (а) і її енергетична модель (б)

Уравнение энергетического баланса для системы с нелинейностью:

$$P_S(t) = \Delta p_R(t) + \Delta p_{L0}(t) + \Delta p_{Lvar}(t) + \Delta p_C(t) + P_{con}(t),$$

где $\Delta p_{L0}(t) = \left(L_0 \frac{di(t)}{dt} \right) \times i(t)$ – потери мощности на линейной индуктивности;

$\Delta p_{Lvar}(t) = \left(\frac{d}{dt}(L_{var}(t)i(t)) \right) \times i(t) = \left(L_{var}(t) \frac{di}{dt} + i(t) \frac{dL_{var}(t)}{dt} \right) \times i(t)$ – потери мощности на нелинейной компоненте индуктивности.

Данный подход позволяет создавать электрические схемы замещения любой степени сложности и конфигурации, исследовать их энергетические характеристики, получать показатели оценки процессов энергопреобразования на базе эффективных значений рассматриваемых сигналов [4].

Выводы. Разработка виртуального конструктора энергетических моделей направлена на изучение энергетических процессов в электромеханических, электрогидравлических и иного рода системах, представленных эквивалентными электрическими схемами замещения. Используя временные энергетические модели объектов, которые отображают процессы энергопреобразования в силовом канале в форме уравнений энергобаланса гармонических составляющих мощности, предоставляется возможность анализа энергетических режимов, как отдельных элементов, так и системы в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зиновьев Г. С. Прямые методы расчета энергетических показателей вентильных преобразователей. – Новосибирск: изд-во Новосиб. ун-та, 1990. – 220 с.
2. Родькин Д. И. Составляющие мгновенной мощности полигармонических сигналов – М.: Электротехника, 2003. – №3. – С. 39–44.
3. Загирняк М. В. Анализ процессов преобразования энергии в электромеханическом комплексе / Загирняк М. В., Родькин Д. И., Коренькова Т. В. // Електромеханічні та енергозберігаючі системи. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 3/2012(19). – С. 30–36.
4. Загирняк М. В. Оценка процессов энергопреобразования с использованием составляющих мгновенной мощности / Загирняк М. В., Родькин Д. И., Коренькова Т. В. // Електромеханічні та енергозберігаючі системи. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 4/2012(20). – С. 152–167.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОДУЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СИСТЕМ С ПОЛИГАРМОНИЧЕСКИМИ СИГНАЛАМИ

Д. Ю. Красильникова, студ., А. М. Кравец, асс., Т. В. Коренькова, к.т.н., доц. Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: pp-kontur@ukr.net

Введение. В связи с интенсивным развитием преобразовательной техники стали актуальными анализ и расчет мощности в системах с несинусоидальными сигналами напряжения и тока. Анализ [1, 2] показал, что попытки применить известные методики расчета синусоидальных систем на несинусоидальные приводят к ошибочным результатам. Энергетические процессы в системах с полигармоническими сигналами определяются изменением энергии электромагнитного поля, и их целесообразно оценивать с помощью функции мгновенной мощности [3], что дает возможность определить целый ряд составляющих мощности при любой форме кривых напряжения и тока. По этим соотношениям можно характеризовать качество электрической энергии, эффективность ее использования и т.п. Сказанное обуславливает необходимость поиска подходов, позволяющих автоматизировать и упростить вопросы изучения энергетических процессов с использованием современных информационных технологий.

Цель работы. Создание автоматизированного программного модуля энергетического анализа систем с полигармоническими сигналами путем представления мгновенной мощности и ее составляющих в базе гармонических функций.

Материал и результаты исследования. Графический интерфейс автоматизированного программного модуля (ПМ) «Энергоанализатор» разработан в среде программирования LabVIEW, главное окно которого приведено на рис. 1. Для количественного и качественного анализа энергопроцессов в ПМ используется метод мгновенной мощности и математический аппарат гармонического анализа на базе рядов Фурье [3–5], который наиболее полно характеризует режим энергопотребления системы. В основе метода лежат уравнения баланса гармонических составляющих мгновенной мощности [3].

Центральным элементом ПМ является окно задания гармонического состава сигналов тока и напряжения, (рис. 1) временные зависимости которых представлены тригонометрическими рядами вида:

$$u(t) = \sum_{n=1}^N U_n \cos(\Omega_n t - \phi_n) = \sum_{n=1}^N U_{na} \cos(\Omega_n t) + \sum_{n=1}^N U_{nb} \sin(\Omega_n t); \quad (1)$$

$$i(t) = \sum_{m=1}^M I_m \cos(\Omega_m t - \psi_m) = \sum_{m=1}^M I_{ma} \cos(\Omega_m t) + \sum_{m=1}^M I_{mb} \sin(\Omega_m t). \quad (2)$$

В выражениях (1), (2): n, m – номера гармоник напряжения и тока, соответственно; N, M – число гармонических составляющих напряжения и тока, соответственно; ϕ, ψ – фазовые углы сигналов напряжения и тока, соответственно; $\Omega_n = 2\pi f, \Omega_m = 2\pi f$ – круговые частоты изменения сигналов напряжения и тока соответственно; f – частота изменения сигнала; $U_{na} = U_n \cos \phi_n; U_{nb} = U_n \sin \phi_n$ – ортогональные косинусная и синусная составляющие сигнала напряжения; $I_{ma} = I_m \cos \psi_m; I_{mb} = I_m \sin \psi_m$ – ортогональные косинусная и синусная составляющие сигнала тока.

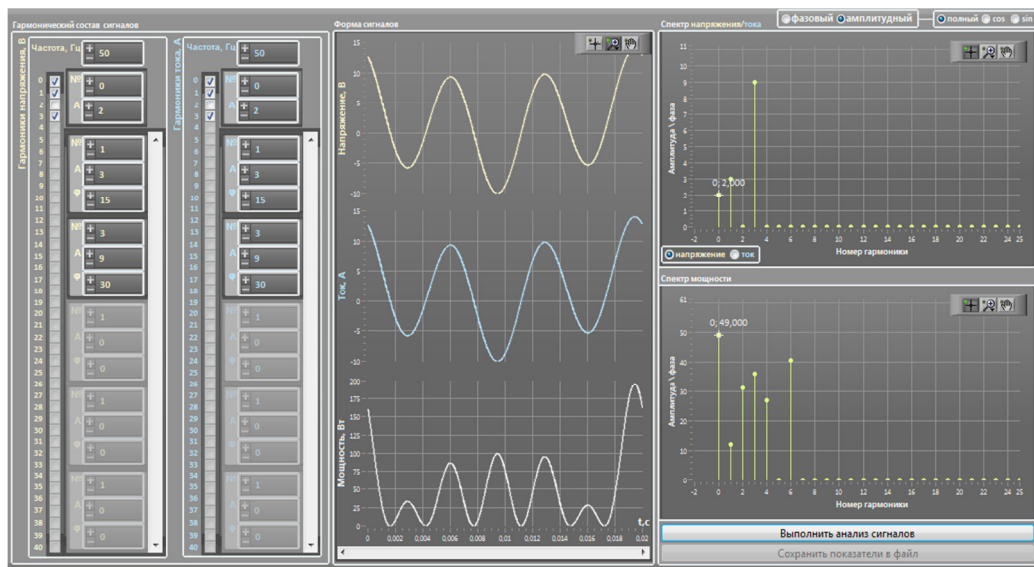


Рисунок 1 – Лицевая панель программного модуля «Энергоанализатор»

Мгновенная мощность получена как результат перемножения временных зависимостей напряжения и тока:

$$p(t) = u(t)i(t) = \sum_{n=1}^N U_n \cos(\Omega_n t - \phi_n) \sum_{m=1}^M I_m \cos(\Omega_m t - \psi_m) =$$

$$= \left(\sum_{n=1}^N U_{na} \cos(\Omega_n t) + \sum_{n=1}^N U_{nb} \sin(\Omega_n t) \right) \times \left(\sum_{m=1}^M I_{ma} \cos(\Omega_m t) + \sum_{m=1}^M I_{mb} \sin(\Omega_m t) \right). \quad (3)$$

Программный модуль позволяет получить частотные характеристики электрических и энергетических сигналов с различным набором гармоник исходных сигналов напряжения $u(t)$ и тока $i(t)$. При этом разложение в спектр может быть выполнено как по амплитудным значениям всего сигнала, так и по амплитудным значениям косинусных или синусных составляющих анализируемой временной функции.

Мерой оценки качества мгновенной мощности является ее эффективное значение:

$$P_e = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt}. \quad (4)$$

Показатели процессов энергопреобразования определяются на базе среднеквадратичных оценок мгновенной мощности, а также компонент, образующих мощность [4]. На рис. 2 приведено окно формирования ортогональных составляющих анализируемых сигналов и получения ряда показателей процессов энергопреобразования.



Рисунок 2 – Окно отображения ортогональных составляющих сигналов тока, напряжения и мощности, а также показателей процессов энергопреобразования

Разработанный автоматизированный модуль предоставляет возможность получить комплекс оценок энергорежимов, который является более обширным и информативным по сравнению с существующими интегральными оценками энергопроцессов.

Выводы. Программный модуль «Энергоанализатор» позволяет автоматизировать процесс задания параметров полигармонических сигналов тока и напряжения, формирования функции мгновенной мощности и ее составляющих, гармонического анализа электрических и энергетических сигналов с последующим получением показателей процессов энергопреобразования на базе эффективных значений сигнала мгновенной мощности и ее компонент. Разработанный программный продукт может быть применен для анализа процессов энергопреобразования не только в электрических, а и в другого рода системах: механических, электромеханических, гидравлических и т. п., где мощность формируется соответствующими сигналами: моментом и угловой скоростью, током и напряжением, давлением и производительностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зиновьев Г. С. Прямые методы расчета энергетических показателей вентильных преобразователей. – Новосибирск: изд-во Новосиб. ун-та, 1990. – 220 с.
2. Тонкаль В.Е., Новосельцев А.Е., Денисюк С.П. Баланс энергий в силовых цепях. – К.: Наукова думка, 1992. – 312 с.
3. Родькин Д. И. Составляющие мгновенной мощности полигармонических сигналов – М.: Электротехника, 2003. – №3. – С. 39–44.
4. Загирняк М. В. Оценка процессов энергопреобразования с использованием составляющих мгновенной мощности/ Загирняк М. В., Родькин Д. И., Коренькова Т. В. // Електромеханічні та енергозберігаючі системи. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 4/2012(20). – С. 152–167.
5. Загирняк М. В. Анализ процессов преобразования энергии в электромеханическом комплексе // М. В. Загирняк, Д. И. Родькин, Т. В. Коренькова // Електромеханічні та енергозберігаючі системи. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 3/2012(19). – С. 30–36.

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИГОТОВЛЕННЯ СКЛОВОЛОКОННОЇ АРМАТУРИ

*О. Ю. Лещук, асп., А. І. Гладир, к.т.н., доц., Д. Г. Мамчур, к.т.н., доц.
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, г. Кременчук, Україна, e-mail:leschuk_oleksiy@mail.ru*

Вступ. В зв'язку з суттєвим розширенням областей використання продукції, виготовленої на основі композитних матеріалів (КМ), постає питання можливості підвищення їхньої якості, що може бути досягнуто за рахунок вдосконалення виробничого обладнання. Особливо важливим залишається можливість обертання декількох ланок технологічного механізму з заданим співвідношенням швидкостей, що є основою для процесу формування внутрішньої структури виробу, а відповідно і експлантаційних характеристик готової продукції.

Мета роботи. Розробка автоматизованої енергоефективної системи виробництва арматури на основі композитних матеріалів за рахунок створення системи підтримки заданого співвідношення швидкостей робочих органів.

Матеріали та результати дослідження. При виготовленні продукції із скловолокна механічні властивості визначаються не лише характеристиками матеріалів, а й геометричними параметрами. Технологічний процес виробництва арматури (рис. 1) полягає в формуванні основи зі скловолокна заданого діаметру (d) та її обкрутки з заданим значенням кута (α) чи кроку (s). Дані геометричні параметри досягаються узгодженою роботою двох механізмів – механізму протяжки основи (1) (рис. 2) та механізму обкрутки (2) (рис. 2) [1, 2].

Структурну схему технологічного обладнання виготовлення арматури зі скловолокна представлено на рис. 2, де представлено основні його частини:

1. Механізм протяжки скловолокна, барабани протяжки (4) якого обертаються через редуктор (P1) за рахунок передачі обертального руху валу асинхронного двигуна (АД1), що живиться від перетворювача частоти (ПЧ1);
2. Механізм обкрутки основи скловолокном здійснює обертання шпулярника (5) за рахунок передачі редуктором (P2) обертального руху асинхронного двигуна (АД2), що живиться від перетворювача частоти (ПЧ2);
3. Мікропроцесорний пристрій керування – програмований логічний контролер (ПЛК), що формує сигнал завдання роботою перетворювача частоти згідно розробленої програми керування з урахуванням інформації про фактичне положення робочих органів з енкодерів Ен1 та Ен2.

Робота даної системи полягає в тому, що в першу чергу з панелі оператора (ПО) (рис. 2) задається величина швидкості протяжки арматури (v) в технологічно визначеному діапазоні ($v_{min} < v < v_{max}$). Далі відбувається формування сигналу завдання роботою ПЧ1 за струмом, при розрахунку якого враховуються параметри привідного асинхронного двигуна (АД1), коефіцієнт передачі редуктора (P1) та радіус барабану. При використанні модуля аналогового вводу з інтерфейсом струмова петля (0..20 мА), сигнал завдання буде розраховуватися за наступним виразом:

$$I_{z.np.} = \frac{v_{np.} \cdot k}{b} [mA],$$

де $v_{np.}$ – задане значення швидкості протяжки;

$k = \frac{n_{max}}{v_{max}}$ – коефіцієнт

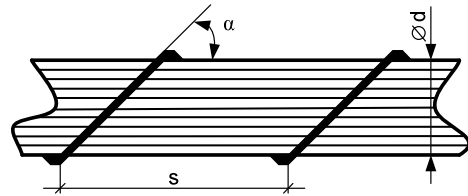


Рисунок 1 – Фрагмент арматури на основі КМ

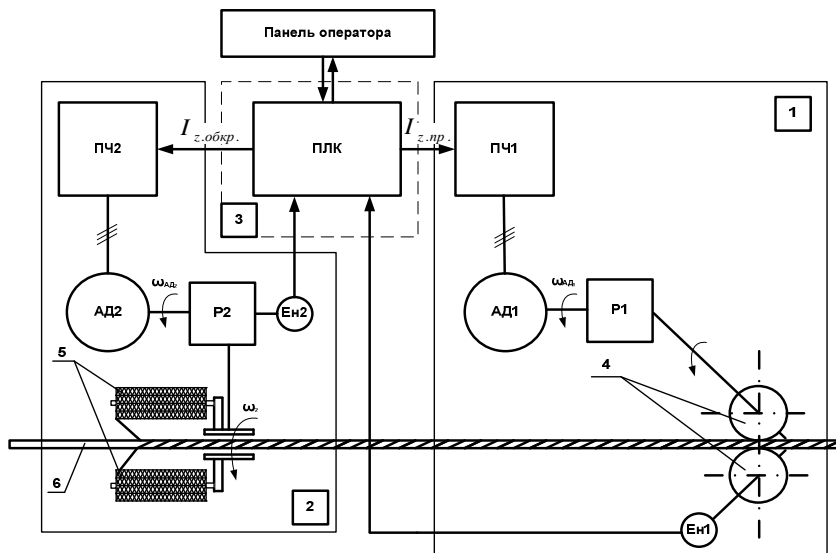


Рисунок 2 – Структурна схема технологічного устаткування виготовлення арматури на основі КМ

відношення швидкості обертання двигуна до швидкості протяжки арматури, об / мм ;

$b = \frac{n_{\max}}{I_{z.\max}}$ – коефіцієнт співвідношення швидкості обертання валу двигуна до сигналу завдання, $\frac{\text{об/хв}}{\text{мА}}$.

В залежності від заданого з панелі оператора кроку обкрутки скловолонна та фактичної швидкості протяжки основи формується сигнал завдання роботою ПЧ2, що розраховується за наступним виразом:

$$I_{z.\text{обкр.}} = \frac{f_{\text{вих.Ен1}} \cdot l \cdot i_{P_2}}{s \cdot N_1} \text{ [мА]},$$

де l – довжина кола привідного барабану протяжки, м; i_{P_2} – коефіцієнт передачі редуктора привода обкрутки; N_1 – кількість імпульсів енкодера Ен1 на один оберт, імп/об; $f_{\text{вих.Ен1}}$ – вихідна частота імпульсів енкодера Ен1, що подається на високошвидкісний дискретний вхід ПЛК, Гц; s – заданий з панелі оператора крок обкрутки скловолонном основи, мм.

Постійне значення навантаження механізмів протяжки та обкрутки при одночасному регулюванні швидкості в широкому діапазоні потребує використання частотно-регульованого електропривода з векторною системою керування, яка має зворотний зв'язок за швидкістю.

Коректне налаштування перетворювача частоти (введення відповідних параметрів двигуна та характеристик датчика зворотного зв'язку) дозволяє забезпечити жорстку механічну характеристику на всьому діапазоні швидкостей.

Розроблена система дозволяє виготовляти скловолонну арматуру за рахунок автоматичного розрахунку і підтримання співвідношення швидкостей електроприводів виконавчих механізмів на основі заданих оператором значень швидкості протяжки та необхідного кроку армування (обкрутки) скловолонном основи арматури.

Розроблена структура дозволяє зменшити кількість механічних передач та підвищити точність роботи механізмів з заданим співвідношенням швидкостей за рахунок використання універсальної структури, яка дозволяє задавати параметри роботи одного механізму та, контролюючи фактичну його швидкість, формувати сигнал завдання для іншого регульованого електропривода. Запропонована структура електромеханічної системи може бути використана для цілого ряду механізмів багатьох галузей промисловості: ротаційні машини поліграфічної промисловості, чесальні машини ткацького виробництва, багатоступеневі механізми металопрокату, устаткування для виробництва нових матеріалів тощо.

Висновки. Розроблено автоматизовану систему керування технологічного механізму з виробництва арматури на основі скловолонна стандартними засобами АСУТП, що дозволяє виготовляти продукцію відповідної якості, забезпечуючи підтримку розрахованого співвідношення швидкостей робочих органів протяжки скловолонна відповідно до заданих оператором параметрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильев В.В., Протасов В.Д., Болотин В.В. и др. Композиционные материалы: Справочник. М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
2. Крижановский В.К., Кербер М.Л., Бурлов В.В., Паниматченко А.Д. Производство изделий из полимерных материалов. СПб.: Профессия, 2008. – 460 с.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТРАКОВОГО МЕХАНІЗМУ ПУЛТРУЗАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

О. Ю. Лещук, асп., А. І. Гладир, к.т.н., доц.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: leshchuk_oleksiy@mail.ru

Вступ. Достатньо велика кількість технологічних механізмів потребує використання електроприводів з широким діапазоном регулювання, жорсткими механічними характеристиками тощо. На протязі багатьох років єдиним можливим рішенням, що відповідає зазначеним вимогам, було використання електропривода (ЕП) постійного струму, який характеризується високою вартістю двигуна постійного струму (ДПС). Але з розвитком напівпровідникових пристроїв все частіше розглядається можливість використання частотно-регульованого електропривода зі скалярним чи векторним керуванням з загальнопромисловим асинхронним двигуном (АД) у тих механізмах, де переважно використовується ЕП постійного струму. Одним із механізмів, що потребує забезпечення роботи в широкому діапазоні швидкостей (100:1), є траковий механізм технологічної лінії виготовлення продукції на основі композиційних матеріалів методом пултрузії. Даний технологічний процес виготовлення конструкційно-профільних виробів з одновісно-орієнтованих волокнистих пластиків характеризується безперервним режимом S1.

Мета роботи. Аналіз можливості швидкої заміни системи тиристорний перетворювач-двигун постійного струму тракового механізму виготовлення скловолоконної продукції на частотно-регульований електропривод (ЧРЕП) із загальнопромисловим АД.

Матеріали та результати дослідження. Структурна схема технологічного устаткування привода тракового механізму представлена на рис. 1 та складається з наступних частин: КП – керований перетворювач постійного струму; Д – привідний двигун, вал якого обертається з швидкістю ω_d ; Р – редуктор, що з'єднаний з виконавчим механізмом; барабани тракового механізму (1); профіль, отриманий методом пултрузії (2); фільера, що здійснює формування та полімеризацію профілю (3).

Робота існуючої системи забезпечується використанням високомоментного двигуна постійного струму 2ПБВ132S зі збудженням від постійних феритових магнітів, що живиться від КП.

Для оцінки можливості заміни ЕП постійного струму на частотно-регульований асинхронний ЕП за основу розрахунків слід брати паспортні дані двигуна 2ПБВ132S: довготривалий обертовий момент при утриманні валу $M_{дт}=37$ Нм; довготривалий струм утримання валу двигуна $I_{дт}=51$ А; максимальний обертовий момент $M_{max}=350$ Нм; максимальна частота обертання $n_{max}=2000$ об/хв.

Враховуючи паспортні дані механічних характеристик двигуна 2ПБВ132S (рис. 2) можна розрахувати його споживану потужність (P), яка відповідає номінальній частоті обертання ($\omega_{ном}=104,73$ рад/с) при номінальному навантаженні M згідно наступного виразу:

$$P = \omega_{ном} \cdot M = 3,142 \text{ (кВт)}.$$

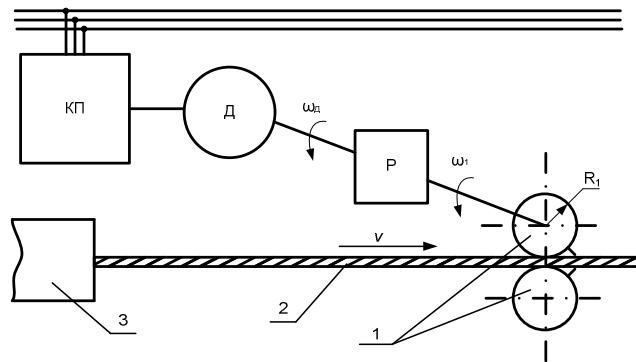


Рисунок 1 – Структурна схема технологічного устаткування виготовлення арматури на основі КМ

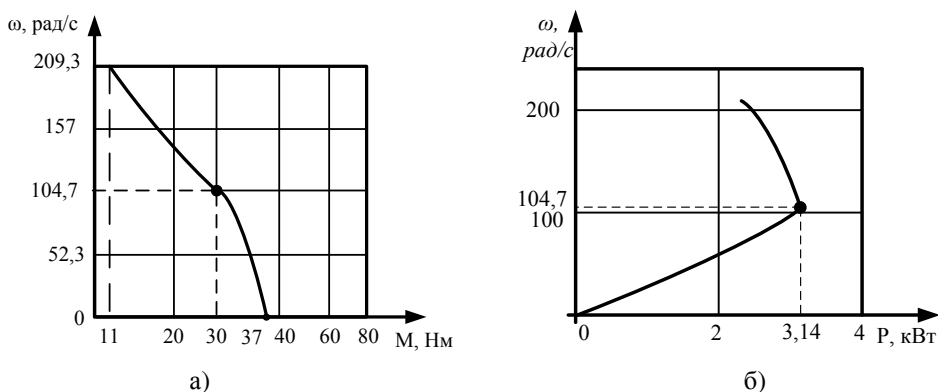


Рисунок 2 – Криві гранично допустимих значень моменту (а) та механічної потужності (б) ДПС 2ПБВ132S в режимі S1

Модернізація існуючого обладнання за рахунок використання двигунів із самовентиляцією при глибокому регулюванні супроводжується погіршенням умов охолодження електричної машини. Коефіцієнт погіршення тепловіддачі при загальмованому роторі β_0 для закритого двигуна з самовентиляцією складає 0,45..0,55. При швидкості обертання валу двигуна у діапазоні 100:1 коефіцієнт змінюється лінійно та розраховується згідно виразу [1]:

$$\beta(M) = \beta_0 + (1 - \beta_0) \frac{\omega(M)}{\omega_{ном}}, \quad (1)$$

де залежність $\omega(M)$ – залежність максимального тривалого моменту ДПС (паспортні дані, рис. 2, а), який має місце у технологічному процесі.

Враховуючи погіршення охолодження, вибір привідного двигуна повинен здійснюватися на більшу потужність, що можливо завдяки використанню методу еквівалентної потужності з урахуванням зміни кутової швидкості. Використання даного способу можливо лише за умови приведення потужності P_i до еквівалентної потужності $P_{e.i}$ з урахуванням відношення фактичної частоти обертання валу двигуна (ω_i) до його номінального значення згідно виразу:

$$P_{e.i} = P_i (\omega_{ном} / \omega_i).$$

В зв'язку з роботою електропривода в довготривалому режимі еквівалентна потужність двигуна буде розраховуватися згідно наступного виразу [1]:

$$P_e(M) = \frac{M \cdot \omega(M) \cdot \frac{\omega_{ном}}{\omega(M)}}{\sqrt{\beta(M)}}. \quad (2)$$

При розрахунку потужності двигуна для даного технологічного механізму згідно виразу (2) враховується механічна характеристика існуючої системи ЕП, значення коефіцієнту погіршення умов охолодження двигуна при технологічно визначених параметрах діапазону регулювання швидкості обертання валу привідного

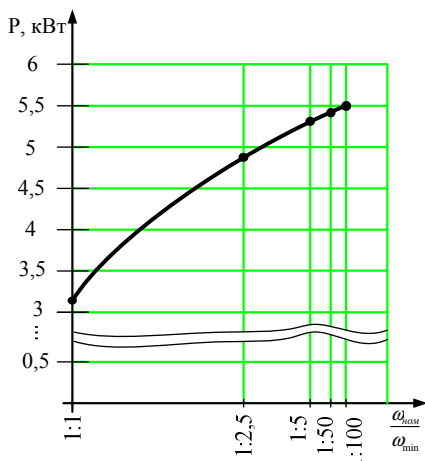


Рисунок 3 – Розрахункова потужність привідного двигуна в залежності від діапазону регулювання

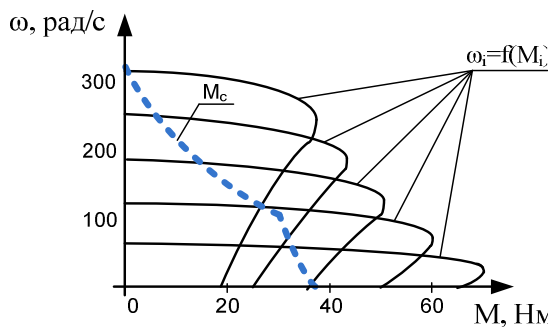


Рисунок 4 – Механічні характеристики роботи частотно-регульованого АД 4А100L2 тракового механізму в режимі S1

двигуна ($\frac{\omega_{ном}}{\omega_{min}}$). На рис. 3 відображається залежність

розрахункової потужності привідного асинхронного двигуна при збільшенні діапазону регулювання швидкості обертання його валу. За даних параметрів технологічного механізму при глибині регулювання швидкості 1:100 потужність привідного двигуна складатиме 5,5 кВт.

Необхідні технологічні параметри роботи механізму забезпечуються використанням асинхронного частотно-регульованого електропривода при законі керування $\frac{U}{\sqrt{f}} = const$. Механічні характеристики ЧРЕП ($\omega_i = f(M_i)$) та

зміна моменту навантаження (M_c) представлено на рис. 4.

Таким чином визначено можливість швидкої заміни існуючої системи ЕП постійного струму на асинхронний ЕП з урахуванням моменту навантаження та погіршенням

умов охолодження привідного двигуна при реалізації заданого діапазону регулювання.

Висновки. Проведений аналіз показав можливість швидкої заміни двигуна постійного струму, як джерела механічної енергії тракового механізму скловолоконної продукції, виготовленої методом пултрузії, на частотно-регульований електропривод з загальнопромисловим асинхронним двигуном з урахуванням теплового режиму електричної машини за низьких швидкостей обертання ротора.

ЛІТЕРАТУРА

1. Качин С.И., Чернышев А.Ю., Качин О.С. Автоматизированный электропривод: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 162 с.
2. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. М.: Академия, 2006. – 265 с.

ПАРАМЕТРЫ ВЫНУЖДАЮЩЕЙ СИЛЫ ДВУХВАЛЬНОГО ДЕБАЛАНСНОГО ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯ ВИБРАЦИОННОЙ ПЛОЩАДКИ*

В. Ю. Ноженко, асп.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: viktoriya_nozhenko@mail.ru

Введение. Вибрационные технологии широко применяются в различных отраслях промышленности. В частности, при изготовлении монолитного и сборного железобетона используются вибрационные площадки с дебалансными вибровозбудителями для формирования и уплотнения бетонных смесей.

Следует отметить, что с каждым годом увеличивается разнообразие железобетонных изделий (ЖБИ), расширяются области их применения, номенклатура [1]. Это обстоятельство способствует предъявлению требований к вибрационным установкам самого различного характера, как конструктивных, так и технологических для обеспечения высокого качества готовой продукции.

Однако в существующих условиях основным препятствием повышения качества изготавливаемых ЖБИ является значительное количество предприятий строительной индустрии с устаревшим оборудованием и отсутствием возможности управления процессом виброуплотнения.

Учитывая это, в настоящее время актуальным вопросом является повышение эффективности функционирования вибрационных установок, обеспечивающих высокое качество уплотняемых ЖБИ путем полной или частичной автоматизации процесса уплотнения бетонной смеси.

Цель работы. Определение способов управления результирующей вынуждающей силой двухвальных дебалансных вибровозбудителей вибрационных площадок при уплотнении бетонных смесей.

Материал и результаты исследования. Для работы многоблочных виброплощадок с вертикально направленными гармоническими колебаниями [2, 3] используются нерегулируемые асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, работающие на один вал. Синхронность вращения двигателей обеспечивается посредством жесткого соединения карданных валов виброблоков и синхронизаторов, что не дает в полной мере обеспечить необходимые технологические режимы уплотнения, т.е. в них невозможно изменять в процессе работы частоту, амплитуду и направление колебаний.

Одним из путей решения данной проблемы является несогласованное вращение дебалансов за счет разрыва жесткой связи валов, на которых они установлены. В этом случае вращательное движение будет передаваться с одного двигателя на левую сторону виброплощадки, а со второго – на правую, т.е. каждый из двух дебалансов приводится в движение отдельным двигателем [4].

Это существенно расширяет возможности функционирования двухвальных вибровозбудителей и позволяет решать следующие задачи: синхронно и синфазно вращать дебалансы как в одном направлении, так и в разных; изменять направление колебаний виброплощадки за счет вращения дебалансов в разные стороны со сдвигом фаз; осуществлять разночастотные виброколебания при вращении дебалансов с различными скоростями.

Исследование способов управления основными параметрами колебаний виброплощадки в зависимости от направления вращения и положения первого и второго дебалансов проведено с помощью векторных диаграмм (рис. 1) [5].

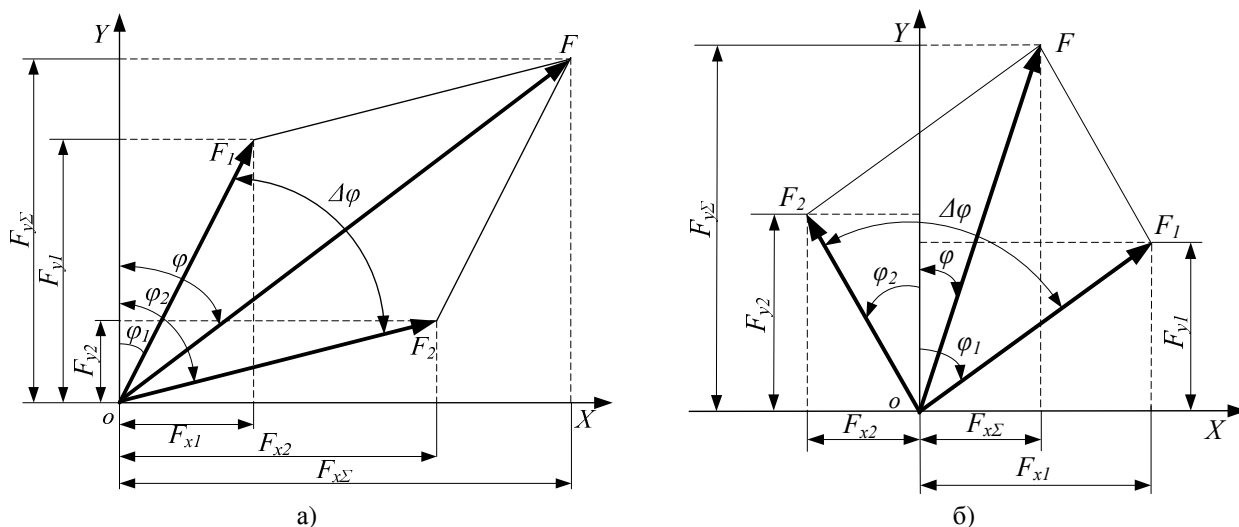


Рисунок 1 – Диаграмма вынуждающих сил при вращении дебалансов:
а) в одном направлении; б) в разных направлениях

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

На рис. 1 обозначено: F_1, F_2 – вынуждающие силы, создаваемые первым и вторым дебалансами; F – результирующая вынуждающая сила; φ_1, φ_2 – начальные фазовые углы поворота первого и второго дебалансов; φ – угол направления действия результирующей вынуждающей силы; $\Delta\varphi$ – разность начальных фаз вращения первого и второго дебалансов; F_{y1}, F_{y2} – проекции вынуждающих сил, создаваемых первым и вторым дебалансами на ось OY ; $F_{y\Sigma}$ – проекция результирующей вынуждающей силы на ось OY ; F_{x1}, F_{x2} – проекции вынуждающих сил, создаваемых первым и вторым дебалансами на ось OX ; $F_{x\Sigma}$ – проекция результирующей вынуждающей силы на ось OX .

Для анализа максимального значения амплитуды и угла направления результирующей вынуждающей силы относительно оси OY рассмотрены следующие случаи:

- вращение дебалансов при $\Delta\varphi = 30^\circ$ в течение одного периода;
- вращение дебалансов при $\Delta\varphi = var$.

На рис. 2 приведены графики изменения результирующей вынуждающей силы при вращении дебалансов в одном направлении при $\Delta\varphi = 30^\circ$ в течение периода (рис. 2, а) и при $\Delta\varphi = var$ (рис. 2, б). В первом случае направление результирующей вынуждающей силы будет изменяться от 0 до 2π в течение одного периода, при этом максимальное значение амплитуды F_Σ остается неизменным. Во втором случае амплитуда изменяется в зависимости от угла $\Delta\varphi$ от 0 до π : чем меньшая разность между начальными фазами вращения дебалансов, тем больше амплитуда и наоборот.

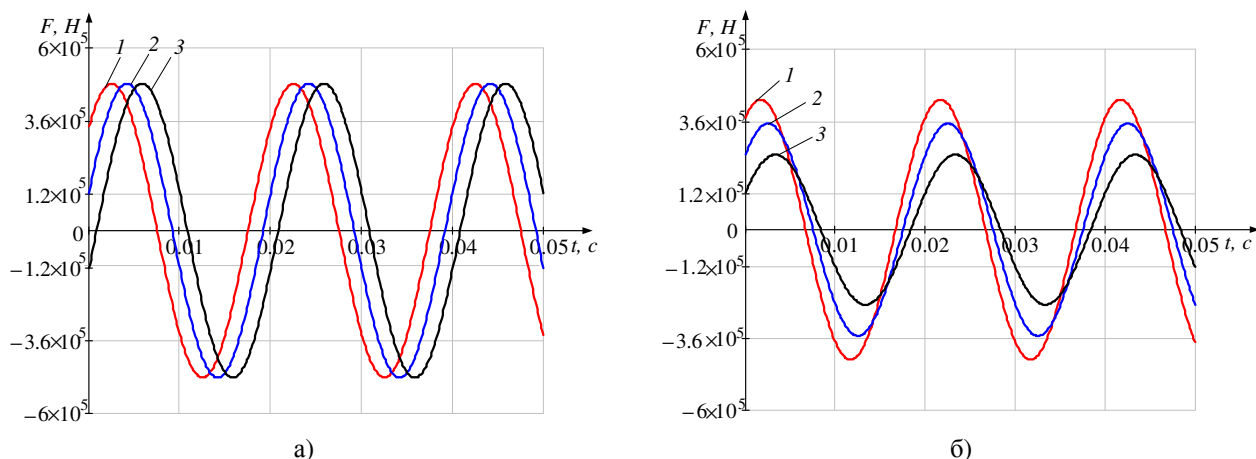
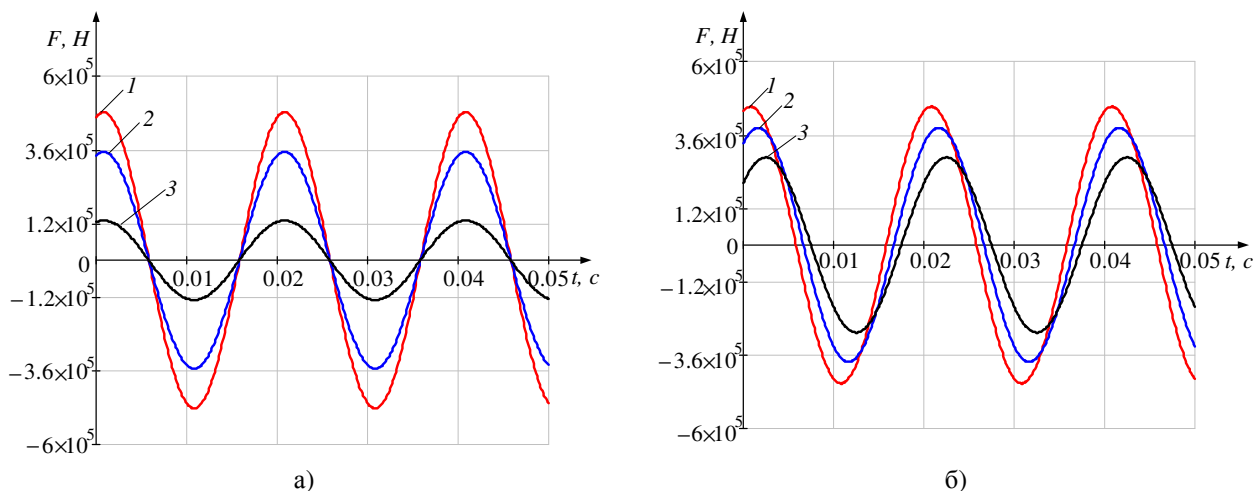


Рисунок 2 – Временная зависимость результирующей вынуждающей силы при вращении дебалансов в одном направлении: а) при $\Delta\varphi = 30^\circ$: 1 – $\varphi_1 = 30^\circ, \varphi_2 = 60^\circ$; 2 – $\varphi_1 = 60^\circ, \varphi_2 = 90^\circ$; 3 – $\varphi_1 = 90^\circ, \varphi_2 = 120^\circ$; б) при $\Delta\varphi = var$: 1 – $\varphi_1 = 0^\circ, \varphi_2 = 60^\circ$; 2 – $\varphi_1 = 0^\circ, \varphi_2 = 90^\circ$; 3 – $\varphi_1 = 0^\circ, \varphi_2 = 120^\circ$

На рис. 3 приведены графики результирующей вынуждающей силы при вращении дебалансов в разных направлениях с постоянной скоростью вращения при $\Delta\varphi = 30^\circ$ в течение периода (рис. 3, а) и при $\Delta\varphi = var$ (рис. 3, б).



*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

Рисунок 3 – Временная зависимость результирующей вынуждающей силы при вращении дебалансов в разных направлениях: а) при $\Delta\varphi = 30^\circ$: 1 – $\varphi_1 = 30^\circ$, $\varphi_2 = 0^\circ$; 2 – $\varphi_1 = 60^\circ$, $\varphi_2 = 30^\circ$; 3 – $\varphi_1 = 90^\circ$, $\varphi_2 = 60^\circ$;
 б) при $\Delta\varphi = \text{var}$: 1 – $\varphi_1 = 40^\circ$, $\varphi_2 = 10^\circ$; 2 – $\varphi_1 = 70^\circ$, $\varphi_2 = 10^\circ$; 3 – $\varphi_1 = 100^\circ$, $\varphi_2 = 10^\circ$

Как показали графики, в первом случае угол отклонения вектора результирующей вынуждающей силы относительно оси OY остается постоянным в течение одного периода, а амплитуда изменяется от максимального значения до нуля, т.е. возникает гармоническое колебание, происходящее вдоль прямой. Во втором случае максимальное значение амплитуды изменяется в зависимости от угла $\Delta\varphi$ от 0 и до π , а направление регулируется с помощью начальных фазовых углов первого и второго дебалансов.

Разрыв механической связи между валами вибровозбудителей вибрационной площадки позволяет изменять частоту вращения дебалансов независимо друг от друга. В этом случае результатом сложения двух гармонических колебаний с различными скоростями является результирующая вынуждающая сила, которая пульсирует по величине и изменяется с переменной скоростью.

На рис. 4 приведен график изменения результирующей вынуждающей силы при вращении дебалансов с разными скоростями.

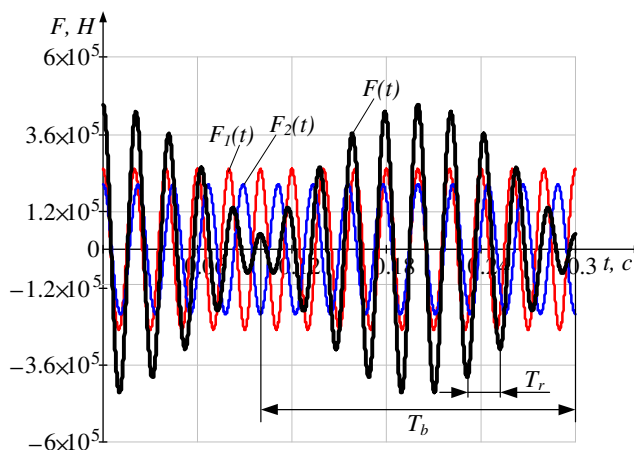


Рисунок 4 – Временная зависимость вынуждающей силы при $\omega_1 = 314\text{c}^{-1}$, $\omega_2 = 283\text{c}^{-1}$, $\varphi_1 = \varphi_2 = 0^\circ$

Проведены исследования среднеквадратического значения амплитуды результирующей вынуждающей силы при вращении дебалансов с разными скоростями, которые показали, что при увеличении разности между скоростями дебалансов среднеквадратическое значение амплитуды результирующей вынуждающей силы и период изменения амплитуды уменьшаются.

Выводы. В работе показано, что вращение дебалансов в одну сторону со сдвигом фаз позволяет получить разнонаправленные значения вынуждающей силы, а максимальное значение амплитуды ее зависит от разности начальных фазовых сдвигов дебалансов; вращение дебалансов в разные стороны позволяет управлять положением вектора результирующей вынуждающей силы как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях, что особенно важно при построении систем повышенной эффективности. При вращении дебалансов с разными скоростями есть возможность получать модулированные колебания результирующей вынуждающей силы. Режимам работы при этом характерны периодические, разночастотные изменения мощности, потребляемой из сети электрическими двигателями, что позволяет реализовать системы с энергетическими критериями управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М. Современная технология бетона // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка: науково-технічний збірник. – 2010. – Вип. 36. – С. 10 – 17.
2. Сергеев В.П. Строительные машины и оборудование: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1987. – 376 с.
3. Бауман В.А., Быховский И.И. Вибрационные машины и процессы в строительстве. – М.: Высшая школа, 1981. – 261 с.
4. Ноженко В.Ю., Захватов С.Г. Повышение эффективности вибрационных площадок для уплотнения железобетонных изделий средствами регулируемого электрического привода // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 09-11 квітня 2013. – Кременчук, 2013. – С. 59 – 60.
5. Шебалин О.Д. Физические основы механики и акустики. – М.: Высшая школа, 1977. – 255 с.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ВИБРОУПЛОТНЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ*

В. Ю. Ноженко, асп.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: viktoriya_nozhenko@mail.ru

Введение. Эффективное функционирование вибрационных установок обеспечивает высокое качество железобетонных изделий (ЖБИ). В существующих условиях применение на предприятиях устаревшего оборудования, отсутствие возможности управления параметрами виброколебаний в процессе уплотнения бетонных смесей способствует рассмотрению и созданию возможных вариантов усовершенствования вибросистем.

Следует отметить, что бетонные смеси являются многокомпонентными полидисперсными системами и характеризуются изменением реологических свойств от начала и до конца уплотнения [1-3]. Поэтому возникает необходимость применения регулируемого электропривода для управления основными параметрами колебаний в процессе уплотнения в зависимости от изменения реологических свойств бетонной смеси.

Цель работы. Управление процессом уплотнения бетонной смеси на вибрационной площадке с двухвальными дебалансными вибровозбудителями.

Материал и результаты исследования. Составляющими вибрационных площадок являются: приводные двигатели, дебалансные вибровозбудители, рабочий орган и обрабатываемая среда. Каждый из этих составляющих характеризуется различными физическими свойствами, которые во время работы могут изменяться.

К основным процессам виброплощадок можно отнести: формирование вращающих моментов на валах вибровозбудителя; формирование колебаний виброплощадки; уплотнение бетонной смеси в форме. Данные процессы взаимосвязаны, поэтому для эффективного уплотнения бетонной смеси и обеспечения высокого качества ЖБИ необходимо расширение функционирования виброоборудования.

Так, повышение эффективности работы виброплощадок с двухвальными дебалансными вибровозбудителями, а именно, изменение параметров виброколебаний в процессе уплотнения, возможно осуществить путем использования регулируемого электропривода и несогласованного вращения дебалансов за счет разрыва синхронизации валов, на которых они установлены [4]. Это расширяет возможности функционирования двухвальных вибровозбудителей и позволяет управлять направлением колебаний виброплощадки не только в вертикальной, но и в горизонтальной плоскости.

Для рассмотрения процесса виброуплотнения бетонной смеси и его исследования виброплощадка с вертикально направленными гармоническими колебаниями представлена в упрощенном виде (рис. 1), т.е. в виде одного блока с формой и бетонной смесью.

На рис. 1 обозначено: m_{pl} – масса виброплощадки с формой и бетонной смесью (9140 кг); m_1, m_2 – массы первого и второго дебалансов (25 кг); r_1, r_2 – расстояния первого и второго дебаланса от оси вращения (0,1 м); ω_1, ω_2 – угловые скорости вращения первого и второго дебалансов (314 c^{-1}); φ_1, φ_2 – начальные фазовые углы поворота первого и второго дебаланса; c_x, c_y – коэффициенты горизонтальной и вертикальной жесткости ($1,841 \cdot 10^7 \text{ Н/м}$); b_x, b_y – коэффициенты горизонтального и вертикального демпфирования (11750 Н·с/м).

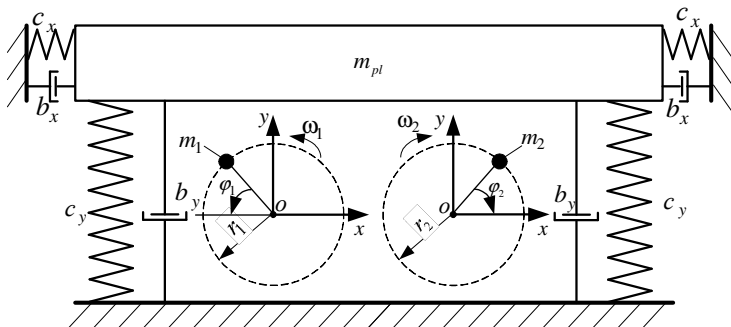


Рисунок 1 – Схема механической части виброплощадки

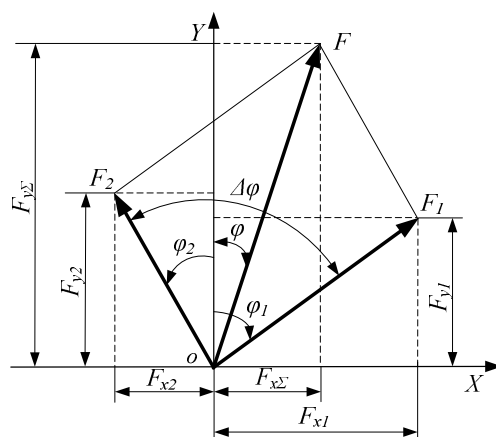


Рисунок 2 – Диаграмма вынуждающих сил при вращении дебалансов в разные стороны

Согласно [5] дифференциальные уравнения движения виброплощадки можно представить в следующем виде:

$$m_{pl}x'' = -c_x x - b_x x' + m_1 r_1 \omega_1^2 \cos(\omega_1 t) - m_2 r_2 \omega_2^2 \cos(\omega_2 t), \quad (1)$$

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

$$m_{pl}y'' = -c_y y - b_y y' + m_1 r_1 \omega_1^2 \sin(\omega_1 t) + m_2 r_2 \omega_2^2 \sin(\omega_2 t); \quad (2)$$

где x, y – перемещения вибративной площадки по оси X и Y ; $x' = dx/dt, y' = dy/dt$ – скорости вибративной площадки по оси X и Y ; $x'' = d^2x/dt^2, y'' = d^2y/dt^2$ – ускорения вибративной площадки по оси X и Y ; t – текущее значение времени.

Определено влияние начального фазового сдвига дебалансов при их вращении в разных направлениях с постоянной скоростью на направление колебаний виброплощадки с помощью векторной диаграммы (рис. 2) [6].

Проекции результирующей вынуждающей силы на оси OX и OY :

$$F_x(t) = F_{1m} \cos(\omega_1 t + \varphi_1) - F_{2m} \cos(-\omega_2 t - \varphi_2); \quad (3)$$

$$F_y(t) = F_{1m} \cos(\omega_1 t - \varphi_1) + F_{2m} \cos(-\omega_2 t - \varphi_2), \quad (4)$$

где F_{1m}, F_{2m} – максимальные значения амплитуд вынуждающей силы, создаваемой первым и вторым дебалансом.

Проекции вынуждающих сил, создаваемые первым и вторым дебалансом, на оси OX и OY :

$$F_{x1} = F_{1m} \sin \varphi_1; \quad F_{x2} = -F_{2m} \sin \varphi_1; \quad (5)$$

$$F_{y1} = F_{1m} \cos \varphi_1; \quad F_{y2} = F_{2m} \cos \varphi_2. \quad (6)$$

Амплитуда результирующей вынуждающей силы:

$$F_{\Sigma} = \sqrt{(F_{x1} - F_{x2})^2 + (F_{y1} + F_{y2})^2}. \quad (7)$$

Изменяя угол рассогласования между дебалансами, т.е. $\varphi = \varphi_2 + \varphi_1$ можно добиться изменения как амплитуды, так и фазы вынуждающей силы F_{Σ} относительно вертикальной оси. Этим создаются предпосылки для генерации виброперемещений как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Исследование процесса формирования вибросилы выполнено с помощью математической модели установки с техническими характеристиками: номинальная грузоподъемность – 9,8 т; число виброблоков – 8 шт; частота колебаний – 50 Гц; амплитуда колебаний – 0,2...0,6 мм; установленная мощность двигателей – 60 кВт.

На рис. 3 представлены графики результирующей вынуждающей силы вдоль осей OX и OY при разных начальных фазовых углах дебалансов.

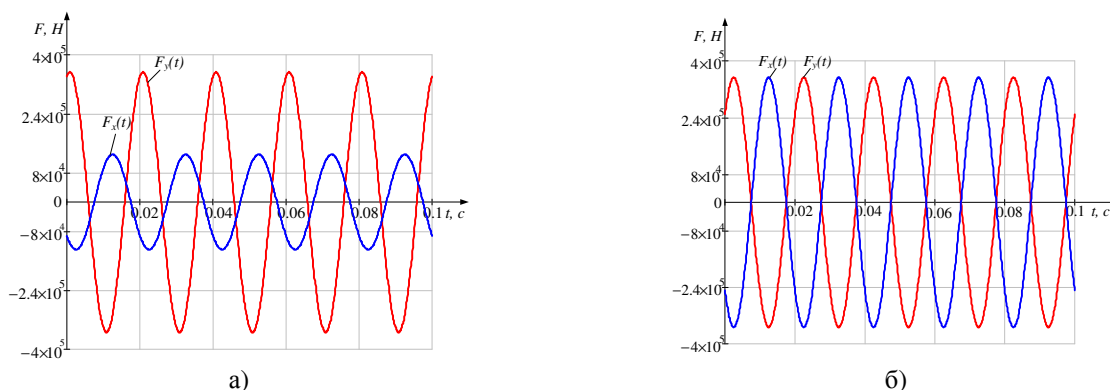


Рисунок 3 – Временная зависимость результирующей вынуждающей силы относительно осей OX и OY при:

а) $\varphi_1 = 60^\circ, \varphi_2 = 30^\circ$; б) $\varphi_1 = 90^\circ, \varphi_2 = 0^\circ$

Выводы. Таким образом, изменяя угол рассогласования между дебалансами вибративных площадок с двухвалными вибровозбудителями, можно управлять амплитудой и фазой виброколебаний в процессе уплотнения бетонной смеси.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на создание систем с расширенными функциональными возможностями виброуплотнения для повышения качественных показателей продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М. Технология бетона: учебник. – 3-е изд. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2002. – 500 с.
2. Гусев Б.В., Зазимко В.Г. Вибрационная технология бетона – К.: Будівельник, 1991. – 160 с.
3. Овчинников П.Ф. Виброреология. – К.: Наукова думка, 1983. – 272 с.
4. Ноженко В.Ю., Захватов С.Г. Повышение эффективности вибративных площадок для уплотнения железобетонных изделий средствами регулируемого электрического привода // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 09-11 квітня 2013. – Кременчук, 2013. – С. 59 – 60.
5. Быховский И.И. Основы теории вибративной техники. – М.: Машиностроение, 1968. – 362 с.
6. Шебалин О.Д. Физические основы механики и акустики. – М.: Высшая школа, 1977. – 255 с.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

**СПОСОБ ОПИСАНИЯ РОСТА ПОТЕРЬ В СТАЛИ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ
В РЕЖИМЕ ГЛУБОКОГО НАСЫЩЕНИЯ***

В. В. Ченчевой, асс., В. О. Огарь, к.т.н., доц.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, haostime@gmail.com

Введение. Потери в магнитном материале сердечника происходят тогда, когда материал подвергают воздействию изменяющегося во времени магнитного поля. Физическая природа этих потерь до сих пор не совсем понятна и упрощенное объяснение этого сложного механизма заключается в следующем. Энергия используется для осуществления "движения магнитной доменной стенки", когда домены растут и вращаются под действием внешнего магнитного поля. Когда внешнее поле меняет свое направление, происходит переориентация движения доменной стенки согласно с новым значением магнитного поля. Энергия, связанная с движением доменных стенок, необратима и выделяется в виде тепла в магнитном материале. На величину потерь имеет сильное влияние скорость, с которой внешнее поле изменяется и потери, как правило, пропорциональные некоторой функции изменения магнитного поля. Структура магнитного материала, в том числе его электропроводность, также имеет сильное влияние на величину потерь. В электрических машинах эти потери называют потерями в стали.

Классические работы по определению потерь в стали основаны на уравнении Штейнмеца [1-3], согласно которого зависимость потерь в стали от амплитуды индукции описывается степенной функцией:

$$P = c \cdot f^\alpha \cdot B^\beta \quad (1)$$

где f – частота внешнего магнитного поля, B – величина магнитной индукции поля.

Показатели α , β и множитель c существенно зависят как от ферромагнитного материала, так и от условий его перемагничивания. Причем значение показателя степени β близко к двум, то есть зависимость (1) имеет характер близкий к квадратичному.

Однако эта формула применима только в предположении, что сталь ненасыщенная. Как показали исследования авторов [4-6], в случае, когда наблюдается режим глубокого насыщения магнитопровода, есть большое несоответствие между расчетными и экспериментальными результатами. Глубокое насыщение соответствует нелинейному участку «за коленом» кривой намагничивания. До настоящего времени не понятны причины расхождения расчетных данных и данных, полученных на базе физической модели. Эта разница в потерях, получившая название «аномальных или дополнительных потерь» [3], в современных электротехнических сталях составляет более 75 % полных магнитных потерь. В связи с этим, выявление природы «аномальных» потерь представляет как практический, так и научный интерес.

Цель работы. Разработка способа определения потерь в стали, основанного на реальных физических процессах, происходящих в ферромагнитном материале в режиме глубокого насыщения.

Материал и результаты исследования. Доменные стенки представляют собой границы между доменами, и их смещение не означает перемещения какой-либо части вещества. Тем не менее можно говорить об инерции такого смещения, на что впервые указал Дёринг [7]. С учетом инерции закон смещения 180-градусных доменных стенок в общем случае выражается следующим уравнением движения:

$$m \frac{d^2 s}{dt^2} + \beta \frac{ds}{dt} + as = 2M_s H \quad (2)$$

где m – масса доменной стенки, приходящаяся на единицу площади, β – коэффициент, описывающий трение, M_s – намагниченность насыщения, a – коэффициент, описывающий возвращающую силу и равный второй производной энергии стенки по координате s . Величина $2M_s H$, стоящая в правой части (2), соответствует давлению, действующему на 180-градусную доменную стенку.

Потери энергии в расчете на единицу площади доменной стенки [8]:

$$P_\omega = \frac{2\pi\lambda\mu_0\gamma}{v^2 A} \cdot v^2 \quad (3)$$

где γ – энергия доменной стенки, приходящаяся на единицу площади, v – гиромагнитное соотношение, A – константа неоднородного обменного взаимодействия, μ_0 – магнитная проницаемость вакуума, λ – константа спин-орбитального взаимодействия.

С учетом того, что намагниченность насыщения пропорциональна магнитной индукции $M_s \sim B_m$, представим скорость доменной стенки функцией

$$v = a \cdot M_s^b \quad (4)$$

где a и b – коэффициенты аппроксимации.

Магнитная восприимчивость согласно теории ферромагнетизма Вейсса имеет вид [8]:

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

$$\chi = \frac{dM}{dH} = \frac{M_s^2}{3k(T-\Theta)} \quad , \quad (5)$$

где k – постоянная Больцмана, T – температура, Θ – точка Кюри.

При этом магнитная восприимчивость с учетом того, что в режиме глубокого насыщения

$\frac{dB}{dH} \rightarrow 0$ определяется также следующим образом:

$$\chi = \frac{1}{4\pi} \left(1 - \frac{1}{dB/dH} \right) = -\frac{1}{4\pi} \left(\frac{1}{dB/dH} \right). \quad (6)$$

Подставив выражения (5) и (6) в (4), получим нелинейную зависимость скорости доменной стенки от величины поля

$$v = a \cdot \left(\left(\frac{1}{dB/dH} \right) \cdot \frac{3k(\Theta-T)}{4\pi} \right)^{b/2}. \quad (7)$$

Тогда выражение для определения инерционных потерь примет вид:

$$P_{\omega} = \frac{2\pi\lambda\mu_0\gamma \cdot a^2 \cdot \left(\frac{3k(\Theta-T)}{4\pi} / (dB/dH) \right)^b}{v^2 A}. \quad (8)$$

Находим взаимосвязь между изменением магнитных потерь и скоростью изменения магнитного поля:

$$P_{\omega} = \frac{\zeta}{(dB/dH)^b} \quad , \quad (9)$$

где $\zeta = \frac{2\pi\lambda\mu_0\gamma \cdot a^2 \cdot \left(\frac{3k(T-\Theta)}{4\pi} \right)^b}{v^2 A}$ – конструктивный коэффициент, зависящий от параметров ферромагнитного материала.

В электрических цепях напряженность магнитного поля пропорциональна току намагничивания, а ЭДС и потокосцепление – пропорциональны величине магнитной индукции, которая для ферромагнитных материалов практически пропорциональна намагничиванию [9].

Тогда выражение (9) является подтверждением идеи проф. Родькина Д.И., что значительный рост потерь в стали при увеличении степени насыщения обратно пропорционален изменению $\frac{dE(I)}{dI}$:

$$\Delta P_c(I) = \frac{\xi}{\left(\frac{dE(I)}{dI} \right)^b} \quad . \quad (10)$$

где ξ – поправочный коэффициент, учитывающий особенности ферромагнитного материала.

На основании анализа экспериментальных кривых потерь, полученных для двигателей серии АОЛ2, были определены значения коэффициентов ξ и b : $\xi = 0.004 \div 0.005$, $b = 2$.

$$\Delta P_c(I) = \xi / \left(\frac{dE(I)}{dI} \right)^2 \quad . \quad (11)$$

На рис. 2 представлены экспериментальная кривая намагничивания для двигателя АО2–31–2, полученная проф. Петровым (2), и аппроксимирующая кривая (1) $E(I) = a \cdot \arctg(b \cdot I)$. На рис. 2, б также показано сравнение экспериментальной характеристики и характеристики, полученной с помощью аналитического выражения (11). Как видно из рис. 2, б, в режиме насыщения происходит абсолютное совпадение экспериментальной и расчетной характеристик. Рассчитано, что для коэффициента $\xi = 0,004$ дисперсия адекватности $\sigma^2 = 0,023$, коэффициент корреляции $R = 0,999$.

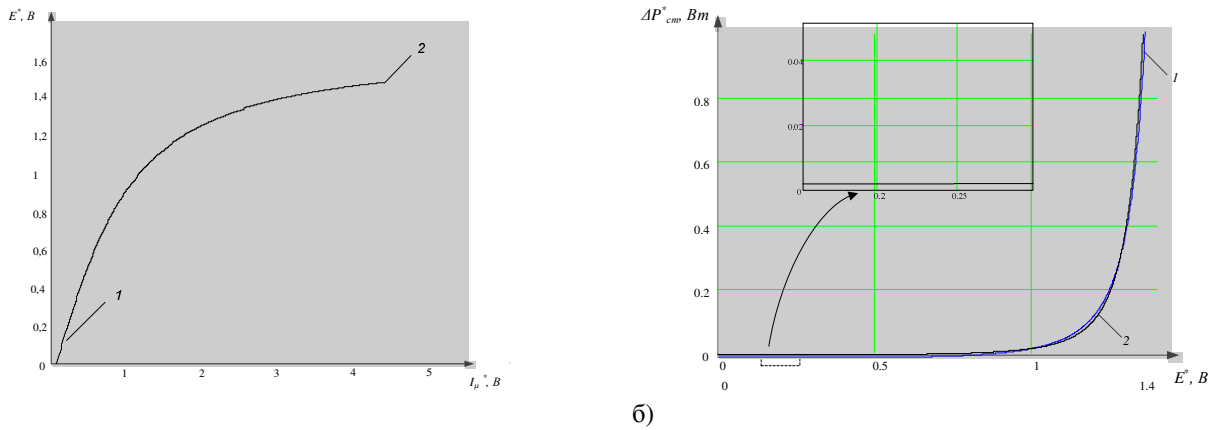


Рисунок 2 – Сравнение кривых намагничивания и потерь в стали асинхронного двигателя
1 – экспериментальные кривые, 2 – расчетные

Однако на ненасыщенном участке потери на расчетной кривой соответствуют константе, что не является действительностью. В связи с этим для учета изменения потерь двигателя в ненасыщенном состоянии магнитной системы, выражение (11) преобразуем к виду:

$$\Delta P_c(I) = \frac{\xi}{\left(\frac{dE(I)}{dI}\right)^2} \cdot (E(I))^2 \quad (12)$$

Предложенный способ определения потерь в стали позволяет с высокой точностью описывать потери в стали, возникающие в режиме глубокого насыщения для различных типов двигателей. Совпадение экспериментальной кривой с кривой, полученной на основании предложенного математического выражения, позволяет считать, что данный способ является универсальным и его можно использовать для описания кривых потерь.

Выводы. В работе обоснована и предложена зависимость для определения потерь в стали на основании нелинейной динамики доменных структур и их неравномерного движения на различных циклах перемагничивания. Полученное аналитическое выражение для определения потерь в стали асинхронной машины показало высокую сходимость расчетных и экспериментальных данных и может быть использовано при разработке систем асинхронного электропривода, работающего в режиме глубокого насыщения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Steinmetz C., On the law of hysteresis (originally published in 1892), Proceedings of the IEEE, Vol. 72, No. 2, PP. 197–221, 1984.
2. Amar M. and Protat F., A simple method for the estimation of power losses in silicon iron sheets under alternating pulse voltage excitation, *IEEE Trans. Magn.* Vol. 30, PP. 842-944, March 1994.
3. Bertotti G., Fiorillo F. and Pasquale M., Measurement and prediction of dynamic loop shapes and power losses in soft magnetic materials, *IEEE Trans. Magn.* Vol. 29, PP. 3496-3498, Nov. 1993.
4. Петров Л.П. Управление пуском и торможением асинхронных двигателей. – М.: Энергоиздат, 1981. – 184 с.
5. Огарь В.А., Родькин Д.И., Калинов А.П. Обоснование аналитической оценки потерь в насыщаемой стали асинхронного двигателя // Вісник КДПУ: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ. 2007. – Вип. 4/2007 (45), Ч. 1. – С. 98–103.
6. Qhen, Y. and Pillay P., An improved formula for lamination core loss calculations in machines operating with high frequency and high flux density excitation, 37th IAS Annual Meeting Industry.
7. Деринг В. Инерция границ между ферромагнитными областями. - В кн.: "Ферромагнитный резонанс" (Под ред. С.В. Вонсовского). М., ИЛ, 1952, 312 с.
8. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма; Магнитные характеристики и практическое применение.– М.: Мир, 1987, – 420 с.
9. Вишне夫斯基 Л.В., Пасс А.Е. Системы управления асинхронными генераторными комплексами. Одесса: Лыбидь при Киев, ун-те. -1990. – 168 с.

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ШАХТ

О. Н. Синчук, д.т.н., проф., А. А. Харитонов, ст. преп.

Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет»

ул. XXII Партсъезда, 11, 50027, г. Кривой Рог, Украина, e-mail: ckariton@i.ua

Введение. Электротравматизм в горной отрасли промышленности характеризуется не столько абсолютным количеством случаев в общем производственном травматизме (1,5–3) %, сколько тяжестью их исхода [1]. Число электротравм со смертельным исходом здесь составляет уже порядка (15 – 25) % от числа смертельных производственных травм [2]. Ожидаемое и крайне необходимое для экономики Украины повышение эффективности добычи полезных ископаемых связано с острой необходимостью разрешения проблемы обеспечения электробезопасности горных предприятий вообще и железорудных шахт в частности [3].

Технология ведения горных работ железорудных производств в последние годы характеризуется усложнением горно-геологических условий; повышением единичных мощностей горных машин и механизмов; возрастанием частоты перемещений потребителей электроэнергии. Это вскрыло болевые точки существующих структур и параметров систем электроснабжения железорудных предприятий и определило достаточно одиозное число факторов и обстоятельств, образующих рост числа и причин электротравм горнорабочих [4, 5].

Цель и задачи исследования. Разработка методов оценки состояния безопасности при применении электрической энергии на горных предприятиях и превентивная оценка состояния электротравматизма в железорудной промышленности. В соответствии с поставленной целью можно обозначить задачи дальнейших исследований по подготовке управляющих решений в проблеме электробезопасности и определении специфики электротравматизма в горной отрасли.

Материал и результаты исследований. Первым шагом при подготовке управляющих решений в проблеме электробезопасности должна быть оценка состояния электробезопасности в современных условиях функционирования отечественных железорудных предприятий.

Замедление, а в отдельные периоды отсутствие, темпов снижения производственного электротравматизма на горных предприятиях в последнее время имеет в числе причин недостаточное объяснение процесса развития и происхождения электротравм.

В этой связи представляется актуальной задача исследования самого процесса возникновения электротравм. Решение этой задачи должно базироваться на моделировании явлений, обуславливающих несчастные случаи. Моделирование целесообразно выполнять в рамках системы «человек – среда – электроустановка». При моделировании следует учесть причинно-следственный характер переходов системы из одного состояния в другое, а также случайный характер факторов и условий, обуславливающих электротравматизм.

Для различных отраслей промышленности, имеющих в основе горное производство, электротравматизм имеет свою специфику, связанную с технологией способов разработки месторождений полезных ископаемых, что подтверждается усреднёнными данными электротравматизма по угольным и железорудным предприятиям за 2005 – 2010 г. – на открытых разработках 15,4% и 61,4% к итогу, при подземных разработках 84,6% и 38,6% к итогу по вышеозначенным предприятиям.

Специфика электротравматизма в горной отрасли промышленности Украины подтверждает и данные распределения электротравм в зависимости от уровня рабочего напряжения электрических сетей, приведенные в табл. 1, а также из распределения основных причин электротравматизма, наибольшим весом в которых обладает прикосновение к токоведущим частям, а именно, к контактному проводу – 75% к итогу на железорудных предприятиях.

Таблица 1 – Распределение электротравм по данным в зависимости от рабочего напряжения электрической сети

Напряжение сети	Распределение по отраслям, % к итогу			
	Угольные	Железорудные	Угольные	Железорудные
	открытые работы		подземные работы	
1. Свыше 1000 В, в том числе:	79,8	89,8	14,5	22,5
- постоянный ток	13,5	32,7	-	-
2. До 1000 В, в том числе:	20,2	10,2	85,5	77,5
- постоянный ток	-	-	37,1	29,0

Динамика электротравматизма на горных работах железорудных предприятий представлена на рис. 1, а, б. Из приведенных данных видно, что на открытых горных работах этой отрасли имеет место тенденция роста, как общего, так и смертельного электротравматизма, а также коэффициента тяжести (рис. 1, а).

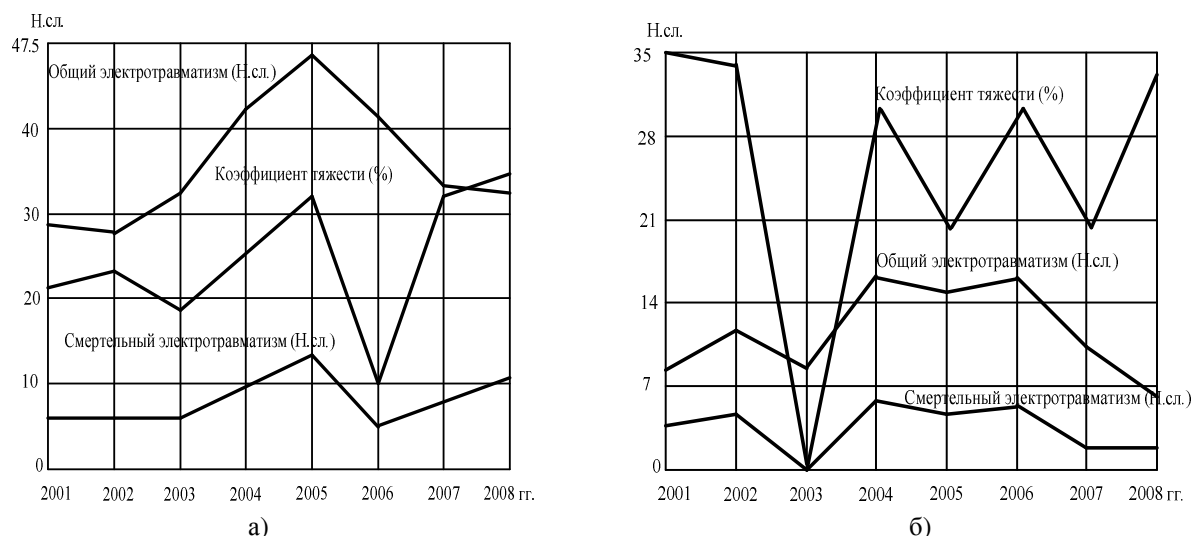


Рисунок 1 – Динамика электротравматизма (изменение количества несчастных случаев (н.сл.)) на отечественных горных предприятиях с 2001 по 2008 годы: а) карьеры; б) шахты

На подземных горных работах имеется менее выраженная тенденция роста общего электротравматизма и близкая к стабильности тенденция смертельного электротравматизма и коэффициента тяжести (рис. 1, б). При более глубоком изучении тенденций электротравматизма обращают на себя внимание тенденции по виду работ, которые показывают, что общий электротравматизм, в том числе и его составляющие по виду работ, по прежнему имеют явную тенденцию роста (110,8%). Тенденция же роста смертельного электротравматизма определяется только его составляющей - электротравматизмом на работах, не связанных с обслуживанием электроустановок, и может быть признана значительной (121,5 %).

Анализ вероятностных показателей электротравматизма горнорудных производств Украины и последнего периода существования СССР практически совпадают (математические ожидания 11,2 и 11,0 н.с. и дисперсия – 3,4 и 3,14 н.с.), что указывает на сохранение одиозной тенденции роста электротравматизма, начавшейся ещё в период СССР.

Выводы. Для повышения электробезопасности необходимо выполнить исследования процессов прежде всего в наиболее травмоопасных электроустановках. Результаты исследований позволят разработать мероприятия по повышению безопасности электротехнических комплексов и систем горных предприятий, а в данном случае конкретно в железорудных шахтах.

Специфика электротравматизма на горных работах свидетельствует о необходимости более тщательного изучения причин его возникновения на основе исследования влияния факторов, участвующих в формировании электротравмоопасных ситуаций, и негативных влияний на надежность электрооборудования и средства электробезопасности. Эти исследования должны явиться основой разработки комплексов профилактических мероприятий, направленных на эффективное снижение электротравматизма.

Обоснование и развитие методологических принципов идентификации устойчивых причинно-следственных связей возникновения электротравматизма в системе "человек - железорудное производство - электротехнические комплексы" и разработка рациональной структуры и алгоритмов исследования операций для системы подготовки управляющих решений по профилактике электротравматизма и исследование условий эксплуатации тяговых сетей в железорудных шахтах как наиболее опасных источников поражения электрическим током горнорабочих и обоснованием направления структуризации методов и средств обеспечения электробезопасности.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гладилин Л.В. Электробезопасность в горнодобывающей промышленности / В.И. Щуцкий, Ю.Г. Бацезев, Н.И. Чеботарев. – М.: Недра, 1997. – 327 с.
2. Синчук О.Н. Электробезопасность рудничной откатки / Э.С. Гузов, А.Г. Ликаренко, А.Г. Животовский – К.: Техника, 2009. – 188 с.
3. Азарян, А.А. Комплекс ресурсо- і енергозберігаючих геотехнологій видобутку та переробки мінеральної сировини, технічних засобів їх моніторингу із системою управління і оптимізації гірничорудних виробництв / Ю.Г. Вілкул, Ю.П. Капленко, Ф.І. Караманич, В.О. Колосов, В.С. Моркун, П.І. Пілов, В.Д. Сидоренко и др. – Кривий Ріг: Мінерал, 2006. – 219 с.
4. Электрификация гірничого виробництва: Підручник для ВНЗ. – Вид. 2-ге, перероб. та допов. / За ред. Л.О. Пучкова і Г.Г. Півняка. – Д.: Нац. гірн. ун-т, 2010. – Т. 1. – 503 с.
5. Цаленко Е.Ф., Шкудин С.З. Электробезопасность на горных предприятиях. – М.: МГГУ, 2008. – 103 с.

**МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В СТАЛИ
АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ***

В. В. Ченчевой, асс., В. О. Огарь, к.т.н., доц.

*Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, haostime@gmail.com*

Введение. Электротехнические устройства (силовые трансформаторы, электрические машины, трансформаторы тока, дроссели и т.д.) содержат шихтованные магнитопроводы, которые набираются из пластин электротехнической стали. При работе этих устройств значительная часть энергии рассеивается в их магнитных системах [1]. При современном развитии теоретической электротехники в области расчета электромагнитных полей дальнейшее совершенствование математических моделей электротехнических устройств возможно, в основном, за счет более точного учета всех основных свойств материалов. Например, при расчете поля в магнитопроводах, изготовленных из изотропной электротехнической стали в результате учета нелинейности, гистерезиса, вихревых токов и магнитной вязкости.

Анализ распределения поля в магнитных системах трехфазных трансформаторов и электрических машин [2] показывает, что в их отдельных частях имеют место наиболее сложные процессы пространственного перемагничивания стали, при которых векторы индукции и напряженности меняются не только по величине, но и по направлению. В результате распределение поля и потерь по объему магнитных систем оказывается существенно неоднородным и, например, в зоне Т-соединения трехфазного трансформатора потери в 2,4 раза превышают средние потери в стержнях.

Наличие сложных режимов пространственного перемагничивания, наблюдаемых в магнитопроводах электротехнических устройств, приводит к необходимости использования при их расчете соответствующих моделей, позволяющих учесть основные свойства электротехнической стали в соответствующих режимах работы. В условиях медленно протекающего во времени (квазистатического) перемагничивания модель должна правильно описывать нелинейность и векторный гистерезис. При динамическом перемагничивании ферромагнетика, в том числе на промышленной частоте, на характеристики стали существенное влияние оказывают вихревые токи и магнитная вязкость.

В настоящее время основные результаты, связанные с моделированием динамического перемагничивания стали, получены в условиях однонаправленного изменения векторов магнитного поля [3]. Кроме этого, имеющиеся модели динамического перемагничивания ферромагнетиков не учитывают весь класс известных явлений – гистерезис, вихревые токи и магнитную вязкость. В связи с этим, проблема расчета динамических режимов пространственного векторного перемагничивания электротехнической стали сохраняет свою актуальность и нуждается в дальнейшем решении.

Цель работы. Разработка математической модели гистерезиса, реально отражающая процессы, происходящие в стали с насыщением.

Материал и результаты исследования. С целью детализации и уяснения отдельных положений метода, предложенного в [3], на рис. 1 представлена блок – схема формирования потерь в стали с учетом временного запаздывания потока от тока намагничивания. Входным сигналом для схемы является сигнал тока, полученный экспериментально или путем моделирования.

С позиции анализа физических процессов правильно запаздывание представить в форме нелинейности НБ1, параметры которой необходимо определять дополнительно, в частности, посредством определения потерь при ненасыщенной стали и естественного предположения при этом равенства нулю высших гармонических тока намагничивания.

Для катушки с активным сопротивлением $R = 5,1 \text{ Ом}$ и индуктивностью в ненасыщенном состоянии $a_0 = 0,231 \text{ Гн}$ построены характеристики намагничивания: динамические петли гистерезиса и кривые намагничивания.

Зависимость $L(I)$ представлена степенным полиномом вида:

$$L(I) = a_0 + a_1 I^2(t) + a_2 I^4(t) + a_3 I^6(t) + a_4 I^8(t) + a_5 I^{10}(t), \quad (1)$$

где $a_0 \div a_5$ – коэффициенты аппроксимации, равные:

$$a_0 = 0,231; \quad a_1 = -9,5 \cdot 10^4; \quad a_2 = 1,4 \cdot 10^{-5}; \quad a_3 = 6,6 \cdot 10^{-7}; \quad a_4 = -7,1 \cdot 10^{-9}; \quad a_5 = 2,5 \cdot 10^{-11}.$$

В блоках перемножения Б1, Б3, МБ1, Б5, Б6, Б7, Б10, Б11, Б12, Б2, Б4, Б8, Б9, Б13, Б14 осуществляется функция умножения в выражении определения тока. В блоках НБ2, НБ3, НБ4, НБ5, НБ6, НБ7 осуществляется тригонометрическая функция в выражении определения тока. В блоках перемножения Б15, Б16, Б17 осуществляется функция умножения в выражениях определения э.д.с. контура намагничивания и мощности потерь в стали.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

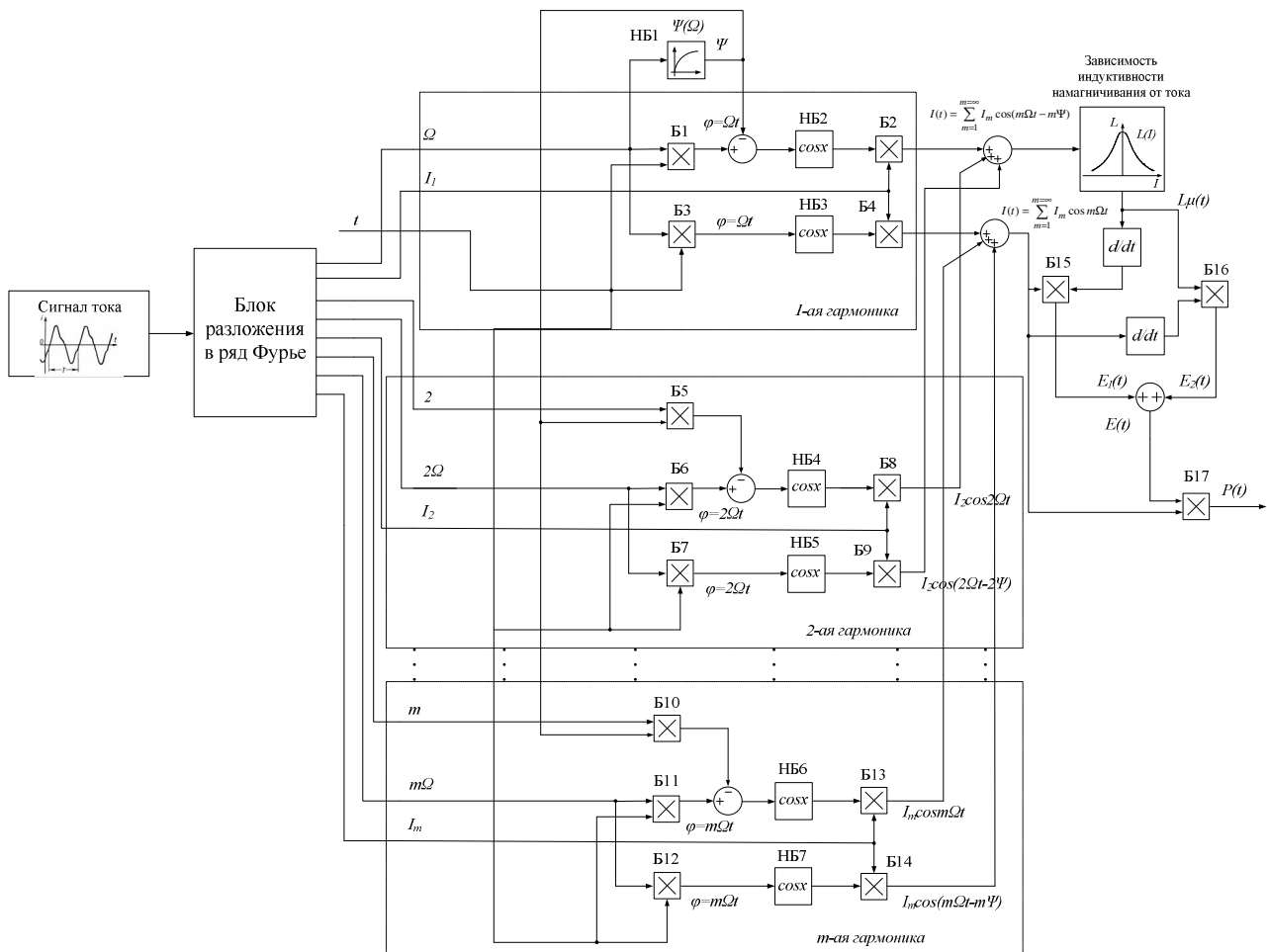


Рисунок 1 – Блок-схема формирования потерь в индуктивности с насыщением

Исходя из исследований изменения формы петли гистерезиса при различных значениях угла магнитного запаздывания, можно судить о том, что временное запаздывание потока от тока намагничивания – это косвенное подтверждение изменения скорости намагничивания в режиме насыщения.

Выводы. В ходе исследований разработана математическая модель формирования гистерезисных потерь с учетом временного запаздывания потока от тока намагничивания. Модель дает возможность исследования потерь в стали и петель гистерезиса в периодических режимах перемагничивания. Построенные с ее помощью петли гистерезиса позволили выявить специфические особенности процесса перемагничивания ферромагнетика в режиме глубокого насыщения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Молотилов Б.В., Миронов Я.В. Современные электротехнические стали // Электротехника. 1983. №6. С. 33-37.
2. David Ribbenfjard, Electromagnetic Transformer Modeling Including the Ferromagnetic Core, International Conference, Sweden, 2010.
3. Zirka S. E., Moroz Y. I., Marketos P., Moses A. J., Jiles D. C., Matsuo T. Generalization of the classical method for calculating dynamic hysteresis loops in grain oriented electrical steels, IEEE Trans. Magn., 44, 2008, PP. 2113-2126.
4. Родькин Д. И., Ченчевой В. В., Огарь В. О. Об определении потерь в стали асинхронного двигателя при глубоком ее насыщении. Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 2/2013 (22) – С. 75–85.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

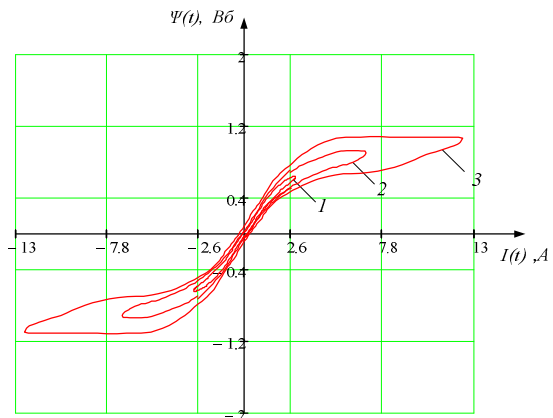


Рисунок 2 – Петля гистерезиса при различных значениях напряжения питания: 1 – 100 В; 2 – 200 В; 3 – 300 В

СОЗДАНИЕ САЙТОВ НАУЧНЫХ ЖУРНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАТФОРМЫ WORDPRESS

П. Р. Чистяков, студ., А. Л. Перекрест, к.т.н., доц.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: pavlentiya@gmail.com

Введение. Традиционные методы распространения информации несколько устарели и не могут в полном объеме выполнять свои функции. В условиях бурного развития Интернета всё больше изданий стали предлагать электронные версии своих публикаций в виде отдельных выпусков, которые можно загрузить или просмотреть онлайн на веб-сайте. Электронные версии изданий кардинально отличаются от печатных своей спецификой предоставления информации, возможностью интерактивного взаимодействия читателя с автором посредством электронной почты и высокой скоростью распространения материала. Все эти факторы существенно ускоряют появление исправленных, дополненных, переработанных версий электронных изданий. К тому же, публикация электронной версии документов не требует от автора существенных вложений денежных средств. За счёт широкого распространения персональных компьютеров и переносных мобильных устройств, онлайн-издание позволяет следить за наиболее интересными с позиции актуальности и научной новизны публикациями с любой точки планеты, при условии наличия интернет-соединения.

Научная работа любого структурного подразделения университета требует публикации и апробации результатов исследований их сотрудников. Так, для осуществления научной деятельности в Институте электромеханики, энергосбережения и систем управления Кременчугского Национального Университета имени Михаила Остроградского (КрНУ им. М. Остроградского) проводятся две международные конференции: «Проблемы энергоресурсосбережения в электроэнергетических системах. Наука, образование и практика» ([ICPEES http://icpees.kdu.edu.ua](http://icpees.kdu.edu.ua)) и «Электромеханические та энергетические системы, методы моделирования и оптимизации» ([ESMO http://esmo.kdu.edu.ua](http://esmo.kdu.edu.ua)), студенческие олимпиады <http://saue.kdu.edu.ua/index.php/ua/olympics> и конкурсы студенческих научных работ <http://saue.kdu.edu.ua/index.php/ua/snr/160-snr>, семинар «Информационные технологии в учебном процессе» ([ITE http://saue.kdu.edu.ua/index.php/ua/seminar-itnp](http://saue.kdu.edu.ua/index.php/ua/seminar-itnp)), публикуются сборники тезисов и дайджестов конференций [ESMO](http://esmo.kdu.edu.ua) и [ICPEES](http://icpees.kdu.edu.ua), публикуются научно-производственный журнал «Электромеханические и энергосберегающие системы» и [Реферативный журнал ИЭЭСУ](http://www.izvestia.kdu.edu.ua). При этом, журнал «Электромеханические и энергосберегающие системы» индексируется в общегосударственной базе данных «УКРАЇНКА НАУКОВА» (реферативный журнал «ДЖЕРЕЛЮ»), в реферативном журнале и базе данных ВИНТИ (Российская академия наук), международных наукометрических базах данных «INDEX COPERNICUS», «ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY» и «POLISH SCHOLARLY BIBLIOGRAPHY», научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU.

Таким образом, можно сформулировать обобщенные требования к сайтам научных журналов: информация на сайте должна регулярно и оперативно обновляться; навигация на сайте должна быть представлена в виде меню, обеспечивающего простой и понятный доступ ко всем страницам сайта, сайт не должен содержать нефункционирующие ссылки, публикации на сайте должны быть представлены единообразно, чтобы способствовать удобству её восприятия читателем, все разделы сайта должны иметь единый дизайн либо его общую концепцию, дизайн должен быть выполнен в единой цветовой гамме, сайт должен содержать исчерпывающую информацию: телефоны с кодом города, адреса электронной почты, контактную информацию редакции журнала, сайт должен корректно просматриваться и функционировать в наиболее распространённых браузерах: Internet Explorer (версии 8.0 и выше), Opera (9-я и выше), Firefox, Chrome, Safari, сайт должен корректно отображаться для посетителей, имеющих разрешение экрана 800x480 точек и выше [4].

Цель работы. Создание двух сайтов научных изданий на базе платформы WordPress для повышения эффективности всеобщего ознакомления с трудами учёных.

Материал и результаты исследования. Большинство сайтов, будь-то интернет-магазин, личный блог или электронный журнал, как в нашем случае, выполнены на основе какой-либо системы управления содержимым (CMS). Различные факторы и широкий выбор CMS затрудняют дать однозначный ответ на вопрос: какая система управления содержанием является более предпочтительной?

Наиболее распространёнными являются платформы Joomla, Drupal и WordPress. Так, последняя версия CMS Joomla 3.5 имеет минимальный набор инструментов, которые доступны пользователю сразу после установки. Базовая функциональность Joomla в случае потребности дополняется самим пользователем с помощью отдельных плагинов, модулей и компонентов. CMS поддерживает многоязычность и позволяет легко изменить внешний вид веб-сайта или создать свой уникальный на основе уже готовых платных или бесплатных решений.

Open Journal Systems (рис. 1) является системой для управления и публикации журналов. Она устанавливается и

управляється локально, позволяет редакторам настраивать требования, процесс рассмотрения, управлять содержимым через Интернет. OJS – это программное обеспечение с открытым исходным кодом, доступное для всех журналов по всему миру, созданное для открытого доступа к публикациям, так как открытый доступ может повысить круг читателей журнала, а также его вклад в общественное благо в глобальном масштабе.

Djupal – это система управления содержимым с более чем 630000 пользователей и разработчиков. К сожалению, эта CMS требует большего количества ресурсов и расширенные знания в веб-технологиях.

Платформа WordPress изначально разрабатывалась исключительно как блог-платформа. Она содержит в себе набор возможностей для того, чтобы максимально упростить процесс создания онлайн-публикации.

Ключевая особенность данной платформы – централизованная база знаний WordPressCodex, где можно найти ответы на множество вопросов, связанных с разработкой и управлением сайтом. Администратор ресурса имеет возможность настройки учётных записей пользователей с разными правами доступа, использования различных языков в интерфейсе, создавать пароли для отдельных публикаций и значительно расширять возможности ресурса с помощью многочисленных плагинов [2].

Основное задание онлайн-журнала состоит в том, чтобы ознакомить как можно большее количество читателей с трудами учёных. Помочь это сделать призваны поисковые системы, реферативные журналы и базы данных, для которых большее значение имеют частота использования ключевых слов и гиперссылки на ресурс, чем используемая CMS.

Для разработки сайтов журналов использована CMS WordPress, поскольку она не требует особых навыков и наличия большого опыта веб-разработки, а за счёт дополнительных модулей позволяет легко расширять базовые возможности сайта.

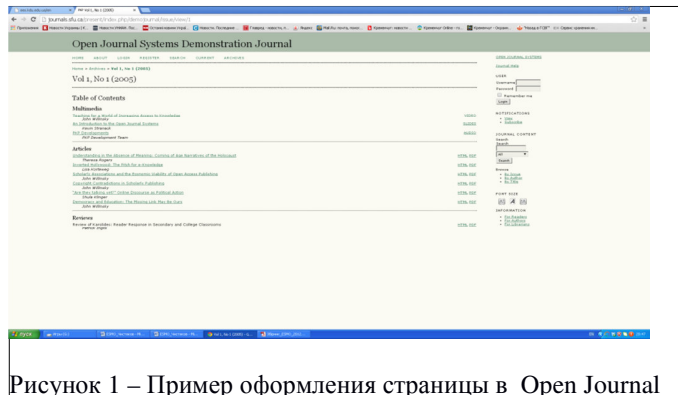


Рисунок 1 – Пример оформления страницы в Open Journal

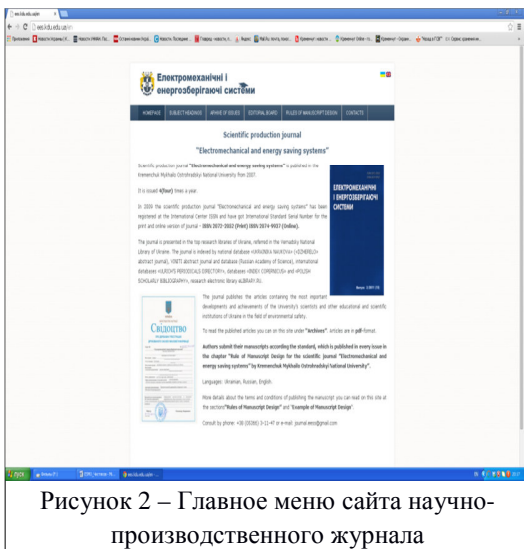


Рисунок 2 – Главное меню сайта научно-производственного журнала

При создании сайта необходимо в первую очередь создать базу данных MySQL. Подавляющее большинство провайдеров используют для этих целей phpMyAdmin [3]. Далее следует загрузить файлы CMS на хостинг и запустить установку. Все шаги установки детально описываются во время процесса. После установки мы получаем готовый функционирующий сайт, на котором содержатся ознакомительные материалы.

Поскольку WordPress представляет из себя конструктор, то дальнейшие шаги можно выполнять практически в любом порядке. В зависимости от выбранной темы могут отличаться функции, расположение элементов и дополнительные возможности сайта. Главное меню обычно располагается в шапке сайта и настраивается пользователем в зависимости от предпочтений.

В случае научно-производственного журнала были вынесены следующие пункты: "Головна", "Тематичні рубрики", "Архів номерів", "Редакційна рада", "Правила і умови публікації" и "Контакти" (рис. 2). Все пункты меню, кроме пункта Головна, ведут к страницам с аналогичными названиями и созданы через главную консоль Wordpress. Пункт "Головна" представляет собой

лишь ссылку на главную страницу. После выбора темы оформления этап разработки сайта завершён. Дальнейшие действия направлены на модификацию готового сайта под заданные условия. Они заключаются в изменении дизайна и установке дополнительных плагинов.

На рис. 3 приведены примеры окон, с помощью которых происходит управление контентом. Добавления новых публикаций реферативного журнала производится из главного меню сайта и не требует особых навыков. Процесс редактирования текста идентичен офисному пакету Microsoft Office. Однако для правильного функционирования сайта администратор должен заполнить поле тегов, в котором необходимо указать год публикации, её авторов и номер выпуска журнала.

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ, МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ

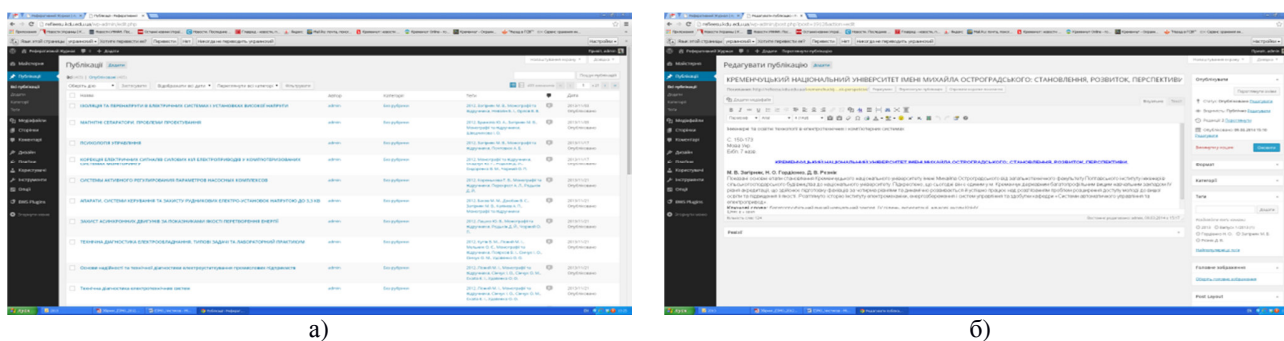


Рисунок 3 – Окна отображения списка всех публикаций (а) и редактирования отдельных статей (б)

Выводы. В работе на основании изученных основных принципов работы поисковых систем и анализа популярных CMS были разработаны веб-сайты научно-производственного и реферативного журналов на основе CMS WordPress. Использование электронных версий изданий позволяет пользователям оперативно получать доступ к регулярно обновляемой тематической информации.

На данный момент возможность добавления новых материалов на сайт имеет только администратор, а открытая регистрация новых пользователей запрещена. В будущем планируется реализация системы, позволяющей отсылать научные материалы редакторам с последующей публикацией статей. Это позволит существенно облегчить и ускорить появление новых материалов.

Кроме того, для повышения удобства использования сайта пользователями, не владеющими украинским языком сайт научно-производственного журнала оснащён английской локализацией. В дальнейшем она будет дополнена русской. Аналогичные правки будут применены к сайту Реферативного журнала.

Также в следующем обновлении запланирована таблица, отображающая количество публикаций автора в указанном журнале за отдельно взятый год.

ЛИТЕРАТУРА

1. Інженерні та освітні технології в електротехнічних і комп'ютерних системах [Електронний ресурс] Щоквартальний науково-практичний журнал. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 3/2013 (3). – 109 с. – Режим доступу: <http://eetecs.kdu.edu.ua>
2. WordPressCodex [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сторінки: <http://codex.wordpress.org>.
3. Уроки WordPress WPsafe.org [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сторінки: <http://wpafe.org/uroki-wordpress/>
4. Инфотехно [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сторінки: <http://www.infotechno.ru/trebovaniya.htm>

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ПРОВОДА ПРИ ПЛЯСКЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

*Н. П. Токенов, докторант, М. А. Джаманбаев, к.ф.-м.н., доц.
Казахский Национальный Технический Университет им. К.И. Сатпаева
ул. К. И. Сатпаева, 22, г. Алматы, 050013, Казахстан, e-mail: TNPNuri@mail.ru*

Введение. Воздушные линии электропередачи являются основным средством передачи и распределения электрической энергии. В работе представлена методика оценки динамических нагрузок на провода, предназначенная для исследования колебаний расщеплённых фаз под воздействием ветра. Исследуется инженерная методика оценки динамических нагрузок на провода воздушных линии (ВЛ) при пляске и влияние дополнительных нагрузок колебаний на прочность линии электропередачи (ЛЭП) в анкерных пролетах.

Цель работы. Разработать математическую модель динамических нагрузок и дополнительную нагрузку на провод при условии линейной зависимости между натяжением провода и его удлинением. Получить графики изменения механического напряжения и дополнительной нагрузки на провода.

Материал и результаты исследования. Опыт эксплуатации показывает, что интенсивные колебания проводов воздушных линии при пляске сопровождаются значительными дополнительными динамическими нагрузками на провода, опоры и арматуру. Эти нагрузки зачастую не учитываются при расчетах элементов ВЛ на прочность [1, 2] Ниже приводится инженерная методика оценки динамических нагрузок на провода ВЛ при пляске [3]. Задача ограничивается вертикальными колебаниями проводов в анкерном пролете, поскольку опасные для прочности ЛЭП динамические нагрузки могут возникать в анкерных пролетах. Дополнительная нагрузка от крутильного движения одиночного провода или расщепленной фазы ничтожно мала, поэтому здесь не учитывается.

Дополнительная нагрузка на провод при условии, что между натяжением провода и его удлинением существует линейная зависимость, вычисляется по формуле

где E – модуль Юнга, F – площадь поперечного сечения провода, l – длина пролета, T_0 – начальное натяжение, T – натяжение провода при пляске, L_0 – начальная длина, L – длина в отклоненном состоянии.

$$L_0 \approx \int_0^l \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial y(z)}{\partial z} \right)^2 \right] dz; \quad L \approx \int_0^l \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial z} [y(z) + q(z, t)] \right)^2 \right] dz, \quad (2)$$

где $y(z)$ – координатная функция, описывающая положение статического равновесия

$$y(z) = \frac{P_0}{2T_0} z(l - z), \quad (3)$$

P_0 – вес единицы длины провода с гололедом, $q(z, t)$ – закон движения провода.

Для аппроксимации проводов ВЛ системой с одной степенью свободы предположим, что ее перемещения вдоль пролета происходит только по одной пространственной форме с обобщенной координатой

$$q(z, t) = a(t)\psi(z) \approx a(t) \sin \frac{m\pi z}{l}, \quad (4)$$

где $m = 1, 2, \dots$ – число полуволн в пролете, $a(t)$ – обобщенная координата, $\psi(z)$ – координатная функция, удовлетворяющая граничным условиям.

Пропуская промежуточные преобразования, запишем конечный результат

$$T = T_0 - EF \left[\frac{P_0}{m\pi T_0} (1 - \cos(m\pi)) a(t) + \frac{m^2 \pi^2}{4l^2} a^2(t) \right]. \quad (5)$$

Следует отметить, что провода ВЛ испытывают наибольшую нагрузку при однополуволновой пляске, поэтому в дальнейшем ограничиваемся случаем первой формы колебаний. Положив в (5) $m=1$, получим

$$T = T_0 - EF \left[\frac{2P_0}{\pi T_0} a(t) + \frac{\pi^2}{4l^2} a^2(t) \right]. \quad (6)$$

При известном законе движения провода в ветровом потоке формула (6) дает оценку динамических нагрузок на провода ЛЭП. Если каждая точка провода совершает гармонические колебания

$$a(t) = \Delta + A \sin(\omega t), \quad (7)$$

то выражение (6) преобразуется к виду

$$T = T_0 - EF \left[\frac{2P_0}{m\pi T_0} (\Delta - \sin(\omega t)) + \frac{\pi^2}{4l^2} (\Delta - \sin(\omega t))^2 \right], \quad (8)$$

где ω – частота пляски, A – амплитуда пляски, Δ – постоянная составляющая.

Натяжение провода достигает минимума в момент времени $t=\pi/(2\omega)$, а максимума – при $t = 3\pi/(2\omega)$. Следовательно, величину максимального натяжения можно оценить по формуле

$$T = T_0 - EF(\Delta + A) \left[\frac{2P_0}{\pi T_0} + \frac{\pi^2}{4l^2} (\Delta + A) \right]. \quad (9)$$

На опытном полигоне КазНИИЭ наблюдали естественную пляску на анкерном пролете длиной 354 м. Натяжение проводов в пролете 3218 даН. Число проводов в фазе равно – 4. Лед прозрачный, толщиной около 5 мм. Скорость ветра при пляске 5 – 6 м/сек. Угол атаки ветра к линиям $\approx 90^\circ$. Колебания происходили с одной полуволной. Амплитуды колебаний составляют $A_H = 1,25$ м, и $A_B = 1,65$ м (размах 2,90 м). Поворот фазы во время пляски незначителен, двойной угол закручивания составляет не более 5 градусов. Для этого случая расчет динамической нагрузки приведен на рис. 1.

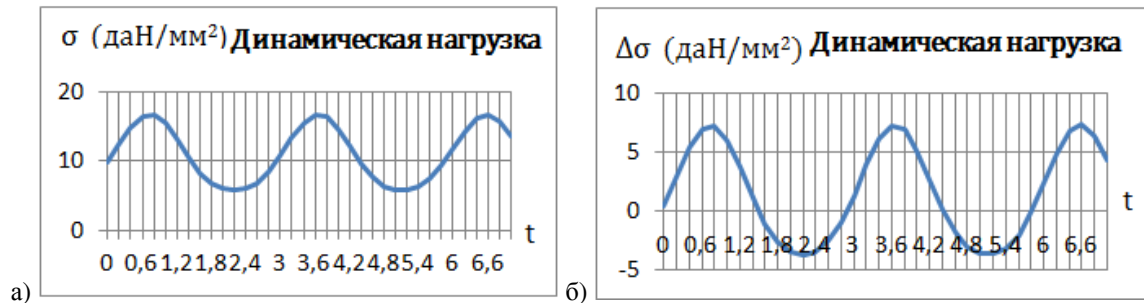


Рисунок 1 – а) Изменение механического напряжения $\sigma=T/F$ (даН/мм²) при пляске, б) дополнительная нагрузка на провод $\Delta\sigma=(T-T_0)/F$ (даН/мм²)

Из рис. 1 следует, что даже при незначительной скорости ветра максимальное напряжение достигает величины $\sigma_{\max}=1,25\sigma_0$ (даН/мм²), то есть пляска в анкерном пролете сопровождается повышенными динамическими нагрузками.

Выводы. Разработана математический модель инженерной методики пляски проводов для оценки динамических нагрузок на провода воздушных линии при пляске и влиянии дополнительных нагрузок колебаний на прочность линии электропередачи в анкерных пролетах. Получены графики изменения механического напряжения и дополнительной нагрузки на провод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекметьев Р.М., Джаманбаев М.А. Методика расчета динамических нагрузок при пляски проводов». Сб. докладов советских специалистов на международной конференции по проблемам пляски проводов ЛЭП. - Сочи, октябрь, 1985.
2. Джаманбаев М.А. Расчет характеристик колебаний проводов методом последовательных приближений». - Метеовоздействия на энергооборудования / Сб. научн. трудов/, – Алма-Ата, 1991.
3. Елисеева И.И., Курышева С.В. и др. Практикум по эконометрике /учебное пособие /. - М.: Финансы и статистика, 2001, – 192 с.
4. Wang, B.P., Eigenvalue Sensitivity with Respect to Location of Internal Stiffness and Mass Attachments. AIAA Journal, Vol. 34, No. 4, 1993, pp.791 –794.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ**

*В. Г. Ковальчук, лаб., Т. В. Коренькова, к.т.н., доц.
Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: viktorija_kovalc@mail.ru*

Введение. Регулирование режимов работы электрогидравлического комплекса (ЭГК) может сопровождаться развитием нестационарных гидродинамических процессов (пульсаций напора, гидравлических ударов, кавитационных явлений), приводящих с течением времени к изменению параметров насосных агрегатов (НА) и трубопроводной сети: гидравлических сопротивлений, потерь мощности на элементах ЭГК, КПД НА и т.п. [1]. Сказанное непосредственно связано с определенными условиями перетока мощности (электрической, механической, гидравлической) в энергетическом канале ЭГК.

Анализ показал, что использование метода мгновенной мощности для исследования процессов преобразования энергии в электротехнических устройствах [2, 3], позволяет наиболее полно описать энергетический режим в ЭГК при любой форме исходных сигналов (тока и напряжения, напора и расхода), а уравнения энергобаланса гармонических составляющих мгновенной мощности должны лежать в основе решения задачи идентификации параметров находящегося в эксплуатации оборудования.

Цель работы. Математическая формализация энергопроцессов в электрогидравлическом комплексе с использованием составляющих мгновенной мощности.

Материал и результаты исследований. На рис. 1 приведена эквивалентная электрическая схема замещения ЭГК, включающая: регулируемый по скорости насосный агрегат, трубопроводную сеть, представленную тремя последовательно включенными участками, потребитель, установленный в конце трубопроводной сети. Представление ЭГК методом четырехполюсников (участков трубопроводной сети конечной длины, в пределах которых входные и выходные параметры неизменны во времени) позволяет определить напор и расход в любой точке системы, потери напора на элементах ЭГК при различных параметрах потребителя и регулировании расхода изменением частоты вращения рабочего колеса насоса.

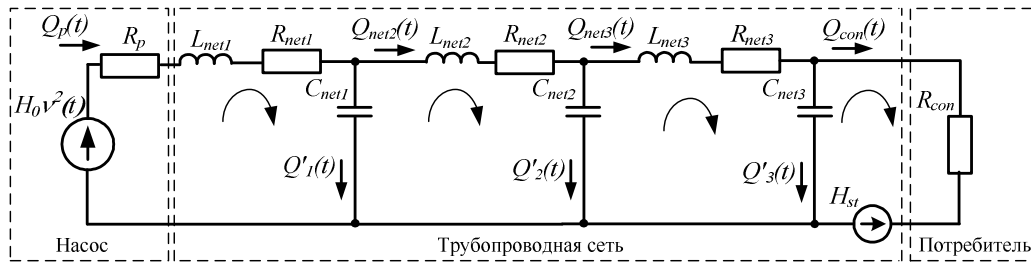


Рисунок 1 – Электрическая схема замещения электрогидравлического комплекса

На схеме (рис. 1) приняты следующие обозначения: $H_0 v^2(t)$ – источник гидравлического питания; $v(t)$ – относительная частота вращения насосного агрегата; H_{st} – источник статического противодействия; $R_p, R_{net1}, R_{net2}, R_{net3}, R_{con}$ – активные гидравлические сопротивления насоса, участков трубопровода и потребителя, соответственно; $L_{net1}, L_{net2}, L_{net3}$ – индуктивные сопротивления участков трубопровода, соответственно; $C_{net1}, C_{net2}, C_{net3}$ – емкостные сопротивления участков трубопровода, соответственно; $Q_p(t), Q_{net2}(t), Q_{net3}(t), Q_{con}(t)$ – расход на выходе насоса, на участках трубопровода и у потребителя, соответственно; $Q'_1(t), Q'_2(t), Q'_3(t)$ – утечки расхода на соответствующих участках трубопровода.

Для приведенной схемы замещения ЭГК (рис. 1) справедлива система уравнений:

$$\left. \begin{aligned} H_0 v^2(t) &= R_p Q_p^2(t) + R_{net1} Q^2(t) + L_{net1} d(Q_p(t))/dt + 1/C_{net1} \int Q'_1(t) dt; \\ 0 &= R_{net2} Q_2^2(t) + L_{net2} d(Q_2(t))/dt + 1/C_{net2} \int Q'_2(t) dt - 1/C_{net1} \int Q'_1(t) dt; \\ 0 &= R_{net3} Q_3^2(t) + L_{net3} d(Q_3(t))/dt + 1/C_{net3} \int Q'_3(t) dt - 1/C_{net2} \int Q'_2(t) dt; \\ 0 &= H_{st} + R_{con} Q_{con}(t) - 1/C_{net3} \int Q'_3(t) dt; \\ Q_p(t) &= Q_{con}(t) + Q'_1(t) + Q'_2(t) + Q'_3(t). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

На рис. 2 приведена схема распределения потерь мощности в энергетическом канале ЭГК, на основании которой общее уравнение энергобаланса имеет вид:

$$p_s(t) = \Delta p_p(t) + \Delta p_{net1}(t) + \Delta p_{net2}(t) + \Delta p_{net3}(t) + \Delta p_{st}(t) + p_{con}(t), \quad (2)$$

где $p_s(t) = H_0 v^2(t) Q_p(t)$ – мгновенная гидравлическая мощность на выходе источника гидравлического питания; $\Delta p_p(t) = R_p Q_p^3(t)$ – потери мощности на активном сопротивлении насоса; $\Delta p_{neti} = \Delta p_{R_{neti}}(t) + \Delta p_{L_{neti}}(t) + \Delta p_{C_{neti}}(t)$ – потери гидравлической мощности на i-том участке трубопровода;

$\Delta p_{R_{neti}}(t) = R_{neti} Q_{neti}^3(t)$, $\Delta p_{L_{neti}}(t) = L_{neti} Q_{neti}(t) d(Q_{neti}(t))/dt$, $\Delta p_{C_{neti}}(t) = Q_{neti}(t)/C_{neti} \int Q_{neti}(t) dt$ – потери мощности на активном, индуктивном и емкостном сопротивлениях трубопровода, соответственно; $\Delta p_{st}(t) = H_{st} Q_{con}(t)$ – потери гидравлической мощности, расходуемой на преодоление противодействия в трубопроводной сети; $p_{con}(t) = R_{con} Q_{con}^3(t)$ – мгновенная гидравлическая мощность у потребителя;

При синусоидальном входном воздействии вида $v(t) = v_0 + v_m \cos(\Omega t - \varphi) = v_0 + v_a \cos(\Omega t) + v_b \sin(\Omega t)$ сигнал расхода также представляет собой временную функцию $Q_p(t) = Q_{pn} v(t)$, где v_0, v_m – амплитуда

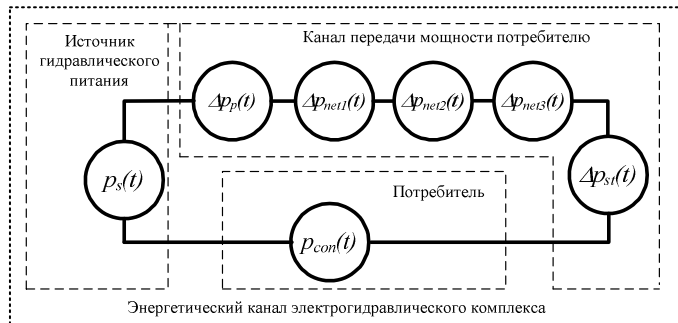


Рисунок 2 – Схема распределения потерь мощности в энергетическом канале ЭГК

постоянной и переменной составляющих сигнала частоты вращения, соответственно; v_a, v_b – ортогональные косинусная и синусная составляющие сигнала относительной частоты вращения, соответственно; $\Omega = 2\pi f$ – круговая частота; f – частота изменения входного сигнала; φ – угол сдвига фазы сигнала; Q_{pn} – номинальное значение производительности насоса.

Путем применения математического аппарата Фурье составляющие уравнения (2) энергобаланса ЭГК можно

представить суммой гармонических компонент (постоянной, косинусной и синусной). Так, мгновенная мощность на выходе гидравлического источника имеет вид:

$$p_s(t) = H_0 v^2(t) Q_p(t) = H_0 (v_0 + v_a \cos(\Omega t) + v_b \sin(\Omega t))^2 (Q_{p0} + Q_{pa} \cos(\Omega t) + Q_{pb} \sin(\Omega t)) = P_{s0} + P_{s1a} \cos(\Omega t) + P_{s1b} \sin(\Omega t) + P_{s2a} \cos(2\Omega t) + P_{s2b} \sin(2\Omega t) + P_{s3a} \cos(3\Omega t) + P_{s3b} \sin(3\Omega t), \quad (3)$$

где P_{s0} – постоянная составляющая мгновенной мощности гидравлического источника; $P_{s1a}, P_{s2a}, P_{s3a}$ – косинусная составляющая первой, второй и третьей гармоник мощности гидравлического источника, соответственно; $P_{s1b}, P_{s2b}, P_{s3b}$ – синусная составляющая первой, второй и третьей гармоник мощности гидравлического источника, соответственно.

Аналогичным образом могут быть описаны составляющие потерь мгновенной мощности на всех элементах энергетического канала ЭГК. Полученный результат, с одной стороны, позволяет определить гидравлическую мощность, потери мощности на элементах ЭГК, а также получить оценочные характеристики энергетического режима при изменении технологических параметров в гидросистеме. С другой стороны, составляя уравнения энергобаланса для отдельных компонент мгновенной мощности, появляется возможность определения параметров ЭГК (активных, индуктивных и емкостных сопротивлений), соответствующих текущему режиму его эксплуатации:

$$\left. \begin{aligned} P_{s0} &= P_{st0} + P_{Rp0} + P_{R_{net1}0} + P_{L_{net1}0} + P_{C_{net1}0} + P_{R_{net2}0} + P_{L_{net2}0} + P_{C_{net2}0} + P_{R_{net3}0} + P_{L_{net3}0} + P_{C_{net3}0} + P_{R_{con}0}; \\ P_{s1a} &= P_{st1a} + P_{Rp1a} + P_{R_{net1}1a} + P_{L_{net1}1a} + P_{C_{net1}1a} + P_{R_{net2}1a} + P_{L_{net2}1a} + P_{C_{net2}1a} + P_{R_{net3}1a} + P_{L_{net3}1a} + P_{C_{net3}1a} + P_{R_{con}1a}; \\ P_{s1b} &= P_{st1b} + P_{Rp1b} + P_{R_{net1}1b} + P_{L_{net1}1b} + P_{C_{net1}1b} + P_{R_{net2}1b} + P_{L_{net2}1b} + P_{C_{net2}1b} + P_{R_{net3}1b} + P_{L_{net3}1b} + P_{C_{net3}1b} + P_{R_{con}1b}; \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Сказанное заслуживает особого внимания в вопросах построения систем контроля параметров и защиты насосных комплексов в аварийных режимах работы (помпаж, кавитация, гидравлический удар).

Выводы. Показано, что представление электрогидравлического комплекса методом четырехполосников позволяет определить напор и расход на любом участке трубопроводной сети при изменении частоты вращения и сопротивления потребителя. Путем включения в схему замещения дополнительных контуров, учитывающих групповую работу насосных агрегатов с регулируемым и нерегулируемым электроприводом, кавитационные процессы в трубопроводной сети, регулирование расхода задвижкой, предоставляется возможность исследования физических процессов, протекающих в гидросистеме. Математическая формализация энергетических процессов в электрогидравлическом комплексе на базе уравнений энергобаланса для постоянной и гармонических составляющих гидравлической мощности на всех элементах энергетического канала при формировании синусоидального тестового воздействия позволяет определить текущие параметры эксплуатируемого оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов Д.Н. Нестационарные гидромеханические процессы. – М.: Машиностроение, 1982. – 240 с.
2. Родькин Д.И. Комментарий к теории энергопроцессов с полигармоническими сигналами. Часть 2. Определение и использование показателей энергетических режимов // Вісник КДПУ. Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2005. – Вип. 3/2005 (32). – С. 106–115.
3. Zagirnyak M., Rod'kin D., Korenkova T. "Enhancement of instantaneous power method in the problems of estimation of electromechanical complexes power controllability" // Przegląd Elektrotechniczny (Electrical review), 2011. – № 12b. – PP. 208– 212.

ФОРМИРОВАНИЕ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ УРАВНЕНИЙ ПО РАЗЛОЖЕНИЯМ СИГНАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА НА ПРОИЗВОЛЬНОМ УЧАСТКЕ

В. Ю. Мошковский, студ., Ю. В. Ромашихин, к.т.н., ст. преп.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: mashbox2012@yandex.ua

Введение. В настоящее время электрические машины являются основными потребителями электроэнергии, из них подавляющее количество составляют асинхронные двигатели (АД) [1], которые отличаются простотой и надежностью в эксплуатации. Асинхронные двигатели, как и все электрические машины, в процессе работы могут выходить из строя и поступать в ремонт. Среди причин, приводящих к выходу из строя АД, можно выделить следующие: эксплуатация двигателей в тяжелых или ненормальных режимах работы; естественные процессы старения и износа; низкое качество обслуживания; отклонения при производстве АД. В процессе длительной эксплуатации, а также после проведения ремонта электромагнитные параметры (ЭМП) АД могут отличаться от тех, которые заложены заводом-изготовителем [2]. Электромагнитные параметры АД используются для расчета пусковых и номинальных токов и моментов, определения ресурса работы двигателя и т.д. Поэтому существует проблема идентификации ЭМП АД.

Вопрос идентификации параметров можно решить с помощью энергетического метода [3], который основан на уравнениях баланса мощностей. Энергетический метод идентификации ЭМП АД основан на законе сохранения энергии: мощность на источнике питания равна мощности на потребителях. Для реализации энергетического метода необходимо использовать источник полигармонического напряжения, который будет обеспечивать необходимый гармонический состав напряжения и тока. Однако для снижения стоимостных затрат авторами [4] предложено использовать псевдополигармонические сигналы (ППС), которые получаются при разложении исходных синусоидальных сигналов на периоде, отличном от сетевого.

Цель работы. Оценка возможности получения псевдополигармонических сигналов напряжения и тока при идентификации ЭМП АД.

Материал и результаты исследования. Любую периодическую функцию $f(\Omega t)$ можно разложить в ряд Фурье. Если функция $f(\Omega t)$ непериодическая, тогда она не может быть разложена в ряд Фурье, потому что тригонометрический ряд этой функции не сходящийся. Для сходимости такой функции выделяют период T' , потому что периодическая функция имеет сходящийся тригонометрический ряд. Однако, можно выделить период T' , на котором функцию можно разложить в ряд Фурье. Если задана непериодическая функция, то можно составить новую функцию, выбирая значения $f(\Omega t)$ в определенном диапазоне и повторяя их вне этого диапазона с интервалом T' . Поскольку новая функция является периодической с периодом T' , ее можно разложить в ряд Фурье для всех значений Ωt [5]:

$$f_0 = \frac{1}{T'} \int_{\alpha}^{\beta} f(\Omega t) d(\Omega t); f_{am} = \frac{1}{T'} \int_{\alpha}^{\beta} f(\Omega t) \cos(m\Omega t) d(\Omega t); f_{bm} = \frac{1}{T'} \int_{\alpha}^{\beta} f(\Omega t) \sin(m\Omega t) d(\Omega t),$$

где f_0 – постоянная составляющая; f_{am} – косинусная составляющая; f_{bm} – синусная составляющая; T' – период разложения; α – начало периода; β – конец периода; Ω – круговая частота. Коэффициенты ряда Фурье при синусоидальном питании для функции $f(\Omega t) = U_m \sin(m\Omega t)$ имеют вид:

$$U_0 = \frac{U_m \cos((\beta m \Omega) - \cos(\alpha m \Omega))}{T m \Omega};$$

$$U_{am} = \frac{U_m \cos((2\beta m \Omega) - U_m \cos(2\alpha m \Omega))}{2 T m \Omega};$$

$$U_{bm} = \frac{U_m \sin((2\beta m \Omega) - \sin(2\alpha m \Omega) - 2\beta m \Omega + 2\alpha m \Omega)}{2 T m \Omega}.$$

Псевдополигармонический сигнал – это сигнал, который получается при усечении синусоидального сигнала напряжения и тока [4].

Псевдополигармонические сигналы получаются путем усечения периода синусоидального сигнала периода с T до T' . Считается, что функция $f'(\Omega t)$ определена на периоде T' , а за пределами периода указанная функция повторяется.

Период ППС отличается от периода синусоидального сигнала тем, что границы периода (α и β) у ППС могут не совпадать с границами периода синусоидального сигнала, так как $T' < T$.

Усечение бывает нескольких типов: слева, справа, симметричное (слева и справа одновременно), несимметричное (слева на угол φ , и справа на угол β , при этом $\varphi \neq \beta$), в нескольких местах (уменьшается период слева, справа, и посередине сигнала на полупериоде). Разложение в ряд Фурье функции $f'(\Omega t)$ на периоде T' позволяет получить необходимый гармонический состав сигналов при идентификации ЭМП АД.

Существует еще один способ получения ППС, при котором изменяется форма сигнала с помощью выполнения операций симметрии. Симметричное отображение отличается от усечения сигнала тем, что гармонический состав после разложения в ряд Фурье не содержит нулевую гармонику (постоянную составляющую).

Исходя из вышеизложенного коэффициенты ряда Фурье для ППС будут иметь вид:

$$U_0 = \frac{1}{T'} \int_{\alpha}^{\beta} u(\Omega t) d(\Omega t) = \frac{U_m (\cos(\beta\Omega) - \cos(\alpha\Omega))}{T'\Omega};$$

$$U_{am} = \frac{2}{T'} \int_{\alpha}^{\beta} u(\Omega t) \cos(m\Omega t) d(\Omega t) = \frac{U_m (\cos(2\omega m\Omega) - U_m \cos(2\alpha m\Omega))}{2T'm\Omega};$$

$$U_{bm} = \frac{2}{T'} \int_{\alpha}^{\beta} u(\Omega t) \sin(m\Omega t) d(\Omega t) = -\frac{U_m (\sin(2\beta m\Omega) - \sin(2\alpha m\Omega) - 2\beta m\omega + 2\alpha m\Omega)}{2T'm\Omega}.$$

Полученные зависимости могут использоваться при идентификации ЭМП АД. Для реализации энергетического метода при идентификации ЭМП АД выбирается Т-образная схема замещения, которая содержит цепь статора, контур намагничивания и цепь ротора [5]. По схеме замещения составляется система уравнений баланса составляющих мгновенной мощности на потребителях и источнике питания, из этих уравнений находят ЭМП АД. Система уравнений формируется по каждой гармонике мгновенной мощности.

Система уравнений для Т-образной схемы замещения в общем виде [5]:

$$\begin{cases} P_{0u} = P_{0R1} + P_{0R\mu} + P_{0R2}; \\ P_{kau} = P_{kaR1} + P_{kaR\mu} + P_{kaR2} + P_{kaL1} + P_{kaL\mu} + P_{kaL2}; \\ P_{kbu} = P_{kbR1} + P_{kbR\mu} + P_{kbR2} + P_{kbL1} + P_{kbL\mu} + P_{kbL2}, \end{cases}$$

где $P_{0u}, P_{0R1}, P_{0R\mu}, P_{0R2}$ – постоянная составляющая мгновенной мощности источника полигармонического питания и активных сопротивлений первичной цепи, контура намагничивания, и вторичной цепи; P_{kau}, P_{kbu} – косинусные и синусные составляющие мгновенной мощности источника полигармонического питания; $P_{kaR1}, P_{kbR1}, P_{kaR\mu}, P_{kbR\mu}, P_{kaR2}, P_{kbR2}$ – косинусные и синусные составляющие мгновенной мощности на активных сопротивлениях первичной цепи, контура намагничивания, и вторичной цепи; $P_{kaL1}, P_{kbL1}, P_{kaL\mu}, P_{kbL\mu}, P_{kaL2}, P_{kbL2}$ – косинусные и синусные составляющие мгновенной мощности на индуктивностях первичной цепи, контура намагничивания, и вторичной цепи.

Использование ППС в энергетическом методе дает возможность составить необходимое число уравнений и выполнить идентификацию ЭМП АД, что было бы невозможно при использовании синусоидального напряжения, так как оно в своем гармоническом составе имеет только основную – первую гармонику.

Вывод. Разработан математический аппарат для получения сигналов напряжения и тока на любом рассматриваемом интервале периода разложения сети, который позволяет получить необходимый гармонический состав для задач идентификации ЭМП АД. Использование ППС дает возможность отказаться от источников полигармонического питания, в качестве которых могут выступать преобразователи частоты или тиристорные регуляторы напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. / Под общей ред. И.П. Копылова. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – Т. 1. – 456 с.
2. Метод расчета схем замещения и пусковых характеристик глубокопазных асинхронных двигателей / В.Ф. Сивокобыленко, В.А. Павлюков, Х. Хенниуи // Электротехника, 1996. – № 3. – С. 38–41.
3. Ромашихин Ю.В., Родькин Д.И. Методы определения параметров машин переменного тока // Вісник КДПУ. Збірник наукових праць КДПУ ім. М. Остроградського. – Кременчук: КДПУ ім. М. Остроградського, 2010. – Вип. 4 (63), Ч.3. – С. 140–143.
4. Руденко Н.А., Ромашихин Ю.В. К определению псевдополигармонических сигналов в задачах гармонического анализа // Інженерні та освітні технології в електромеханічних і комп'ютерних системах. – Кременчук: КНУ ім. М. Остроградського, 2013. – Вип. 1 (1). – С. 34–50.
5. Использование псевдополигармонических сигналов в задачах идентификации параметров двигателей переменного тока / Д.И. Родькин // Тематический выпуск «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика» научно-технического журнала «ЭЛЕКТРОИНФОРМ» – Львов: ЕКОинформ, 2009. – С. 29–39.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ШАХТ КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНУ

А. А. Петриченко, асп.

ДВНЗ «Криворізький національний університет»

вул. XXII партз'їзду, 11, 50027, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: andriipetrychenko@gmail.com

Вступ. Згідно діючих Правил [1] в залізорудних, як і у вугільних, шахтах використовуються електричні системи з ізолюваною нейтраллю трансформатора, що з міркувань електробезпеки мають переваги перед системами з заземленою нейтраллю. Електробезпека та надійність в таких системах визначається, перш за все, станом їх ізоляції відносно землі. Тому дослідження стану ізоляції електроустановок шахт з урахуванням умов експлуатації є актуальною задачею, що дозволить здійснити більш обґрунтований підхід до оцінки її стану та розробці заходів і технічних рішень для забезпечення безпеки експлуатації систем електропостачання шахт. Крім того, на шахтах Кривбасу такі дослідження проводились лише в період з 1957 по 1961 роки [2]. Результати цих вимірювань в теперішній час вже не показують фактичний стан ізоляції електричних мереж відносно землі в зв'язку з суттєвими змінами в схемах електропостачання гірничих ділянок, використання іншого електричного обладнання, кабельної продукції, комутаційної та захисної апаратури.

Мета роботи. Дослідити та проаналізувати стан ізоляції електричних мереж на шахтах Криворізького залізорудного басейну.

Матеріал та результати досліджень. Згідно с поставленою метою були проведені експериментальні роботи по визначенню фактичних параметрів повного, активного та омичного опору ізоляції в системах електропостачання шахт Криворізького залізорудного басейну. В якості об'єктів дослідження були прийняті 54 дільничні електричні мережі шахт Кривбасу та 83 фідерів підстанцій, що живлять ці мережі.

Вимірювання електричних параметрів мереж відносно землі проводилось методом, розробленим на кафедрі Електропостачання гірничого виробництва Криворізького гірничорудного інституту (КГРІ) [3] та накладенням випрямленого струму на мережу, що знаходиться під робочою напругою за допомогою спеціально виготовлених пристроїв [3] після відключення від мережі реле витоку. Це дозволило отримати електричні параметри «чистих» мереж відносно землі.

Методом КГРІ повна та активна провідність визначались розрахунковим шляхом за результатами вимірювань струму, напруги та потужності при штучному зміщенні нейтралі трансформатора на середину вектору лінійної напруги.

Методом накладання випрямленого струму на електричну мережу, що знаходилась під робочою напругою, по результатам вимірювань струму та напруги визначався омичний опір мережі відносно землі.

Для дослідження розподілу параметрів електричних мереж відносно землі по окремим приєднанням (фідерам) були виконані вимірювання вказаних параметрів по кожному фідеру. Вимірювання виконувались після відключення всіх інших фідерів від джерела живлення, крім досліджуваного.

Обробка та аналіз результатів експериментальних досліджень були виконані з використанням методів теорії випадкових функцій.

Результати розрахунків параметрів функції та щільності розподілу приведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунків параметрів функції та щільності розподілу

Інтервал $\Delta = R_i - R_{i+1}$		Частота попадання m		Ймовірність $w = \frac{m_i}{\sum m}$		Відносна щільність розподілу $(w/\Delta R) \cdot 10^{-2}$	
1		2		3		4	
ЕМ	Ф	ЕМ	Ф	ЕМ	Ф	ЕМ	Ф
Активний опір – R, кОм							
1,318 – 6,422	3,042 – 6,084	9	8	0,1667	0,0964	3,26	3,17
6,422 – 12	6,084 – 10,14	12	7	0,222	0,084	3,979	2,07
12 – 20,74	10,14 – 20,28	10	12	0,1851	0,144	2,117	1,42
20,74 – 31,769	20,28 – 30,42	7	12	0,129	0,144	1,169	1,42
31,769 – 54	30,42 – 61,72	8	19	0,148	0,229	0,665	0,73
54 – 91,267	61,72 – 204,2	4	16	0,074	0,193	0,721	0,135
91,267 – 228,117	204,2 – 1080	4	9	0,074	0,108	0,054	0,012
Омичний опір – R_{ом}, кОм							
8,928 – 20	3,53 – 28	5	3	0,0925	0,036	0,083	0,147
20 – 58	28 – 89,4	8	9	0,148	0,108	0,389	0,176
58 – 100	89,4 – 148	9	8	0,1667	0,096	0,397	0,164
100 – 300	148 – 350	14	15	0,2592	0,181	0,129	0,089
300 – 700	350 – 966,7	9	27	0,1667	0,325	0,04	0,0527
700 – 1500	966,7 – 3000	5	18	0,0925	0,217	0,011	0,01067
1500 – 15000	3000 – 15000	4	3	0,074	0,036	0,00548	0,0003

Продовження таблиці 1

1		2		3		4	
ЕМ	Ф	ЕМ	Ф	ЕМ	Ф	ЕМ	Ф
Ємність – С, мкФ							
0 – 0,5	0,063 – 0,207	8	7	0,148	0,095	29,6	66
0,5 – 0,8	0,207 – 0,418	11	17	0,2037	0,26	67,9	109
0,8 – 1,13	0,418 – 0,626	11	22	0,2037	0,297	61,73	143
1,13 – 1,6	0,626 – 0,802	9	8	0,1667	0,108	35,47	614
1,6 – 2,023	0,802 – 1,008	6	7	0,111	0,095	26,26	461
2,023 – 3,04	1,008 – 1,91	4	9	0,0925	0,122	72,76	135
3,04 – 4,29	1,91 – 3,008	5	4	0,074	0,054	7,4	4,9
Повний опір – Z, кОм							
0,849 – 1,6	1,049 – 2,903	9	11	0,166	0,133	22,2	7,17
1,6 – 2	2,903 – 4	6	9	0,111	0,108	27,7	9,85
2 – 3	4 – 6	11	12	0,203	0,145	20,37	7,25
3 – 4	6 – 8	11	23	0,203	0,277	20,37	13,85
4 – 6	8 – 16,438	10	19	0,185	0,229	9,25	2,71
6 – 7,78	16,438 – 41,11	3	4	0,055	0,048	3,11	0,195
7,78 – 22,67	41,11 – 76,19	4	5	0,074	0,06	0,49	0,17

*Примітка: ЕМ – електричні мережі 0,4 кВ, Ф – фідери

Після аналізу отриманих даних було визначено діапазон зміни та стійкі рівні електричних параметрів відносно землі мереж та фідерів на шахтах Криворізького залізорудного басейну (табл. 2).

Таблиця 2 – Діапазон зміни та стійкі рівні електричних параметрів відносно землі мереж та фідерів на шахтах Криворізького залізорудного басейну

№ п/п	Найменування параметра	Значення параметра		Стійкий рівень
		min	max	
Електричні мережі 0,4 кВ				
1.	Активний опір, кОм	1,3	228,2	6,4 – 20,0
2.	Омічний опір, кОм	8,9	15000,0	9,0 – 100,0
3.	Ємність, мкФ	0,22	4,3	0,4 – 1,8
4.	Повний опір, кОм	0,85	22,7	1,6 – 4,0
Фідери				
1.	Активний опір, кОм	3,0	1080,0	30,0 – 62,0
2.	Омічний опір, кОм	3,5	15000,0	28,0 – 148,0
3.	Ємність, мкФ	0,06	3,0	0,21 – 0,63
4.	Повний опір, кОм	1,0	76,2	6,0 – 8,0

Висновки. 1. Електричні параметри мереж і фідерів відносно землі коливаються в широких межах. Стійкий рівень цих параметрів для електричних мереж становить: активний опір – 6,4 – 20,0 кОм; омічний опір: 9,0 – 100,0 кОм; ємність: 0,4 – 1,8 мкФ; повний опір: 1,6 – 4,0 кОм, а для фідерів: активний опір – 30,0 – 62,0 кОм; омічний опір: 28,0 – 148,0 кОм; ємність: 0,21 – 0,63 мкФ; повний опір: 6,0 – 8,0 кОм.

2. Отримані дані електричних параметрів мереж та фідерів повинні бути прийняті в якості початкових даних при розробці експлуатаційно-технічних вимог до захисного відключення.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0 – 1. 0-05. – К., 2005. – 496 с.
2. Тонкошкур Л.С. Защита от утечек в участковых электрических сетях шахт Криворожского железорудного бассейна. Канд. дисс., 1962.
3. Тонкошкур Л.С. и др. Исследование электрических сетей напряжением до 1000 В карьеров предприятий горнодобывающей промышленности с целью получения исходных данных для разработки защиты от поражения электрическим током. Отчет КГРИ, № гос. регистрации 79026035. – Кривой Рог, 1979.

ВОЗМОЖНОСТЬ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПСЕВДОСИГНАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА*

А. Л. Потапов, асп., Ю. В. Ромашихин, к.т.н., ст. преп.

*Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина, e-mail: ant3872@yandex.ru*

Введение. В настоящее время существует большое количество работ, посвященных вопросам идентификации электромагнитных параметров (ЭМП) асинхронных двигателей (АД) [1]. Однако вопрос знания точной информации о параметрах электрических машин до сих пор остается открытым. Многообразие методов говорит о том, что не существует универсального метода, который бы подходил для идентификации электромагнитных параметров (ЭМП) двигателей различных мощностей и типоразмеров в условиях ремонтных цехов и электроремонтных предприятий [1].

Следует отметить, что идентификация параметров АД связана с рядом сложностей, которые определяются широким спектром исследований и необходимостью использования большого количества сложного и дорогостоящего оборудования.

Современные методы идентификации параметров АД могут быть развиты за счет использования источника питания с синусоидальным амплитудно-управляемым напряжением, а также за счет уменьшения количества измерений и уменьшения погрешности методов исследований [2]. Это позволит идентифицировать именно параметры АД, отделяя их от параметров, определяемых формой напряжения и системой питания.

Цель работы. Оценка эффективности использования энергетического метода при идентификации ЭМП АД с использованием псевдополигармонических сигналов тока и напряжения.

Материал и результаты исследований. ПП-сигналами тока и напряжения можно назвать сигналы, полученные вследствие математической обработки исходного сигнала так, чтоб он был отличен от синусоидального. Следует выделить способ формирования ПП-сигналов тока и напряжения путем введения дополнительного фиктивного источника питания или псевдоисточника (ПИ). Характерным отличием от метода ограничения периода рассматриваемого сигнала и метода симметричного отображения сигнала является отсутствие необходимости преобразовывать исходные синусоидальные сигналы. Псевдоисточник вводится не физически, а математически с заданной частотой и амплитудой. Условно для Т-образной схемы замещения (рис. 1) фиктивный источник U'_2 включается последовательно к основному U'_1 .

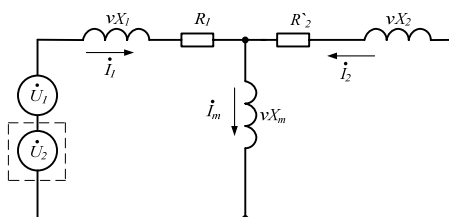


Рисунок 1 – Т-образная схема замещения АД с фиктивным источником питания

В соответствии с вышеизложенным, при введении псевдоисточника в схему замещения, напряжение и ток можно представить в виде:

$$u(t) = u_o(t) + \sum_{n=1}^N u_{nci}(t) = U_1 \cos(\Omega t) + \sum_{n=1}^N U_{ni} \cos(\Omega_i t);$$

$$i(t) = i_o(t) + \sum_{m=1}^M i_{nci}(t) = I_{1a} \cos(\Omega t) + I_{1b} \sin(\Omega t) + \sum_{m=1}^M I_{mai} \cos(\Omega_i t) + \sum_{m=1}^M I_{mbi} \sin(\Omega_i t),$$

где $u_o(t)$ – значение напряжения действительного источника питания; $u_{nci}(t)$ – значение напряжения псевдоисточника; Ω_i – круговая частота i -го псевдоисточника; i – количество псевдоисточников;

$\sum_{n=1}^N U_{ni} \cos(\Omega_i t)$ – сумма составляющих напряжения на n -ой гармонике псевдоисточника; $i_o(t)$ – значение тока

действительного источника питания; $i_{nci}(t)$ – значение тока псевдоисточника; $\sum_{m=1}^M I_{mai} \cos(\Omega_i t)$ – сумма

косинусных составляющих напряжения на m -ой гармонике; $\sum_{m=1}^M I_{mbi} \sin(\Omega_i t)$ – сумма синусных составляющих

напряжения на m -ой гармонике.

Тогда уравнение мгновенной мощности на двух источниках (действительном и псевдоисточнике) приобретает вид:

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

$$\begin{aligned}
 p_{ist}(t) &= u(t)i(t) = \left(\begin{matrix} U_{1a1} \cos(\Omega_1 t) + U_{1b1} \sin(\Omega_1 t) + \\ + U_{1a2} \cos(\Omega_2 t) + U_{1b2} \sin(\Omega_2 t) \end{matrix} \right) \times \left(\begin{matrix} I_{1a1} \cos(\Omega_1 t) + I_{1b1} \sin(\Omega_1 t) + \\ + I_{1a2} \cos(\Omega_2 t) + I_{1b2} \sin(\Omega_2 t) \end{matrix} \right) = \\
 &= \frac{1}{2} \left(\begin{matrix} (U_{1b1} I_{1b2} + U_{1a1} I_{1a2} + \\ + U_{1b2} I_{1b1} + U_{1a2} I_{1a1}) \end{matrix} \right) \cos((k-1)\Omega_1 t) + \left(\begin{matrix} (U_{1a1} I_{1a2} + U_{1a2} I_{1a1} - \\ - U_{1b2} I_{1b1} - U_{1b1} I_{1b2}) \end{matrix} \right) \cos((k+1)\Omega_1 t) + \\
 &+ (U_{1a2} I_{1a2} - U_{ab2} I_{1b2}) \cos(2k\Omega_1 t) + (U_{1a1} I_{1a1} - U_{1b1} I_{1b1}) \cos(2\Omega_1 t) + U_{1a2} I_{1a2} + U_{1b2} I_{1b2} + U_{1b1} I_{1b1} + U_{1a1} I_{1a1} + \\
 &+ \frac{1}{2} \left(\begin{matrix} (U_{1b2} I_{1a1} + U_{1a1} I_{1b2} - \\ - U_{1a2} I_{1b1} - U_{1b1} I_{1a2}) \end{matrix} \right) \sin((k-1)\Omega_1 t) + \left(\begin{matrix} (U_{1a2} I_{1b1} + U_{1a1} I_{1b2} + \\ + U_{1b2} I_{1a1} + U_{1b1} I_{1a2}) \end{matrix} \right) \sin((1+k)\Omega_1 t) + \\
 &+ (U_{1b2} I_{1a2} + U_{1a2} I_{1b2}) \sin(2k\Omega_1 t) + (U_{1b1} I_{1a1} + U_{1a1} I_{1b1}) \sin(2\Omega_1 t).
 \end{aligned}$$

Количество вводимых фиктивных источников зависит от выбранной схемы замещения АД. Применительно к Т-образной схеме замещения (рис. 1) количество неизвестных параметров составляет 10. При введении одного псевдоисточника суммарное количество идентификационных уравнений достигает 10 [3]. Частота и значение напряжения задаются изначально, но при этом токи от фиктивного источника остаются неизвестными. Принято, что частота псевдоисточника должна быть в пределах от 0 до 10 Гц. Обуславливается это пренебрежением потерь в стали двигателя при питании от источника с низкой частотой. В [3] показана возможность идентификации ЭМП АД с учетом использования фиктивных источников. В зоне низких частот появляются области, в которых наблюдается характерное изменение ЭМП. Эта закономерность определяется при анализе сопротивлений Т-образной схемы замещения:

– эквивалентное активное сопротивление:

$$R_{\Sigma}(v) = R_1 + \frac{v^2 R_2 X_m^2}{R_2^2 + (vX_2 + vX_m)^2};$$

– эквивалентное индуктивное сопротивление:

$$X_{\Sigma}(v) = vX_1 + \frac{vR_2^2 X_m + v^3 X_2^2 X_m + v^3 X_2 X_m^2}{R_2^2 + (vX_2 + vX_m)^2}.$$

Увеличение точности определения ЭМП АД при питании его от источника низкочастотного напряжения может быть достигнуто путем вычисления частот, в которых сопротивления двигателя имеют экстремум. Как указано в [3], эти точки наблюдаются при частотах, которые не превышают 15 Гц, поэтому для повышения точности необходимо проводить вычисление ЭМП АД для указанных точек. Таким образом, выполним определение ЭМП АД с введением одного фиктивного источника с амплитудой 220 В. Частота фиктивного источника будет меняться от одного до 15 Гц.

Эффективность энергетического метода с применением псевдоисточника продемонстрируем на примере АД типа 4А225М2У3.

Результаты идентификации ЭМП АД при использовании уравнений баланса составляющих мгновенной

мощности с учетом фиктивного источника приведены в табл. 1. Результаты, сведенные в табл. 1, показали, что при изменении частоты фиктивного источника изменяется погрешность определения ЭМП АД. Наибольшая точность наблюдается в точках экстремума функции сопротивлений от частоты.

Выводы. Использование псевдоисточников позволяет получить необходимый гармонический состав для формирования идентификационных уравнений. Анализ показал, что при использовании псевдоисточников с заданной низкой частотой увеличивается точность идентификации ЭМП АД.

Таблица 1 – Результаты идентификации ЭМП АД

№ п/п	Частота фиктивного источника, Гц	Ошибки идентификации ЭМП АД, %			
		ΔR_2	ΔX_1	ΔX_{μ}	ΔX_2
1	1	0,48	2,24	3,51	2,11
2	3	0,51	2,26	3,51	2,10
3	5	0,53	2,24	3,54	2,11
4	7	0,53	2,34	3,60	2,27
5	9	0,53	2,36	3,64	2,28
6	11	0,56	2,74	3,67	2,66
7	13	0,56	2,94	3,76	2,91
8	15	0,6	2,99	4,00	2,98

ЛИТЕРАТУРА

1. Родькин Д.И. Особенности применения энергетического метода идентификации двигателей переменного тока при псевдополигармонических сигналах // *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. – Вип. 1/2009 (5). – Кременчук: КДПУ ім. М. Остроградського, 2009. – С. 7–20.
2. Ромашихин Ю.В., Родькин Д.И., Калинов А.П. Энергетический метод идентификации параметров асинхронных двигателей // *Вісник КДУ ім. М. Остроградського*. – Кременчук: КДПУ, 2007. – Вип. 3/2007 (44). – С. 130–136.
3. Резник Д.В., Ромашихин Ю.В., Родькин Д.И. Оценка эффективности применения низкочастотных псевдоисточников при идентификации электромагнитных параметров асинхронных двигателей // *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 3/2013 (23). – С. 18–25.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПП-СИГНАЛОВ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ*

А. Л. Потапов, асп., Ю. В. Ромашихин, к.т.н., ст. преп.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина, e-mail: ant3872@yandex.ru

Введение. Асинхронные двигатели (АД) являются наиболее распространенными электрическими машинами. В результате интенсивной работы часть двигателей выходит из строя, при этом число поврежденных двигателей может достигать 25 %. Большинство АД подвергается ремонту и возвращается на прежние места эксплуатации. Однако процесс ремонта характеризуется вероятностью изменения электромагнитных параметров (ЭМП) АД, которые изначально заявлены производителем. В свою очередь, возникает необходимость производить переналадку оборудования и расчет регуляторов для систем управления. Соответственно, возникает необходимость определять ЭМП АД с минимальной погрешностью.

Одним из направлений на пути развития методов идентификации ЭМП АД являются методы, позволяющие проводить процедуру определения параметров без вывода двигателя из производства. Это обстоятельство важно ввиду непрерывности технологического процесса. Также не менее важна экономия времени, средств и человеческих ресурсов, которые затрачиваются при проведении процедуры определения ЭМП АД. Для удовлетворения поставленных условий решено использовать метод, получивший название «энергетический», который базируется на основных положениях теории мгновенной мощности [1].

Следует отметить, что для реализации энергетического метода необходимо использовать источник полигармонического напряжения. Решение сложившейся проблемы предложено в работах проф. Родькина Д.И., где в качестве источника полигармонического напряжения предложено использовать так называемые «псевдополигармонические» (ПП) сигналы тока и напряжения [2].

Цель работы. Оценка эффективности использования энергетического метода при определении электромагнитных параметров асинхронного двигателя при питании от синусоидального источника напряжения.

Материалы и результаты исследований. Псевдополигармонические сигналы можно получить после математической обработки синусоидальных сигналов напряжения и тока АД. В этом случае двигатель подключается к синусоидальному источнику питания и производится измерение сигналов напряжения и тока статора. Затем формируется ПП сигнал с учетом способа ограничения периода сигналов или симметричного отображения периода сигнала [3].

Метод простого ограничения периода сигнала представлен усечением периода справа (рис. 1) и несимметричным усечением справа и слева (рис. 2). Предполагается, что усечение сигнала тока производится относительно сигнала напряжения, т.е. сигнал тока усекается на том же периоде, что и напряжение. Соответственно, т.к. ток и напряжение сдвинуты между собой на определенный угол φ , то и формы сигнала тока и напряжения будут различны. Это касается и симметричного метода формирования ПП сигналов.

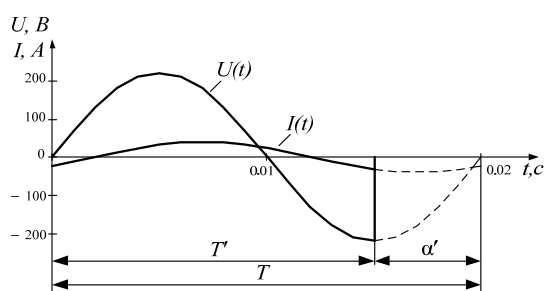


Рисунок 1 – Псевдополигармонические сигналы при усечении справа

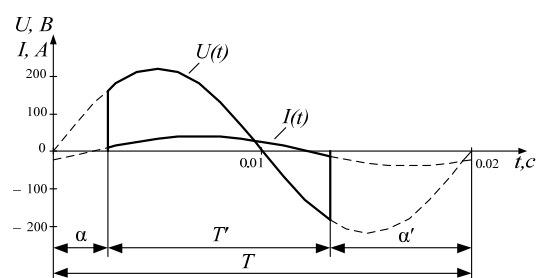


Рисунок 2 – Псевдополигармонические сигналы при усечении несимметрично справа и слева $\alpha \neq \alpha'$

Стоит отметить, что получение ПП сигналов путем усечения периода сигналов напряжения и тока является относительно простым, однако погрешность может достигать около 20 % в зависимости от выбранного способа и периода усечения сигналов. Обусловлено это появлением постоянной составляющей P_0 , которая отсутствует в исходном синусоидальном сигнале.

Для минимизации погрешности, которая вносится постоянной составляющей, рассмотрен симметричный метод [3]. При этом в соответствии с законами осевой симметрии происходит формирование ПП-сигналов. Исходя из этого, можно получить или сдвиг, или поворот полученного сигнала.

Метод симметричного отображения периода сигнала представлен следующими способами:

– сигналы напряжения и тока рассматриваются на периоде повторяемости, причем на первом и втором полупериоде указанные сигналы имеют одинаковую форму (рис. 3);

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

– на первом полупериоде рассматриваются исходные сигналы, а на втором – полученные путем симметрии относительно поперечной и продольной осей (рис. 4).

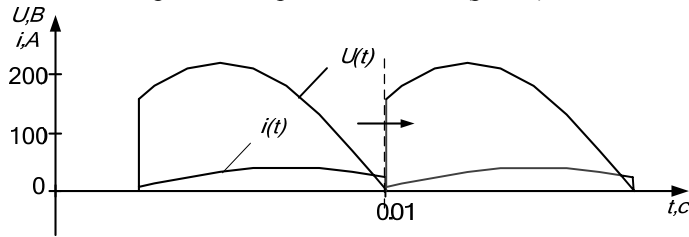


Рисунок 3 – ПП сигналы напряжения и тока при сдвиге сигналов вправо

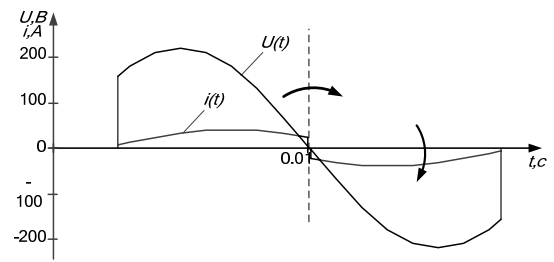


Рисунок 4 – ПП сигналы напряжения и тока при симметрии относительно поперечной и продольной осей

Оценка эффективности использования псевдополигармонических сигналов выполнена для АД серии 4АП100Л4У3. Результаты идентификации ЭМП АД с применением рассмотренных методов занесены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты идентификации ЭМП АД с использованием псевдополигармонических сигналов напряжения и тока

Способ получения ПП-сигналов напряжения и тока	Ошибки идентификации электромагнитных параметров асинхронного двигателя, %			
	ΔR_2	ΔL_1	ΔL_{μ}	ΔL_2
Ограничение периода сигналов справа	0,93	8,76	15,65	8,84
Ограничение периода сигналов на несимметричные углы	0,78	7,97	14,61	7,78
Ограничение периода сигналов слева и сдвиг вправо, а затем симметричное отражение относительно продольной оси	0,52	4,21	5,12	4,02
Ограничение периода сигналов слева и симметричное отражение относительно поперечной оси, а затем симметричное отражение относительно продольной оси	0,52	4,35	5,87	4,24

Анализ результатов, сведенных в табл. 1, показывает, что наибольшая погрешность наблюдается при идентификации ЭМП АД с использованием псевдополигармонических сигналов напряжения и тока, полученных при ограничении периода разложения синусоидальных сигналов на заданный угол. Как уже отмечалось, погрешность связана с тем, что в рассматриваемых сигналах появляется постоянная составляющая, которая отсутствует в исходном сигнале переменного тока. Лучшие результаты наблюдаются для симметрично отображенных сигналов, при использовании которых погрешность идентификации ЭМП АД не превышает 6 % [3].

Выводы. Показана возможность и эффективность использования энергетического метода для идентификации ЭМП АД при питании от синусоидального источника напряжения.

Обосновано, что использование ПП сигналов позволяет повысить точность идентификации ЭМП АД, уменьшает время, затраченное на процесс определения параметров, снижает себестоимость и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ромашихин Ю.В., Родькин Д.И., Калинов А.П. Энергетический метод идентификации параметров асинхронных двигателей // Вісник КДУ ім. М. Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2007. – Вип. 3/2007 (44). – С. 130–136.
2. Родькин Д.И. Особенности применения энергетического метода идентификации двигателей переменного тока при псевдополигармонических сигналах // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Вип. 1/2009 (5). – Кременчук: КДПУ ім. М. Остроградського, 2009. – С. 7–20.
3. Ромашихин Ю.В. Оценка эффективности идентификации параметров асинхронных двигателей при использовании псевдополигармонических сигналов разной формы // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 1/2013 (21). – С. 58–68.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

СИСТЕМА КОМБІНОВАНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ В АСИНХРОННОМУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІ

Б. І. Приймак, к.т.н., доц., О. Є. Шимко, магістр.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

вул. Політехнічна, 37, 03056, м. Київ, Україна, e-mail: bp-08@ukr.net

Вступ. Системи енергоощадного керування асинхронним електроприводом (АЕП) будуються на основі пошукової [1-5] або безпошукової [6-9] оптимізації споживаної потужності. Пошукові системи з давачем потужності мають цінну властивість параметричної інваріантності, проте в них надто мала швидкодія. Безпошуковим системам властива висока швидкодія, але параметрична робастність зазвичай не є високою. У зв'язку з цим, актуальною є задача поєднання позитивних властивостей обох типів цих систем за допомогою здійснення комбінованої оптимізації, чому присвячена дана робота.

Мета роботи. Побудова та дослідження системи комбінованої оптимізації споживаної потужності асинхронного електропривода.

Матеріал та результати дослідження. Векторно-керований АЕП з комбінованою оптимізацією вхідної потужності може бути побудований згідно з функціональною схемою, що представлена на рис. 1.

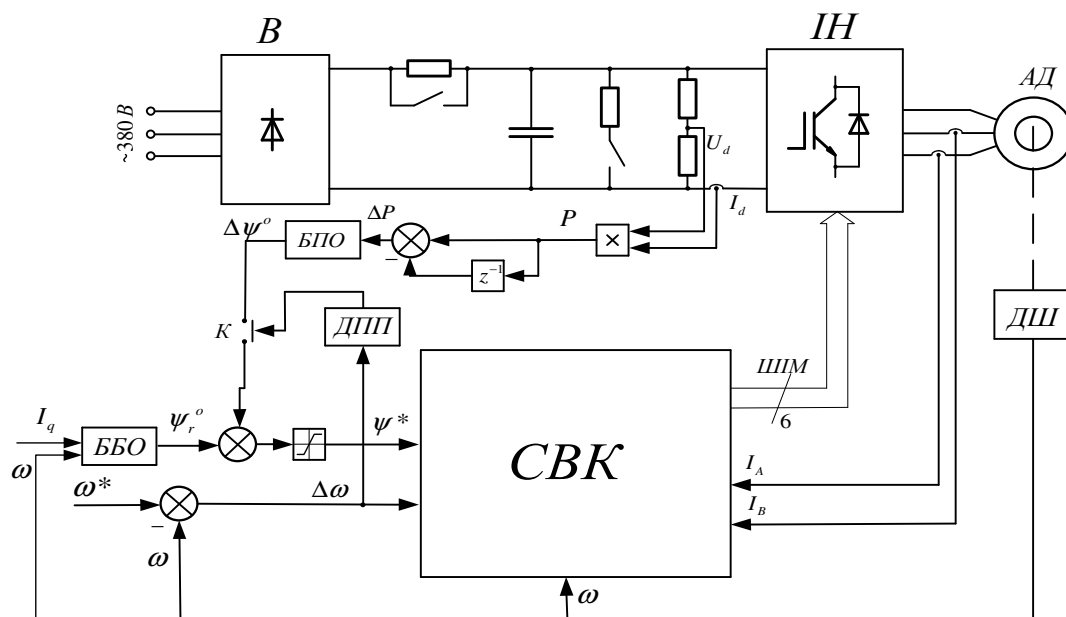


Рисунок 1 – Функціональна схема векторно-керованого АЕП з комбінованою оптимізацією споживаної потужності

У цій схемі застосовано наступні позначення: В – випрямляч; ІН – інвертор напруги; АД – асинхронний двигун; БПО – блок пошукової оптимізації потужності; ББО – блок безпошукової оптимізації потужності; СВК – система векторного керування; ДПП – детектор перехідного процесу; ДШ – давач швидкості; ШІМ – широтно-імпульсна модуляція; К – ключ. Задачею СВК є регулювання швидкості двигуна згідно з сигналом завдання ω^* при використанні зворотних зв'язків у вигляді сигналів струмів фаз I_A, I_B та сигналу швидкості обертання ротора ω . На основі алгоритму векторного керування генеруються ШІМ-сигнали для керування ключами інвертора. На контур регулювання модуля вектора потокозчеплення ротора надходить сигнал завдання Ψ^* , який є сумою оптимального потокозчеплення ψ_r^o та уточнюючого оптимізувального сигналу з блоку пошукової оптимізації $\Delta\psi^o$.

За струмом I_d та напругою U_d визначається споживана потужність P у ланці постійного струму АЕП. Приріст потужності ΔP надходить у БПО, де за алгоритмом пошуку екстремуму отримується поточне значення оптимізувального сигналу $\Delta\psi^o$. На блок безпошукової оптимізації надходить I_q – моментна складова вектора струму статора та сигнал швидкості ω [9]. Вихідною величиною є оптимальне значення потокозчеплення ψ_r^o .

В системі передбачена постійна робота безпошукової оптимізації, а пошукова оптимізація здійснюється лише в близьких до усталених режимах роботи АЕП. Протягом перехідних процесів, наявність яких встановлюється в

ДПП за помилкою швидкості $\Delta\omega$, дія підсистеми пошукової оптимізації вхідної потужності за допомогою розмикання ключа К призупиняється.

Пошуковий алгоритм Розенброка має вигляд:

$$\psi_n^0 = \psi_{n-1}^0 + k\Delta\psi_{n-1}^0; \Delta\psi_{n-1}^0 = \psi_{n-1}^0 - \psi_{n-2}^0; \Delta P_n = P_n - P_{n-1}, \quad (1)$$

де $k=1$, якщо $\Delta P_n < 0$; $k=-1/2$, якщо $\Delta P_n > 0$.

Система векторного керування АЕП з пошуковою оптимізацією споживаної потужності досліджувалася шляхом математичного моделювання з використанням даних типового АД потужністю 1,5 кВт.

Моделювання системи проводилося за наступним сценарієм. Спочатку АЕП працював на значеннях швидкості та моменту рівних 0,5 від своїх номінальних значень. В момент часу $t=14$ с навантаження зменшується з 0,5 до 0,1 від номінального значення, а в момент часу $t=39$ с навантаження зростає з 0,1 до 0,4.

Результати досліджень представлені на рис. 2, де номери кривих відповідають наступним змінним: 1 – модуль вектора потокозчеплення ротора; 2 – швидкість ротора; 3 – модуль вектора струму статора; 4 – споживана потужність АЕП.

Аналіз рис. 2–3 показує, що при скиданні та накиданні навантаження безпошукова частина системи оптимізації функціонує при забезпеченні високих швидкостей перебігу процесів зменшення вхідної потужності але з виникненням певних помилок при визначенні оптимального потокозчеплення, а після закінчення перехідного процесу пошукова частина системи у повільному темпі, але з великою точністю доводить систему до споживання мінімального значення потужності.

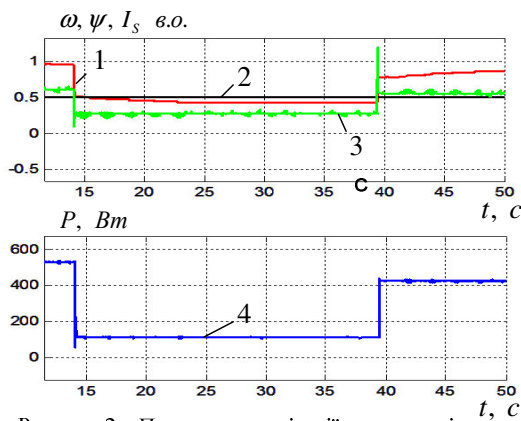


Рисунок 2 – Процеси оптимізації потужності в комбінованій системі

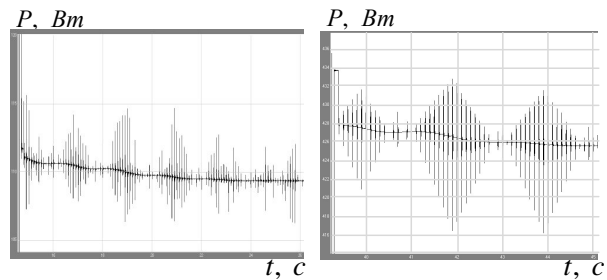


Рисунок 3 – Робота пошукової частини системи оптимізації потужності

Висновки. Запропоновано принцип побудови та проведено дослідження векторно-керованого асинхронного електропривода з комбінованою оптимізацією споживаної потужності на основі використання пошукового і безпошукового методів. Встановлено, що в системі комбінованої оптимізації можна поєднати високу швидкість та точність мінімізації втрат потужності в асинхронному електроприводі при забезпеченні інваріантності системи до варіацій параметрів двигуна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вакуленко К.Н., Агабабян Э.М. Об оптимальном регулировании асинхронного двигателя // В кн.: Электромашиностроение и электрооборудование, Вып. 1. – Харьков: изд. ХГУ, 1965. – С. 92–98.
2. Лисенков М.Г., Козлик Г.О., Гагарін П.П. Пошукові системи енергозберігаючого керування асинхронним електроприводом // Автоматизація виробничих процесів, 2000. № 2. – С. 36–41.
3. Kim G.S., Ha I.J., Ko M.S. Control of Induction Motors for Both High Dynamic Performance and High Power Efficiency, IEEE Trans. Ind. Elec., Vol. 39, No. 4, 1992, PP. 323–333.
4. Kioskeridis I., Margaris N. Loss Minimization in Scalar-Controlled Induction Motor Drives with Search Controllers, IEEE Trans. Pow. Elec., Vol. 11, No. 2, 1996, PP. 213–220.
5. Та С.-М., Hori Y. Convergence improvement of efficiency-optimization control of induction motor drives, IEEE Trans. Ind. Applicat., Vol. 37, No. 6, Nov/Dec, 2001, PP. 1746–1753.
6. Garcia G.O., Mendes J.C., Stephan R.M. et al. An Efficient Controller for an Adjustable Speed Induction Motor Drive // IEEE Trans. Ind. Elec., 1994, Vol. 41, No. 5, PP. 533–539.
7. Rasmussen K.S., Thogersen P. Model Based Energy Optimazer for Vector Controlled IMD // Proc. of EPE' 97 Conf., Trondheim, 1997, PP. 3.711–3.716.
8. Matsuse K., Yoshizumi T., Katsuta S. et al. High-Response Flux Control of Direct-Field-Oriented Induction Motor with High Efficiency Taking Core Loss into Account // IEEE Trans. Ind. Applicat., 1999, Vol. 35, No.1, PP.62–69.
9. Приймак Б.І. Векторне керування асинхронним електроприводом з нейромережною оптимізацією енерговитрат // Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. – 2008. – № 3 (21). – С. 61–71.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЯГОВОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ШАХТНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА

Л. В. Сменова, студ.

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта
пл. Файербаха, 7, г. Харьков, 61000, Украина, e-mail: speet@ukr.net*

Введение. Эксплуатации шахтных электровозов, оборудованных тяговыми электротехническими комплексами, использующими тяговые асинхронные электрические двигатели с короткозамкнутым ротором, выдвигает особые требования к таким их показателям как КПД, коэффициент мощности, максимальный крутящий момент, начальный пусковой момент, пусковой ток [1, 2]. Эти требования диктуют необходимость знания электрических параметров слагаемых тягового комплекса, в т.ч. электрических двигателей [1, 2].

Основным методом решения поставленных задач является математическое моделирование с последующей проверкой полученных решений методом натурального эксперимента[2]. Возможные ошибки в параметрах, первоначально задаваемых в расчетных формулах наблюдателя в виде констант, также как и все вышеуказанные эффекты вызывают появление дополнительных погрешностей в оцениваемых параметрах.

Для тягового привода известные методы [3-5] не очень хорошо подходят по следующим причинам: они предназначены преимущественно для использования в преобразователях частоты универсального исполнения, подходящих для управления широким классом объектов и допускающих подключение самых разных двигателей, точные параметры которых зачастую неизвестны, а реализация процедуры их стендового определения не доступна; из-за универсализации подхода и отсутствия возможности выполнять стендовую настройку, точность процедуры автоматической настройки параметров и диапазон действия алгоритмов адаптации к изменению параметров в процессе работы весьма ограничены; в тяговых приводах требования к точности исходной настройки на параметры и к диапазону действия алгоритмов адаптации существенно возрастают из-за расширения диапазона изменения самих параметров и предъявления более жестких требований к энергетическим характеристикам привода.

Помимо этого, как известно [1, 2], режимы работы тяговых электрических двигателей шахтных электровозов, в отличие от других электрифицированных видов транспорта, более 60 % времени цикла технологического функционирования находятся в переходных – неустановившихся состояниях.

Цель работы. Разработка подхода к идентификации электрических параметров тяговых асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором применительно к шахтным типам электровозов.

Материал и результаты исследований. Применительно к тяговому приводу для идентификации параметров автором использован следующий метод.

Перед началом движения электровоза или во время загрузки вагонеток электровоза управляемый преобразователь частоты переводится в режим регулируемого постоянного напряжения, которое подается на две фазы асинхронного двигателя. Напряжение подается поочередно на каждую пару фаз двигателя *ab*, *bc*, *ca*. Измеренные и преобразованные в цифровые значения токи и напряжения формируют массив о переходном процессе в стопорном режиме двигателя. Этот массив хранится или передается в систему идентификации параметров. При пуске на двигатель подается напряжение заданной частоты и амплитуды. Данные о значениях токов, напряжении и частота вращения формируют массив данных о ходе протекания переходных процессов в электромагнитной системе двигателя при его разгоне до заданной частоты вращения.

Полученные массивы данных передаются в ПЭВМ, в которой программным путем производится идентификация параметров состояния асинхронного двигателя.

По установившимся значениям тока и напряжения статора в стопорном режиме рассчитывают активное сопротивление статора. Каталожные, расчетные или данные параметров асинхронного двигателя после испытаний вводятся как параметры математической модели асинхронного двигателя. Массив рассчитанных на модели данных сравнивается с данными, полученными при стопорном и пусковом режимах.

Параметры вычисляются по аналитическим выражениям, полученным из статических соотношений между переменными и параметрами асинхронной машины. При этом в качестве переменных будем использовать только измеряемые в приводе переменные: ток, напряжение, скорость, а в качестве параметров – по возможности параметры, которые либо мало изменяются в процессе работы (близки к константам), либо изменения которых довольно слабо влияют на процессы в системе. К этим параметрам можно отнести эквивалентные индуктивности рассеяния статора и ротора, которые мало изменяются при эксплуатации и зависят от геометрических параметров.

Конструктивный коэффициент $K_{sr}=R_s/R_r$, для обмоток статора и ротора, выполненных из одного материала, при отсутствии механических повреждений и пробоя изоляции, будет постоянным и равным рассчитанному

значению по проектным данным. Возможность использования постоянного коэффициента K_{sr} определяется по сравнению измеренных и рассчитанных токов в стопорном режиме. При большом расхождении значений делается вывод об аварийном состоянии двигателя и дальнейший процесс идентификации не проводится.

По сопротивлению статора R_s , по значениям тока статора и напряжению статора, и известном конструктивном коэффициенте K_{sr} определяется активное приведенное сопротивление ротора R_r .

На следующих этапах идентификации параметров определяется конструктивный коэффициент отношения индуктивности фазы статора к индуктивности контура намагничивания K_{is} и вместе с ним взаимная индуктивность L_{μ} , индуктивность обмотки статора $L_1=L_{\mu}+L_{\delta s}$, индуктивность обмотки ротора $L_2=L_{\mu}+L_{\delta r}$, приведенный к валу двигателя момент инерции J и момент нагрузки M_c .

Таким образом, из приведенных выше выражений необходимо найти значение одной из переменных, которая приведет к равенству рассчитанных и реальных значений координат тягового асинхронного двигателя в переходных процессах.

Выводы. Идентификацию электрических параметров тяговых асинхронных двигателей электротехнических компонентов шахтных электровозов со спецификой их эксплуатации целесообразно проводить с поэтапным подходом к этому процессу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синчук О.Н., Захаров В.Ю., Синчук И.О., Сменова Л.В. Идентификация электрических параметров тяговых асинхронных двигателей электровозов // Электротехнические и компьютерные системы. – К.: Техника, 2013. – №10(86). – С. 50 – 59.
2. Пасько О.В. Тяговый электропривод переменного тока с плавно изменяемой структурой для рудничного аккумуляторного электровоза: автореферат диссертационной работы на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Харьков, 2005. – 19 с.
3. Shultz L., Van Wyk D., Dunford W.S., Pzest R.B., Landy C.F. An inverter and induction motor traction drive underground mining's Locomotives. // Elek. Bahnen. – 1990. – №3. – PP. 145–148.
4. Родькин Д.И., Черный А.П., Здор И.Е. Задачи диагностики параметров асинхронных двигателей при испытаниях и в системах промышленного привода // Сб. науч. тр. КГПИ «Проблемы создания новых машин и технологий». – К., 1999. – № 1. – С. 16 – 23.
5. H.S. Kim, H. Akagi. The instantaneous power theory on the rotating p-q-r // IEEE/PEDS'99 Conf., Hong Kong, July. – 1999. – PP. 422 – 427.

**ДІАГНОСТИКА АСИНХРОННИХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ВИБРОМОЩНОСТИ**

О. В. Браташ, ас., А. П. Калинов, к.т.н., доц.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского,
ул. Первомайская, 20, Кременчуг, 39600, Украина, E-mail: scenter@kdu.edu.ua

Введение. Преобразование энергии в асинхронных двигателях (АД) неизбежно связано с появлением переменных сил и моментов, порождающих вибрацию. Широко используемые для анализа вибраций спектральные и фазовые характеристики вибросмещения, виброскорости (ВС) и виброускорения (ВУ), применяемые по отдельности, не дают представления о распределении потоков энергии в исследуемом объекте [1]. Исследование колебательной мощности или вибромощности (ВМ) электромеханической системы позволит анализировать распределение этих потоков в пространстве во временной и частотной областях. Однако на сегодняшний день в литературных источниках отсутствует информация об изменении ВМ в зависимости от появления различных дефектов в АД.

Цель работы. Разработка метода расчета вибромощности и её количественный анализ при определенных повреждениях асинхронных двигателей.

Материал и результаты исследования. Мгновенная ВМ рассчитывается на основе сигналов усилия, ВС и ВУ, измеренных вдоль одной из осей [2]:

$$p_V(t) = v_V(t)f(t) = mv_V(t)a_V(t) = mv_V(t)\frac{dv_V(t)}{dt} = ma_V(t)v_V(t), \quad (1)$$

где $v_V(t)$ – мгновенное значение ВС, м/с; $f(t)$ – мгновенное значение силы, Н; $a_V(t)$ – мгновенное значение ВУ, м/с²; m – приведенная масса, кг; t – время, с.

Достоинство метода определения ВМ по выражению (1) состоит в том, что отсутствует необходимость в датчике силы, достаточно использовать только вибродатчик. При этом напрямую измеряется только один из параметров: ВС или ВУ. Второй параметр рассчитывается косвенным путем на основе интегрирования или дифференцирования исходного сигнала по времени. Поскольку наиболее часто используемыми приборами для измерения вибраций являются акселерометры, то для преобразования ВУ в ВС необходима операция интегрирования, требующая усложнения оборудования и ведущая к дополнительным погрешностям за счет накопления ошибки интегрирования.

При расчете виброскорости погрешностей можно избежать, если вместо мгновенных значений использовать гармонический состав сигнала виброускорения. При расчете гармонических составляющих P_{V_k} виброускорения операция интегрирования заменяется расчетом гармоник V_{V_k} ВС по гармоникам ВУ

$A_{V_k} = \frac{V_{V_k}}{\omega_k}$, а перемножение мгновенных значений сигнала ВС – сверткой дискретных рядов гармоник ВУ [3]:

$$P_{V_k} = m[V_{V_k} * V_{V_k} \omega_k + V_{V_k} g] = \frac{m}{\omega_k} [A_{V_k} * A_{V_k} + A_{V_k} g], \quad (2)$$

где k – номер гармоники ВС и ВУ; ω_k – частота k -й гармоники; n – номер гармоники ВМ; g – ускорение свободного падения, м/с²; * – операция дискретной свертки.

На сегодняшний день при оценке состояния АД по вибропараметрам используют среднеквадратическое значение (СКЗ) ВС [4]. Чтобы оценить, каким образом изменяется ВМ в зависимости от вида дефекта АД и степени его развития рассчитывались СКЗ ВМ по ее гармоническим составляющим (2). Анализ проводился для трех наиболее типичных дефектов: эксцентриситет ротора, несимметрия обмоток статора и обрыв стержней ротора.

Наличие эксцентриситета вызывает рост вибрации на оборотной частоте ротора $f_{tr} = \frac{f_1}{p}(1-s)$, где $f_1 = 50$

Гц – частота сети; s – скольжение; p – количество пар полюсов АД [5-6]. Дефекты электромагнитной системы статора АД (ослабление пресовки пакета стали, обрыв или замыкание в обмотке статора) проявляются на частоте действия электромагнитных сил f_{em} [6]. Особое внимание следует уделять наличию дробных гармоник – $1/2, 3/2, 5/2$ и т.д. от частоты f_{em} . Обрыв или нарушение контакта в стержнях или кольцах “беличьей клетки” АД обычно проявляется вблизи частоты вращения вала ротора и всегда сопровождается появлением боковых полос, сдвинутых относительно гармоники частоты вращения ротора на интервал, равный двойной частоте скольжения $mf_{tr} \pm 2f_s$, где $f_s = f_0 - f_{tr}$ – частота скольжения; m – целое число; $f_0 = \frac{f_1}{p}$ – частота электромагнитного поля в зазоре [6].

Для предварительной оценки ВМ можно принять, что при возникновении описанных повреждений наиболее весомой является одна гармоника: на частоте f_{em} при повреждениях статора и f_{tr} – при дисбалансе и повреждениях ротора. Рассмотрим для примера случай сравнения параметров дисбаланса ротора и повреждений статора. Тогда зависимость СКЗ ВМ P_{Vrms} от СКЗ ВС V_{Vrms} описывается выражением:

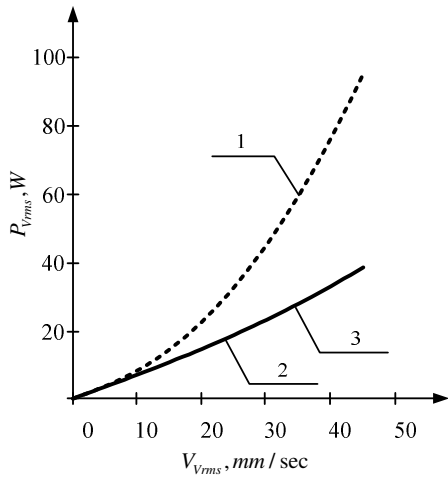


Рисунок 1 – Зависимость СКЗ ВМ от СКЗ ВС для дефектов:
 1 – повреждение статора,
 2 – эксцентриситет ротора,
 3 – повреждения стержней ротора

$$P_{Vrms} = \sqrt{2}mV_{Vrms}10^{-3}\sqrt{V_{Vrms}10^{-3}\cdot(2\pi f)^2 + g}. \quad (3)$$

Для АД с $p = 2$ и $s = 0,05$, частоты проявления дефектов отличаются в $f_{em} / f_{tr} = 3.8$ раза, что при одном и том же значении СКЗ ВС приведет к различным значениям СКЗ ВМ. Так, для АД малой мощности с $m = 50$ кг, зависимости $P_{Vrms} = f(V_{Vrms})$ для рассматриваемых случаев будут иметь вид (рис. 1).

В реальных спектрах при повреждениях АД кроме основной присутствуют дополнительные гармоники, для которых характерны уменьшение амплитуды с увеличением частоты. Анализ зависимостей $P_{Vrms} = f(V_{Vrms})$ для этих случаев подтверждает несоответствие уровней СКЗ ВС и ВМ, что также подтверждается экспериментально.

Выводы. Предложен метод определения вибромощности на основе гармонического состава виброскорости, при реализации которого отсутствуют проблемы, связанные с интегрированием непрерывных сигналов. Сравнительный анализ для трех различных типов дефектов показал, что при одинаковых уровнях виброскорости, уровни вибромощности значительно отличаются,

что может приводить к неверному диагностированию состояния асинхронных двигателей при использовании параметров виброскорости.

ЛИТЕРАТУРА

1. International standard ISO 18312-1 (E) (2012) Mechanical vibration and shock – measurement of vibration power flow from machines into connected support structures – Part 1: Direct method.
2. Попков В.И. Виброакустическая диагностика и снижение виброактивности судовых механизмов. Л.: Судостроение, 1974. – 224 с.
3. Zagirnyak M., Kalinov A., Maliakova M. (2011) An algorithm for electric circuits calculation based on instantaneous power component balance, *Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review)*, R. 87, No. 12b, pp. 212–215.
4. International standard ISO 10816-1 (E) (1995) Mechanical vibrations – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotation parts – Part 1: General guidelines.
5. М. Tsytkin (2013) "Induction motor condition monitoring: Vibration analysis technique – a twice line frequency component as a diagnostic tool", *Proceedings of IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC)*, PP. 117–124.
6. Partha Sarathee Bhowmik, Sourav Pradhan, Mangal Prakash (2013) Fault diagnostic and monitoring methods of induction motor: a review, *International Journal of Applied Control, Electrical and Electronics Engineering (IJACEEE)* Vol. 1, No. 1, PP. 1–18.

THE POSSIBILITIES OF ENERGY METHOD APPLICATION FOR IDENTIFICATION OF THE ELECTROMAGNETIC PARAMETERS OF DOUBLE SQUIRREL CAGE ROTOR INDUCTION MOTORS

N. Rudenko, post-grad., Yu. Romashykhin, Cand. Sc. (Eng.), Sen. Lect.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyy National University

ul. Pervomayskaya, 20, Kremenchug, 39600, Ukraine. E-mail: nikita_rudenko@mail.ru

Introduction. Modern induction motors (IM) are widely used in manufacturing, as well as in agriculture. They are used in the electric cutting machines, hoisting machines, conveyors, pumps, fans, etc. However, despite the relatively high operational performance, IM periodically is fails and exposed repair [1]. Thus, as a result of repair operations, as well as for long term use of IM, especially in heavy or not rated operating conditions, electromagnetic parameters (EMP) of motor may differ from those which determined by the manufacturer.

Currently, among the well-known and the most effective methods for identification the EMP of IM there are methods which use polyharmonic power source [2], and based on the use of IM mathematical models. One of these methods is the Energy Method (EM), which is based on the balance equations of the harmonic components of the instantaneous power at the power source and at the elements of the equivalent circuit [3].

Particularly it is noteworthy double cage IM [4], as they are widely used in industries, where it requires high initial torque at difficult conditions of launch of IM, which is provided by the structure of double cage rotor. Rods of starting cage are typically made of a brass or bronze – materials having higher than that of copper, an active resistance. The inductive reactance of the scattering of starting cage do not large as its rods are located close to the air gap and from two sides have the air gaps. The rods of working cage are made from a copper, and compared to starting cage rods they have a larger cross section. This provides a small resistance for working cage and inductive reactance of the working cage more than the starting.

It should be consider the features of design of the motor, in the identification of EMP of double cage IM using the EM, namely – two shorted squirrel cages of rotor and the presence of crowding-out effect of the current in the rotor for precise determination of the rotor resistances.

Aim of the research. Justification of opportunities of the energy method application for identification of the electromagnetic parameters of induction motors with double squirrel cage rotor.

Materials and research results. In [3] proposed methods for identification of IM parameters using the Energy Method. The implementation of the EM requires equations for each of the components of the instantaneous power at each of the equivalent circuit elements. The basis of this method is the Telledzhen's theorem, from which it follows that the sum of powers of all branches of the circuit is zero. For any random electromechanical complex as elementary power consumers is each of equivalent circuit parameters. Accordingly, the instantaneous power of the power source is equal to the sum of instantaneous powers at all elements of equivalent circuit.

The Energy Method is based on the formation of the system of balance equations of instantaneous powers, where two separate equations is compiled for each harmonic, first one for the cosine components, and the second one – for sine. Obtained system of equations may be supplemented by equations of current accordantly to the first Kirchhoff's law. In order to increase the number of equations in the system, the energy method allows separating power balance equation, and thereby increasing their number, according to the canonical and noncanonical components.

Producing the desired harmonic composition of the instantaneous power by using EM for determining the EMP of IM leads to the need for a power source of the polyharmonic supply. Thus, by using the EM for determining the EMP of random electromechanical system, the number of equations of the system of powers balance will depend on the selected the equivalent circuit. It should also be noted that for determining the unknown parameters, the number of equations should be grater or equal to the number of unknown parameters.

Energy method was successfully tested for the identification EMP of industrial IM Series 4A using a T-shaped equivalent circuit. Use of the full equations of instantaneous power, containing canonical and noncanonical components, allows determining EMP of the industrial IM with an error not exceeding 5% [3].

Methods [5, 6] it is demonstrated that the resistance of the rotor has a dependency upon the effect of current displacement, slip, form of slots and material of rods. From the above it follows that the determination of the parameters of the rotor is possible if its contours resistances depend not only on the slip, but also on other physical quantities. In accordance with the foregoing, the method known from [5, 6], is the most suitable for use in conjunction with the energy method for identification of EMP of double cage IM.

However, it should be taken into account that in [5, 6] presented the equivalent circuit shorted common industrial IM with one circuit of the rotor. Applied to the double cage IM to implement EM for identification of EMP of IM requires equivalent circuit which shows each of the rotor circuits and physical processes occurring in these circuits.

Thus, for using the EM to determine EMP of double cage IM it was proposed to use the equivalent circuit shown in fig. 1 which contains the stator circuit, circuit of magnetization, starting and running rotor's circuits.

*Work is done under the guidance D. Sc. (Eng.), Prof. D. Rodkin

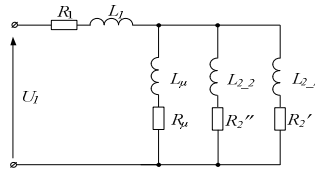


Figure 1 – Equivalent circuit of double cage IM considering displacement current.

Applied to the given equivalent circuit of fig. 1 expressions for the resistances are as follows:

– for the working circuit $R_2'' = R_{2-2} / s$;

– for the starting circuit $R_2' = R_{2-1} \left(\alpha \frac{n-1}{n} + \beta \sum (s_i)^\gamma \right)$,

where R_{2-1} – is the resistance at the frequency equal to zero; α, β, γ – are the coefficients depending on the slot shape and the rotor bars material; s_i – is the electric motor slip at the i -th harmonic; n – is the number of harmonic..

In a general view, system of equations for the powers balance of the equivalent circuit (Fig. 1) may be represented as follows:

$$\begin{cases} P_{0_{ict}} = P_{0R_1} + P_{0R_\mu} + P_{0R_2'} + P_{0R_2''}; \\ P_{ka_{ict}} = P_{kaR_1} + P_{kaR_\mu} + P_{aR_2'} + P_{aR_2''} + P_{kaL_1} + P_{kaL_\mu} + P_{kaL_2'} + P_{kaL_2''}; \\ P_{kb_{ict}} = P_{kbR_1} + P_{kbR_\mu} + P_{bR_2'} + P_{bR_2''} + P_{kbL_1} + P_{kbL_\mu} + P_{kbL_2'} + P_{kbL_2''}. \end{cases}$$

where $P_{0_{ict}}, P_{0R_1}, P_{0R_\mu}, P_{0R_2'}, P_{0R_2''}$ – constant components of instantaneous power at polyharmonic voltage source and resistances, $P_{ka_{ict}}, P_{kb_{ict}}$ – cosine and sine components of the instantaneous power at polyharmonic voltage source; $P_{kaR_1}, P_{kbR_1}, P_{kaR_\mu}, P_{kbR_\mu}, P_{aR_2'}, P_{bR_2'}, P_{aR_2''}, P_{bR_2''}$ – cosine and sine components of the instantaneous power at active resistances; $P_{kaL_1}, P_{kbL_1}, P_{kaL_\mu}, P_{kbL_\mu}, P_{kaL_2'}, P_{kbL_2'}, P_{kaL_2''}, P_{kbL_2''}$ – cosine and sine components of the instantaneous power at the inductances.

Expressions for the active resistances R_2' and R_2'' are determined through different dependencies and allow considering the effect of current displacement in the rotor, which makes it possible to divide the parameters in parallel rotor circuits.

It should be considered that by using the energy method into the system of identification equations, compiled for the short-circuit mode, it should be included additional equations obtained for mode of idling, and consideration of the effect of displacement in the balance equations constitute the instantaneous power is appropriate when using the energy method for the identification EMP of IM with double squirrel cage [2, 3].

Conclusions. The subject-matter of identification EMP of IM with complex structures using the energy method is represented.

It is shown that as a universal method for the identification EMP of double cage IM energy method may be used. The basis of the EM are balance equations of components of the instantaneous power compiled for the calculation of the equivalent circuit.

Substantiated equivalent circuit is used for separating the working and starting circuits of rotor at identification EMP of double cage IM using the energy method.

These results shows the prospect for creating diagnostic complexes that can determine the EMP of IM with complex structures using harmonic composition of the instantaneous power at the elements of the equivalent circuit and at the power source in accordance to the energy method.

REFERENCES

1. Korogodskii, V.I. (1987), *Releynaya zashchita elektrodvigatelye napryazheniyem vyshye 1 kV* [Relay protection of electric motors with the voltages above 1 kV], Energoatomizdat, Moscow, Russia (in Russian).
2. Romashykhin, Yu.V. (2010), “Methods of determining the parameters of AC machines”, *Visnyk KDPU. Zbirnyk naukovykh prats KDPU im. M. Ostrohradskoho*, Vol. 4, No. 63, part 3, PP. 140–143 (in Russian).
3. Rodkyn, D.I. (2009), “Features of the application of the energy method of identification of AC motors with pseudopolyharmonic signals”, *Elektromekhanichni i enerhozberihayuchi systemy. Kremenchuk: KDPU im. M. Ostrohradskoho*, Vol. 1, No. 5, PP. 7–20 (in Russian).
4. Kopylov, I.P. (2006), *Elektricheskiye mashiny: uchebnik dlya vuzov* [Electrical Machines: Textbook for universities.], Vysshaya shkola, Moscow, Russia (in Russian).
5. Rodkyn, D.I., Zdor, I.E. and Chernyy, A.P. (1999), “Engineering methods for determining the parameters of induction motors”, *Sbornik nauchnykh trudov Kremenchugskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo instituta «Problemy sozdaniya novykh mashin i tekhnologiy»*, Vol. 1, PP. 16–22 (in Russian).
6. Rodkyn, D.I., Kalinov, A.P. and Romashykhin, Yu.V. (2006), “Estimation of efficiency of diagnostic methods of AC motors”, *Visnyk KDPU*, Vol. 3, No. 38, PP. 77–82 (in Russian).

*Work is done under the guidance D. Sc. (Eng.), Prof. D. Rodkin

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ПЕРЕМЕННОМ ГРАФИКЕ НАГРУЗКИ

Ю. А. Алексеева, асс.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: aljua@mail.ru

Введение. Насосные станции (НС) систем городского водоснабжения характеризуются высокой энергоемкостью, необходимостью изменения режимов насосных агрегатов (НА) в соответствии с законами работы потребителя, низким техническим состоянием оборудования и высоким уровнем его аварийности. Существующие средства регулирования технологических параметров в НС характеризуются нерациональными потерями энергии (20-30 %), воды (15 %), низкими показателями качества переходных процессов в трубопроводной сети [1-3]. Поэтому является актуальным решение задач энергоресурсосбережения в НС.

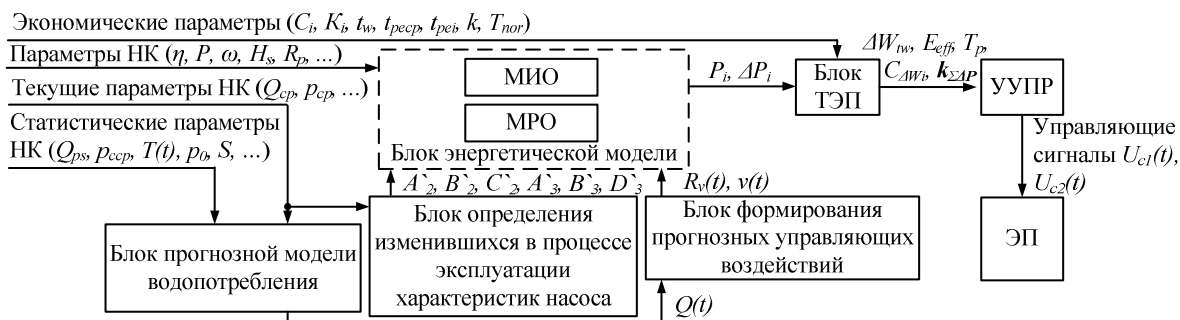
Для оценки энергоэффективности мероприятий по энергоресурсосбережению в энергопотребляющем оборудовании общепромышленного применения (включая энергодобывающие, энергоиспользующие, энергопроводящие, энергопередающие, топливотранспортирующие и теплосберегающие виды) используют ряд показателей на базе абсолютных или относительных оценок [4]. Так, например, к рекомендуемым показателям энергоэффективности относятся: потери мощности (кВт) – для преобразователя частоты; коэффициент полезного действия (%) – для электрического двигателя, насоса; величина потерь давления на единицу длины трубопровода (атм/км) – для водопровода, которые отражают энергоэффективность каждого отдельного элемента насосного комплекса (НК) и не могут быть характеристикой эффективности функционирования НК в целом в отношении преобразования, потребления и передачи энергии в его силовом канале.

В работах [3, 4] показано, что на энергетические параметры (мощность и потери мощности), характеризующие разнообразные энергетические состояния или режимы НК, существенным образом влияют: число и схема включения работающих одновременно НА; вид заводских напорно-расходных и энергетических характеристик; переменные во времени режимы работы потребителя и его технологические законы управления; способы регулирования производительности или напора НС, осуществляемые с помощью того или иного схмотехнического решения; изменившиеся в процессе эксплуатации характеристики насосного и трубопроводного оборудования и др. Так, при обеспечении суточного графика водопотребления изменением частоты вращения, происходит перераспределение потерь мощности между элементами НК – снижение потерь энергии в насосе и на задвижке, по сравнению с дросселированием потока жидкости на выходе насоса. При отклонении текущих эксплуатационных характеристик насоса от паспортных в результате износа увеличиваются потери энергии в насосе и в трубопроводе [4]. Таким образом, именно величина суммарных потерь мощности и характер ее перераспределения между элементами НК отражает влияние вышеуказанных факторов и должна быть использована при анализе энергоэффективности работы НК.

С учетом того, что основным предназначением НК водоснабжения является обеспечение потребителей водой, оценку энергоэффективности НК целесообразно осуществлять по удельным суммарным потерям мощности в НК на транспортировку одного метра кубического жидкости: $k_{\Sigma \Delta P} = \Sigma \Delta P_i / (Q_i t_i)$, где ΔP_i – потери мощности на i -ом элементе НК, кВт·ч; t_i – период времени, на котором выполняется анализ режима НК, ч; Q_i – производительность НК за t_i , м³/ч.

Цель работы. Анализ энергоэффективности насосных комплексов при переменном графике нагрузки.

Материал и результаты исследования. Оценка показателя удельных суммарных потерь мощности НК выполнена на математической модели системы энергопрогноза НК [5], блок-схема и исходные параметры которой приведена на рис. 1. и в табл. 1, соответственно. Система энергопрогноза НК представляет собой систему программного управления, для которой сигналом задания является кривая водопотребления $Q(t)$ (рис. 1).



Рисуну

к 1 – Блок-схема системы энергопрогноза НК:

МИО, РМО – модели идеального и реального объектов; ТЭП – технико-экономические показатели; УУПР – устройство управления и принятия решения; ЭП – электропривод

Таблиця 1 – Исходные параметры модели НК

Модель водопотребления	$K=8847,21; a_1=1228,5; a_2=6,66; a_3=99,78; a_4=25,22; a_5=9,92$
Преобразователь частоты	$f_c=f_n=50$ Гц; $T_{\text{ин}}=0,3$ с; $k_{\text{ин}}=1; U_{\text{фн}}=3464$ В
Асинхронный двигатель	$R_1=0,512$ Ом; $R_2=1,089$ Ом; $L_1=16,88$ Гн; $L_2=16,879$ Гн; $p=m=3; J=7,289$ кгм ² ; $L_m=16,844$ Гн; $\sigma=0,0042; \omega_n=103,254$ с ⁻¹
Насос	$T_n=0,106$ с; $k_n=1; A_2=118; B_2=20,384; C_2=-94,888$ с
Трубопровод, задвижка, потребитель	$d=0,8$ м; $k_c=2$ мм; $T_c=4$ с; $H_c=10$ м; $R_c = R_{\text{п}}=291,6$ с ² /м ⁵ ; $l_{01}=0,608; c_{01}=142100;$ $r_{01}=0,019; l_{02}=20,28; c_{02}=4264; r_{02}=0,62$

Блоком формирования прогнозных управляющих воздействий задается зависимость изменения относительной частоты вращения $v(t)$ и зависимость гидродинамического сопротивления задвижки $R_3(t)$ во времени для отработки кривой водопотребления $Q(t)$. В блоке энергетических моделей определяются мощность P_i и потери мощности ΔP_i на i -ом элементе системы. Блоком ТЭП вычисляют удельные суммарные потери мощности в НК $k_{\Sigma \Delta P}$ при сравнении вариантов схем регулирования, а также ряд технико-экономических показателей (экономия электроэнергии $\Delta W_{\text{тв}}$, годовой экономический эффект E_{eff} , период окупаемости T_p). На основании полученных показателей УУПР принимает решение о выборе энергоэффективной схемы регулирования производительности, и соответственно, формирует управляющее воздействие $U_{c1}(t)$ на преобразователь частоты или $U_{c2}(t)$ на рабочий орган задвижки.

На рис. 2 получены кривые удельных суммарных потерь мощности во времени в зависимости от графика работы потребителя при изменении производительности в пределах 60 % вниз от номинальной и способа регулирования технологических параметров. Анализ энергоэффективности НК показал, что при отработке кривой водопотребления $Q(t)$ частотным способом регулирования производительности НА диапазон изменения $k_{\Sigma \Delta P}$ лежит в широких пределах (до 85 %), что обусловлено снижением суммарных потерь мощности с уменьшением производительности. При использовании дросселирования потока жидкости на выходе насоса диапазон изменения $k_{\Sigma \Delta P}$ сужается до 20 %, что происходит по причине роста непроизводительных потерь напора на задвижке и сопровождается большими потерями мощности на перекачку рабочего продукта.



Рисунок 2 – Зависимость удельных суммарных потерь мощности в НК от времени при обеспечении переменного графика нагрузки изменением частоты вращения (1) и дросселированием (2)

Таким образом, для определения показателей энергоэффективности НК различного предназначения (нефтеперекачивающие, пульпанасосные станции, водоотливные установки и др.) необходимо учитывать особенности режимов работы рассматриваемых объектов и факторы, влияющие на энергетические параметры всего силового канала преобразования, потребления и передачи энергии.

Выводы. Вероятностный характер водопотребления требует непрерывных изменений в режиме работы насосного комплекса. Эта задача, в большинстве случаев, решается с помощью системы автоматического управления насосным комплексом, реализующей стабилизацию давления на выходе насосной станции или в диктующей точке сети, а предложенный показатель может быть использован для оценки энергоэффективности насосного комплекса при переменном характере изменения производительности. Очевидно, введение в структуру критерия качества системы автоматического управления показателя удельных суммарных потерь мощности обеспечит не только стабилизацию давления в диктующей точке сети, а и минимум потерь мощности на транспортировку рабочего продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лезнов Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходушных установках. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 360 с.
2. Алексеева Ю. А., Коренькова Т. В. Техническое состояние и технологии управления насосными комплексами коммунального хозяйства // Вісник КДПУ: Зб. наук. пр. КДПУ. – Вип. 3/2008 (50), – Ч. 1. – Кременчук: КДПУ, 2008. – С. 135-141.
3. Zagirnyak M., Korenkova T., Aliksieieva I. Energy and resource saving control system for pumping station // Przegląd Elektrotechniczny. – Poland: Vol. 2013, No. 2b. – PP. 76-80.
4. Загирняк М. В., Коренькова Т. В., Алексеева Ю. А. Система повышения эффективности электромеханических комплексов // Електротехніка. – М.: Знак, 2012. – № 7. – С. 2-8.
5. Зеркалов Д. В. Энергозбереження в Україні. У двох книгах. Книга перша: Нормативно- правова основа. Енциклопедичний довідник. - К.: Основа, 2006. – 684 с.
6. Alekseeva J.A., Korenkova T.V. Power forecast system in pumping complex in technological parameters regulating // Вісник КДПУ: Зб. наук. пр. КДПУ. – Вип. 3/2010 (62), Ч. 1. – Кременчук: КДПУ, 2010. – С. 108-111.

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ НАСОСУ

С. О. Бур'ян, к.т.н., ст. викл., Д.О. Боднар, магістр.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

Проспект Перемоги, 37, 03056, м. Київ, Україна, e-mail: sburyan@rambler.ru

Вступ. На сьогоднішній день в усіх галузях промисловості, комунального та сільського господарства широко використовуються насосні установки. Основним показником їх роботи на будь-якому технологічному об'єкті є енергоефективність насосної установки. В останній час дуже часто застосовуються частотно-керовані асинхронні електроприводи, які зменшують втрати електричної енергії у насосних установках на 30-40 %. Широке застосування також знаходять системи стабілізації напору або продуктивності [1]. Інтерактивні алгоритми керування забезпечують мінімально-достатню швидкість обертання приводного двигуна при задоволенні потреб споживачів [2], [3]. Але вищезгадані методи не враховують того, що ККД насоса є нелінійною функцією, тому під час роботи ККД насоса може відхилитися від свого максимального значення, яке залежить від положення робочої точки на напірній характеристиці. Таким чином, реалізація датчика насосної установки є непростою задачею. Одним із шляхів її вирішення є застосування термодинамічного методу вимірювання ККД насоса [4], але його недоліком є те, що він потребує високоточних та дорогих температурних датчиків на його вході та виході. Визначити ККД насоса також можна, застосувавши штучні нейронні мережі, які на основі попередньо запрограмованих каталожних статичних характеристик насоса розраховують ККД у поточній робочій точці [5]. Іншим способом технічної реалізації визначення ККД є апроксимація каталожних статичних характеристик насоса поліномом n-го порядку. Такий датчик може бути використаний в алгоритмі екстремального керування ККД насосною установкою [6].

Мета роботи. Апроксимація каталожних характеристик ККД насоса поліномами різного порядку для врахування його зміни у математичній моделі насосної установки.

Матеріал і результати дослідження. ККД насосів є нелінійними функціями, які залежать від положень робочих точок на напірних характеристиках і визначається залежністю $\eta=f(Q_i, H_i)$ або при керуванні швидкістю $\eta=f(Q_i, \omega_i)$. Ці залежності можуть бути отримані за допомогою каталожних даних виробника насоса або спеціалізованої програми вибору насосів [7]. Для отримання цих даних необхідно побудувати статичні характеристики залежності ККД насоса від його продуктивності для різних швидкостей обертання.

Для побудови статичних характеристик $\eta=f(Q_i, \omega_i)$ для насоса потужністю 160 кВт використані масиви даних Q і η при різних швидкостях обертання приводного асинхронного двигуна. Ці характеристики мають екстремальний вигляд і є нелінійними.

Виконаємо апроксимацію цих статичних характеристик на основі полінома другого порядку за допомогою вбудованої функції Basic Fitting пакету прикладних програм MATLAB/Simulink. Статичні характеристики для різної частоти обертання n побудовані по каталожним даним η_k та їх апроксимовані варіанти η_a показані на рис. 1.

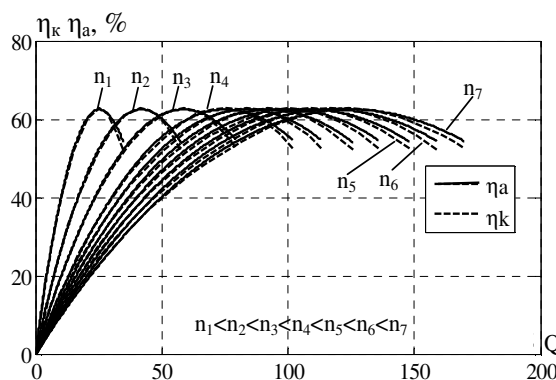


Рисунок 1 – Каталожні статичні характеристики та їх апроксимовані варіанти для полінома другого порядку

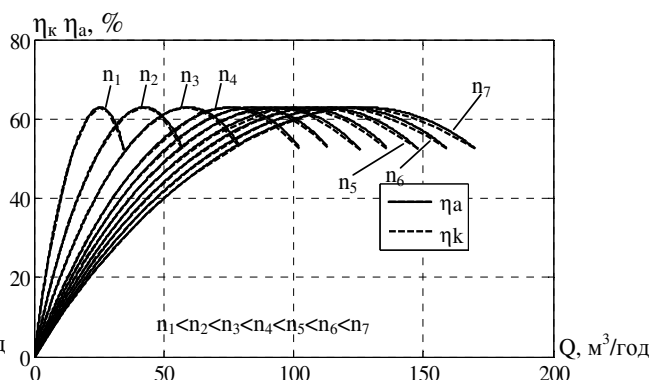


Рисунок 2 – Каталожні статичні характеристики та їх апроксимовані варіанти для полінома четвертого порядку

Дані характеристики були апроксимовані наступною залежністю

$$\eta_a = a_1 (\omega_c / \omega_1)^2 Q^2 + (\omega_c / \omega_1) Q, \tag{1}$$

де Q – продуктивність на виході насоса, a_1 – коефіцієнт апроксимації, ω_c – синхронна швидкість обертання приводного асинхронного двигуна, ω_1 – поточна швидкість.

Як видно з рис. 1, справа від точки максимального ККД характеристики розходяться, що може призвести до виникнення значних похибок при розрахунку ККД у моделі під час роботи насосної установки у цій зоні. На високих швидкостях ця похибка зростає. Проте, якщо насосна установка працює у зоні, що знаходиться зліва від максимального значення ККД, така апроксимація є достатньою через меншу похибку.

Для підвищення точності виконаємо апроксимацію статичних характеристик на основі полінома більшого порядку, наприклад четвертого. У цьому випадку статичні характеристики та їх апроксимований варіант мають вигляд, що показано на рис. 2.

Для апроксимації даних характеристик використана аналогічна до попередньої залежність, але четвертого порядку

$$\eta_a = a_2(\omega_c / \omega_1)^4 Q^4 + b_2(\omega_c / \omega_1)^3 Q^3 + c_2(\omega_c / \omega_1)^2 Q^2 + d_2(\omega_c / \omega_1) Q, \quad (2)$$

де Q – продуктивність на виході насосу, a_2, b_2, c_2, d_2 – коефіцієнт апроксимації, ω_c – синхронна швидкість обертання привідного асинхронного двигуна, ω_1 – поточна швидкість.

Як і у випадку апроксимації для полінома другого порядку, зліва від максимуму ККД характеристики апроксимація є достатньо точною. Також можна побачити, що похибка значно зменшилась у зоні праворуч від максимального значення ККД, тобто апроксимації четвертого порядку достатньо для роботи насосної установки при великих витратах води.

Структурна схема насосу з урахуванням апроксимованого ККД у вигляді полінома другого порядку представлена на рис. 3.

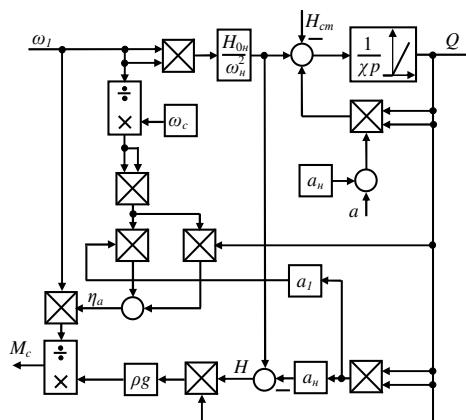


Рисунок 3 – Структурна схема насосу з урахуванням апроксимації ККД

На рисунку приведено наступні позначення: a_n – гідравлічний опір насосу; H_{cm} – гідростатичний напір; a – гідравлічний опір мережі; H – напір насосу; M_c – момент, що створює насос; H_{0n} – напір при нульовій подачі; χ – стала інтегрування насосу; ω_n – номінальна швидкість обертання привідного асинхронного двигуна; ρ – густина рідини; g – прискорення вільного падіння.

Висновки. Отриманий математичний вираз можна застосовувати для моделювання роботи насосних установок з урахуванням зміни у часі ККД насосу. Такий підхід дозволяє більш точно оцінити втрати у системі водопостачання при роботі насосної установки на різних робочих точках. В свою чергу, поліноміальна апроксимація дозволяє просто та швидко програмно реалізувати оцінювач ККД насосу, для якого потрібне вимірювання тільки продуктивності насосу та швидкості обертання привідного асинхронного двигуна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kiselychnyk O. Overview of energy efficient control solutions for water supply systems / O. Kiselychnyk, M. Bodson, H. Werner // Transactions of Kremenchuk State Polytechnic Univ. Kremenchuk: KSPU, N3/2009 (56), P. 1, 2009. – PP. 40–45.
2. Попович М.Г. Експериментальні дослідження роботи інтерактивного енергозберігаючого контролера на гібридній моделі насосної установки / М.Г. Попович, О.І. Кіселичник, С.О. Бур'ян, О.Ф. Соколовський // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. Вип. 3/2007 (44). Ч. 1. – С. 72–75.
3. Kiselychnyk O. Improved interactive energy saving control algorithms of water supply pump based on head measurement / O. Kiselychnyk, S. Buryan, M. Bodson, H. Werner // Scientific and technical journal "Electroinform", Lviv, 2009. – PP. 349–354.
4. Cattaert A.E. High Pressure Pump Efficiency Determination from Temperature and Pressure Measurements // IEEE PES PowerAfrica 2007 Conference and Exposition Johannesburg, South Africa, 16-20 July 2007.
5. Бур'ян С.О., Гришук Т.В. Оцінювач коефіцієнта корисної дії насосу на основі нейронної мережі та каталожних характеристик // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 07-08 квітня 2011 р. – Кременчук, КНУ, 2011. – С. 97–98.
6. Popovich M., Kiselychnyk O., Buryan S. Extremal electromechanical control system of water supply pumps connected in series // Transactions of Kremenchuk State University. Kremenchuk: KSU, N3/2010 (62), P. 2, 2010. PP. 37–41.
7. ITT Industries. Vogel Select CD // Selection Program Jan. 2009.

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МИТТЄВОЇ ПОТУЖНОСТІ ДО ВИЗНАЧЕННЯ
ВТРАТ ВЕНТИЛЬНО-ІНДУКТОРНОГО ДВИГУНА**

Н. М. Істоміна, ас.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Україна, 39600, e-mail: istominanm@qip.ru

Вступ. Згідно [1] частка електроенергії, споживаної електродвигунами в усьому світі, становить близько 65%, у деяких промислових районах України сягає 80 %.

У зв'язку з введенням нових стандартів ІЕС/EN 60034-2-1 та ІЕС 60034-30 постала проблема підвищення енергоефективності електродвигунів. Як наведено у [7], під енергоефективністю розуміється раціональне використання енергетичних ресурсів, за допомогою якого досягається зменшення споживання енергії при тому самому рівні навантажувальної потужності. Основними показниками енергоефективності електродвигуна є коефіцієнт корисної дії (ККД) і коефіцієнт перетворення енергії (КПЕ). Значення ККД напряму залежить від втрат активної енергії. КПЕ являє собою відношення вихідної активної та вхідної повної енергії [3]. Тобто єдиний шлях підвищення енергоефективності двигуна – це зниження рівня активних і реактивних втрат. З цього випливає необхідність точної оцінки енергобалансу електричного двигуна. У роботах наукової школи проф. Д. Й. Родькіна доведена перевага методу миттєвої потужності (ММП) перед класичними методами оцінки енергобалансу.

На сьогоднішній день поширюється використання вентильно-індукторного двигуна (ВІД) в усіх технологічних сферах [4]. Згідно [5] вентильно-індукторний електропривод (ВІЕП) є електроприводом майбутнього. Тому актуальною задачею являється дослідження застосовності ММП до процесів перетворення енергії у ВІД.

Мета роботи. Обґрунтування можливості застосування методу миттєвої потужності до визначення втрат вентильно-індукторного двигуна.

Матеріал і результати дослідження. Згідно з [6] ВІЕП представляє собою достатньо складну електромеханічну систему, структурна схема якої наведена на рис. 1.

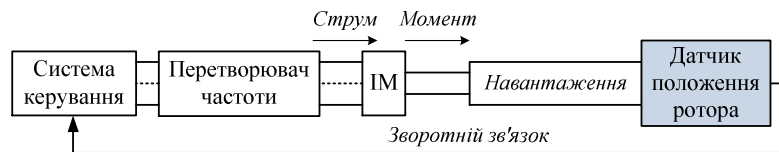


Рисунок 1 – Структурна схема ВІЕП

Відомо, що індукторна машина (ІМ) характеризується високим ККД та невисоким КПЕ [3]. При допущенні про ненасиченість магнітної системи індукторної машини КПЕ прагне до значення 0,5 [7]. Для насичених машин він перевищує це значення, однак, у реальних умовах завжди залишається значно меншим за номінальне значення ККД [3].

Згідно [3] це пояснюється тим, що за принципом дії машини з повної споживаної енергії S_1 тільки активна частина вхідної енергії P_1 перетворюється у механічну P_2 , тобто йде на створення моменту. Інша її частина Q_1 йде на намагнічування машини й за винятком втрат Q_w повертається в джерело живлення Q_2 . Рух енергетичних потоків ВІД проілюстровано на рис. 2 (P_{el} – електричні втрати у статорних обмотках). При цьому перетворювач частоти представлений втратами на ключах комутатора P_{1c} .

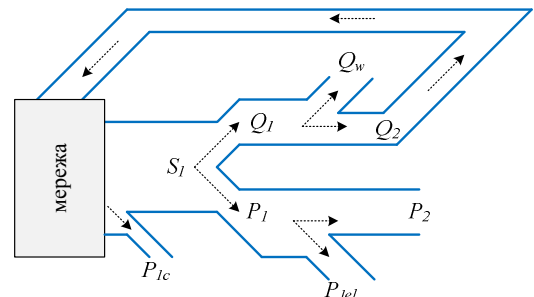


Рисунок 2 – Рух енергетичних потоків у ВІД

Виходячи із рис. 2, рівняння енергетичного балансу

$$S_1 = P_{el1} + Q_w + P_2 \quad (1)$$

Як наведено у [6], 2-ий закон Кірхгофа для фази ВІД можна записати у наступному вигляді:

$$u = iR_f + \frac{\partial \psi}{\partial i} \frac{di}{dt} + \omega \frac{\partial \psi}{\partial \phi} \quad (2)$$

де u – миттєве значення напруги живлення; R_f – активний опір фазної обмотки; i – миттєве значення фазного струму; $\partial \psi / \partial i$ – диференціальна індуктивність; ω – кутова частота обертання; ψ – миттєве потокозчеплення; $\omega \partial \psi / \partial \phi$ – миттєва ЕРС обертання.

Якщо всі складові (2) помножити на струм, отримаємо рівняння енергетичного балансу у миттєвих

значеннях

$$ui = i^2 R_f + \frac{\partial \psi}{\partial i} \frac{di}{dt} i + \omega \frac{\partial \psi}{\partial \phi} i, \text{ або} \\ s_1 = p_{1el} + q_W + p_2, \quad (3)$$

де s_1 – миттєва повна споживана потужність; p_{1el} – миттєва потужність електричних втрат; q_W – миттєва потужність, що йде на прирощення енергії, запасеної у магнітному полі; p_2 – миттєва механічна потужність.

Тож можна сказати, що енергія, яка витрачається на прирощення магнітного поля, тобто на намагнічування сталі, формує втрати у сталі ВІД. Для ВІД зміна енергії магнітного поля пов'язана з нелінійною індуктивністю, яка є функцією від струму та кута повороту ротора.

Згідно [6] її можна описати залежністю, як показано на рис. 3.

Як наведено у [8, 9] потужність на нелінійній індуктивності

$$Q_W(t) = I(t) \frac{d}{dt} (L(t)I(t)) = I(t)E(t), \quad (4)$$

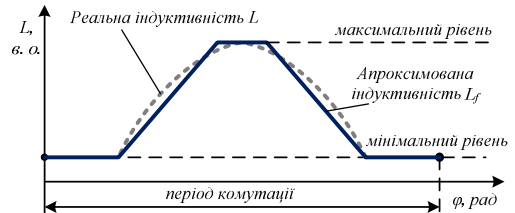


Рисунок 3 – Залежність індуктивності від кута повороту ротора

де $I(t)$ – змінний струм фази ВІД; $L(t)$ – змінна індуктивність; $E(t)$ – ЕРС в обмотці, викликана змінним струмом.

Запишемо рівняння енергетичного балансу ВІД у функціях від часу

$$U(t)I(t) = I(t)^2 R_f + I(t) \frac{d}{dt} (L(t)I(t)) + \omega(t)\Psi(t)I(t). \quad (5)$$

З урахуванням того, що $\Psi(t) = L(t)I(t)$, рівняння (5) після перетворень набуде вигляду:

$$U(t)I(t) = I(t)^2 R_f + I(t)^2 \frac{dL(t)}{dt} + L(t)I(t) \frac{dI(t)}{dt} + \omega(t)L(t)I(t)^2. \quad (6)$$

Як видно з (6) для застосування ММП для оцінки енергетичних процесів ВІД необхідно перейти від складних залежностей індуктивності та потокозчеплення від кута до функцій однієї змінної, які залежать від часу. Це питання потребує подальшого дослідження.

Висновки. Доведена застосовність методу миттєвої потужності для оцінки енергетичних процесів, що перетікають у вентильно-індукторному двигуні. Особливої уваги заслуговує підхід цього методу до визначення втрат у сталі. Тому постає питання отримання часових залежностей і розкладення у ряд Фур'є кривих напруги, струму й індуктивності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конохов Н.Н. Проблематика підвищення надійності і енергоефективності електродвигателів на промислових підприємствах Донбасу // Вісник СевНТУ. Вип. 106: Механіка, енергетика, екологія: зб. наук. пр. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2010. – С. 89–92.
2. Энергоэффективные электродвигатели [Электронный ресурс] // Материалы с официального сайта компании "СЗЭМО Электродвигатель". – Режим доступа: <http://www.szemo.ru/iec.php>.
3. Виноградов А.Б. Вентильно-индукторный электропривод с минимизацией пульсаций электромагнитного момента [Электронный ресурс] // Научно-технический центр электропривода «Вектор». – Режим доступа: <http://vectorgroup.ru/articles/article10>.
4. Бычков М. Вентильно-индукторный электропривод: современное состояние и перспективы развития [Электронный ресурс] // Журнал-справочник «Рынок Электротехники». – Режим доступа: <http://www.marketelectro.ru/magazine/readem0207/10>.
5. Бычкова Е.В. Обзор современного рынка преобразователей частоты для электропривода // Отраслевой деловой ежегодник «Живая электроника России». – М.: ООО «ИД Электроника», 2001. – Т. 2. – С. 118–125.
6. Кузнецов В.А., Кузьмичев В.А. Вентильно-индукторные двигатели [Электронный учебник]. – Режим доступа: <http://elmech.mpei.ac.ru>.
7. Stephenson J.M., El-Khazendar M.A. Saturation in doubly salient reluctance motors // Electric Power Applications. – IEE Proceedings B, 1989. – Vol. 136. – No. 1. – PP. 50–58.
8. Родькин Д.И. Мгновенная мощность индуктивности с насыщением // Електромашинобудування та електрообладнання. Тематичний випуск: «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика». – К.: Техніка, 2006. – Вип. 66. – С. 282–285.
9. Родькин Д.И., Ромашин Ю.В. Мгновенная мощность нелинейных элементов электрической цепи // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету (технічні науки). Тематический выпуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика». – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2006. – С. 501–506.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ
АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОЧАСТОТНОГО ПСЕВДОИСТОЧНИКА***

*Д. В. Резник, ассист., Ю. В. Ромашихин, к.т.н., ст преп.
Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: dimareznik@yandex.ru*

Введение. В последнее время увеличивается интерес к разработкам и внедрениям систем позиционного электропривода, где в качестве исполнительных механизмов используются электрические машины. Для точной настройки указанных систем необходимо иметь полную информацию о параметрах технологического объекта и электрической машины, в качестве которой чаще всего используется асинхронный двигатель (АД).

Вопросы определения параметров АД рассматриваются в работах [1-3], в которых предложены различные пути решения поставленной задачи идентификации параметров АД. Однако существующие методы имеют ряд недостатков: невысокая точность, низкий уровень автоматизации, необходимость использования специального оборудования, необходимость в разборке двигателя и т.д. Поэтому вопрос разработки и реализации метода, который бы не содержал этих недостатков, остается открытым.

В качестве исходного метода может быть использован энергетический метод, который позволяет проводить идентификацию параметров АД с достаточной точностью (погрешность идентификации параметров для общепромышленных двигателей не превышает 5 %) [3]. Единственным недостатком энергетического метода является наличие источника полигармонического питания. Подобного недостатка можно избежать, используя введение виртуальных источников при определении ЭМП АД.

Цель работы. Определение ЭМП АД с использования низкочастотного псевдоисточника.

Материал и результаты исследования. В работах [1] рассмотрена реализация энергетического метода идентификации параметров АД при питании от источника низкочастотного напряжения с регулируемой частотой. Определение параметров АД при питании статорных обмоток напряжением с регулируемой частотой является перспективным и находит применение на практике. Результаты получаются вследствие решения комплекса алгебраических уравнений на основе Т-образной схемы замещения АД.

Использование низкочастотного питания позволяет выделить две области:

– низкочастотная область, которая характеризуется изменением частоты в диапазоне от номинальной f_n до минимальной f_{\min} [4];

– ультранизкочастотная область, которая характеризуется изменением частоты в диапазоне от f_{\min} до нуля [2].

Такое разделение является достаточно условным. Значение минимальной частоты f_{\min} можно принять равным частоте напряжения на роторе при скольжении $s = s_{KP}$ при питании от источника 50 Гц:

$$f_{\min} = s_{KP} f_M,$$

где s_{KP} – критическое скольжение, которое может быть найдено из выражения:

$$s_{KP} = s_H \left(\lambda_M + \sqrt{\lambda_M^2 - 1} \right),$$

$\lambda_M = M_{\max} / M_H$ – перегрузочная способность двигателя, s_H – номинальное скольжение, f_M – частота питающего напряжения, 50 Гц.

Следует отметить, что методы, представленные в [2, 4], основаны на зависимостях эквивалентных сопротивлений от частоты питающего напряжения и для их реализации необходимо использовать источник низкочастотного напряжения. В связи с этим основным недостатком при идентификации параметров АД указанным методом является необходимость в использовании специального источника с регулируемым тестовым низкочастотным напряжением [2, 4].

Поэтому в работе [3] предложено использовать для питания АД источник синусоидального напряжения, а необходимый спектр частот получать от так называемого «псевдоисточника». Псевдоисточник (ПИ) представляет собой фиктивный источник, который вводится не физически, а только математически в уравнения баланса мощностей.

При введении в схему ПИ напряжение и ток можно записать в виде:

$$u(t) = u_o(t) + u_{nci}(t) = U_1 \cos(\Omega t) + \sum_{n=1}^N U_n \cos(\Omega_n t);$$

$$i(t) = i_o(t) + i_{nci}(t) = I_1 \cos(\Omega t) + I_{1b} \sin(\Omega t) + \sum_{m=1}^M I_{mai} \cos(\Omega_m t) + \sum_{m=1}^M I_{mbi} \sin(\Omega_m t),$$

где $u_o(t)$ – значение напряжения действительного источника питания; $u_{nci}(t)$ – значение напряжения псевдоисточника; Ω_i – круговая частота i -го псевдоисточника; i – количество псевдоисточников; $i_o(t)$ – значение

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

тока действительного источника питания; $i_{nci}(t)$ – значение тока псевдоисточника.

Использование предлагаемого метода позволяет определять ЭМП АД в различных случаях:

- при заторможенном двигателе;
- при работе двигателя на холостом ходу;
- при симметричном режиме работы АД;
- при несимметричном режиме работы АД.

Каждый случай накладывает свои особенности на систему идентификационных уравнений при определении ЭМП АД. Но у всех остается общая база, а именно, снятие экспериментальных данных, с последующей их обработкой в математических пакетах с дополнительным введением значений ПИ.

Самым простым случаем (базовым) является вариант, когда двигатель заторможен $s = 1, \omega = 0$. Как и в остальных случаях, количество ПИ зависит от количества неизвестных параметров схемы замещения. Так при анализе Т-образной схемы замещения без введения ПИ прослеживается недостаток в количестве идентификационных уравнений, табл. 1. В табл. 1 токи и напряжения с индексом i соответствуют ПИ. Введя виртуально всего один ПИ, получаем одинаковое количество идентификационных уравнений и неизвестных параметров [3]. Уровень подаваемого напряжения на заторможенный двигатель может быть как пониженным $0,1U_H$, так и равным U_H с ограничением по времени кратковременным воздействием при частоте 50 Гц. Касательно ПИ, амплитуда должна быть соизмерима с испытательным напряжением, чтобы не вносить дополнительные погрешности в расчет, а частота напряжения ПИ должна находиться в пределах от f_{min} до нуля.

Таблица 1 – Анализ Т-образной схемы замещения

Известные параметры схемы замещения		Неизвестные параметры схемы замещения		Количество псевдоисточников	Количество уравнений
количество	параметры	количество	параметры		
5	$R_1, I_{1a1}, I_{1b1}, U_{1a1}, U_{1b1}$	8	$X_1, R_2, X_\mu, X_2, I_{2a1}, I_{2b1}, I_{ma1}, I_{mb1}$	0	7
7	$R_1, I_{1a1}, I_{1b1}, U_{1a1}, U_{1b1}, U_{1ai}, U_{1bi}$	14	$X_1, R_2, X_\mu, X_2, I_{1ai}, I_{1bi}, I_{2a1}, I_{2b1}, I_{2ai}, I_{2bi}, I_{ma1}, I_{mb1}, I_{mai}, I_{mbi}$	1	14

В случае определения ЭМП на холостом ходу или при симметричном, или несимметричном режимах работы АД, необходимо учитывать дополнительные параметры, к ним можно отнести скольжение, момент и несимметрию параметров в каждой ветви. Так при вращающемся двигателе необходимо в систему идентификационных уравнений ввести скольжение, а также уравнение движения двигателя. Если АД симметричный то определение можно провести по одной фазе, что значительно сократит и время, и затраты на идентификацию ЭМП. При этом уровень и частота питающего напряжения реального источника должны соответствовать номинальным, а что касается псевдоисточника, то амплитуда соизмерима с реальным, а частота в – пределах от f_{min} до нуля.

Результаты идентификации ЭМП АД при использовании низкочастотных псевдоисточников показаны в работе [3].

Выводы. Повышение эффективности использования энергетического метода при определении ЭМП АД достигается за счет введения дополнительного псевдоисточника синусоидального напряжения с фиксированной амплитудой и частотой, формирования и решения системы уравнений баланса составляющих гармоник мгновенной мощности. При этом ошибка идентификации ЭМП значительно снижается по сравнению с применением традиционных методов и не превышает 5 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Родькин Д.И. Решение одного класса некорректных электротехнических задач энергетическим методом // *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 1/2013 (21). – С. 69–80.
2. Резник Д.В., Родькин Д.И., Ромашихин Ю.В. Особенности определения электромагнитных параметров асинхронных двигателей при использовании низкочастотного испытательного напряжения // *Электроприводы переменного тока: Труды Международной четырнадцатой научно-технической конференции, 13–16 марта 2007, Екатеринбург*. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2007. – С. 279–283.
3. Резник Д.В., Ромашихин Ю.В., Родькин Д.И. Оценка эффективности применения низкочастотных псевдоисточников при идентификации электромагнитных параметров асинхронных двигателей // *Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал*. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 3/2013 (23). – С. 18 – 25.
4. Калінов А.П., Мельников В.О. Ідентифікація електромагнітних параметрів асинхронного двигуна при використанні низькочастотного живлення // *Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Проблеми сучасної електротехніки»*. – К.: Інститут електродинаміки НАН України, 2010. – Ч. 2/2010. – С. 138–143.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ ПРИ ПОМОЩИ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ С СОХРАНЕНИЕМ ФОРМЫ ВЫХОДНЫХ СИГНАЛОВ

И. С. Конох, к.т.н.,ст. викл., В. В. Найда, асс.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: vaha303@ya.ru

Введение. Современные промышленные автоматизированные информационно-управляющие системы (АИУС) – это сложные объекты. Нестационарный режим является обычным состоянием объекта управления вследствие непреднамеренных и случайных возмущений, действующих по многим каналам. Поэтому необходимое для проектирования промышленных АИУС математическое описание объекта и возмущений принципиально не может быть полным. Чаще всего исходные характеристики объекта управления (особенно динамические характеристики) при создании АИУС представлены в виде приближенного описания.

Вследствие высокой степени сложности объекта и подсистемы управления и приближенного их описания невозможно, используя только расчетные процедуры и теоретические представления, спроектировать АИУС, которая будет функционировать заданным образом, с заданными значениями критериев качества и настройками регуляторов сразу же после включения ее в работу.

Цель работы. Создание математического и информационного обеспечения компьютеризированных комплексов для исследования и настройки систем управления электромеханическими объектами, которое позволит проводить автоматическую идентификацию и эмулировать сигналы объектов с достаточной точностью.

Материал и результаты исследования. Экспериментальные исследования обычно проводятся на действующем оборудовании или на моделях. Однако по мере роста сложности АИУС использование этих традиционных методов экспериментального исследования становится все более неэффективным и затруднительным. Натурные эксперименты требуют больших материальных затрат. Для моделирования необходимы исходные данные, получение которых требует дополнительных затрат.

Таким образом, налицо противоречие: с одной стороны, проблема создания промышленных АИУС должна решаться с привлечением экспериментальных исследований, а с другой – натурные и модельные эксперименты в их традиционных формах все менее удовлетворяют разработчиков. Следовательно, весьма актуальной для создания сложных АИУС является проблема разработки новых средств и методов, которые позволили бы проводить экспериментальное исследование и настройку этих систем, создание предпосылок для увеличения объема экспериментов на различных этапах жизни АИУС с целью сокращения сроков и уменьшения затрат на выполнение этих этапов.

Предлагаемый метод решения задачи воспроизведения поведения ОУ базируется на идее определения ближайших подходящих экспериментальных последовательностей и расчете на их основе точек новой последовательности, которая соответствует входному управляющему сигналу.

Схема проведения модельных экспериментов включает модули задания управляющих воздействий и две экспериментальные последовательности. Начальные условия – нулевые. Два нечетких контроллера, каждый из которых на основании входной информации оценивает близость искомой последовательности к экспериментальной и формируют расчетный коэффициент (рис. 1). Выходная информация нечетких контроллеров усредняется на основании значений расчетных коэффициентов.

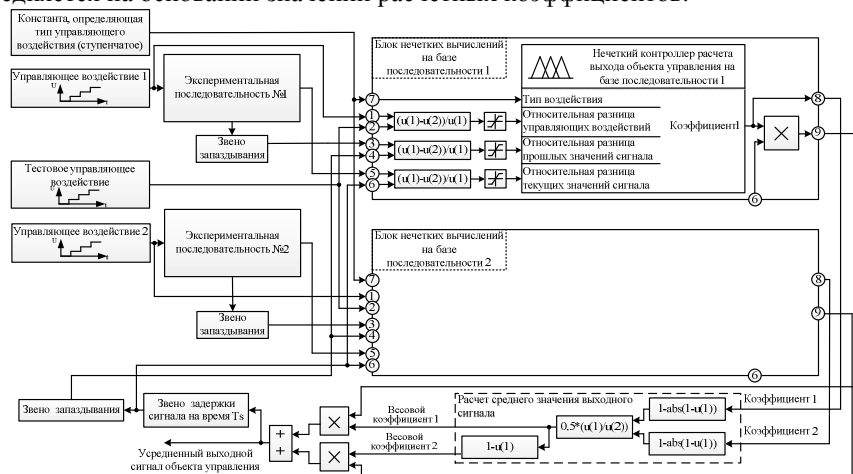


Рисунок 1 – Схема выполнения модельных экспериментов

На рис. 2 представлены графики модельных экспериментов, которые отражают результат расчета искомой последовательности в сравнении с эталоном для идеальных сигналов.

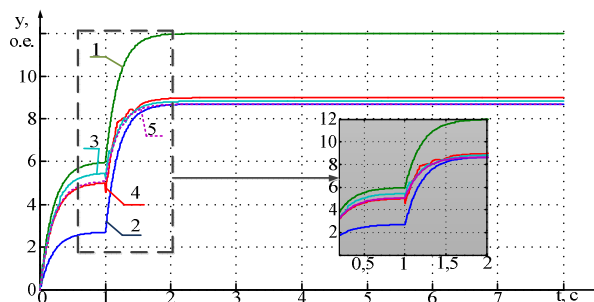


Рисунок 2 – Результати модельних експериментів по емуляції вихідного сигналу динамічного звена першого порядку: (1), (2) входні послідовності; (3), (4) – виходи нечітких контролерів; (5) – усереднений ітоговий результат

Для оцінки якості емуляції реальних сигналів в електромеханічних системах були проведені серії опытів на комп'ютеризованих дослідницьких стендах кафедри систем автоматичного управління і електропривода Кременчугського національного університету імені М. Остроградського. Результати експериментальних досліджень емуляції реальних сигналів, отриманих со стенда для дослідження ААЭП, в якому привод перемінного току по схемі преобразователь частоты–асинхронный двигатель (ПЧ–АД) жорстко з'єднаний валом з приводом системи широтно-імпульсний преобразователь–двигатель постійного току незалежного возбудження от постійних магнітів (ШИП–ДПТ НВ) [5].

На рис. 3 показан результат емуляції сигналу швидкості для ступінчатого задаючого впливу амплітудою 0,4 от максимальної в порівнянні с еталонним сигналом, отриманим в результаті роботи дослідницького комплексу. Сигнал швидкості снимался с тахогенератора і проходив процедуру медіанного згладивання в комп'ютеризованній системі управління.

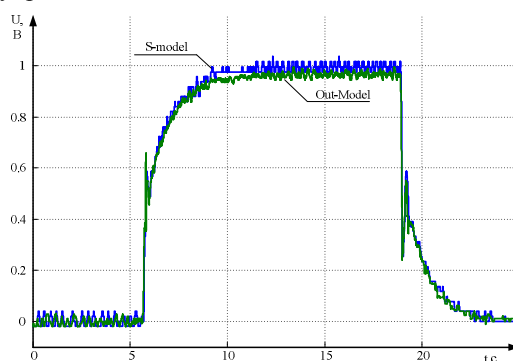


Рисунок 3 – Результати емуляції сигналу швидкості (Out-Model) системи ПЧ–АД–ШИП–ДПТ НВ в порівнянні с експериментальними даними (S-Model)

Висновки. Предполагаемое решение откроет возможность организовать условий для формирования навыков научения на практически неограниченных множествах динамических ситуаций, требующих от оператора АИУС как набора базовых навыков выполнения стандартных ситуаций принятия решений, так и знаний решать возникнувшие ситуации полностью – от ее обнаружения до комплексного устранения последствия. В данном комплексе процедура распознавания, как неотъемлемая часть процесса принятия решений, отсутствует, и распознавание может считаться следствием принятия решения и переходить на второй план, а первичным становится формирование входных экспериментальных последовательностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пьявченко Т.А., Финаев В.И. Автоматизированные информационно-управляющие системы. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2007. – 271 с.
2. Мітюшкін Ю.І., Мокін Б.І., Ротштейн О.П. Soft Computing: ідентифікація закономірностей нечіткими базами знань. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2002. – 145 с.
3. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2001. – 480 с.
4. Алтунин А. Е., Семухин М. В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Тюмень, 2000.
5. Конох І.С. Комп'ютеризований лабораторний комплекс для дослідження інтелектуальних цифрових систем керування електроприводом / [І. С. Конох, В. В. Найда, І. С. Гула] // Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. – Кременчук: КДПУ ім. М. Остроградського, 2008. – Вип. 6 (53). – Ч. 2. – С. 17–21.

ELECTROMAGNETIC PARAMETERS DETERMINATION METHOD FOR DOUBLE CAGE INDUCTION MOTORS

N. Rudenko, post-grad., Yu. Romashykhin, Cand. Sc. (Eng.), Sen. Lect.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

ul. Pervomayskaya, 20, Kremenchug, 39600, Ukraine, e-mail: nikita_rudenko@mail.ru

Introduction. In the modern society induction motors (IM) are widely used in various industries. However, IM fails due to long-term operation in the production, operation under voltage unbalance, malfunction of cooling systems, multiple starts, breach of operating rules [1]. Restoration of IM workability is applied by carrying out repair operations.

As a result of repair operations motor's electromagnetic parameters (EMP) may differ from determined by the manufacturer. At the same time, typical after-repairing diagnostics do not give complete information about change of EMP.

Special attention should be paid to complex design IMs due to their wide use in industry, as well as design features and work processes [2]. Double squirrel cage IM and deep-slot IM have a high starting torque and they are designed for drives of mechanisms with heavy starting loads. They are used in the oil and mining industries, as well as in agriculture.

Therefore, special attention should be paid to the determining EMP of double squirrel cage IM and deep-slot IM because of design features and processes occurring in them. It should be admitted that there are many methods for determining the EMP of IM with complex structures nowadays.

Aim of the research. Analysis of the existing methods for determination EMP of the IM with complex structures.

Materials and research results. It is difficult to accurately and adequately identify the EMP of IM with double squirrel cage due to their design and physical processes occurring in the rotor of these motors basing on well-known methods [3–8].

Existing methods for the identification EMP of IM with complex structures can be divided into the following groups: methods based on field theory (includes methods for EMP determination using the frequency characteristics taking into account saturation of IM magnetic flux paths [3-5]), methods based on the circuit theory (methods using experiments of idle mode, short circuited mode, etc.) combined methods (include methods based on the use of IM mathematical models) [6, 7].

In addition, there are numerical methods for the identification of EMP of double squirrel cage IM and deep-slot IM [8], which are divided into two groups: non-parametric and parametric. Nonparametric methods are focused on the case when the initial information about the model object structure is not available, i.e., when the object is considered as a "black box." In this case, some functional characteristics of the model should be defined (impulse response function, frequency characteristics, Volterra and Wiener kernels or graphics).

If there the initial information about the model object equations for the unknown parameters, the identification problem is reduced to the evaluation of these parameters, which corresponds to the parametric identification.

Existing methods for determination of the IM EMP, along with existing advantages have several shortcomings: laboriousness and implementation complexity, the complexity of the initial information processing (the wrong selected model structure could be inadequate for the real object or process), low accuracy [3, 5].

Thus, most of the methods for IM EMP identification are low-tech and do not satisfy the requirements of both the testing process and practical problems of the modern drive.

One of the modern methods for IM EMP identification is an energy method, which is based on the use of harmonic balance equations of instantaneous power components at the polyharmonic power source and at the elements of the equivalent circuit [9]. The basis of this method is a Tellegen's theorem, from which it follows that the sum of powers of all circuit branches is equal to zero. Accordingly, the instantaneous power of power source is the sum of the instantaneous powers at all elements of equivalent circuit. But identifying EMP of IM with complex construction using the energy method the features of equivalent circuit should be taken into account, among which the crowding-out effect in rotor should be highlighted for precise determination of the rotor resistance. Thus, implementation of the energy method for identification the EMP of IM requires equivalent circuit, which reflects the design features and physical processes occurring in the motors.

In [10, 11] the proposed methods for identification parameters of IM the energy method is used. According to the methods known from [10, 11] active resistance of the rotor depends on the current displacement factor, and may be represented as:

$$R_2 = R_{20}' \left(\alpha \frac{n-1}{n} + \beta \sum (s_i)^\gamma \right),$$

where R_{20}' – is the rotor resistance at the frequency equal to zero; α, β, γ – are the coefficients depending on the slot shape and the rotor bars material; s_i – is the electric motor slip at the i -th harmonic; n – is the number of harmonic.

It should be mentioned that in [10, 11] the equivalent circuits of common industrial IM with single cage rotor is represented. Applying energy method to the double cage deep-slot IM, an equivalent circuit parameters, which contains two rotor circuits, should be specialized.

Thus, the analysis of the existing methods of IM parameters determination showed that currently there is no comprehensive and unified approach to definition the EMP of motors with complex structures particularly, for double squirrel cage motors. Analysis showed that current crowding-out effect should be taken into account for verifying the equivalent circuit of IM with complex construction and the possibility of the rotor circuits separation and further definition of their resistances.

From the above mentioned it follows that the definition of the working and the starting circuit rotor parameters is possible if rotor circuits contain resistances dependent not only on the slip, but also on other physical quantities (eddy currents and current crowding-out effect) [10]. It should be taken into account that in [10, 11] expression for the active resistance of the rotor depends on factor that determines the current crowding-out effect. In accordance to the foregoing, a technique known from [10, 11] is the most suitable for implementation the energy method.

Using the expression for the rotor active resistance known from the works [10, 11], we obtain the final form of the equivalent circuit of double squirrel cage IM rotor (Fig. 1) for implementation the energy method.

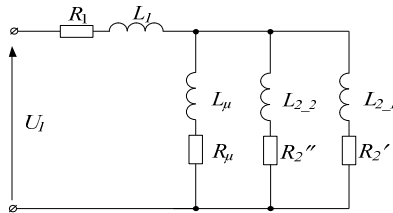


Figure 1 – Equivalent circuit of double squirrel cage IM rotor taking into account current crowding-out effect.

Applied to IM with complex structure, active resistance of the rotor working circuit may be expressed as $R_2'' = R_{2_2} / s$, and active resistance of the rotor starting circuit as $R_2' = R_{2_1} (\alpha \frac{n-1}{n} + \beta \sum (s_i)^\gamma)$. Expressions for the active resistances R_2' and R_2'' allow to take into account the current crowding-out effect in the rotor. This makes it possible to separate the rotor circuit even when the slip value is equal to one.

Conclusions. Analysis of methods for identification EMP of IM with complex structures showed the following results:

- nowadays there is no universal method for determination the EMP of double squirrel cage IM and deep-slot IM with the current crowding-out effect in the rotor;
- the most effective methods are those which based on the use of mathematical models, which can include all of the nonlinearity and additional elements to take into account changes in the motors characteristics, as well as different types of defects and faults.

REFERENCES

1. Goldberg, O.D. (2000), Ispytaniya elektricheskikh mashin [Testing of electrical machines], Vysshaya shkola, Moscow, Russia (in Russian).
2. Kopylov, I.P. (2006), Elektricheskiye mashiny: uchebnik dlya vuzov [Electrical Machines: Textbook for universities.], Vysshaya shkola, Moscow, Russia. (in Russian)
3. Rogozin, G.G. (1992), Opredeleniye elektromagnitnykh parametrov mashin peremennogo toka. Novyye eksperimentalnyye metody [Determination of electromagnetic parameters of AC machines. New experimental methods.], Tekhnika, Kiev, Ukraine (in Russian).
4. Donesku, V., Charette, A., Yao, Z. and Rajagopalan, V. (1999), “Modeling and simulation of saturated induction motors in phase quantities”, IEEE Trans. Energy Convers, Vol. 14, No. 3, PP. 386–393.
5. Larin, A.M. and Abdessalem, L. (2001), “Experimental determination of the frequency characteristics of the induction motor according to the experiments incorporating them into the network”, Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu, Vol. 3, No. 37, PP. 175–183.
6. GOST 7217-87. Rotating electrical machines. Induction motors. Test methods.
7. Buhl, O.B. (2005), Metody rascheta magnitnykh sistem elektricheskikh apparatov. Magnitnyye tsepi, polya i programma FEMM [Methods for calculating the magnetic systems of electrical equipment. Magnetic circuits, fields and program FEMM], Academia, Moscow, Russia (in Russian).
8. Semenov, A.D., Artamonov, D.V. and Bryuhachev, A.V. (2003), Identifikatsiya obyektov upravleniya: uchebnoye posobiye [Identification of control objects: textbook.], Izdatel'stvo Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta, Penza, Russia (in Russian).
9. Rodkyn, D.I., Kalinov, A.P. and Romashykhin, Yu.V. (2006), “Estimation of efficiency of diagnostic methods of AC motors”, Visnyk KDPU, Vol. 3, No. 38, PP. 77–82 (in Russian).
10. Rodkyn, D.I., Zdor, I.E., Chernyy, A.P. and Sisyuk, G.Yu. (1998), “About incorrectness of certain representations of equivalent circuits of IM”, Sbornik nauchnykh trudov Kremenchugskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo instituta «Problemy sozdaniya novykh mashin i tekhnologiy», Vol. 2, PP. 135–138. (in Russian)
11. Rodkyn, D.I., Kalinov, A.P. and Romashykhin, Yu.V. (2006), “Estimation of efficiency of diagnostic methods of AC motors”, Visnyk KDPU, Vol. 3, No. 38, PP. 77–82 (in Russian).

WIND ENERGY IN KOŠICE REGION – MEASUREMENT AND EVALUATION

Bačko M., Ing., Ass. Prof., PhD.

Dept. of Theoretical and Industrial Electrical Engineering, FEI TU of Košice

Park Komenského 3, 04200 Košice, Slovak Republic, e-mail: martin.backo@tuke.sk

Introduction. Wind energy is seen as a very promising source of renewable energy. In order to effectively utilize its full power, the considered region has to be measured because, although it can provide a significant energy its availability is hard to predict, therefore the place needs to fulfill specific conditions, the most important is that the average wind speed should be about 8-10m/s. In this paper, the region of Košice will be considered

Aim of the research. The aim of this paper is to present the results of wind energy measurement done in Košice region. Due to the problems regarding placement which will be further explained, the speed of wind was measured and then the results were applied to available wind turbine

Experimental part and result obtained. As mentioned before, in order to effectively utilize the power of the wind with traditional HAWT devices, average wind speed at least of 8 m/s is essential. Region of Košice is considered windy in general, therefore measurements were made and statistical data were taken to analyze the possibility of wind energy utilization. The following table and (Table 1) shows the measured and statistical data for Kosice region for the years of 2005-2010. Figure 1 shows the wind map of the Slovak republic with average wind speeds of the whole country.

Table 1 – Measured average wind speed in Košice

Average wind speed in m/s							
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Average Value
January	4,4	4,3	4,8	4,1	4,5	4,6	4,4
February	4,6	4,3	4,9	4,4	4,8	4,2	4,5
March	5,3	6,5	5,3	5,4	5,1	5,4	5,5
April	6,0	5,4	5,3	5,3	4,8	4,9	5,3
May	5,0	5,0	5,7	5,2	4,8	4,7	5,1
June	5,1	5,7	4,5	4,7	4,9	6,1	5,2
July	4,7	4,6	4,9	5,4	4,5	4,7	4,8
August	5,1	3,7	5,1	3,8	4,6	4,7	4,5
September	4,5	3,5	4,5	5,1	4,2	4,5	4,4
October	3,8	4,1	5,3	4,1	4,8	4,3	4,4
November	3,7	3,3	5,0	3,3	3,4	4,5	3,9
December	4,5	3,7	4,1	4,6	4,4	4,2	4,3

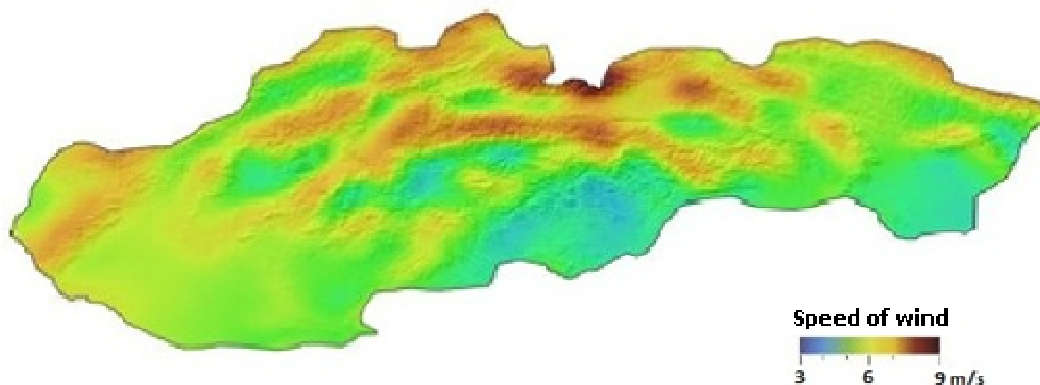


Figure 1 – Wind map of Slovak republic

As can be seen from the picture, the average speed of wind ranges between 4-5,5 m/s which is just the cut-in speed for most of the HAWT turbines (even the small ones with power to 1kW) . The obtained power would be unfortunately too low. Following picture (Figure 2) depicts the power curve of our wind turbine (Air Breeze model with nominal power of 160 watts)

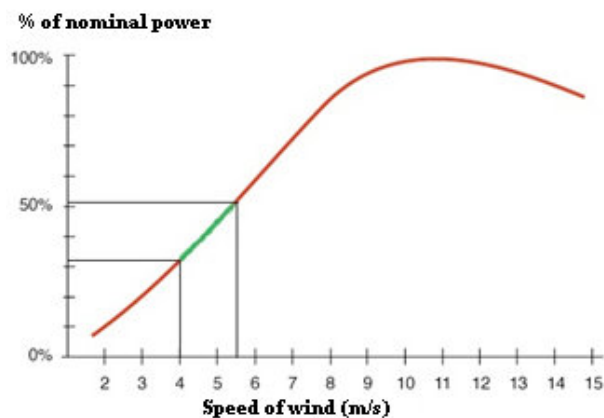


Figure 2 – % of nominal power with average wind speed available

Green colour depicts the segment where the percentual values of power will be, for chosen wind turbine in Košice region. Roughly it is between 30-50% of nominal power, depending on month. The following table (Table 2) shows the numerical value of power obtained for chosen turbine (160W Air Breeze model). Due to almost linear progress in green area, the power can be calculated simply by using rule of three, where 100% (160W) is at 11m/s.

Table 2 – Measured average wind speed in Košice

	m/s	%	$P_{windmonth}$
January	4,4	37	59,12
February	4,5	38	60,45
March	5,5	46	73,26
April	5,3	44	70,15
May	5,1	42	67,65
June	5,2	43	68,88
July	4,8	40	64,03
August	4,5	37	59,76
September	4,4	36	58,33
October	4,4	37	58,58
November	3,9	32	51,72
December	4,3	36	56,81

Conclusions. As can be seen from the results, the wind power in the current state cannot be considered as a real alternative energy source, the power, as well as problematic placement, due to turbulent winds are the main source of problem. Future research should be conducted in order to produce the turbine with lower nominal wind speed requirement.

ACKNOWLEDGEMENT

The paper has been prepared under support of Slovak grant project KEGA No. 005TUKE-4/2012.



Volkswagen Slovakia Foundation, grant no. 041/13_RT – Fast charger for electromobiles based upon the principle of directed energy transfer by air.

REFERENCES

- Gaiddon Bruno, Kaan Henk, Munro Donna Photovoltaics in the Urban Environment, Earthscan, 2009, England.
- Vince Tibor, Kovacova Irena Distance Control of Mechatronic Systems via Internet, Acta Electrotechnica et Informatica, 2007.

NANOTECHNOLOGY IN ELECTROTECHNICS

Hodulíková A., Ass. Prof., Ing., PhD., Mako R., stud.

Technical University of Košice

Park Komenského 3, 042 00 Košice, Slovak Republic, e-mail: ann.hodulikova@tuke.sk, richard.mako2@student.tuke.sk

Introduction. The article deals with history and development of nanotechnology from the past and present research. The basics of carbon nanofiber structure which forms the fundamental building block of modern nanotechnology will be expalined here.

Aim of the research. Analysis of possibilities to implement nanotechnology for the tasks of electrotechnics.

Experimental part and result obtained.

Nanotechnology. Nanotechnology as a science involves science and technology aimed at precise control and manipulation of matter at the molecular level, in individual atoms and molecules to give the desired object or structure new properties (electrical, optical, physical, etc..), which were unattainable by conventional methods. Interesting results gives manipulations focused on structures with dimensions from 0.1 nm to about 100 nm. Over the last decade, enormous effort is in research in nanotechnology. Thanks to some discoveries, such as physical discovery of giant magnetic resistance (from GMR) in layers nanometers, leading to practical use in the construction of a completely new generation of sensors, used in medicine for cancers of the brain, or current sensors or strain gauges.

Nanomaterials. Special nanostructure coatings are used on cutting tools, or on some parts of the machinery. Carbon layers with sensory properties are generally used. Nanoparticles of silicon carbide, boron carbide and diamond, in turn, have great use in the miniaturization of electronic devices and optoelectronic systems development .Probably the most important use of nanomaterials can be found in the information technology and electrical engineering, the production of silicon transistors. In this manufacturing used controlled deposition of layered structures just a few atoms, thin about 1nm. Some manufacturers of this procedure achieved critical dimensions of transistor gate lengths up to 90nm. The length of such a gate is in shorter, the smaller, faster and more energy efficient the transistor can be manufactured. In addition to transistor find similar principle, for example, the reading heads conventional hard drives, where the presence of nanostructures responsible for the emergence of a large magnetic resistance, resulting in a significant increase in their storage capacity and reducing their cost.

Fulleren. Concept of nanotechnology in the 90s started the discovery of spherical carbon molecules called fullerenes – British Professor Harry Croton and American physicist Richard Smally. The discovery of a graphite disc used by the evaporation laser, cooled in a stream of helium, and then measured their spectrum. The observed spectra subsequently appeared stable presence of large carbon molecules C60 and C70.C60 carbon molecule consists of sixty atoms regularly arranged on one common surface of the sphere. The image (Fig.1) shows that bond between carbon atoms formed on the surface of the sphere regular pattern, which was later conceived as an inspiration for the name of the element after American architect R. Buckminster Fuller.

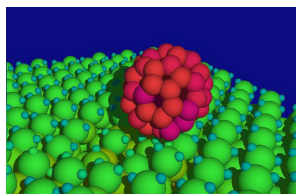


Figure – 1 Computer model of Fullerene C60

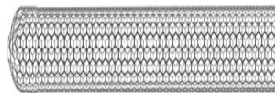


Figure – 2 Single walled nanotube (SWNT)

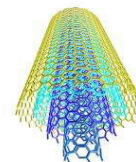


Figure – 3 Multi walled carbon nanotube (MWNT)

Fullerenes are but did the cornerstone of nanotechnology only because of its construction. The main reason was its properties and especially its superconductivity, hardness (which in some cases overcome the hardness of diamond), and magnetic behaviour. This element but was not in itself so important, until in 1991 the Japanese did not appear possible to produce a cylindrical fullerene – Nanotubes. In 1990, Dr. derived. Richard Smalley, the basic principle that fullerenes can be derived, respectively, to create a new cylindrical fullerenes, which are closed at both ends. Sumiolijima a year later watched multiple walled nanotubes (MWNT - Multi Walled Nanotubes) (fig.3), which originated arc processes for the production of fullerenes. Two years later, Iijima along with Donald Bethune independently discovered one walled nanotubes (SWNT - Single Walled Nanotubes) (fig.2).Even if the nanotubes with a material which has excellent microscopic properties, these properties to lose its effectiveness in a macroscopic view of the resulting products. The fact is that more puppies nanotubes are always produced with many structural defects. In comparison of their similar carbon fiber, are still a better option, not to mention that single-walled nanotubes are actually fullerenes, in molecules. This reality - the molecular nature of single-walled nanotubes, the material is so interesting to scientists and the technology itself.Single-walled nanotubes, according to their so-called chiral vector fall into three categories. Such chiral vector contains two numbers defining it (n, m) which are at the same time the values in the vector equation:

$$R=na_1+ma_2. \quad (1)$$

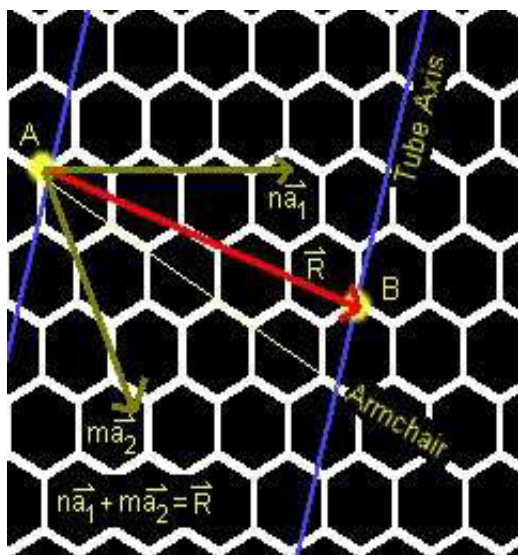


Figure 4 – Chiral vector single-walled nanotubes

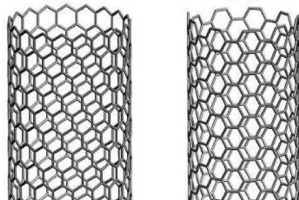


Figure – 5 Types of a (n,0) and (n,n) SWNT

The chiral vector single-walled nanotubes is determined by the following diagram, fig. 4. Fig. 4 is a plan sectional area of single wall carbon nanotubes. Two parallel lines mark the line, which is also parallel to the axis of the tubes through which the incision is made. Point A, chosen on the left blue line is chosen to lie on top of one of the hexagons carbon mat. Line Armchair, the so-called "armchair line" which divides each of the hexagons which passes in half, exactly two equal parts. The second closest peak hexagons on the opposite blue line, becomes point B. Abscissa, respectively, R joining line that connects the points A and B, is thus wanted chiral vector. On the basis of the position of the vector determines the type of single-skinned nanotubes. If the vector is in "armchair line", a type of "armchair". When this angle is 30 degrees, this is so-called "zigzag" SWNT. Any other groupings, respectively, any other angle, it is "chiral" SWNT. Values nam, determine chirality, respectively twist SWNT. Chirality itself then influences the conductivity, density, lattice structure and other properties of the nanotubes.

If the difference $n - m$ is zero or divisible by three, such SWNT considered metallic conducting. If you do not either of these cases, SWNT behaves as a semiconductor. Percentage of such nanotubes using chiral components can then be calculate from the equation:

$$d = 0,0783(n^2 + m^2 + mn)^{0,5} nm \quad (2)$$

Properties of CNT: Chemical reactivity of CNT, compared with graphite layer enriched, as a direct result of curvature of the surface of the nanotubes. Surface curvature occurs when incorrect arrangement – orbital, which is the main result of this enrichment. This fact allows for the walls but also riding tubes covalent bonds, which can in practice affect the dissolution properties of the CNT in different substances.

Electrical conductivity. Chiral vector of nanotubes have a direct impact on the electrical conductivity. Nanotubes with small diameters, so take the conductive properties of semiconductors or metal. The difference in the conductive properties is due to the molecular structure, which has a direct effect on the conductive strips and potential barriers. Differences in conductivity can be easily derived from the properties of the graphite layers. However, unlike conventional conductors or semiconductors has been shown that carbon nanotubes and their electrical resistance is independent of the length.

Optical activity. Theoretical studies have revealed the fact that the longer CNTs becomes, the optical activity of it gradually fades . This finding is accompanied only chiral nanotubes.

Mechanical strength. In the direction of its axis, CNTs have very high Young's agent. Because of its length so the CNT becomes very flexible, which allows their use in applications of composite materials that require similar anisotropic properties.

Conclusion. Nanomaterials as well as the nanotechnology are leading part of the technology of modern era in every branch of industry, science and research. Many parameters go beyond the classic materials-hundred, sometimes a thousand times. Nanotubes are compositionally hundred times stronger than steel, six times lighter, more flexible than plastic, the leading electricity better than any other known material.

ACKNOWLEDGMENT

The paper has been prepared by the support of Slovak grant projects KEGA No. 005TUKE-4/2012

REFERENCES

1. M. Schulenburg, Nanotechnology, European Commission, GR research, Brusel, 2007, ISBN 92-79-00886-2
2. M. Mucha, Nanotechnology and materials, Ostravská University, <http://fakulty.osu.cz/prf/rsk/uploaded/4712>
3. R. Kubínek, V. Stránská, Introduction to problems of technology, Univerzity Palackého, Olomouc: Department of experimental physics, <http://exfyz.upol.cz/didaktika/oprlz/nanotechnologie.pdf>

К ЗАДАЧЕ СОЗДАНИЯ ТОПОЧНОГО АГРЕГАТА С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ*

Л. Г. Бойко, асс., А. Е. Гуденко, студ.

*Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: boyko.l.g@mail.ru*

Введение. Прогресс в создании котельного оборудования для индивидуальных застройщиков, квартирных хозяйств, достигнутых в последние 10 – 15 лет, не имеет прецедента в силу нескольких причин [1]:

– использования газа с разными характеристиками для нагревания воды, готовки пищи, отопления. Это обеспечило создание сравнительно дешевого и безопасного оборудования для реализации указанных выше целей;

– благоприятного сочетания сопутствующих факторов, включая производство простых и надежных в эксплуатации контроллерных систем, обеспечивающих необходимые режимы эксплуатации и автоматизации с соблюдением требуемых норм безопасности.

Изложенное выше предполагает, как минимум, наличие источников электропитания, обеспечивающих работу насосного, управляющего и защитного оборудования. Выполнение требований, касающихся стабильного электропитания даже в современных условиях представляет собой комплекс задач, так как обязательно выполнение требований по резервированию силового и вспомогательного электропитания. Задача обоснования и создания таких автономных отопительных систем поставлена в [2, 3] и является актуальной.

Цель работы. Обоснование структуры системы управления котлоагрегатом при использовании альтернативных источников энергии: солнечных батарей и установок с использованием энергии ветра в качестве элементов, обеспечивающих запуск агрегата.

Материал и результаты исследования. Использование указанных в [2, 3] систем предположительно в самых отдаленных изолированных районах, где практически исключено резервное и автономное электропитание. Перечень оборудования, обеспечивающего нормальное функционирование установки, обоснован в работе [2]. Мощность двигателя насосного агрегата, как показали исследования, не превышает 200 Вт при работе в режиме накопления водой емкости в течение заданного времени $t_p \approx 10$ мин. Энергия, затрачиваемая на этот подготовительный цикл работы, составляет до 0,156 кВт*час. Эта энергия должна быть тем или иным путем аккумулирована и преобразована. Дальнейший подзаряд устройства электропитания осуществляется посредством паровой турбинной установки с электрической машиной на валу, работающей в качестве насоса при подкачке воды в водонагреватель, и турбиной, в случае подачи пара в отопительную систему.

Разработанная система обеспечивает нагрев помещений с конденсацией пара и аккумулирование воды в водосборнике. Таким образом происходит преобразование энергии пара в электрическую. Запуск установки может быть осуществлен также полностью в ручном режиме, когда вода для котла подается с помощью ручного насоса, а последующие операции реализуются точно таким образом, как показано выше.

Создаваемое отопительное устройство напоминает существующие отопительные системы железнодорожных вагонов, где отопление осуществляется примерно по такой же схеме, но без элементов автоматического контроля и управления. Отопительные системы подобного класса надежны, зарекомендовали себя как качественные устройства, однако в связи с переходом на повсеместное использование электроэнергии для собственных нужд постепенно они заменяются на отопительные электрифицированные комплексы [4, 5].

Создание автономных систем отопления без централизованных источников энергии предполагает наличие двух, или, в крайнем случае – одного источника электроэнергии – ветроэнергетической установки или солнечных батарей [2]. Их мощность определяется исходя из того, что подготовительный рабочий режим имеет место только при запуске с минимальным энергопотреблением [6]. Так как каким - то регламентом, время на подготовку к пуску не устанавливается, то на достаточно длительном интервале времени энергия накапливается для производства пусковой операции. Структурная схема устройства электропитания представлена на рис. 1.

Система управления отопительным агрегатом представлена на рис. 1 и включает: НА – насосный агрегат; ЭМ1, ЭМ2 – электрические машины; К – котлоагрегат; БСО – батареи системы отопления; НЭ – аккумуляторная батарея; УН – умножитель напряжения; СБ – солнечная батарея; П – выключатель нагрузки; БУ – блок управления; К1, К2, К3 – клапаны.

Комплекс частично рассмотрен в работах, где анализируются вопросы запуска устройства отопления при полном отсутствии энергии от стационарного источника [2, 3], однако не решенными являются вопросы электропитания в период запуска установки. Как указано выше, предлагается использование солнечной батареи

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

СБ или ветроустановки с генератором ЭМ2. Мощность каждого из аппаратов находится на уровне 10 – 15 Вт с выходным напряжением 4 В и выше.

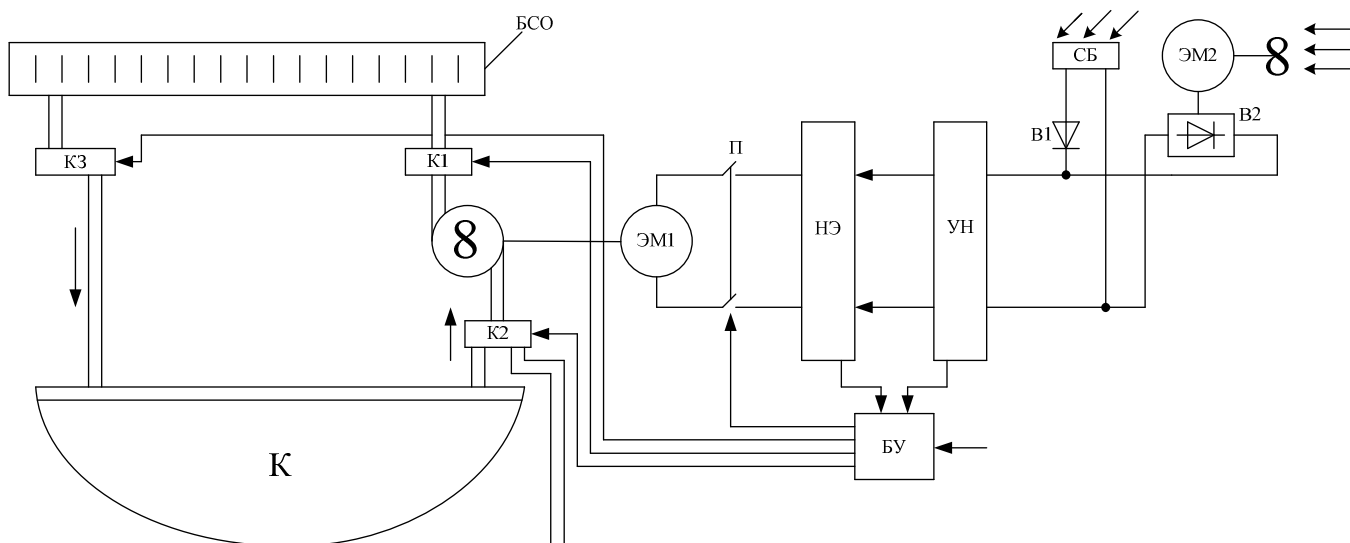


Рисунок 1 – Блок-схема системы управления отопительным агрегатом

Выходы упомянутых блоков через элементы В1 и В2 соединены с соответствующими клеммами умножителя напряжения УН. В качестве последнего возможно использование стандартной микросхемы, обеспечивающей преобразование постоянного напряжения 5В в постоянное 40 В при токе на входе 0,5 А. В качестве накопителя энергии НЭ целесообразно использование электронных накопителей с выходным напряжением 40 В. В зависимости от параметров оборудования мощность комплектов может быть достаточно высокой, обеспечивающей накопление энергии в десятки кВт·ч. Перечисленные элементы не являются нестандартными изделиями. Включение ЭМ1 в режиме двигателя, а турбины – в турбинном режиме осуществляется с помощью автоматического выключателя П, подключающего двигатель к источнику питания только при установленном уровне заряда на накопителе энергии. Считая, что уровень напряжения на НЭ является сигналом, разрешающим «включение – выключение» клапанных устройств, систему управления можно включать в работу при достижении заданного уровня напряжения. Алгоритм работы аппаратуры управления, реализуемый известными путями с помощью блока БУ, в данном материале осуществляемой разработки не анализируются, так как он выполнен в ходе исследований, выполненных ранее.

Выводы. В работе выполнен анализ возможностей современных устройств и систем электропитания с возобновляемыми источниками для питания устройств управления и защиты котлоагрегата в период запуска его в работу. Исследования подтвердили принудительную возможность создания автономных отопительных систем для индивидуальных хозяйств в удаленных от энергосистем регионах. Базовым элементом таких устройств является обратимый агрегат турбина с электрической машиной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидельковский Л.Н., Юреев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий. – М.: Энергоиздат. – 1988. – 527 с.
2. Бойко Л.Г. Характеристика споживання теплової енергії системи теплозабезпечення // Зб. наук. пр. Восьма Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених і спеціалістів “Електромеханічні системи, методи моделювання та оптимізації”, 2010. – С. 467.
3. Бойко Л.Г. Система парового опотлення без сервисного источника электропитания // Зб. наук. пр. Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КНУ, 2010. – Вип. 4/2010 (12). – С. 110 – 112.
4. Винокуров М.В. –М.: Государственное транспортное железнодорожное издательство. –, 1949. – 610 с.
5. Винокуров М.В. Вагоны. М.: Государственное транспортное железнодорожное издательство, 1953. – 704 с.
6. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников (опыт и перспективы). – К.: Наукова думка, 1999. – 317 с.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОПИСАНИЮ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

*Т. В. Карайбида, асп., А. Л. Перекрест, к.т.н, доц.
Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: wey77@mail.ru
М. Н. Волжан, гл. энергетик
Комсомольская городская больница
ул. Мира, 10, 39614, г. Комсомольск, Украина*

Введение. Для обеспечения теплового комфорта в помещениях общественных зданий используются системы отопления. При этом функционирование систем отопления зданий характеризуется определенной периодичностью в течение года и изменчивостью использования мощности установки, которая зависит, прежде всего, от метеорологических условий в холодное время года.

Существующие решения по изменению мощности систем отопления отдельных зданий в зависимости от наружной температуры связаны с применением методов качественно-количественного регулирования параметров теплоносителя [1, 2]. Это достигается путем модернизации существующих тепловых пунктов зданий с установкой комплекса исполнительной арматуры, измерительной и управляющей аппаратуры в виде погодного регулятора (контроллера), например, Siemens RVD, Danfoss ECL Comfort и др. [2].

Для качественного моделирования процессов и усовершенствования существующих способов управления системами отопления необходимо иметь адекватное математическое описание происходящих в системе процессов. С точки зрения теории управления системы отопления зданий являются сложными объектами с распределенными параметрами и разветвленными трубопроводными сетями, а процессы, происходящие в них, сложно поддаются четкой формализации [3].

Описанные системы в стандартном исполнении не позволяют выполнить задачу идентификации в полном объеме, так как представляют собой только локальные, настроенные под выполнение определенных задач автоматические цифровые устройства и, соответственно, не содержат массивов данных о ходе процесса управления.

В то же время модернизация существующих систем регулирования путем дополнительной установки оборудования для ведения архива событий (диспетчеризация тепловых пунктов) позволяет иметь данные о работе систем отопления зданий в различных режимах. В качестве базового решения может использоваться разработанная в КрНУ [4] система оперативного контроля температурных режимов и управления тепловыми пунктами зданий учебного заведения [5]. Данная система позволяет достоверно протоколировать текущие данные, записывать сигналы управления погодного регулятора, а также формировать отчетные статистические данные из теплового счетчика и электронного регулятора в удобной форме для дальнейшей обработки данных. Таким образом, накопленные статистические данные о работе системы отопления позволяют проводить дополнительные исследования по математическому описанию тепловых процессов.

Цель работы. Разработка математического описания процессов в системе отопления учебного корпуса в переходных режимах.

Материал и результаты исследования. Рассматривая систему отопления как энергетический объект, целесообразно в качестве основного задающего воздействия использовать изменение тепловой мощности, которое определяет температурный режим здания и считывается с теплового счетчика. Кроме основного воздействия, влияющего на качество работы системы отопления, есть и другие воздействия: изменение температуры подающего трубопровода $T_{под}$, изменение расхода теплоносителя, изменения наружной температуры $T_{внешн}$ и др.

Анализ существующих подходов и способов представления процессов в системах отопления [1, 3, 6] позволил заключить следующие начальные положения (рис. 1):

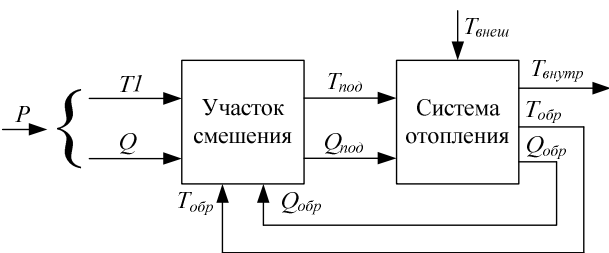


Рисунок 1 – Обобщенная структура САУ отоплением здания

1. Задающей является величина тепловой мощности, которая зависит от текущего расхода теплоносителя и разности его температур на входе и выходе:

$$P = Qc(T1 - T2), \tag{1}$$

где P – тепловая мощность системы отопления, Дж/с; Q – расход теплоносителя, кг/с; c – коэффициент теплоемкости теплоносителя, Дж/(кг·°С); $T1$ – температура теплоносителя на входе в систему отопления, °С; $T2$ – температура теплоносителя на выходе из системы отопления, °С.

2. Выходной регулируемой координатой является температура обратного теплоносителя $T_{обр}$ системы отопления.

3. Управляемыми координатами являются величины расхода $Q_{под}$ и температуры теплоносителя $T_{под}$,

подаваемого в систему отопления, а также температура воздуха $T_{внутр}$ внутри здания.

Исследование процессов проведено в системе отопления учебного корпуса №2 КрНУ имени Михаила Остроградского [4] при ее включении в 2012 и 2013 годах. В результате проведенного эксперимента были получены массивы среднечасовых значений параметров, состоящих из входных данных – температуры подающего трубопровода и мощности системы отопления и выходного параметра – температуры обратного трубопровода при действующем возмущении – температуре наружного воздуха (рис. 2). Диапазон изменения наружной температуры в 2012 году – $5,5 \div 8,5$ °С, а в 2013 году – $6,5 \div 14$ °С. Интервал дискретизации в ходе эксперимента был принят равным 1 час.

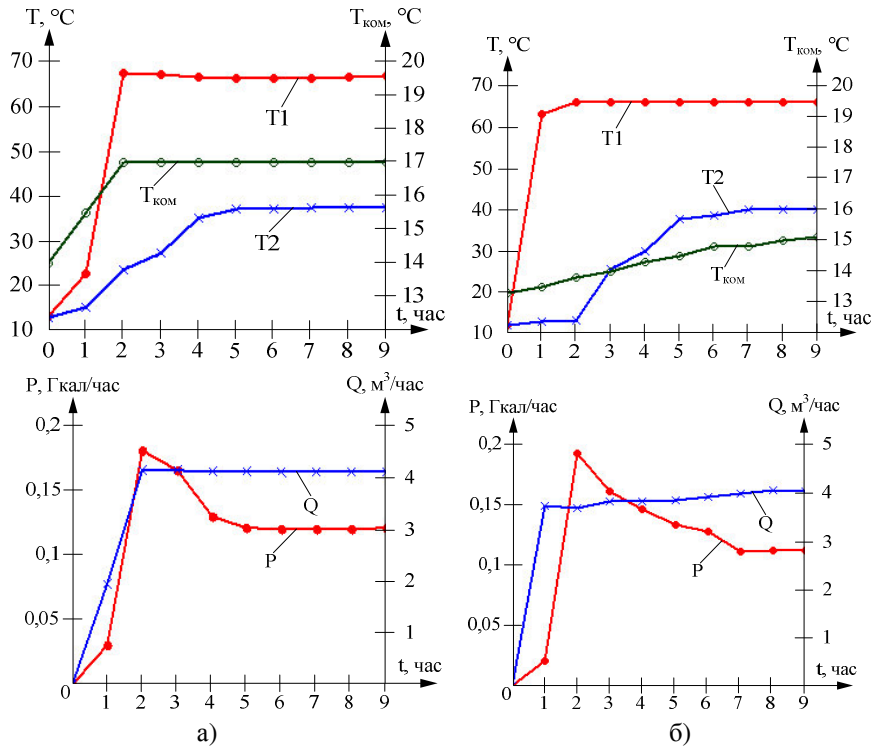


Рисунок 2 – Переходные процессы при запуске системы отопления корпуса №2 КрНУ в 2012 а) и 2013 б) годах

Для построения математической модели системы отопления по принятым каналам использованы возможности System Identification Toolbox (SIT) пакета MATLAB [7]. SIT имеет инструменты для создания моделей динамических систем по входным и выходным экспериментальным данным во временной и частотной областях в виде непрерывных или дискретных передаточных функций, а также в виде моделей в пространстве состояний. С помощью SIT можно выполнять идентификацию системы как черного ящика для оценки параметров определенной пользователем модели [7].

Выбор наиболее рациональной и адекватной структуры модели системы отопления здания по различным каналам произведен из следующих передаточных функций:

$$W_1(s) = \frac{K}{T_s+1} \quad (2); \quad W_2(s) = \frac{K}{(T_1s+1)(T_2s+1)} \quad (3); \quad W_3(s) = \frac{K}{T_s+1} \cdot e^{-T_d s} \quad (4); \quad W_4(s) = \frac{K}{(T_1s+1)(T_2s+1)} \cdot e^{-T_d s} \quad (5)$$

Адекватность моделей в SIT устанавливается с помощью трех критериев: остаточная сумма квадратов ошибки (LF), окончательная ошибка прогноза для оцениваемой модели (FPE) и среднеквадратичное рассогласование (BF), которые представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Критерии качества, используемые в SIT MATLAB

Название	Выражение	Пояснение
LF (Loss function) – теоретический информационный критерий Акейке (Akaike's Information Theoretic Criterion)	$LF = \log(V) + \frac{2d}{N}$,	V – функция потерь, d – число оцениваемых параметров, N – число данных оценки
FPE (Akaike's Final Prediction Error)	$FPE = V \left(\frac{1+d/N}{1-d/N} \right)$,	
BF (Best Fits) – отображает меру совпадения экспериментальных и прогнозируемых данных в процентах	$BF = \left(1 - \frac{ y - Y }{ y - \bar{y} } \right) \cdot 100\%$	y – измеренные выходные данные, Y – выход модели, \bar{y} – среднее значение y

Информационный критерий Акейке является мерой качества модели, имитируя ситуацию, когда модель тестируется на другом наборе данных [8]. После вычисления нескольких различных моделей, имеется возможность сравнить их по этим критериям. Согласно теории Акейке [8], наиболее точная модель имеет наименьшие значения FPE и LF . Значение $Best Fits = 100\%$ соответствует идеальному совпадению параметрической модели.

Анализ полученных критериев (табл. 2) показывает, что наиболее точной математической моделью объекта управления по исследуемым каналам «P-T2» и «T1-T2» является модель аperiodического звена второго порядка со звеном запаздывания:

$$W_{CO}(s) = W_O(s) \cdot W_{3АП}(s) = \frac{K}{(T_1s+1)(T_2s+1)} \cdot e^{-T_d s} \quad (6)$$

В табл. 3 приведены значения коэффициентов для наиболее подходящей модели (5) системы отопления учебного корпуса №2 КрНУ по каналам «P-T2» и «T1-T2».

Таблица 2 – Значения критериев адекватности полученных моделей для корпуса №2 КрНУ

Вид модели	Для канала P-T2				Для канала T1-T2			
	2012 год		2013 год		2012 год		2013 год	
	FPE/LF	BF, %	FPE/LF	BF, %	FPE/LF	BF, %	FPE/LF	BF, %
$W_1(s)$	29,01/19,34	55,54	4,59/3,06	85,88	27,14/18,1	57	9,97/6,65	79,2
$W_2(s)$	17,08/9,2	72,3	2/1,34	91,57	26,75/14,4	65,34	2,26/1,22	91,96
$W_3(s)$	18,42/9,92	71,24	30,53/16,44	70,45	25,9/13,94	65,9	5,18/2,79	87,82
$W_4(s)$	0,22/0,116	97,4	1,54/0,83	95,46	0,003/0,001	99,75	0,019/0,008	99,69

Таблица 3 – Значения коэффициентов модели вида (6) системы отопления учебного корпуса №2 КрНУ по каналам «P-T2» и «T1-T2»

Параметры	K_p	K_{T1}	$T_1, ч$	$T_2, ч$	$T_d, ч$	$t_{пер}, ч$	$t_{пер\ иск}, ч$
Расчетные по каналу «P-T2»							
2012 год	307,94	-	3,04	0,0425	0,38	4,63	4,65
2013 год	314,13	-	3,313	0,271	1,1	5,9	6,3
Расчетные по каналу «T1-T2»							
2012 год	-	0,563	0,743	0,041	0,494	4,65	4,65
2013 год	-	0,607	0,309	0,285	3,581	6,25	6,3

Выводы. В результате параметрического оценивания экспериментальных данных с минимизацией выбранного критерия качества были получены коэффициенты различных структур передаточных функций системы отопления учебного здания. Проверка адекватности различных моделей системы отопления показала, что наилучшей степенью адекватности (97,4 – 99,69 %) обладает модель с передаточной функцией в виде последовательного соединения аperiodического звена II порядка и звена запаздывания. В дальнейшем необходимо составить математическое описание процессов в системах отопления учебных корпусов при обработке типовых воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сканава А.Н., Махов Л.М. Отопление: Учебник для вузов. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 576 с.
2. Пырков В.В. Современные тепловые пункты: Автоматика и регулирование. –К.: Такі справи, 2007.– 252 с.
3. Чистович С.А., Аверьянов В.К., Темпель Ю.Я., Быков С.И. Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления. – Л.: Стройиздат, 1987. – 248 с.
4. Официальный сайт Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского. – Режим доступа: <http://www.kdu.edu.ua/new/main.php>.
5. Перекрест А.Л., Найда В.В., Романенко С.С., Книжник Е.Н., Пороник А.А. Оперативный контроль температурных режимов и управление тепловыми пунктами зданий учебного заведения // Вестник КрНУ. – Кременчуг, 2013. – Вып. 3/2013 (80). – С. 35-43.
6. Потапенко Е.А. Автоматизация процесса отопления распределенного комплекса зданий с алгоритмами управления, учитывающими климатические факторы: дис. ... канд. тех. наук. – Белгород, 2003. – 152 с.
7. Дьяконов В., Круглов В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. – СПб.: Питер, 2001. – 444 с.
8. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ. / Под ред. Я.З. Цыпкина. – М.: Наука, 1991. – 432 с.

**УСЛОВИЯ ГАРАНТИРОВАННОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА
АВТОНОМНОЙ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ**

Т. Н. Коека, студ., Ю. В. Зачена, ст. преп.

*Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: zip1981@ukr.net*

Введение. Известно, что для стабильной работы асинхронного генератора (АГ) необходимо обеспечить два условия – наличие регулируемых источников реактивной и механической энергии [1]. Первое осуществляется с помощью установки конденсаторных батарей, второе – посредством механического соединения АГ с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) или другим источников механической энергии (ветер, вода и т.д.).

Основной особенностью возбуждения АГ является то, что оно осуществляется по цепи нагрузки и каналу передачи реактивной энергии. Поэтому при определении перегрузочной способности генератора основное внимание уделяется выбору регулятора емкостного тока возбуждения и количества ступеней конденсаторных батарей. В то же время с целью минимизации массогабаритных показателей и повышения мобильности дизель-генераторные установки (ДГУ) характеризуются соизмеримостью мощностей ДВС и АГ, что также накладывает определенные условия на границы безаварийной работы таких систем генерации энергии.

Цель работы. Определение условий гарантированного возбуждения АГ в зависимости от параметров дизельного двигателя.

Материал и результаты исследования. Относительное значение частоты вращения ротора АГ (частоты вращения дизеля), соответствующее данной частоте возбуждения, определяется по выражению [1]:

$$v = \alpha(1 + |s_c|), \quad (1)$$

где $v = \omega_\delta / \omega_{0\delta} = 1 - \delta$ – относительное значение частоты вращения ротора АГ, выраженное через частоту вращения дизельного двигателя (при условии жесткой связи валов АГ и ДД); ω_δ – текущее значение частоты вращения дизельного двигателя; $\omega_{0\delta}$ – заданное значение частоты вращения дизельного двигателя; $\delta = \Delta\omega_\delta / \omega_{0\delta}$ – статизм дизельного двигателя.

Для асинхронного генератора с конденсаторным возбуждением характерными являются нижняя и верхняя критические частоты вращения ротора. Так, для нижней границы скорости выражение (1) примет вид:

$$v_{к.н.} = \alpha_{к.н.}(1 + |s_{к.н.}|), \quad (2)$$

где $v_{к.н.} = 1 - \delta_{крит}$; $\alpha_{к.н.} = \sqrt{X_c(2\sigma X_1)^{-1}(1 + \sigma - R_1^2 / X_1 X_c - (1 + \sigma - R_1^2 / X_1 X_c)^2 - 4\sigma)}$ – нижняя критическая частота самовозбуждения АГ; $\sigma = 1 - X_\mu^2 / X_1 X_2'$ – коэффициент рассеяния АГ; $|s_{к.н.}| = R_2' g_1$ – скольжение АГ для $\alpha_{к.н.}$ согласно [2]; $g_1 = qd / (q^2 + p^2)$ – активная проводимость цепи статора:

$$d = \alpha^2 R_n^2 + (\alpha^2 X_n - X_c)^2; \quad q = R_n X_c^2 + R_1 d; \quad p = \alpha(X_c(R_n^2 + X_n(\alpha^2 X_n - X_c) - X_1 d)).$$

Подставив соответствующие выражения в (2), получим

$$(1 - \delta_{крит})(R_n X_c^2 (1 + \delta_{крит})^2 + R_1 R_n^2) - R_n X_c^2 \sqrt{X_c / X_n} (1 + \delta_{крит})^2 - R_n^2 \sqrt{X_c / X_n} (R_1 - R_2') = 0. \quad (3)$$

Аналитическое выражение для определения критического значения статизма дизельного двигателя может быть получено, например, с применением формулы Кардано. Для этого преобразуем исходное уравнение (3) к виду:

$$a_3 \delta_{крит}^3 + a_2 \delta_{крит}^2 + a_1 \delta_{крит} + a_0 = 0, \quad (4)$$

где a_3, a_2, a_1, a_0 – постоянные коэффициенты, определяемые через параметры АГ, емкостной системы возбуждения и нагрузки.

Решение уравнения (4) определяется знаком выражения по определению дискриминанта:

$$D = [4(3a_1 - a_2)^3 + (2a_2^2 - 9a_1 a_2 + 27a_0)^2] / 2916. \quad (5)$$

В результате имеем: при $D > 0$ – один вещественный корень; при $D = 0$ – два вещественных корня; при $D < 0$ – три вещественных корня.

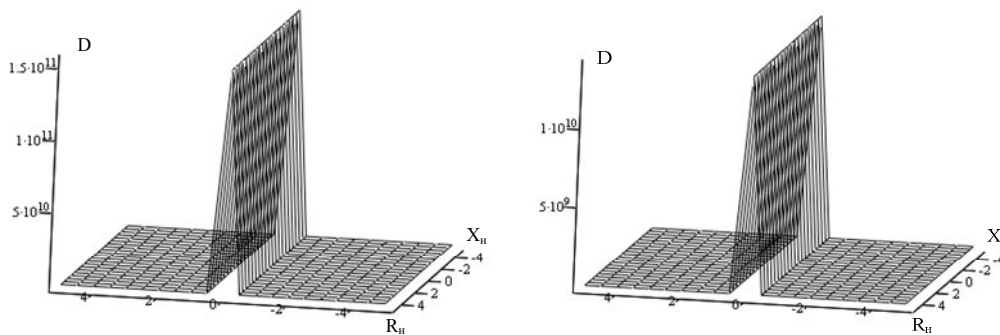
На рис. 1 представлены зависимости дискриминанта $D = f(R_n, X_n, X_c)$ в функции параметров нагрузки и емкости возбуждения. Ввиду того, что параметры X_c емкостной системы возбуждения определяются параметрами нагрузки, зависимость дискриминанта $D_{X_c=const} = f(R_n, X_n)$ выполним в функции нагрузки при

определенных значениях емкости возбуждения. Параметры последней принимались в диапазоне $[C_{min}; 10C_{min}]$, где C_{min} – минимально-допустимое значение емкости для возбуждения АГ на холостом ходу.

Как видно из рис. 1, значение дискриминанта D при любых параметрах нагрузки (даже при отрицательных значениях R_H и X_H , что не имеет практического смысла) всегда больше нуля. Поэтому критическое значение статизма дизельного двигателя определяется как:

$$\delta_{крит} = \sqrt[3]{\frac{1}{54} \left[-2a_2^3 + 9a_2a_1 - 27a_0 + \sqrt{(2a_2^3 - 9a_2a_1 + 27a_0)^2 + 4(3a_1 - a_2^2)^3} \right] - a_2/3}. \quad (6)$$

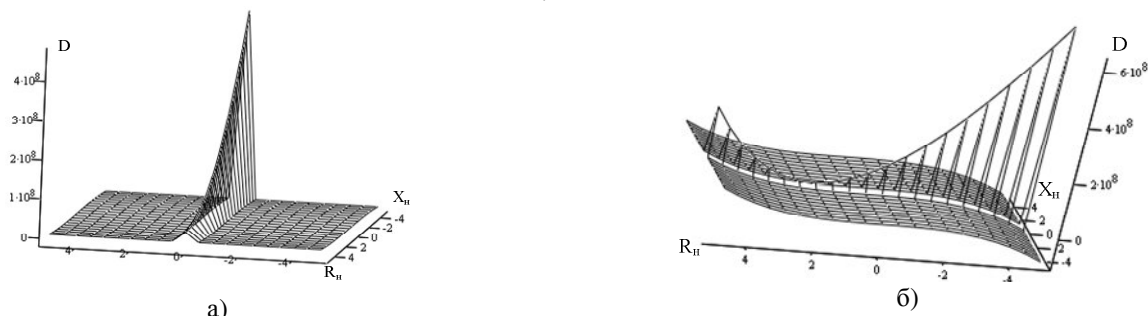
Адекватность определения перегрузочной способности АГ в зависимости от параметров дизельного двигателя устанавливалась путем сравнения расчетов значения относительного значения скорости $v_{к.н.}$ вращения генератора для нижней границы по предлагаемому методу и методу, предложенному в [2]. Ошибка расчетов составила 7,5 %.



а) б)
Рисунок 1 – Зависимость дискриминанта $D_{X_c=const} = f(R_H, X_H)$:
а) при C_{min} ; б) при $10C_{min}$

Для более конкретного определения количества вещественных корней $\delta_{крит}$ и их расчетных формул были выполнены исследования зависимости дискриминанта в функции параметров нагрузки и емкости возбуждения $D = f(R_H, X_H, X_c)$.

В результате, дискриминант может принимать значение равно нулю $D=0$ при параметрах емкостной системы возбуждения $C_{\Sigma} \geq 30C_{min}$ (рис. 2, а), а значения дискриминанта меньше нуля $D < 0$ возможно при $C_{\Sigma} \geq 150C_{min}$ (рис. 2, б) и отрицательном значении R_H , что не соответствует реальным параметрам системы.



а) б)
Рисунок 2 – Зависимость дискриминанта $D_{X_c=const} = f(R_H, X_H)$:
а) при $30C_{min}$; б) при $150C_{min}$

Выводы. Полученное в работе аналитическое выражение по определению статической ошибки регулирования частоты вращения дизельного двигателя в функции параметров асинхронного генератора и его емкостной системы возбуждения позволяет определить минимально-допустимое значение частоты вращения дизеля, которое должен обеспечить соответствующий регулятор для предотвращения срыва генерации при подключении нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кашкалов В. И. Торможение асинхронных двигателей без внешнего источника энергии / Кашкалов В. И., Долгополов Ф. Ф. – К.: Техніка, 1985. – 119 с.
2. Кашкалов В. И. Конденсаторное торможение асинхронных двигателей / Кашкалов В. И. – М.: Энергия, 1977. – 121 с.

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЯГОВОГО КОМПЛЕКСУ
МАГІСТРАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОВОЗУ**

Л. В. Курись, асп.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: wow.lesichka@mail.ru

Вступ. Споживання електроенергії залізничним транспортом досягає 4,7% від загального обсягу споживання електроенергії. Найбільше поширення на мережі залізниць отримали серійні магістральні електровози змінного струму ВЛ80 [1], які отримують живлення від системи електропостачання тяги змінного струму 27,5 кВ зі зворотнім (екрануючим) і посилюючим проводами, і відстанями між підстанціями 40-60 км [2].

Важливу групу електричних величин, які характеризують режим, складають показники напруги в тяговій мережі. Напряга на струмоприймачах електрорухомого транспорту змінюється в широких межах, що обумовлено як переміщенням транспортних одиниць, так і змінами споживаного ними струму [3]. Втрати потужності в тяговій мережі використовують в економічних оцінках систем електропостачання при виборі економічно найвигіднішого перетину дротів тягової мережі і оптимальних відстаней між тяговими підстанціями. При цьому середня втрата потужності в тяговій мережі визначається як середнє значення відносно усіх практично реалізованих в експлуатації графіків при розрахункових траєкторіях руху [3–4].

Таким чином існуючі методи розрахунку параметрів режиму системи контактна мережа змінного струму – тяговий комплекс електровозу є достатніми для проектних розрахунків та аналізу сталих режимів. Для динамічних режимів (прискорення та гальмування) вказані методи є складними та трудомісткими, а в результаті, не придатними для аналізу миттєвих електричних та енергетичних параметрів режиму.

Мета роботи. Синтезувати математичну модель на базі тягового електротехнічного комплексу електровозу ВЛ80р, яка реалізує режими розгону та гальмування двигуна електровозу з зонним імпульсним регулюванням напруги секцій силового перетворювача у випрямних та інверторних режимах відповідно.

Матеріал і результати дослідження. Двигуни постійного струму, які входять до складу тягового комплексу однієї секції електровозу ВЛ80р, нехтуючи буксуванням та пружними зв'язками, механічно з'єднані між собою ($\omega_1 = \omega_2 = \omega$), а також попарно з'єднані електрично $u_1 = u_2 = u_{RCT}$, відповідно до [5]:

$$\begin{cases} L_{\Sigma 1} \frac{di_1}{dt} = u_{RCT} - k\Phi_1\omega - i_1 R_{\Sigma 1}; \\ k\Phi_1 = f(i_1); \\ L_{\Sigma 2} \frac{di_2}{dt} = u_{RCT} - k\Phi_2\omega - i_2 R_{\Sigma 2}; \\ k\Phi_2 = f(i_2); \\ J_{\Sigma 1} \frac{d\omega}{dt} = k\Phi_1 i_1 + k\Phi_2 i_2 - M_S; \\ i_1 + i_2 = i_{RCT}, \end{cases} \quad (1)$$

де $R_{\Sigma 1}$, $R_{\Sigma 2}$ і $L_{\Sigma 1}$, $L_{\Sigma 2}$ – активний опір та індуктивність машин, враховуючи послідовне з'єднання обмоток якоря та збудження; i_1 , i_2 – струми машин; u_{RCT} – напруга на виході випрямно-інверторного перетворювача; $k\Phi_1$, $k\Phi_2$ – коефіцієнти потоку машин; J_{Σ} – сумарний момент інерції якорів двигунів й обертових мас на їх валах; M_S – момент навантаження, приведений до валу двигуна. Модель, що відповідає рівнянням, введена як підсистема та позначена на рис. 1, а «Блок тягових двигунів» синтезована в пакеті Matlab.

Для моделювання трансформатора та ВІП використано елементи бібліотеки SimPower System Matlab. З урахуванням різного формату змінних, які використовуються в системах Simulink та SimPower System, введені блоки перетворення типу сигналу струму та типу сигналу напруги (рис. 1, а).

Для оцінки режиму контактної мережі та впливу режиму електроспоживання електровоза на неї в модель введено підсистему контактної мережі з необхідними блоками контролю та розрахунку, підсистема позначена на рис. 1, б «Блок контактної мережі».

Зважаючи на зміну за шляхом параметрів контактної мережі, в модель додатково введені блоки та зв'язки, які реалізують визначення поточного значення шляху, який пройшов електровоз, відповідно до рівняння:

$$s_{el} = s_{init} + \int k_{mec} \omega dt = s_{init} + \int \frac{v_r}{\omega_r} \omega dt, \quad (2)$$

де k_{mec} – коефіцієнт передачі механічної частини, v_r , ω_r – номінальні лінійна швидкість електровозу та кутова частота двигуна відповідно; s_{init} – початкова відстань від тягової підстанції.

Контактна мережа представляється схемою заміщення з двох послідовних елементів – активного опору та індуктивності, напруга та струм в яких пов'язані рівняннями:

$$u_{el} = u_{ts} - \Delta u_{kn} = u_{ts} - \frac{d}{dt}(L_{kn}i_{el}) - R_{kn}i_{el}, \quad (3)$$

де u_{el} – напруга, що надходить до електровоза; u_{ts} – напруга тягової підстанції; Δu_{kn} – падіння напруги в контактній мережі; i_{el} – струм електровоза; L_{kn} , R_{kn} – індуктивність та активний опір мережі,

$$R_{kn} = R_0 s_{el}, \quad L_{kn} = L_0 s_{el}, \quad (4)$$

де L_0 , R_0 – погонні значення індуктивності та опору відповідно. Враховуючи зміну місця підключення електровоза до контактної мережі відповідно до (2), Δu_{kn} матиме вигляд:

$$\Delta u_{kn} = \frac{d}{dt}(L_0 s_{el} i_{el}) + R_0 s_{el} i_{el} = L_0 k_{mec} \omega i_{el} + L_0 s_{el} \frac{di_{el}}{dt} + R_0 s_{el} i_{el}. \quad (5)$$

Слід підкреслити, що втрати напруги в контактній мережі залежать не тільки від поточного положення електровоза, а й від швидкості його руху (перша складова рівняння).

Активну та реактивну потужності електровоза та втрати в контактній мережі визначають для першої гармоніки:

$$\begin{aligned} P_{el} &= I_{el(1)} U_{el(1)} \cos \phi_{(1)}; \\ Q_{el} &= I_{el(1)} U_{el(1)} \sin \phi_{(1)}; \\ \Delta P_{kn} &= I_{kn(1)} \Delta U_{kn(1)} \cos \phi_{(1)}; \\ \Delta Q_{kn} &= I_{kn(1)} \Delta U_{kn(1)} \sin \phi_{(1)}; \end{aligned} \quad (6)$$

де $\Delta u_{kn(1)}$ – діюче значення першої гармоніки падіння напруги в контактній мережі; $\phi_{(1)}$ – різниця фаз між першими гармоніками струму та напруги електровоза; $\phi_{(1)}$ – різниця фаз між першими гармоніками струму та падіння напруги контактної мережі.

Узагальнена схема моделі наведена на рис. 1, б.

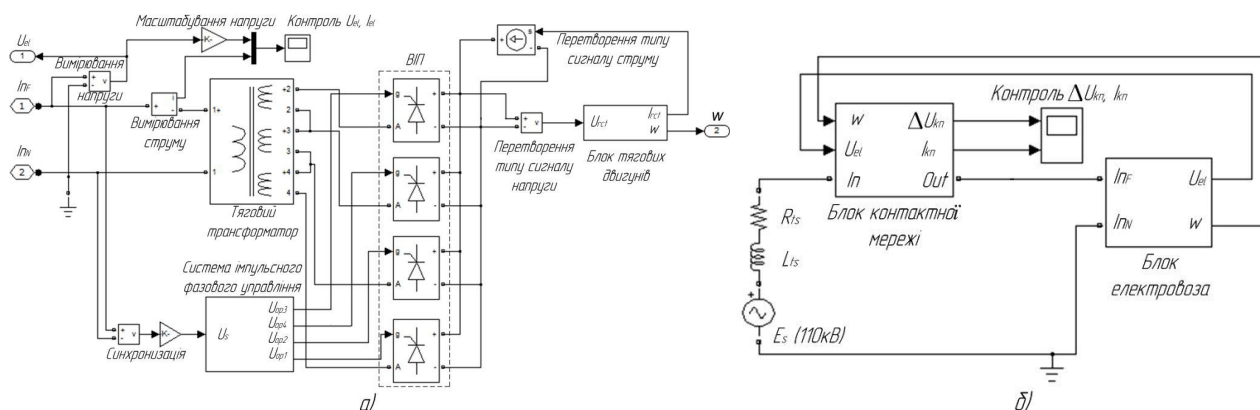


Рисунок 1 – Схеми математичних моделей системи контактна мережа змінного струму – тяговий комплекс магістрального електровозу:

а) підсистема тягового комплексу електровоза VL80p; б) узагальнена схема

Висновки. Розроблено модель для дослідження розподілу електричної енергії в системі контактна мережа змінного струму – тяговий комплекс магістрального електровозу, яка дозволяє реалізацію режимів розгону, сталого руху та гальмування електровоза, а також визначення енергетичних параметрів електроспоживання електровоза в часі за умов дії визначеного параметра управління.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пушканова П. А. Електровоз VL80p. Керівництво з експлуатації / П. А. Пушканова. – М.: Транспорт, 1985. – 541с.
2. Сліпцова М. А. Основи електричного транспорту / М.А. Сліпцова. – М.: Академія, 2006. – 464 с.
3. Грищенко А. В. Електричні машини та перетворювачі рухомого складу / А. В. Грищенко, В. В. Стрекопитов. – М.: Академія, 2005. – 320 с.
4. Зак В. В. Покращення енергетичних показників електровозів змінного струму с зонно-фазним регулюванням напруги / А. А. Зарифьян, П. Г. Колпахчян // Вісник СХУ ім. В.Даля. – Луганськ, 2011. – Вип. 4 (158) – Ч.1. – С. 185-190.
5. Математичне моделювання динаміки електровозів / А. Г. Микитенко, Е. М. Плохов, А. А. Зарифьян, Б. І. Хоменко. – М.: Вища школа, 1998. – 274 с.

**АНАЛІЗ СТРУКТУР ГАЗОПОРШНЕВИХ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК
СЕРЕДНЬОЇ ПОТУЖНОСТІ**

Н. Г. Лазаренко, асп., В. О. Оганесян, магістр.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна, e-mail: natali_alex_2008@mail.ru

Вступ. На сьогоднішній день виникло безліч аргументів для впровадження когенераційних технологій. Когенераційні установки (КГУ) мають корисні особливості: дешева електрична і теплова енергія (порівняно з купованою з мережі), близькість до споживача, відсутність необхідності в дорогих ЛЕП і підстанціях, екологічна безпека, мобільність, легкість монтажу і т.д. [1].

Як показано в роботах [2, 3] використання КГУ та керування режимами роботи залежить від структури самої КГУ, та системи тепло- і електропостачання, в складі якої КГУ повинна працювати. При цьому ефективність роботи КГУ залежить від алгоритмів та пристроїв управління первинним двигуном та електрогенератором, а також від режимів споживачів, які підключаються до КГУ, та характеру тарифікації теплової і електричної енергії [2].

Мета роботи. Аналіз структур газопоршневих когенераційних установок середньої потужності. Виявлення особливостей функціонування когенераційних установок середньої потужності, особливостей їх регулювання для вироблення необхідної кількості енергії.

Матеріал і результати досліджень. Для регулювання кількості виробництва тепла та електроенергії використовують декілька видів регулювання газопоршневим електроагрегатом.

Регулювання частоти обертання поряд з регулюванням напруги газопоршневих електроагрегатів є одним з найважливіших завдань, від методів вирішення якого залежить якість електроенергії в сталих і перехідних режимах роботи системи електропостачання споживачів [4]. Технічні засоби регулювання частоти обертання газопоршневих електроагрегатів в даний час представлені регуляторами чотирьох типів:

- відцентрові регулятори прямої і непрямої дії;
- аналогові електронні регулятори;
- цифрові електронні регулятори;
- цифрові регулятори, які є органічною частиною комплексних мікропроцесорних систем управління двигуном або генераторним агрегатом в цілому.

Особливістю газопоршневих електроагрегатів є можливість застосування декількох виконавчих пристроїв, керованих одним електронним блоком регулювання частоти обертання, оскільки багато двигунів мають декілька агрегатів наддуву і, відповідно, декілька дросельних заслінок з індивідуальним приводом (рис. 1). Крім того, існують схеми наддуву з паралельною роботою кількох турбокомпресорів на загальний впускний колектор. У таких двигунах часто застосовують паралельно включені дросельні заслінки, кожна зі своїм керованим приводом. У цьому випадку при малих навантаженнях агрегату керують однією заслінкою, а при збільшенні навантаження - двома заслінками.

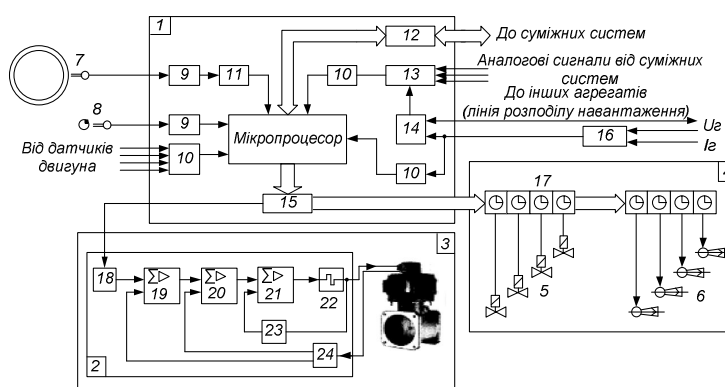


Рисунок 1 – Схема електронного регулятора частоти обертання:

- 1 – мікропроцесорний блок; 2 – модуль управління дросельною заслінкою; 3 – привід дросельної заслінки;
- 4 – модуль розподіленого управління подачею газу; 5 – електромагнітний газовий клапан; 6 – форсунка;
- 7 – датчик частоти обертання; 8 – датчик положення розподільчого валу; 9 – вхідний перетворювач;
- 10 – аналого-цифровий перетворювач; 11 – перетворювач частоти в код; 12 – інтерфейсний перетворювач;
- 13 – аналоговий задатчик частоти обертання; 14 – модуль розподілення навантаження; 15 – вихідний модуль;
- 16 – датчик активного навантаження; 17 – таймер; 18 – перетворювач сигналу управління;
- 19 – підсилювач контуру зворотного зв'язку за положенням; 20 – підсилювач контуру зворотного зв'язку за швидкістю;
- 21 – підсилювач контуру зворотного зв'язку за струмом; 22 – широтно-імпульсний модулятор;

23 – датчик струму; 24 – перетворювач сигналу зворотного зв'язку

Регулювання складу газоповітряної суміші є одним з ефективних способів впливу на робочий процес газопоршневого двигуна з метою забезпечення заданих ефективних, економічних і екологічних показників електроагрегату. Основним параметром горючої суміші, що дає істотний вплив на ці показники, є співвідношення палива і повітря в цій суміші, зване паливopовітряним відношенням, відношенням «газ-повітря» або «повітря-газ», що відповідає прийнятому в зарубіжній практиці найменуванню «air - fuel ratio» (AFR) [5].

Регулювання напруги в енергосистемі здійснюється регулюванням напруги на виводах генератора шляхом дії на його збудження [6].

У системі збудження (рис. 2) група статичних випрямлячів перетворює змінний струм збудника GE з частотою 50 Гц в постійний. Збудником є синхронний генератор, розташований на одному валу зі збуджуваним генератором (незалежне збудження). Статична випрямна установка складається з керованих напівпровідникових кремнієвих випрямлячів - тиристорів.

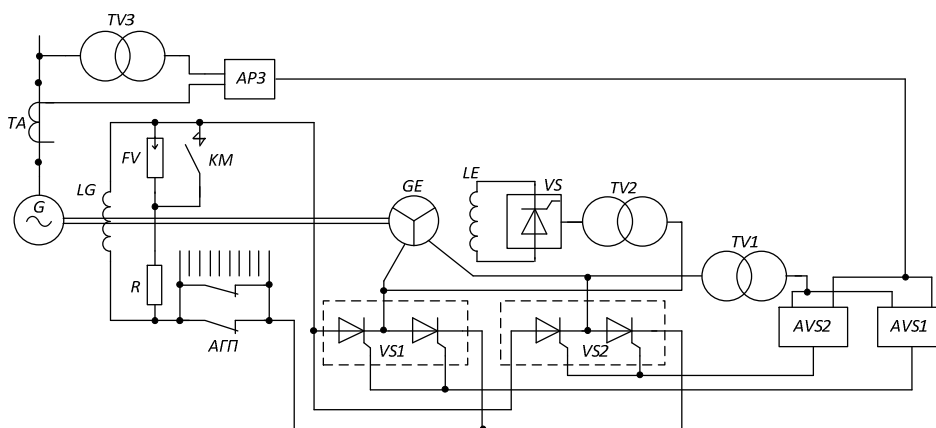


Рисунок 2 – Статична тиристорна система незалежного збудження:

TA1 – трансформатор, який живить системи керування вентилями робочої групи AVS1 і форсувальної групи AVS2; TA2 – трансформатор самозбудження збудника; VS – вентилі системи збудження збудника; AP3 – автоматичне регулювання збудженням

При високих значеннях напруги збудження зазвичай застосовують дві групи тиристорів – робочу VS1 і форсуючу VS2. Обидві групи з'єднують паралельно за трифазною мостовою схемою. За рахунок комутації тиристора однієї групи на тиристор іншої групи зворотна напруга тиристорів робочої групи зменшується. Робоча група тиристорів забезпечує основне збудження генератора в нормальному режимі, форсуюча група - форсування і гасіння поля в аварійних режимах, тому в нормальному режимі вона працює з невеликими струмами (20-30 % номінального струму ротора); при форсуванні форсуюча група (повністю або частково) відкривається і забезпечує весь струм форсування, а робоча група тиристорів замикається більш високою напругою форсуючої групи.

Для живлення двох груп тиристорів обмотку кожної фази збудника виконують з двох частин: частини низької напруги, перетин провідників якої розрахований на тривале проходження робочого струму, і частини високої напруги, перетин провідників якої розрахований на короткочасне проходження струму форсування. До першої підключені тиристори робочої групи VS1, а до другої – форсуючої групи VS2.

Висновки. Сучасні КГУ є багатофункціональними електро- та теплоенергетичними пристроями. Структуру цих пристроїв з позиції регулювання та управління поділяють на дві частини, які виступають відповідно об'єктами управління: механічна і електрична. Причому на першу покладають ефективне регулювання частоти та моменту оберткових частин, а на другу – регулювання електричної напруги. Управління вказаними системами відбувається автоматичними блоками, що контролюють параметри КГУ в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. <http://www.ges-ukraine.com/>
2. Голдинер А.Я., Цыркин М.И., Бондаренко В.В. Газопоршневые электроагрегаты. СПб.: Галейя Принт. 2006. –240 с.
3. Харитонов Д.А. Разработка методики выбора и рационального использования когенерационных систем в качестве источника электроэнергии на предприятии по технико-экономическим критериям. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 2007. – 19 с.
4. Басок Б.И., Базеев Е.Т., Диденко В.М., Коломейко Д.А. Анализ когенерационных установок. Классификация и основные показатели // Промышленная теплотехника – 2006. – Т. 28. – № 3. – С. 83–89.
5. http://esco-ecosys.narod.ru/2003_4/art67.htm
6. Круг А.Е. Параллельная работа синхронного генератора с сетью, Электросила, 2000, № 39, С. 104–111.

ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГОЄМНОСТІ НАКОПИЧУВАЧА ПРИ ВИНИКНЕННІ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ В СИСТЕМІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕТРОПОЛІТЕНУ

А. О. Сулим, наук. співроб.

ДП «УкрНДІВ»

вул. І. Приходька, 33, 39621, м. Кременчук, Україна, e-mail: sulim1.ua@gmail.com

А. І. Ломонос, к.т.н, ст. викл.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: ai_lomonos@ukr.net

Вступ. До метрополітену висуваються особливі вимоги з точки зору енергозабезпечення та безпеки руху [1]. Але, незважаючи на те, що метрополітен є споживачем першої категорії, в його системі тягового енергозабезпечення (СТЕ) виникають аварійні режими роботи. Часто при виникненні аварійних режимів роботи в СТЕ доводиться евакуувати пасажирів з електропоїзда метрополітену, що знаходиться в тунелі, що не є безпечним і комфортним для пасажирів. Евакуація пасажирів може значно ускладнитись за наявності інвалідів в вагонах електропоїзда.

На даний час електропоїзди метрополітену обладнані резервним джерелом живлення – акумуляторною батареєю, яка не дозволяє здійснити його виведення з тунелю до найближчої станції. Можливість формування сили тяги під час виникнення аварійних режимів в СТЕ метрополітену є актуальним завданням з точки зору безпечної і комфортної евакуації пасажирів. З робіт [1–3] відомо, що застосування ємнісних накопичувачів енергії (ЄНЕ) на борту електропоїзда метрополітену дозволить здійснити його виведення з тунелю до найближчої станції під час виникнення аварійних режимів в СТЕ метрополітену.

Одним з важливих питань під час виникнення аварійних режимів є розрахунок енергоємності ЄНЕ з урахуванням реальних умов експлуатації. До найбільш вагомих умов, які впливають на необхідну енергоємність ЄНЕ, відносять наступні: профіль шляху, завантаження електропоїзда, режим руху (обмеження максимальної швидкості руху) [2]. Проведений аналіз показав, що в роботах інших авторів вирішенню цього питання приділено недостатньо уваги, тому актуальним є подальший розвиток цього питання.

Мета роботи. Розробка порядку розрахунку необхідної енергоємності ЄНЕ для виведення електропоїзда метрополітену з тунелю під час виникнення аварійних режимів.

Матеріал та результати досліджень. Суть розрахунку полягає в перевірці умови забезпечення руху електропоїзда метрополітену по найбільшому ухилу з мінімальним прискоренням, а також визначення енергоємності ЄНЕ при заданому профілю шляху та режимі руху. Першочерговим завданням є перевірка умови правильного вибору максимальної сили тяги. Перевірку даної умови можна розбити на наступні етапи:

- завдання оператором параметрів, необхідних для розрахунку необхідної енергоємності ЄНЕ (маса електропоїзда – m ; коефіцієнт інерції обертових мас – $(1+\gamma)$; обмеження швидкості на перегоні – V_{max} ; ККД тягової передачі – $\eta_{тп}$; мінімальне прискорення на підйомі – a_{min} ; профіль шляху на перегоні; коефіцієнти для розрахунку основного опору руху – a, b, c ; мінімальна, середня та максимальна напруга на ЄНЕ – $U_{енmin}, U_{енmax}, U_{ен}$; максимальна сила тяги (гальмування) – $F_{max} (B_{max})$; допустиме відхилення від довжини спрямлених ділянок шляху – Δl);

- завдання оператором параметрів, необхідних для розрахунку необхідної енергоємності ЄНЕ у вигляді масиву (коефіцієнт завдання сили тяги (гальмування) – $k_{тяги1...N} (k_{торм1...N})$; швидкість руху електропоїзда метрополітену – $V_{1...N}$);

- розрахунок основного опору руху при максимальній швидкості руху, додаткового опору руху від найбільшого підйому, додаткового опору від кривої з мінімальним радіусом (за наявністю кривих на максимальному підйомі);

- перевірка умови, що задана максимальна сила тяги більша ніж сума основного та додаткового опорів руху. Якщо умова виконується, то розраховується прискорення під час руху електропоїзда по найбільшому підйому. В іншому випадку необхідно виконувати коригування вхідних даних (збільшити максимальну силу тяги);

- перевірка умови, що розраховане прискорення на найбільшому підйомі більше ніж мінімальне прискорення. Якщо умова виконується, то далі розраховується енергоємність ЄНЕ. В іншому випадку необхідно виконувати коригування вхідних даних (збільшити максимальну силу тяги).

Розрахунки енергоємності ЄНЕ можна розбити на наступні етапи:

- розрахунок середніх значень сил тяги (гальмування), швидкості, основного опору з урахуванням заданого режиму руху (коефіцієнтів завдання сили тяги (гальмування), зміни швидкості);

- спрямлення заданого профілю шляху;

- розрахунок прискорення (сповільнення) для кожного режиму ведення електропоїзда;

- для кожного режиму ведення електропоїзда перевірка умови, що розраховане прискорення (сповільнення) дорівнює нулю. Якщо умова виконується, то присвоюється значення пройденого шляху. В іншому випадку виконується розрахунок пройденого шляху до зміни режиму ведення електропоїзда або до зупинки в кінці перегону;

- перевірка умови, що пройдений шлях менший ніж довжина спрямленої ділянки з урахуванням допустимого відхилення. Якщо умова виконується, то далі розраховується час руху і середні значення: потужності, струму, кількості та питомої кількості електроенергії електропоїзда. Після проведення розрахунків

виконується визначення аналогічних показників для наступного режиму руху. В іншому випадку перевіряється умова, що пройдений шлях більший ніж довжина спрямленої ділянки з урахуванням допустимого відхилення;

– перевірка умови, що пройдений шлях більший ніж довжина спрямленої ділянки з урахуванням допустимого відхилення. Якщо умова виконується, то необхідно виконувати коригування вхідних даних (збільшити допустиме відхилення від довжини спрямлених ділянок шляху або змінити режим руху). В іншому випадку розраховується час руху і середні значення: потужності, струму, кількості та питомої кількості електроенергії електропоїзда. Після виконання розрахунків для наступного режиму руху присвоюється значення опору від ухилу наступної спрямленої ділянки шляху;

– після закінчення кожної спрямленої ділянки шляху перевіряється умова, що спрямлена ділянка остання. Якщо умова виконується, то розраховується загальний час руху на перегоні, а також середній струм, загальна кількість та середня питома кількість електроенергії в режимах тяги і рекуперації під час руху електропоїзда на перегоні;

– обчислюється необхідна енергоємність СНЕ під час аварійного руху електропоїзда по заданому профілю шляху.

В якості прикладу виконано розрахунок необхідної енергоємності СНЕ під час виникнення аварійного відключення живлення в СТЕ метрополітену при наступних вхідних даних: $m=246,88$ т; $(1+\gamma)=1,1$; $V_{max}=20$ км/час; $F_{max}(B_{max})=50$ кН; $U_{енmin}=0$; $U_{енmax}=800$ В; $U_{ен}=400$ В; $\eta_{гд}=0,94$; $\eta_{инв}=0,98$; $\eta_{ред}=0,98$; $i=3$ ‰; $a_{min}=0,08$ м/с²; $\Delta l=\pm 10$ м; $a=0,00081$; $b=0$; $c=1,1$.

Заданий профіль шляху представлений на рис. 1. Загальна довжина ділянки до виїзду з тунелю становить 775 метрів. Ділянка складається з двох елементів: перший – довжиною 577 метрів (підйом 3 ‰) без наявності кривих, другий – довжиною 198 метрів (схил 3 ‰) без наявності кривих.

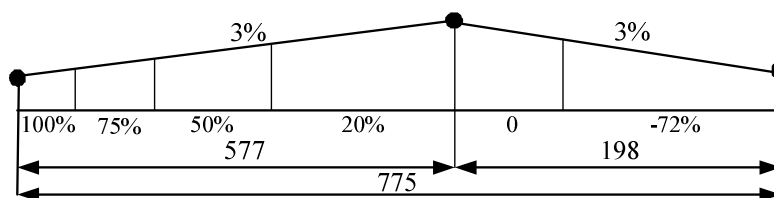


Рисунок – 1 Профіль шляху, який необхідно подолати поїзду метрополітену для виїзду з тунелю

В табл. 1 представлені результати розрахунків показників електропоїзда метрополітену під час його руху в аварійному режимі, а також необхідної енергоємності СНЕ.

Таблиця 1 – Результати розрахунків показників електропоїзда під час руху в аварійному режимі з тунелю

Показник	Числові значення
Загальний час руху на перегоні – t, с	189
Середнє значення струму, загальна кількість та середнє значення питомої кількості споживаної електроенергії – $I_{сеп.}$, А; кВт·год; $a_{пит.сеп.}$, Вт·год/т·км	149; 3,13; 18,7
Середнє значення струму, загальна кількість та середнє значення питомої кількості електроенергії, що повертається в СНЕ під час гальмування – $I_{сеп.}$, А; А, кВт·год; $a_{пит.сеп.}$, Вт·год/т·км	-57; -1,21; -9,4
Енергоємність СНЕ – С, Ф	35,2

Висновки. Запропонована послідовність дій дозволяє розрахувати необхідну енергоємність СНЕ для забезпечення виведення електропоїзда метрополітену з тунелю при заданому режимі руху та заданому профілю шляху.

На підставі розробленого алгоритму виконано розрахунок, результат якого дозволив встановити, що для заданих вихідних даних необхідна величина енергоємності повинна становити не менше ніж 35,2 Ф.

Слід зазначити, що залежно від заданого режиму руху електропоїзда з урахуванням профілю шляху, величина енергоємності СНЕ буде різною. Тому подальші дослідження повинні бути спрямовані на побудову оптимальної траєкторії руху, при якій буде забезпечено мінімальне енергоспоживання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шевлюгин М.В. Система накоплення енергії на вагоні метро для аварійного вивода поезда из туннеля / М.В. Шевлюгин // Наука и техника транспорта. – М., 2006. – Вып. № 3. – С. 29–32.
2. Донченко А.В. До питання витрат електроенергії на тягу вагонів метрополітену КП «Київський метрополітен» / А.В. Донченко, А.О. Сулим // Збірник наукових праць ДЕТУТ: «Транспортні системи і технології». – К.: ДЕТУТ, 2013. – Вып. № 22. – С. 5–8.
3. RU 56736 U1 Устройство накоплення електроенергії для аварійного тягового питания электроподвижного состава / М.В. Шевлюгин, К.С. Желтов. – 10.09.2006; Бюл. № 25.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ
С АСИНХРОННЫМ ГЕНЕРАТОРОМ**

А. П. Нетесаний, магистр., Ю. В. Зачена, ст. преп.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: zip1981@ukr.net

Введение. В последнее время все большую популярность обретают автономные дизель-генераторные установки (ДГУ), в которых применяются бесконтактные генераторы трехфазного переменного тока. На сегодня чаще всего применяются синхронные генераторы (СГ). Асинхронные генераторы (АГ) в сравнении с синхронными имеют более простую и надежную конструкцию, меньшие массу и стоимость в диапазоне мощностей до 100 кВт. Однако для широкого использования ДГУ с АГ остаются мало изученными вопросы определения перегрузочной способности последнего.

Цель работы. Разработка математической модели дизель-генераторной установки с АГ.

Материал и результаты исследования. Математическая модель дизельного двигателя (ДД). Современный ДД внутреннего сгорания представляет собой совокупность взаимодействующих элементов, к числу которых относятся потребитель, собственно двигатель, содержащий блок с камерами сгорания, цилиндропоршневые группы и коленчатый валом [1]. Работа двигателя в установившемся режиме возможна только при выполнении условий статического равновесия:

$$M_{kr} - M_c = 0, \quad (1)$$

где M – крутящий момент ДД; M_c – момент сопротивления, создаваемый АГ.

Уравнение двигателя в операторной записи имеет вид:

$$(T_D p + k_D) \varphi = \theta_h \chi - \theta_N \alpha_D, \quad (2)$$

где T_D – постоянная времени двигателя; $p = d/dt$ – оператор дифференцирования; k_D – безразмерный коэффициент самовыравнивания; χ – перемещение топливной рейки насоса; θ_h , θ_N – безразмерные коэффициенты приведения.

Математическая модель всережимного регулятора. Дифференциальное уравнение двигателя (2) показывает, что на χ (орган управления двигателем) можно воздействовать с помощью автоматического регулятора частоты вращения дизеля (РЧД). В данном случае был разработан изодромный РЧД, который состоит из ниже приведенных элементов.

1. Сервомотор – передаточная функция серводвигателя

$$W^\xi(p) = 1/T_c p, \quad (3)$$

где T_c – постоянная времени серводвигателя.

Как видно из уравнения (3), серводвигатель не может обеспечить устойчивую работу регулятора – при малейшем смещении золотника поршень серводвигателя перемещается в одно из своих крайних положений до упора. Поэтому серводвигатели в РЧД дополняются стабилизирующими обратными связями.

2. Механическая связь:

– муфта и золотник. Связь между перемещениями муфты η и золотника ξ :

$$\xi = i_1 \eta, \quad (4)$$

– сервомотор и рейка. Связь между перемещениями штока сервомотора λ и рейкой топливного насоса χ :

$$\lambda = -i_2 \chi, \quad (5)$$

где i_1 – передаточное отношение рычажного механизма от муфты к золотнику; i_2 – передаточное отношение между перемещениями рейки и штоком сервомотора (знак “–” означает, что при положительном смещении поршня сервомотора рейка переместится в сторону уменьшения подачи топлива).

3. Изодром – передаточная функция изодромной обратной связи

$$W_{из}(p) = T_{из} k_{из} p / (T_{из} p + 1). \quad (6)$$

где $T_{из}$ – постоянная времени изодрома; $k_{из}$ – коэффициент связи между перемещением поршня сервомотора и поршня изодрома.

4. Чувствительный элемент – уравнение движения измерительного элемента примет вид:

$$T_p^2 p^2 \eta + T_k p \eta + \delta_z \eta = \theta_\omega \varphi - \theta_p \alpha_p, \quad (7)$$

где T_p – постоянная времени чувствительного элемента; φ – скорость коленчатого вала ДД; T_k – постоянная времени катаракта, характеризующая силы трения РЧД; δ_z – местная степень неравномерности; η – перемещение муфты чувствительного элемента; α_p – перемещение рейки рычага управления; θ_p – коэффициент усиления; θ_ω – коэффициент связи между перемещением муфты и частотой вращения.

Математическая модель АГ. Математическая модель АГ разработана на основе известных уравнений асинхронной машины с рядом допущений [2] в трехфазной системе координат в матричной форме:

$$d[\Psi_s]/dt = [u_s] - R_s[i_s]; \quad d[\Psi_r]/dt = [u_r] - R_r[i_r] + j\omega[\Psi_r], \quad (8)$$

где $[u_s] = [u_A \ u_B \ u_C]^T$, $[u_r] = [u_a \ u_b \ u_c]^T$ – транспонированные матрицы мгновенных значений фазных напряжений статора и ротора, соответственно; $[i_s] = [i_A \ i_B \ i_C]^T$, $[i_r] = [i_a \ i_b \ i_c]^T$ – транспонированные матрицы мгновенных значений токов в фазах статора и ротора, соответственно; $[\Psi_s] = [\Psi_A \ \Psi_B \ \Psi_C]^T$, $[\Psi_r] = [\Psi_a \ \Psi_b \ \Psi_c]^T$ – транспонированные матрицы полных потокосцеплений фазных обмоток статора и ротора, соответственно; R_s , R_r – активные сопротивления обмоток соответственно статора и ротора; ω – электрическая частота вращения.

Учет насыщения магнитопровода АГ представлен зависимостью взаимной индуктивности L_{μ} от тока i_{μ} намагничивания [2]:

$$L_{\mu} = 1/(a + bi_{\mu}^2), \quad (9)$$

где a, b – коэффициенты аппроксимации кривой намагничивания.

Для режима возбуждения АГ в статорную цепь включаются конденсаторы, поэтому в уравнениях (8):

$$[u_s] = (-1/C) \int_0^t [i] dt + [u_0], \quad (10)$$

где $[i] = [i_{cA} \ i_{cB} \ i_{cC}]^T$ – транспонированная матрица мгновенных значений токов, которые протекают в емкостях; $[u_0] = [u_{0A} \ u_{0B} \ u_{0C}]^T$ – транспонированная матрица мгновенных значений фазных напряжений в начальный момент времени $t = t_0$; C – емкость конденсаторов возбуждения.

Уравнение движения АГ имеет вид:

$$d\omega_M / dt = (M_{kr} - M_c) / J, \quad (11)$$

где ω_M – механическая частота вращения АГ (определяет электрическую частоту вращения ротора $\omega = z\omega_M$, где z – число пар полюсов), J – момент инерции АГ.

На рис. 1 приведены характеристики работы дизель-генераторной установки. В момент времени $t_{on} = 7$ с симулировался режим подключения к зажимам генератора RLC-нагрузки, а в момент времени $t_{off} = 12$ с – нагрузка отключалась. Характеристики на рис. 1 представлены в следующих масштабах: $P_{dizel} = 1/100$; $\omega_D = 1/4$; $M_{kr} = 1/2$; $M_c = 1/1$; $U_2 = 1/30$; $I_s = 1/1$; $I_n = 1/1$.

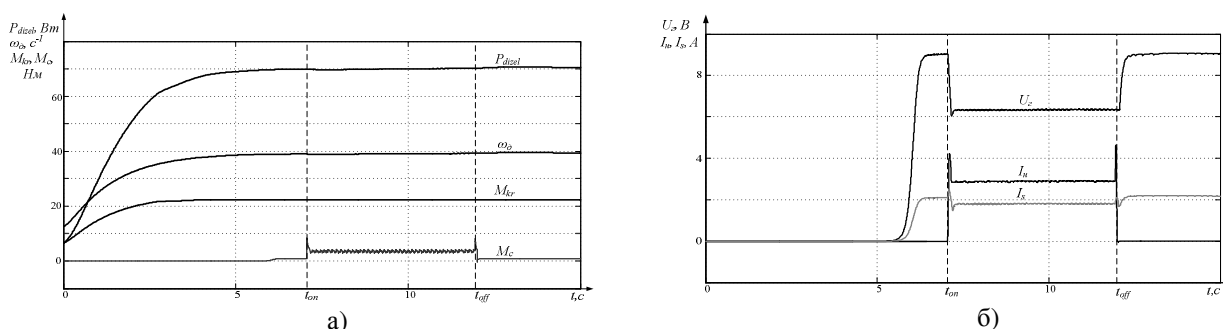


Рисунок 1 – Динамические характеристики системы ДД–АГ–потребитель:

- а) мощность P_{dizel} , частота вращения ω_D , крутящий момент M_{kr} ДД и момент M_c АГ;
- б) действующие значения напряжения U_2 , тока статора I_s АГ и тока I_n нагрузки

Выводы. Разработанная математическая модель дизель-генераторной установки представляет научную и практическую ценность по исследованию автономных источников питания ограниченной мощности, с помощью которой имеется возможность определить условия гарантированного возбуждения асинхронного генератора при подключении различного рода потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грехов Л.В., Кулешов А.С. Математическое моделирование и компьютерная оптимизация топливopодачи и рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания – М: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 158 с.
2. Торопцев Н.Д. Асинхронные генераторы для автономных электроэнергетических установок – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2004. – 87 с.

**ВОЗМОЖНОСТЬ СОЗДАНИЯ МЕХАНИЗМА РАСЧЕТА ПЛАТЫ ЗА
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ МГНОВЕННОЙ МОЩНОСТИ***

А. В. Никитина, асс.

Кременчугский государственный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: a_nika@i.ua

Ф. Е. Богодист, гл. инженер

ООО "ЭСК "Энерго-плюс"

ул. Александрійская, 6, г. Кременчуг, Украина, e-mail: 0968385844@ukr.net

Введение. Проблема учета и тарификации потребляемой мощности в настоящее время, несмотря на ряд исследований и разработок в данном направлении, является актуальной как в промышленности, так и в социально-бытовом хозяйстве. Явная тенденция усложнения электрооборудования потребителей за счет использования статических преобразователей и других устройств с нелинейными параметрами и свойствами обуславливает рост нелинейных искажений напряжения и тока с очевидной тенденцией изменения их гармонического состава. Наглядным примером является искажение потребляемого тока в осветительных системах хозяйственных и административных зданий при использовании энергосберегающих ламп и др. Если сейчас указанное просто рассматривается как негативный фактор, то в будущем неизбежно нужно решать задачу улучшения режимов работы оборудования за счет снижения или локализации указанных процессов. Это должно привести к совершенствованию и развитию хозяйственно-расчетных механизмов оплаты за электроэнергию в направлении использования большого объема информации о режимах энергоснабжения и энергопотребления.

Качество электроэнергии внутрицехового хозяйства, бытового сектора значительное время не обсуждалось, так, акцент в основном касался большой энергетики – энергосетей, внутризаводского электрохозяйства и т.д. С развитием гаммы электротехнического оборудования, осветительных приборов и т.п. возрастает интерес к качеству преобразования энергии групповых электроприемников, в частности, административных и бытовых зданий, где большая доля современного осветительного оборудования, предприятий социально-бытового сектора, вспомогательных цехов промышленных предприятий. Исследованиями установлено, что даже в учебных корпусах университета состав тока в линии электропитания доходит до значений, при которых коэффициент нелинейных искажений составляет 10-18 %. До настоящего времени этот уровень не лимитируется нормативными документами, хотя ряд авторов указывают на насущную потребность в создании соответствующей распорядительно-организационной документации.

Процесс движения исследований качества электрических процессов «вниз к потребителю» занимает очевидное и объясняемое направление. И в данном случае – очевиден прогресс в применении регулируемого привода (частотно-регулируемого) имеет свои особенности и неожиданности, в частности – несинусоидальность токов, доходящая до столь значительных величин, когда практически рушатся все представления о работе асинхронного двигателя от сети с гармоническим напряжением питания. Разработка мероприятий для локализации искажающих факторов индивидуального характера также представляет интерес и практическую ценность.

Цель работы. Обоснование введения в практику расчетных механизмов оплаты за электроэнергию, учитывающих нелинейные искажения тока и напряжения.

Материал и результаты исследования. В настоящее время преимущественное распространение получили системы учета и, соответственно, методы расчета оплаты за использование электроэнергии, базирующиеся на одноставочном или двухставочном тарифах с учетом или без учета зонной тарификации. При этом важнейшими вопросами являются вопросы определения активной мощности P , так называемой реактивной мощности Q , учитывающей долю и влияние реактивной составляющей тока на режим энергопотребления. При этом стоимостной показатель в потреблении или генерации реактивной мощности определяется дополнительно коэффициентом из шкалы надбавок $tg \phi$.

Полученные результаты исследований в теории мгновенной мощности [1-3] дают возможность детально осмыслить картину энергопроцессов и, в частности, частотных преобразований при наличии искажений кривых напряжения и тока или в одном из упомянутых сигналов. Исследования в данном направлении следует отнести к категории весьма перспективных.

Рассмотрим это на простейшем примере анализа энергетического режима в цепи с синусоидальными напряжениями и токами в случае активно-индуктивной (емкостной) нагрузки. Согласно положениям мгновенной мощности [1] при действующем значении напряжения U_n и тока I_m , угла сдвига между ними ϕ , мгновенная мощность будет определяться выражением:

$$P(t) = U_n I_m (\cos \phi + \cos \phi \cos(2\Omega t) + \sin \phi \sin(2\Omega t)).$$

Активная мощность:

$$P_0 = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = U_n I_m \cos \phi.$$

Эффективная мощность:

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

$$P_3 = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P^2(t) dt} = P_0 \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \sqrt{1 + tg^2 \phi / 3}, \quad (1)$$

$$\frac{P_0}{P_3} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{1 + tg^2 \phi}} \frac{1}{\sqrt{3}} = K_n. \quad (2)$$

Уравнение (1) по существу определяет зависимость, на основании которой может быть построен алгоритм расчета платы за электроэнергию при двухставочном тарифе, по базовому параметру – эффективному значению мгновенной мощности. Эта возможность впервые была обоснована проф. Родькиным Д.И. [2]. Такой подход коренным образом отличается от существующего в том, что в отличие от полной мощности, используемой в настоящее время в качестве базовой величины, используется мгновенная мощность (эффективное ее значение). Полная мощность по существу не имеет физической оценки или эквивалента, в виду того, что представляет собой произведение оценок напряжения и тока. В особенности это ощутимо при несинусоидальных режимах.

С учетом сказанного можно получить выражение для формирования стоимостной функции

$$C_3 = T_p \varepsilon P_0 \sqrt{1 + t (g^2 \phi)} \xi, \quad (3)$$

где C_3 – сумма оплаты за пользование электроэнергией, T_p – время работы, ε – коэффициент учитывающий тариф условия оплаты, $\xi = 1/3$.

В существующих условиях стоимостная составляющая представляется в виде:

$$C'_3 = T_p (\varepsilon P_0 + b tg \phi). \quad (4)$$

Если в сети с несинусоидальными токами и напряжением очевидна целесообразность формирования цены оплаты за электроэнергию по активной и реактивной мощности, так как новый подход мало отличается от известного, хотя и более достоверен, то в цепях с несинусоидальными напряжениями и токами вопрос несколько затруднителен в виду необходимости учета всех составляющих эффективной мощности активной, реактивной, знакопеременных компонент всех частот. В этом случае могут быть рассмотрены варианты полного учета нелинейных преобразований энергии во всем спектре гармоник, так возможны и более простые, в частности, базирующиеся на учете лишь канонических компонент, т.е. с учетом парциальных составляющих – произведений одночастотных напряжений и токов. Не затрагивая особенности математической формализации запишем общее выражение, учитывающее канонические компоненты мгновенной мощности в привязке к формуле оплаты:

$$C_3 = T_p \varepsilon P_{0\Sigma} \sqrt{1 + (tg^2 \phi_1) \xi_1 \left((P_{01})^2 / (P_{0\Sigma})^2 \right) + (tg^2 \phi_2) \xi_2 \left((P_{02})^2 / (P_{0\Sigma})^2 \right) + \dots + (tg^2 \phi_i) \xi_i \left((P_{0i})^2 / (P_{0\Sigma})^2 \right)}, \quad (5)$$

где $P_{01} \dots P_{0i}$ – активная мощность первой и i -й гармоник; $P_{0\Sigma} = P_{01} + P_{02} + \dots + P_{0i}$; $\phi_1 \dots \phi_i$ – углы сдвига первой и i -й гармоник; $\xi_1, \xi_2 \dots \xi_i$ – коэффициенты, учитывающие негативный вклад в формирование энергопроцессов в целом.

Из сказанного следует, что предлагаемая форма оплаты учитывает как постоянную мощность в кВт, знакопеременную косинусную и знакопеременную реактивную мощность, т.е. все компоненты, входящие в выражение для мгновенной мощности. Обозначив произведение $U_n I_m = S$, можно получить более удобную зависимость для P_3 .

Такой подход может быть реализован в том случае, когда измеряются мгновенные величины напряжения и тока, определяется мгновенная мощность $p(t)$ для определения активной ее составляющей. Очевидно, что рассматриваемый метод имеет перспективу применения в тех случаях, когда нелинейные искажения напряжения существенны и имеет место фазовый сдвиг гармоник напряжения и тока.

Зависимость (2) позволяет оценить качество преобразования энергии – один их важнейших параметров, характеризующий энергопроцесс. Другие аспекты процесса, в частности, при наличии значительных нелинейных искажений могут быть проанализированы при наличии гармонического состава напряжения и тока.

Вывод. Таким образом, при использовании зависимости для мгновенной мощности получена расчетная зависимость, с помощью которой можно реализовать расчетный механизм по двуставочному тарифу с учетом всех составляющих компонент мгновенной мощности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Родькин Д.И. Решение одного класса некорректных электротехнических задач Энергетическим методом // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 1 / 2013 (21). – С. 69–80.

2. Родькин Д.И. К оценке показателей энергопроцессов с использованием положений мгновенной мощности // Тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія й практика» науково-технічного журналу «Електротехнічні та комп'ютерні системи». – К.: Техніка, 2013. – С. 366–370.

3. Никитина А.В. Алгоритм определения составляющих мгновенной мощности однофазной сети // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації: збір. наук. праць XI Всеукраїнської науково-технічної конф. молодих учених і спеціалістів. – Кременчук: КрНУ, 2013. – С. 112–113.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

АНАЛІЗ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ ЧЕРЕЗ ВІКОННІ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ*

С. С. Романенко, ас., Т. В. Карайбіда, асп.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна, e-mail: sergmetall303@rambler.ru

Вступ. Проблема енергозбереження є досить актуальною в Україні оскільки паливно-енергетичні ресурси постійно зростають в ціні. При цьому, головною причиною підвищеної витрати палива на опалення будівель є низький рівень теплозахисту їх огороджувальних конструкцій. Найбільш суттєвими є теплові втрати через вентиляційні отвори і інфільтрацію (35-40 %), через зовнішні огороджувальні конструкції (25-28 %) та через не утеплені двері та вікна (20-25 %) [1].

Експлуатація будівель різного призначення показує, що у формуванні теплового режиму приміщень вирішальний вплив роблять віконні огороджувальні конструкції. Низький опір теплопередачі скління, мала його теплова інерція і властивість пропускати сонячну радіацію зумовлюють ряд негативних явищ: так в зимових умовах спостерігаються високі втрати тепла з приміщення, низька температура на внутрішній поверхні скління, а іноді і утворення льодового покриву, спадні конвективні потоки холодного повітря в зоні скління; в літніх умовах в районах з жарким кліматом – перегрів приміщень за рахунок прямого проникнення сонячної радіації через скло.

Мета роботи. Полягає у порівняльному аналізі теплових втрат через віконні огороджувальні конструкції розрахунковим способом по діючим нормам та за тепловізіями знімками огороджувальних конструкцій.

Матеріал і результати дослідження. Основні втрати тепла в адміністративних будівлях приходяться на віконні відсіки. Приблизно 25 % теплової енергії втрачається навіть через вікна з подвоєними рамами.

Дослідження Авдєєва Г.К., Богословського В.Н., Кривошеєна А.Д. показують, що врахування тепловтрат через віконні відкоси при розрахунку приведенного опору теплопередачі неоднорідних огороджувальних конструкцій може значною мірою впливати на теплозахисні якості даних конструкцій. Ще більш істотним може бути вплив конструктивного рішення і теплозахисних якостей стиків конструкцій [3]. Якщо в одношарових огороджувальних конструкціях з відносно низькими теплозахисними якостями особливості теплопередачі через стики віконних огороджувальних конструкцій та відкоси не настільки істотні, так як їх вплив на загальний опір теплопередачі незначний, то при переході на проектування багатшарових неоднорідних огороджувальних конструкцій з ефективними теплоізоляційними матеріалами низькі теплозахисні якості стиків або невіддале конструктивне рішення заповнення віконного отвору можуть істотно в 1,5-2 рази знизити приведений опір теплопередачі огородження і звести нанівець всі заходи з підвищення теплозахисту.

Згідно з ДБН В.2.6-31:2006 визначаємо приведений опір теплопередачі дерев'яного віконного блоку в роздільних перетинах з подвійним склінням із звичайного листового скла товщиною 4 мм [5].

Приведений опір теплопередачі зовнішнього перетину за результатами розрахунку температурних полів приймаємо рівним $R_{опер.н} = 0,45 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$, внутрішнього плетіння $R_{опер.в} = 0,46 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$. Термічний опір повітряного прошарку між склом згідно [4]

$$R_{вп} = 0,18 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}.$$

Розраховуємо опір теплопередачі листового скла товщиною 4 мм:

$$R_{ост} = 1/8,0 + 0,004/0,76 + 1/23,0 = 0,173 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}.$$

У відповідності з вихідними даними визначаємо: $F_{обл} = 2,146 \text{ м}^2$; $F_{ост} = 1,400 \text{ м}^2$; $F_{пер.в} = 0,746 \text{ м}^2$; $F_{пер.н} = 0,818 \text{ м}^2$; $L_{ост} = 7,24 \text{ м}$; $L_{остн} = 7,08 \text{ м}$.

З додатку [4] приймаємо для листового скла товщиною 4 мм $\Psi_{ост} = 0,03$.

Розраховуємо приведений опір теплопередачі віконного блоку в цілому

$$R_0^{\text{бл}} = R_0^{\text{бл}1} + R_0^{\text{бл}2} + R_a - 1/\alpha_{\text{int}} - 1/\alpha_{\text{ext}}.$$

Визначаємо приведений опір теплопередачі віконного блоку з ПВХ-профілю з однокамерним склопакетом та товщиною скла 4 мм.

Приведений опір теплопередачі профільної системи за результатами сертифікаційних випробувань становить $R_0^{\text{пер}} = 0,77 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$.

Приведений опір теплопередачі центральної зони склопакету $R_0^{\text{ост}} = 0,34 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$.

У відповідності з вихідними даними визначаємо: $F_0^{\text{бл}} = 4,045 \text{ м}^2$; $F_{ост} = 2,990 \text{ м}^2$; $F_{пер} = 1,055 \text{ м}^2$; $L_{ост} = 13,2 \text{ м}$.

З додатку [4] приймаємо для однокамерного склопакета з дистанційними рамками з нержавіючої сталі при глибині посадки склопакета в палітурках $b = 5 \text{ мм}$; $\Psi_{ост} = 0,04$.

Розраховуємо величину приведенного опору теплопередачі віконного блоку з ПВХ в цілому :

$$R_0^{\text{бл}} = \frac{F_0^{\text{бл}}}{F_{пер} / R_0^{\text{пер}} + F_{ост} / R_0^{\text{ост}} + F_{непр} / R_0^{\text{непр}} + \Psi_{заст} \cdot L_{заст} + \Psi_{непр} \cdot L_{непр}}, \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}.$$

* Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

Таблиця 1 – Результати розрахунків

Опір теплопередачі віконного блоку з дерева, м ² °С/Вт	Опір теплопередачі віконного блоку з ПВХ, м ² °С/Вт
0,41	0,39

Розрахунок тепловтрат через прозорі огорожувальні конструкції не показав суттєвої різниці між однокамерним склопакетом з ПВХ та вікном з деревини з подвійним застеленням з товщиною скла 4 мм.

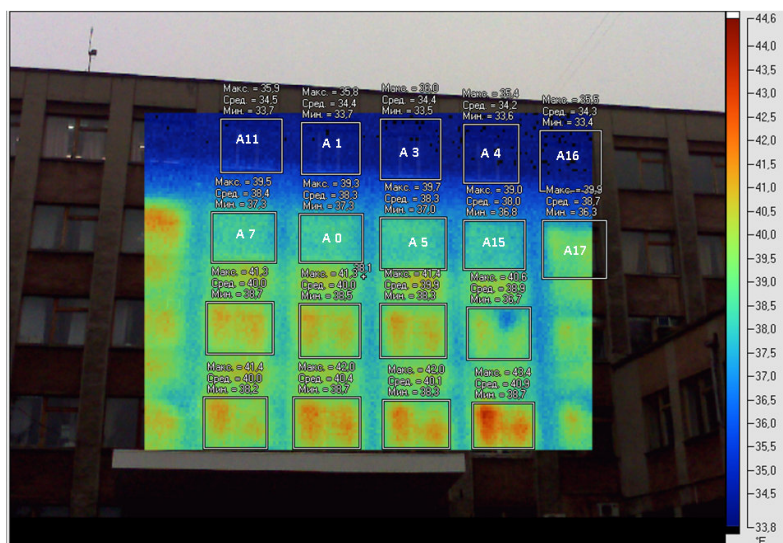


Рисунок 1 – Середні значення температури на поверхні

3-4 °С, що, в свою чергу, має досить суттєве значення для створення комфортних умов роботи.

Розрахунок вартості на теплореновацію, яка заключається в заміні дерев'яних вікон старого зразка на однокамерні склопакети з ПВХ показав результати наведені нижче в табл. 2.

Таблиця 2 – Вартість заміни вікон

Загальна кількість вікон	Кількість вікон які підлягають заміні	Вартість заміни одного вікна	Загальна вартість заміни вікон
224 шт	198	2844 грн	563112 грн

Заміна вікон в приміщеннях будівлі дасть можливість зменшити використання теплових ресурсів системи опалення на 3-5 %, що в свою чергу становить приблизно 150 тис. грн. за один опалювальний сезон.

Нижче в табл. 3 наведені показники на теплореновацію (утеплення) стін. Середня вартість утеплення одного квадратного метра площі стіни зовні, з урахуванням всіх норм по утепленню для притаманної кліматичної зони та типу будівлі, яка підлягає утепленню, становить близько 500 грн., враховуючи вартість робіт.

Таблиця 3 – Вартість утеплення фасаду будівлі

Площа стін, які підлягають утепленню	Вартість матеріалів та робіт по утепленню одного квадратного метру	Загальна вартість на теплореновацію стін
2048,5 м ²	500 грн.	1024250 грн.

Висновки. За даними статистичної обробки результатів вимірювань і розрахунків, була отримана структура тепловтрат через прозорі огорожувальні конструкції будівлі

Проведене тепловізійне обстеження показало, що за рахунок утеплення відкосів по периметру вікна можна досягнути збільшення загального опору при теплопередачі, оскільки втрати тепла через нещільності складають значний відсоток від основних.

Результати отриманих досліджень можуть бути використані при розробці та вдосконаленні енергетичних паспортів будівель за новими вимогами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гершензон Ю.А., Ивянский А.З., Павлинова И.Б. О воздухопроницаемости окон в домах массового строительства // Жил. стр.-во. – 1982. – № 4. – С. 9 –11.
2. Расчет и проектирование ограждающих конструкций зданий: Справ. пособие к СНиП / НИИ строит. физики – М.: Стройиздат, 1990. – 233 с.
3. Табунчиков Ю.А. Хромец Д.Ю, Матросов Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений. -М.: Стройиздат, 1986. –386 с.
4. Расчетный метод определения приведённого сопротивления теплопередаче оконных и дверных балконных блоков. -М.: 2008. – 22 с.
5. ДБН В.2.6-31:2006 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель: Держ. будівельні норми України – К.: Мінбуд України – 68 с.

* Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ С ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТ

А. Ю. Федоров, асп.

Донецкий национальный технический университет

ул. Артема, 58, 83001, г. Донецк, Украина, e-mail: fedorovanatolii@mail.ru

Введение. В настоящее время увеличивается удельный вес децентрализованных источников энергии (ДИЭ) в распределительных сетях (Microgrid – микро сеть), что в значительной степени влияет на характеристики и режимы работы сети. В данной работе мы рассмотрим сеть низкого напряжения (НН), которая будет состоять из мелких (до 100 кВт) децентрализованных источников, использующих возобновляемую энергию. Реализация будущих сетей НН требует решения существующих технических вопросов, таких как: баланс мощности, качество энергии и надежность защиты. Все же одним из наиболее ключевых вопросов остается обеспечение защиты сети НН на должном уровне.

Цель работы. Создание виртуальной модели защиты для распределительных сетей НН с ДИЭ.

Материал и результаты исследования. Пока нет до конца укоренившейся трактовки таких понятий как Smartgrid или Microgrid. Но, как правило, термин Microgrid используется по отношению к распределительной сети НН с возможностью автономной работы, а понятие Smartgrid применяется к совокупности множества сетей НН, связанных информационно и через сеть СН [1-3]. Пример сети, которая исследовалась, приведен на рис. 1.

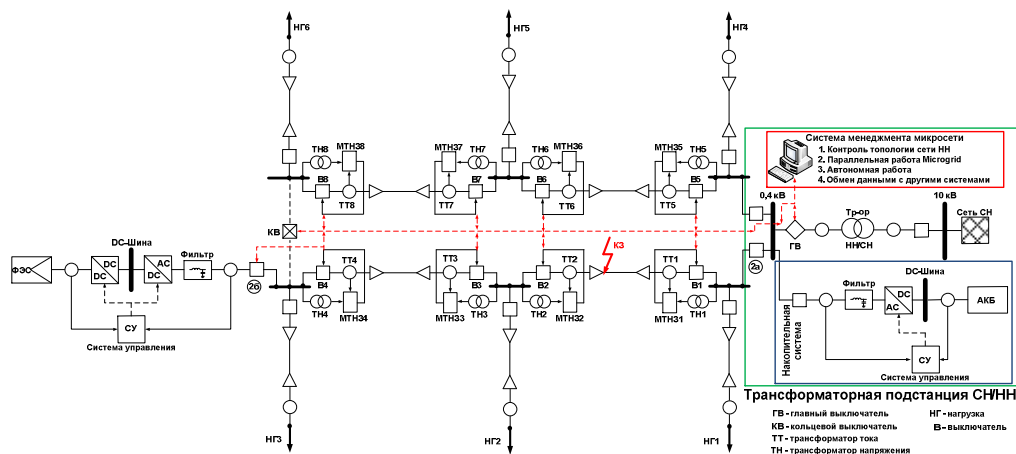


Рисунок 1 - Схематическая структура типичной сети Microgrid

Эта сеть состоит из шин постоянного и переменного тока, нагрузок, фотоэлектрической установки [4-5] и инвертора напряжения. Инвертор в такой сети играет большую роль в управлении и контроле данной сети. Как уже говорилось выше, структура этой сети реализована в Matlab со всеми основными компонентами и системой управления. На основе предложенной схемы были исследованы различные сценарии повреждений [6].

Существует два типа повреждений Microgrid: внутренние и внешние (в сети СН). В первом случае система защит должна будет изолировать место повреждения, отключив наименьший участок Microgrid. Во втором случае защита должна отключить Microgrid от сети СН, сделав это так быстро, насколько это необходимо для того, чтобы защитить потребителя. В процессе работы такой защиты возникает момент сегментирования Microgrid, т.е. образование большого количества автономных систем или подсистем Microgrid, при этом должно учитываться наличие источника и системы контроля в данной подсистеме.

В основе новой концепции системы защит в сети НН будет лежать логика, которая используется в уже существующих системах защит (максимальная токовая защита, дифференциальная защита, дистанционная защита, защита нулевой последовательности), но с учетом особенности структуры и работы сетей НН.

Свойства новой системы защит: способность автоматически адаптироваться к изменениям в структуре и работе сети; использование высокоскоростного обмена данными между электронными интеллектуальными устройствами, на основе стандарта МЭК 61850-5; измерения, расчеты и управление в режиме реального времени; селективная и надежная работа при повреждениях различного рода; ложное срабатывание устройств защиты и отключение ДИЭ максимально минимизируется [7].

На примере внутреннего трехфазного замыкания на землю (рис. 2) рассмотрим одно из основных требований к новой системе защит – изолирование наименьшего участка Microgrid. Повреждаемый участок будет защищаться созданным блоком максимальной токовой направленной защиты (МТНЗ).

Время моделирования 1с, время длительности короткого замыкания от 0,3 с. до 1 с. Ожидается, что защита должна изолировать поврежденную линию и включить резервный выключатель. Точки, в которых были сняты осциллограммы, отмечены на рис.2, как 2 а) и 2 б).

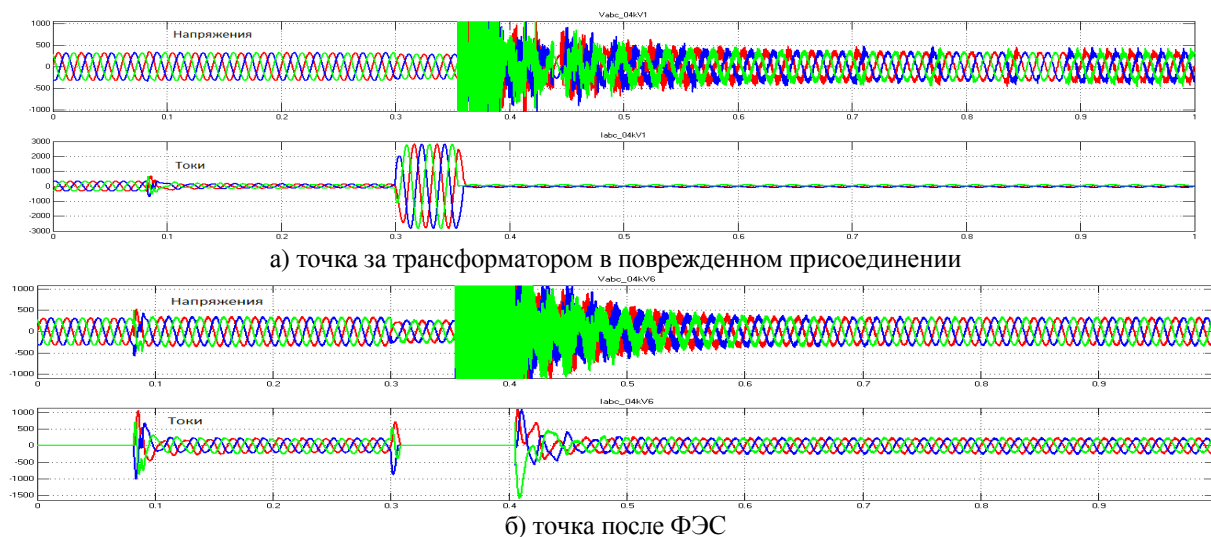


Рисунок 2 – Осциллограммы фазных токов и напряжений

На осциллограммах хорошо видны все основные процессы. В момент времени 0,08 с. происходит синхронизация инвертора ФЭС с сетью и его подключение к сети, это выражено переходным процессом (ПП) на обеих осциллограммах. В момент времени 0,3 с. произошло замыкание трех фаз на землю, на рис. 2 а) это выражено характерным увеличением токов в фазах, а на рис. 2 б) в период повреждения инвертор отключился от сети. После изолирования поврежденной линии и повторной синхронизации инвертора, ДИЭ был снова подключен к сети. Защита изолировала поврежденную линию и восстановила связь участка Microgrid с сетью СН через кольцевой выключатель. При внешнем повреждении, на стороне СН, Microgrid отключилась от сети СН и перешла в автономный режим работы.

Физическая реализация системы защит на основе электронных интеллектуальных устройств будет достигаться, основываясь на принципах минимальной стоимости и максимальной работоспособности. Существующие терминалы защит имеют очень высокую стоимость и не могут быть приобретены обычным потребителем, а энергоснабжающие компании не заинтересованы в больших капиталовложениях для модернизации существующих распределительных сетей. Примером для реализации интеллектуального контроля и управления в распределительной сети НН может стать продукция компании Siemens LOGO! Такая продукция имеет относительно не высокую стоимость и широкий спектр возможностей.

Выводы. Рассмотрен вопрос создания интеллектуальной системы защит для сетей НН с ДИЭ. Создана математическая модель распределительной электрической сети НН с ДИЭ в Matlab. Также разработан ряд логических блоков имитирующих работу защит и автоматики в сети. На основании проведенных исследований была разработана концепция будущей системы защит для сетей подобного типа.

На данном этапе разработанная модель позволяет исследовать работу МТНЗ в сетях с ДИЭ при различных повреждениях. В дальнейшем планируется разработка виртуальных блоков всех типов защит.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каталог публікацій [Електронний ресурс]: Вибрані публікації / Валерій Вяткін – Електрон. дані. – © Valeriy Vyatkin, 2010. – SmartGrid -больше чем smart grid, Валерій Вяткін, Оклендський Університет, Нова Зеландія - Режим доступу: <http://www.vyatkin.org/publ/Vyatkin%20talk%20SmartGrid.pdf>
2. Матеріали офіційного документу: Lasseter R. H., Akhil A., Marnay C., Stephens J., Dagle J., Guttromson R., Meliopoulos A., Yinger R. and Eto J., The CERTS Microgrid Concept, White paper for Transmission Reliability Program, Office of Power Technologies, U.S. Department of Energy, 2001.
3. Матеріали наук. конф. Vechiu I., Llaría A., Curea O., Camblong H. Control of Power Converters for Microgrids, March 26-29, Ecologic Vehicles-Renewable Energies, Monaco, 2009.
4. Матеріали наук.-техн. конф. Левшов А. В., Федоров А. Ю., Молодиченко А. В. Математическое моделирование фотоэлектрических солнечных элементов, 12-14 травня 2011р., м. Святогірськ, Наукові праці «ДонНТУ», Серія «Електротехніка і енергетика» Випуск 11(186), ISSN 2074-2630, – Донецьк, 2011. – С. 246–249.
5. Матеріали наук.-техн. конф. Левшов А. В., Федоров А. Ю. О математическом моделировании фотоэлектрических модулей, 21-24 травня 2013, м. Донецьк, Наукові праці ДонНТУу, Серія Електротехніка і енергетика Випуск 1(14), ISSN 2074-2630, – Донецьк, 2013. – С. 153–158.
6. Матеріали наук.-техн. конф. Fedorov A., Hübner C., Diedrich C., Levshov A. Untersuchung von Fehlerszenarien in elektrischen Verteilnetzen mit hohem Anteil dezentraler Einspeisung, 25-26 September 2013, Magdeburg Maschinenbau-Tage: Effizienz, Präzision, Qualität, OVGU ISBN 978-3-940961-90-7, Magdeburg, 2013.
7. Матеріали офіційного документу: Alexandre Oudalov, Antonio Fidigatti, Thomas Degner, etc. Novel protection systems for microgrids, Final Version, Partial Report – Switzerland, 2009. – 168 p.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИЛОВОГО АКТИВНОГО ФІЛЬТРА ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ПОТУЖНОСТІ НЕСИМЕТРІЇ

В. Ю. Качалка, асп., Р. В. Герасименко

Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: kachalka@mail.ua

Вступ. Сучасні електричні системи, у зв'язку з широким розповсюдженням нелінійних та несиметричних навантажень, таких як вузли перетворення енергії, обладнання силової електроніки, створюють гармоніки струму і напруги (потужність спотворення), реактивну потужність та потужність несиметрії, як наслідок, викликають збільшення втрат, зниження коефіцієнта потужності і, врешті-решт, зниження ефективності системи. Покоління повністю керованих, швидкодіючих ключів стало основою для розробки нового виду силових електронних пристроїв – силових активних фільтрів (САФ), які здатні одночасно з високою точністю та швидкодією здійснювати компенсацію споживаної з мережі реактивної потужності, потужності спотворення і потужності несиметрії мережі [1]. Ряд робіт [2-3] присвячені компенсації реактивної потужності, мінімізації гармонік нелінійних навантажень, але недостатньо уваги присвячено мінімізації потужності несиметрії при несиметричному навантаженні, використовуючи САФ.

Мета роботи. Дослідити можливість застосування САФ для мінімізації потужності несиметрії.

Матеріал і результати дослідження. Принцип роботи САФ заснований на генерації гармонік і/чи реактивних струмів в певній точці системи. Класифікують силові активні фільтри на 4 типи: шунтуючі, послідовні, послідовно-шунтуючі та гібридні [4]. В табл. 1 представлено функціональні можливості кожного типу (чорними крапками показано більш якісну роботу САФ). Сіра клітинка показує, що треба аналізувати та досліджувати згідно з метою роботи.

Таблиця 1 – Порівняння функціональних можливостей САФ

Компенсація для конкретного застосування	Класифікація САФ			
	Шунтуючий САФ	Послідовний САФ	Послідовно-шунтуючий САФ	Гібридний САФ
Гармоніки струму	• •		• •	• • •
Реактивна потужність	• • •		• •	• •
Симетрування навантаження	•			
Струм нейтралі	• •			•
Гармоніки напруги		• • •	• •	• •
Регулювання напруги	•	• • •	• •	• •
Симетрування напруги		• • •	• •	• •
Несинусоїдність напруги	• • •	• •	• •	
Зниження та провал напруги	•	• • •	• •	• •

Найбільш популярний алгоритм керування для САФ є алгоритм, заснований на узагальненій теорії активної та реактивної потужностей [5]. Для цього використовують сучасні теорії потужності: $p-q$, $p-q-r$ та крос-векторна. У теоріях потужностей під час виділення із несиметричних та викривлених напруг мережі симетричні та синусоїдні складові – призводить до похибок розрахунку миттєвих активної та реактивної потужностей [5]. Для підтвердження цього проведено досліді САФ із застосуванням системи керування $p-q$ теорії, які виконано у пакеті Matlab. Комп'ютерна модель досліджуваної САФ зображена на рис. 1. Для порівняння роботи САФ в якості навантаження взято різкозмінне нелінійне (РН) навантаження (тиристорний перетворювач) та різкозмінне нелінійне несиметричне (РНН) навантаження (RL-ланка у фазі С).

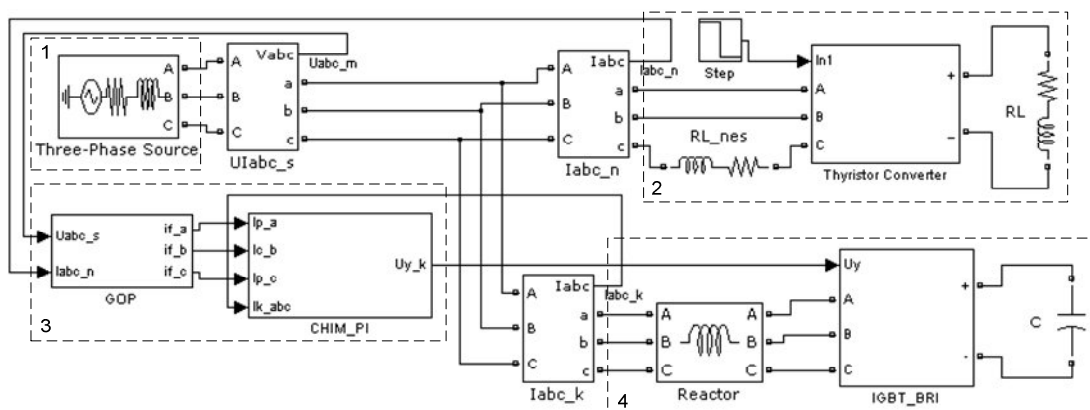


Рисунок 1 – Комп'ютерна модель САФ у пакеті Matlab: 1 – трифазне джерело живлення; 2 – РНН навантаження; 3 – система керування САФ; 4 – силовий активний фільтр

Результати дослідів САФ з РН та РНН навантаженнями отримані у вигляді часових залежностей струму навантаження (рис. 2 а, в) та струму мережі (рис. 2 б, г) при різних режимах роботи фільтрокомпенсатора. Також розраховано основні показники якості електроенергії при РН та РНН навантаженнях, які показано у вигляді таблиць 2 і 3.

Таблиця 2 – Показники якості електричної енергії при РН навантаженні

Пок. Фаза	Рм, Вт	Qм, ВАр	Irms_м, А	Ithd_м, %
a	56□0	82,03	27,56	0,07581
b	5659	100,1	27,6	0,0734
c	5641	98,71	27,51	0,07492

Таблиця 3 – Показники якості електричної енергії при РНН навантаженні

Пок. Фаза	Рм, Вт	Qм, ВАр	Irms_м, А	Ithd_м, %
a	2546	199,1	12,15	0,1778
b	2255	90,54	10,74	0,1972
c	2491	-121,5	11,85	0,1713

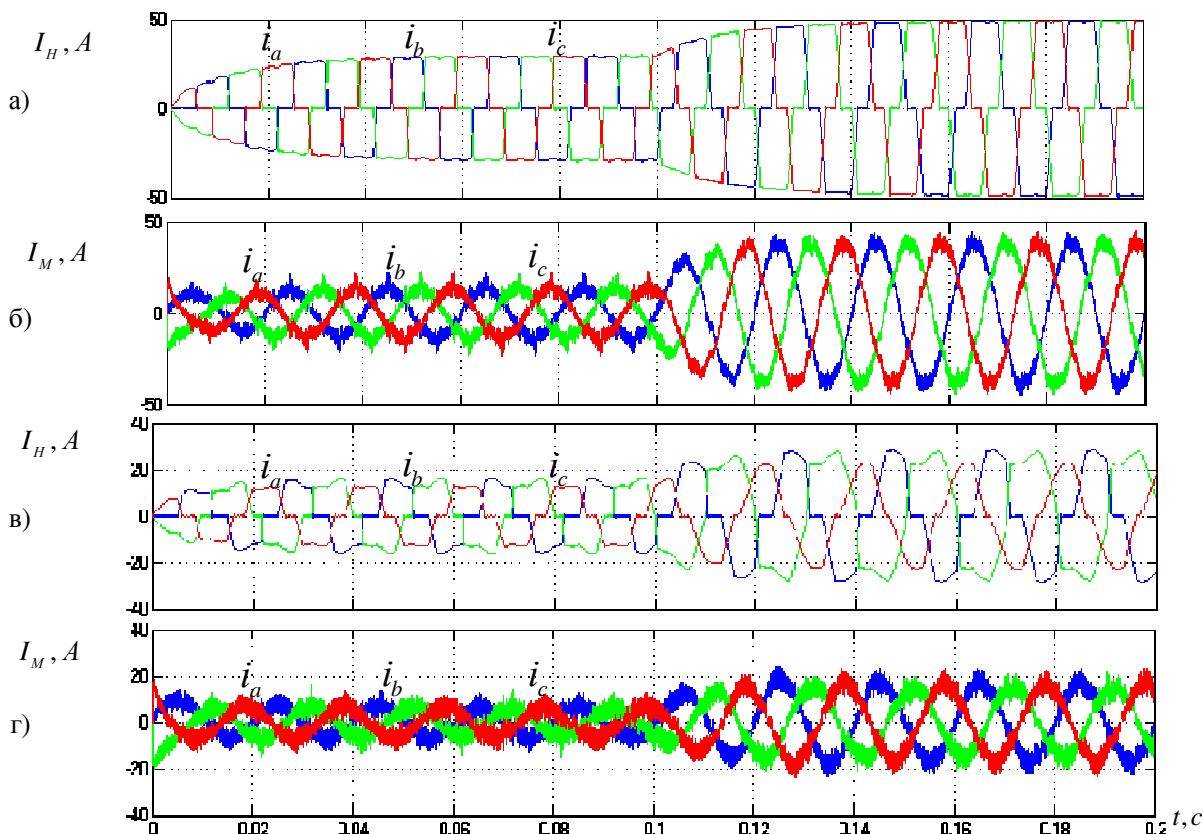


Рисунок 2 – Часова залежність струму навантаження (а), струму мережі (б) при РН навантаженні, часова залежність струму навантаження (в), струму мережі (г) при РНН навантаженні

Із графіків видно, що САФ мінімізує потужність спотворення та реактивну потужність (рис. 2 а, б), але несиметрія струмів (рис. 2 в, г) призводить до некоректної роботи фільтрокомпенсатора. Це також можна побачити, порівнявши значення показників якості електричної енергії таблиць 2 та 3.

Висновки. Досліджено роботу силового активного фільтра при різкозмінному нелінійному несиметричному навантаженні. Результати доводять ефективну дію САФ для компенсації реактивної потужності та потужності спотворення, але низьку ефективність компенсації потужності несиметрії, що потребує удосконалення існуючої теорії потужності та удосконалення структури силового активного фільтра.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бурман А.П. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем: учебное пособие/А.П. Бурман, Ю.К. Розанов, Ю.Г. Шакарян. – М.:Издательский дом МЭИ, 2012. – С. 19.
2. Zakis J., Vinnikov D., Laugis J., Rankis I., Feasibility study of flexible systems for reactive power compensation // Науково-прикладний журнал «Технічна електродинаміка» - К.: ІЕД НАН України, 2010, Ч. 2, С. 16–21.
3. Asiminoaei L., Blaabjerg F., Hansen S., Thogersen P. “Adaptive compensation of reactive power withshunt active power filters”, IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 44, PP. 867-877, May/June 2008.
4. Park Ki-won. A rewiev of active power filters // Poscon: R&D Center, 2001.
5. Домнін І.Ф., Жемеров Г.Г., Крилов Д.С., Сокол Е.І. Сучасні теорії потужності та їх використання в перетворюючих системах силової електроніки // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск. Силова електроніка та енергоефективність, 2004, Ч. 1. – С. 80–91.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ҐРУНТОВОГО ТЕПЛООВОГО АКУМУЛЯТОРА ТА СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ У СИСТЕМІ ОПАЛЕННЯ БУДІВЛІ

Є. О. Баганов, к.т.н., доц, М. В. Овчаренко, студ.

Херсонський національний технічний університет

Бериславське шосе, 24, 73008, м. Херсон, e-mail: ewgb@mail.ru

Вступ. З кожним роком усе більше загострюються питання, пов'язані з подальшими шляхами розвитку енергетики. Одним з найважливіших завдань, які стоять перед паливно-енергетичним комплексом України, є максимальне використання власних енергетичних ресурсів, зокрема – сонячної енергії, причому насамперед для генерації тепла, що характеризується значною ефективністю. Характерною рисою теплових систем, що використовують сонячну енергію, є розбіжність моментів надходження й споживання теплової енергії при опаленні будівель. Зсув максимумів у річному циклі досягає 6 - 7 місяців. Із цих причин такі теплові системи у своєму складі повинні мати сезонні теплові акумулятори [1]. Однією з технологій накопичення, зберігання та використання в опалювальний період теплоти, що утворилася в теплий період року, є створення та експлуатація підземних сезонних акумуляторів теплоти [2, 3]. Ефективність використання системи сонячні колектори-сезонний ґрунтовий акумулятор залежить від багатьох чинників (кліматичних, геологічних, будівельних та ін.) і може бути оцінена тільки шляхом комплексного моделювання.

Мета роботи. Визначення шляхом моделювання особливостей функціонування системи сонячні колектори-сезонний ґрунтовий акумулятор у системі опалення будівлі з урахуванням реальних умов місцевості.

Матеріал і результати дослідження. Для побудови моделі була розглянута динамічна задача взаємодії системи сонячних колекторів, ґрунтового акумулятора (вважався ємністю, заглибленою на певну відстань від поверхні ґрунту і заповненою водою без температурної стратифікації) та будівлі певного класу енергетичної ефективності, тепловтрати якої і розрахункова температура всередині приймалася за ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель». Для опалення приймалася система «тепла підлога» без використання теплового насоса.

В якості вхідних параметрів приймалася теплові характеристики ґрунту, величина місцевої геотермічної сходинок, річна залежність інтенсивності сонячного випромінювання та температури у даній точці місцевості (параметри приймалася за ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» та апроксимувалися аналітичними залежностями), теплове навантаження будівлі та параметри мікроклімату, сумарна площа, ефективність та

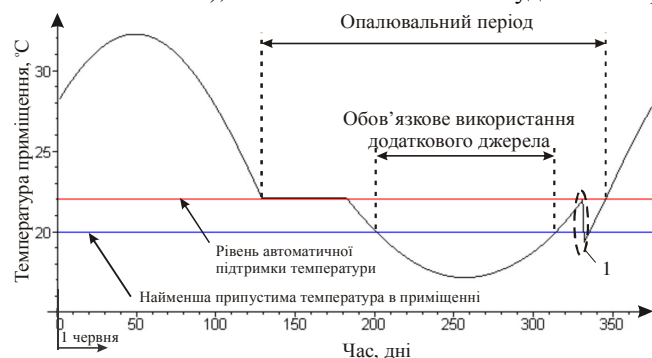


Рисунок 1. Результати моделювання річної роботи системи без кондиціонування влітку.

Стартова дата – 1 червня

орієнтація сонячних колекторів, геометрія ґрунтового акумулятора та його заглиблення. Також створена можливість проводити стрес-тести системи при аномальних погодних умовах (період низьких температур, тривала хмарність тощо) та урахувувати наявність чи відсутність системи автоматики підтримання мікроклімату будівлі. Для чисельного розв'язання системи рівнянь використовувалася дискретизація за методом скінченних різниць. Програмна реалізація виконана за допомогою системи комп'ютерної математики Maple.

На рис. 1, а наведено результати моделювання річної роботи системи без кондиціонування влітку. Стартова дата – 1 червня. Як впливає з результатів, можливе виникнення двох ситуацій: недостатня потужність системи при низьких зовнішніх температурах, що призводить до обов'язкового використання додаткового джерела тепла, а також ситуації в кінці опалювального періоду, коли температура у теплому акумуляторі нижче за необхідну для опалення температуру і система вимикається (зона «1» на рис. 1). В цьому діапазоні система працює нестабільно

Висновки. В роботі на основі моделювання показані особливості режимів роботи системи сонячні колектори-сезонний ґрунтовий акумулятор у системі опалення будівлі. Показано, що при підтримці мікроклімату у будівлі можлива ситуація, яка обов'язково потребує використання додаткового джерела енергії. Також виявлено, що кінець опалювального сезону характеризується потенційною нестабільністю роботи системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Плешка М.С., Вырлан П.М., Стратан Ф.И., Булкин С.Г. Теплонасосные гелиосистемы отопления и горячего водоснабжения зданий. – Кишинев: Штиинца, 1990. – 124 с.
2. Nordell B., Hellström G., High Temperature Solar Heated Seasonal Storage System for Low Temperature Heating of Buildings // Solar Energy. – 2000. – No 6. – PP. 511-523
3. G. Pavlov, B. Olesen. Seasonal solar thermal energy storage through ground heat exchangers –Review of systems and applications // Proceedings of 6th Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 25-29 of September 2011, Dubrovnik, Croatia. – PP. 42-53.

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ
ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЯ**

М.Н. Волжан, гл. энергетик

Комсомольская городская больница

ул. Мира, 10, 39800, г. Комсомольск, Украина, e-mail: masha1414@e-mail.ua

С. С. Романенко, асс.

Кременчуцкий национальный университет ім. Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: kachalka@mail.ua

Введение. Основным путем экономии энергии в строительстве являются здания с эффективным использованием энергии, в которых предусмотрены оптимальные на перспективу инженерные методы и средства по эффективному использованию и экономии энергии. Одним из параметров определения эффективности использования энергии в здании, а именно тепловой энергии, являются теплозащитные свойства ограждений.

Стремясь снизить теплопотребление уже существующего здания, проводят реконструкцию тепловых пунктов здания с применением современной автоматизации (АИТП), но вопрос теплоизоляции помещений упускают. Так как за основу расчетов тепловых пунктов принимают проектную тепловую нагрузку, которая рассчитывается на минимально допустимые величины термического сопротивления ограждающих конструкций. А при условии низкого качества работ и недостаточного технического контроля и надзора за строительством фактический уровень теплозащиты здания часто снижается ниже нормативного. Как следствие, планируемая экономия тепловой энергии после внедрения средств автоматизации системы отопления значительно отличается от реальной экономии и применяемое энергосберегающее решение может быть неэффективным.

Цель работы. Оценка эффективности применения дополнительной тепловой изоляции здания.

Материал и результаты исследований. Ограждающие конструкции предназначены для изоляции здания от воздействий внешней среды и создания необходимого внутреннего микроклимата. Ограждения здания, в первую очередь, должны обладать требуемыми теплозащитными свойствами, которые определяются двумя показателями: тепловым сопротивлением R и теплоустойчивостью. Теплоустойчивость оценивают по характеристике тепловой инерции ограждения, то есть свойством поддерживать относительное постоянство температуры при изменении тепловых воздействий. Но наиболее важным показателем является определение сопротивления теплопередачи, так как именно этот показатель является определяющим эффективности теплозащиты здания.

Нормами проектирования [1] установлены минимально допустимые величины термического сопротивления ограждающих конструкций. Но с точки зрения эффективности теплоизоляции здания необходимо рассчитывать не минимально допустимые величины, а оптимальные с учетом возможных в будущем цен на энергоносители. Так как нормативное сопротивление – это параметр, который зависит от стоимости энергоносителей и строительных материалов в среднем по стране на момент строительства. А с учетом низкого качества строительных работ и длительным сроком эксплуатации зданий в нашей стране теплоизоляция здания может быть ниже минимально допустимой.

Согласно [3] тепловое сопротивление рассчитывается по формуле:

$$R = \frac{n(t_{vv} - t_x)\delta}{\Delta t_{st}\gamma}, \quad (1)$$

где R – тепловое сопротивление, n – коэффициент расположения поверхности (для стен $n = 1$), t_{vv} – средняя температура воздуха внутри помещения, t_x – температура наиболее холодной пятидневки региона, Δt_{st} – допустимая разница между температурой внутреннего воздуха и наружного, δ – толщина теплоизоляции, γ – коэффициент теплопроводности строительного материала.

Как видно из формулы (1), увеличить тепловое сопротивление возможно при изменении коэффициента теплопроводности и толщины теплоизоляции, так как остальные показатели являются неизменными либо периодически изменяющимися во времени.

Учитывая вышесказанное, формула (1) примет вид:

$$R = \frac{\delta}{\gamma}. \quad (2)$$

При практическом решении вопроса увеличения теплового сопротивления прибегают к дополнительным изоляционным материалам. Так как увеличивать тепловое сопротивление здания за счет утолщения основных ограждающих конструкций нецелесообразно в связи с тем, что материалы для жесткости конструкции, такие как металл, бетон либо кирпич, имеют гораздо выше коэффициент теплопроводности, чем специальные дополнительные. Это приводит к тому, что для получения требуемого теплового сопротивления необходимо значительно утолщать стены и тем самым увеличивать нагрузку на здание, его площадь, а самое главное, себестоимость строительства.

Дополнительными теплоизоляционными материалами называются изделия и строительные материалы, которые непосредственно предназначены для тепловой изоляции конструкции здания. Их основной особенностью является высокая пористость и, следовательно, малая плотность и низкая теплопроводность.

На сегодняшний день в конструкциях здания применяют разнообразные теплоизоляционные материалы. Наибольшее распространение получили материалы на основе пенополистирола (пенополистерола экструзионного) и минеральной ваты.

Пенополистирол представляет собой газопаронепроницаемый материал, полученный из полистирола и его производных, а также из сополимеров стирола. Обычная технология получения данного материала связана с первоначальным заполнением гранул стирола газом, который растворяется в полимерной массе, далее производится нагрев массы паром. Достоинства материала: прочный, имеет высокие теплоизоляционные свойства, низкое водопоглощение, недорогой, практически не имеет нижней температурной границы. Недостатки: горючий, подвержен деструкции от солнца, низкий уровень паропроницаемости, что приводит к скоплению конденсата на стенах. С целью предотвращения контакта теплоизоляции с внешней средой проводят облицовку стен.

Минеральная вата производится на основе базальта и кремнезема. Минеральная вата (в зависимости от вида исходного сырья) может иметь различную структуру волокнистости, заданную технологически: горизонтально-слоистую, вертикально-слоистую, гофрированную или пространственную. Достоинства: не горит, мало гигроскопична (при попадании влаги тут же ее отдает, но при обеспечении вентиляции), гасит шум, морозостойкая, имеет стабильные физические и химические характеристики. Недостатки: при попадании влаги теряет теплоизолирующие свойства, поэтому требует дополнительной пароизоляции и гидроизоляции.

В табл. 1 приведены коэффициенты теплопроводности строительных материалов при строительстве основных ограждающих конструкций и проведении утепления дополнительными теплоизоляционными материалами.

Таблица 1 – Коэффициент теплопроводности распространенных строительных материалов.

Наименование материалов основных ограждающих конструкций	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м°С)	Наименование дополнительного теплоизоляционного материала	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м²°С)
Бетон	1,74	Минеральная вата	0,037-0,043
Кирпич	0,58-0,7	Пенополистирол	0,036-0,042

Теплотехническим расчетом установлено, что при нормативном сопротивлении стеновой конструкции 1,6 Вт/(м² °С), согласно табл. 1 [1] для Полтавской области, проведя дополнительное утепление, допустим минеральной ватой на один сантиметр, термическое сопротивление будет равно: $1,6 + \frac{0,01}{0,043} = 1,83$ Вт/(м² °С). А тепловые потери участка стены площадью 1 м² при расчетной разности температур воздуха помещения и наружного $\Delta t_{st} = 42^\circ$ сократятся на $\left(\frac{1}{1,6} - \frac{1}{1,83}\right) 42 = 3,18$ Вт.

При этом сокращение годового теплопотребления Q можно рассчитать по формуле (2):

$$Q = \frac{0,0864 Q_e S}{\Delta t_{st}} = \frac{0,0864 \times 3,18 \times 10^{-3} \times 3721}{42} = 0,024 \text{ гДж} = 0,0057 \text{ гКал}$$

где 0,864 – коэффициент, численно равный одной миллионной части количества секунд в сутках; Q_e – высвобожденная тепловая нагрузка, кВт; S – расчетное количество градусо-суток отопительного периода региона [2].

Выводы. Выполненный в работе анализ теплоизоляции зданий показал эффективность проведения дополнительного утепления здания для повышения теплового сопротивления. Дальнейшие исследования повышения теплоизоляции позволят изменить тепловой график подачи теплоносителя в систему отопления и тем самым уменьшить количество потребляемой тепловой энергии, а также количество электрической энергии, задействованной в работе узлов теплового пункта, а именно, насосов и приводов клапанов и задвижек.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП II-3-79. Строительная теплотехника.
2. Пособие по проектированию систем водяного отопления к СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование – К.: КИЕВНИИЭП. – 2001.
3. Богусловский Л.Д. Снижение расхода энергии при работе систем отопления и вентиляции.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Стройиздат, 1985.- 336 с.: ил.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТИПОВЫХ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ*

Д. А. Мосюндз, асп.

Кременчугский национальный университет им. Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: darya_mosyundz@mail.ru

Введение. Существующие методы анализа цепей с нелинейностями базируются на тех или иных допущениях [1, 2]. В свою очередь упрощение исходных зависимостей при анализе приводит к погрешностям в математическом представлении основных свойств систем, что сказывается на дальнейшей оценке динамических режимов и энергетике процессов.

Одним из таких методов является метод гармонической линеаризации [3]. Идея метода базируется на замене нелинейного элемента системы линейным звеном, параметры которого определяются при гармоническом входном воздействии из условия равенства амплитуд первых гармоник на выходе нелинейного элемента и эквивалентного ему линейного звена. При этом высшие гармоники отбрасываются и устанавливается связь между первой гармоникой выходного сигнала и входным гармоническим воздействием нелинейного элемента.

Следует отметить, что использование метода гармонической линеаризации нелинейностей, входящих в структуру системы, приводит к недостаточно точной оценке результатов. При этом наиболее важные данные, такие как устойчивость, сочетание параметров, при которых возможны автоколебательные режимы, и др., представляются приближенно, что не позволяет получить достоверную информацию о процессах энергопреобразований. Таким образом, необходимость идентификации параметров нелинейностей является отдельной и независимой задачей. Эта задача часто рассматривается как второстепенная из-за своей сложности, отсутствия соответствующего математического аппарата, который бы позволил исследовать и описывать энергопроцессы, происходящие в нелинейных цепях.

Цель работы. Анализ методов описания характеристик нелинейных звеньев электромеханических систем в задачах их идентификации энергетическим методом.

Материал и результаты исследования. Известно, что одним из основных проявлений наличия нелинейных элементов является увеличение количества гармонических составляющих в сигналах тока, напряжения, мощности и т.д. Таким образом, в ряде случаев, когда математический аппарат описания нелинейности или отсутствует, или содержит недостаточное количество составляющих, характеризующих ее особенности, получить выражение, описывающее параметры нелинейности с учетом необходимого количества гармоник, можем с помощью разложения функции в ряд Фурье.

Существует ряд типовых нелинейностей, наиболее часто встречающихся в системах автоматизированного управления, например, таких как «зона насыщения», «сухое трение», нелинейности с зоной нечувствительности и ограничением и т.д. [4]. Идентификация таких нелинейностей имеет ряд сложностей. Во-первых, эти нелинейности часто представлены в виде кусочно-линейных функций, для описания которых используют линейную аппроксимацию. Это ведет к потере информации об объекте и не позволяет выполнить целостный анализ особенностей нелинейности, а при наличии в цепи переменного источника энергии рабочая (изображающая) точка будет постоянно скользить по аппроксимирующей характеристике, переходя через точки излома. Анализ существенно усложняется, если в цепи имеется несколько нелинейных элементов. Еще одним недостатком кусочно-линейной аппроксимации является то, что производные на границах участков разрывны, что недопустимо при численных решениях.

В связи с этим в работе предложен метод описания таких нелинейностей с применением полиномов, что позволяет обеспечить непрерывность на границах участков исследуемой функции. Данный метод получил название гармонической аппроксимации. Отличие гармонической линеаризации и гармонической аппроксимации заключается в том, что в первом случае нелинейный элемент представляется линейным, а во втором – гармоническим рядом с какими-то весовыми коэффициентами.

Сущность метода заключается в анализе энергетических процессов, протекающих в нелинейностях с учетом как можно большего числа гармонических составляющих в исходном сигнале, которые характеризуют сигнал на выходе нелинейности.

Пусть имеется нелинейность типа «зона насыщения» $y(x)$, которая соответствует некоторой кусочно-линейной функции, параметры которой в общем случае неизвестны (рис. 1). Форма характеристики насыщения идентична для многих реальных устройств, хотя входные и выходные величины могут иметь самую различную физическую природу. Так, практически все реальные усилители, независимо от того, являются ли они электронными, магнитными, пневматическими или гидравлическими, обладают пределом усиления по

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

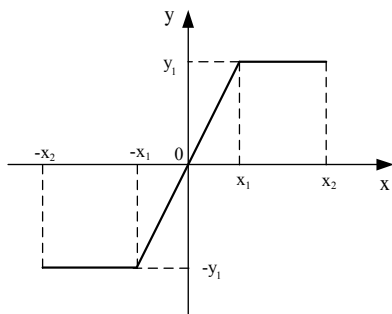


Рисунок 1 – Кусочно-линейная зависимость, описывающая параметры нелинейности

мощности в области больших входных сигналов уже только потому, что источник питания, за счет которого осуществляется усиление входного сигнала, ограничен по мощности. Исполнительным элементам также зачастую присущи нелинейности типа насыщения, например, двухфазный исполнительный двигатель имеет ограничение по скорости и т.д.

Параметры x и y могут представлять собой любые физические величины, характеризующие нелинейность. При этом основной задачей идентификации является их определение, т.е. определение коэффициентов, описывающих данную нелинейность.

Рассмотрим этот вопрос подробнее на примере электрической цепи (рис. 2), содержащей активное и индуктивное сопротивления и нелинейность, представленную зависимостью $X(t)$, где $X(t)$ – нелинейность типа «зона насыщения», при этом известны параметры входного напряжения $U(t)$, тока в цепи $I(t)$, активное и индуктивное сопротивления. Отметим, что $X(t)$ может быть любой интересующий нас объект с указанными свойствами.

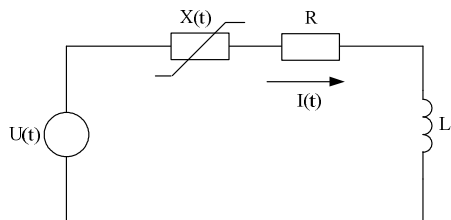


Рисунок 2 – Электрическая цепь, содержащая нелинейность

При работе нелинейного элемента в цепи переменного тока в последнем протекает ток, состоящий из бесконечного числа гармонических, кратных частоте сети, причем отдельные гармоники пренебрежительно малы, чем и объясняется тот факт, что при анализе берется конечное число гармонических:

$$I(t) = I_{1a} \cos(\Omega t) + I_{1b} \sin(\Omega t) + \dots + I_{ma} \cos(m\Omega t) + I_{mb} \sin(m\Omega t), \quad (1)$$

где I_{1a}, I_{1b}, I_m – амплитудное значение тока на каждой гармонике; Ω – угловая частота гармоники; m – номер гармоники. Напряжение синусоидально $U(t) = U_{1a} \cos(\Omega t)$.

С учетом представления кусочно-линейной функции нелинейности в виде ряда Фурье при прохождении через нее тока $I(t)$, выражение для $X(t)$ будет иметь вид:

$$X(t) = a_1 \sin(\Omega t) + a_3 \sin(3\Omega t) + a_5 \sin(5\Omega t) + a_7 \sin(7\Omega t) + \dots + a_n \sin(n\Omega t), \quad (2)$$

где a_1, a_3, a_5, a_7, a_n – неизвестные, требующие определения.

С учетом вышеприведенных параметров система уравнений для определения неизвестных будет получена из уравнения баланса мощностей [5]:

$$U(t)I(t) = RI(t)^2 + L \frac{dI(t)}{dt} I(t) + (X(t)I(t))I(t). \quad (3)$$

Использование уравнения баланса на основе мощности (3) обусловлено тем, что в результате произведения сигналов напряжения и тока, представленных гармоническими рядами, получим сумму гармонических составляющих, количественно превосходящих сумму составляющих, полученных из уравнения баланса напряжений. Такой подход позволяет формировать систему с достаточным количеством уравнений с учетом закона сохранения энергии: мгновенная мощность источника в любой точке анализируемого интервала равна сумме мгновенных значений составляющих мощности элементов схемы замещения.

Следует отметить, что количество идентификационных уравнений зависит от количества гармоник в исходных сигналах тока и напряжения. В общем случае систему уравнений покажем для тока $I(t)$, содержащего первую, вторую, третью гармоники (ограничение количества гармоник обусловлено количеством неизвестных и, соответственно, количеством необходимых для расчета уравнений), а гармоники нелинейности $X(t)$ – первая, третья, пятая, седьмая. С учетом того, что для данной нелинейности количество неизвестных равно четырем, важным условием точности полученных результатов является выбор метода решения полученной системы линейных уравнений. Методы решения таких систем известны и достаточно точно описаны в литературе [6]. Таким образом, в результате математических преобразований для данной системы уравнений запишем эквивалентную систему из четырех уравнений:

$$\begin{cases} 0 = RI_{2a}^2 - RI_{2b}^2 + 2L\Omega I_{2a}I_{2b} + a_1 \left(\sum_{m=1}^M I_{4a(2)} \right) + a_3 \left(\sum_{m=1}^M I_{4a(2)} \right) + a_5 \left(\sum_{m=1}^M I_{4a(2)} \right) + a_7 \left(\sum_{m=1}^M I_{4a(2)} \right); \\ 0 = 2RI_{2a}I_{2b} + 2L\Omega I_{2b}^2 - 2L\Omega I_{2a}^2 + a_1 \left(\sum_{m=1}^M I_{4b(2)} \right) + a_3 \left(\sum_{m=1}^M I_{4b(2)} \right) + a_5 \left(\sum_{m=1}^M I_{4b(2)} \right) + a_7 \left(\sum_{m=1}^M I_{4b(2)} \right); \\ 0 = a_1 \left(\sum_{m=1}^M I_{5a(2)} \right) + a_3 \left(\sum_{m=1}^M I_{5a(2)} \right) + a_5 \left(\sum_{m=1}^M I_{5a(2)} \right) + a_7 \left(\sum_{m=1}^M I_{5a(2)} \right); \\ 0 = a_1 \left(\sum_{m=1}^M I_{5b(2)} \right) + a_3 \left(\sum_{m=1}^M I_{5b(2)} \right) + a_5 \left(\sum_{m=1}^M I_{5b(2)} \right) + a_7 \left(\sum_{m=1}^M I_{5b(2)} \right). \end{cases} \quad (4)$$

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

где $\sum_{m=1}^M I_{m(2)}$ – это сумма составляющих тока каждой гармоники, полученная после возведения в квадрат гармонического ряда тока $I(t)$.

В качестве примера рассмотрим решение данной задачи для электрической цепи с параметрами: $R = 100 \text{ Ом}, L = 1,4 \text{ Гн}, U(t) = 220 \cos(\Omega t)$, $\Omega = 314 \text{ с}^{-1}$. В результате математического моделирования, выполненного решением дифференциального уравнения:

$$U(t) = RI(t) + L \frac{dI(t)}{dt} + (X(t)I(t)), \quad (5)$$

получен ток:

$$I(t) = -0,5 \cos(\Omega t) - 0,3 \sin(\Omega t) - 0,03 \cos(2\Omega t) + 0,04 \sin(2\Omega t). \quad (6)$$

С учетом вышеприведенных параметров, система уравнений для определения неизвестных коэффициентов будет иметь вид:

$$\begin{cases} 0 = 0,03 + 1 - 0,005a_1 + 0,014a_3 + 0,05a_5 - 0,05a_7; \\ 0 = -0,3 + 0,12 + 4,2 - 0,02a_1 - 0,5a_5 - 0,015a_3; \\ 0 = 0,075a_3 + 0,001a_1 + 0,001a_5 + 0,075a_7; \\ 0 = -0,0025a_1 + 0,04a_3 + 0,17a_5 - 0,04a_7. \end{cases} \quad (7)$$

В результате решения полученной системы линейных уравнений известными методами [7] определим параметры нелинейности $X(t)$:

$$X(t) = 55 \sin(\Omega t) + 15 \sin(3\Omega t) + 5,1 \sin(5\Omega t) - 3,8 \sin(7\Omega t). \quad (8)$$

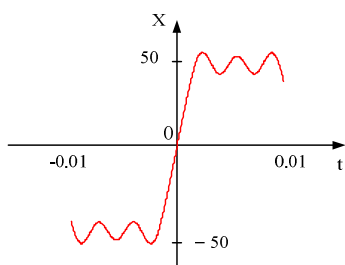


Рисунок 3 – Кривая нелинейности $X(t)$,

Таким образом, в работе показано, что применение предложенного метода гармонической аппроксимации в совокупности с энергетическим методом позволяет получить удобную форму записи нелинейностей, представленных кусочно-линейными функциями в виде рядов Фурье, что, в отличие от линейной аппроксимации, позволяет учитывать переменный несинусоидальный характер параметров цепи с любым количеством гармоник.

Данный подход является универсальным и позволяет определить параметры нелинейностей любого типа. В литературе [8] показано, что выполнить разложение в ряд

Фурье любой кусочно-линейной функции можно несколькими способами: во временной области, в частотной области и комплексным методом, поэтому использование данных особенностей позволяет учитывать параметры нелинейностей, а именно, особенности их физической природы, входных параметров и т.д. Таким образом, для любой заданной функции нелинейности может быть получено аналитическое выражение, удобное для дальнейшего расчета.

Выводы. В работе показана целесообразность анализа систем с нелинейными элементами путем анализа энергетических процессов энергетическим методом. Показано, что удобным аппаратом для получения аналитических выражений любой нелинейности является разложение в ряд Фурье, т.к. это позволяет получить более информативный сигнал с учетом его физических особенностей.

Показано, что для анализа процессов энергообмена в нелинейной электрической цепи удобным и эффективным является энергетический метод, который, с учетом исходных данных (тока и напряжения сети), позволяет построить энергетические и математические модели для идентификации параметров элементов с нелинейными характеристиками.

На примере нелинейности типа «зона насыщения», представленной кусочно-линейной зависимостью, показано, что идентификация может быть выполнена с достаточной точностью. В отличие от существующих методов, предложенный математический аппарат позволяет учитывать любое количество гармонических составляющих, что позволяет повысить точность оценки параметров нелинейностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов Е.П. Нелинейные системы автоматического управления. – М.: Машиностроение, 1970. – 417 с.
2. Скубов Д.Ю., Ходжаев К.Ш. Нелинейная электромеханика. – М.: Физматлит, 2003. – 360 с.
3. Демирчан К.С., Нейман Л.Р., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. – Санкт-Петербург: Питерпресс, 2009. – 574 с.
4. Андреев В.С. Теория нелинейных электрических цепей. – М.: Связь, 1972. – 326 с.
5. Родькин Д.И. Декомпозиция составляющих мощности полигармонических сигналов // Электротехника. – 2003. – № 6. – С. 34–37.
6. Нуссбаумер Г. Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления сверток. – М.: Радио и связь, 1985. – 248 с.
7. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. – Издательство «Техника». 1977. – 768 с.
8. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 1988. – 450 с.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

IDENTIFICATION OF NONLINEARITIES BY POWER METHOD*

D. Mosyundz, post-grad.

Kremenchuk Mykhaylo Ostrohradskyi National University

vyl. Pershoyravneva, 20, 39614, Kremenchuk, Ukraine, e-mail: darya_mosyundz@mail.ru

Introduction. The analysis of electromagnetic and electric power processes in circuits is based on the known Kirchhoff's and Ohm's laws, as well as postulates arising from Tellegen's theorem, and the latter ones are mostly used as estimation of the obtained results correspondence to energy conservation law. In practice one may come across some problems difficult to solve because of a limited number of initial equations and a lot of unknowns. It is especially significant during the analysis of processes in circuits with nonlinearities, in particular, in circuits with steel. The research revealed that theses of Tellegen's theorem are transformed into equations of power balance of separate harmonics if voltage and current harmonic components are taken into account in the analysis and power is presented in the form of their product – instantaneous power [1, 2].

Transfer from electric equilibrium equations to power balance equations, each of which corresponds to energy conservation law, makes it possible to considerably increase the possibilities of the calculation (due to the enlarged number of balance equations) when particular problems are solved.

Increase of the equations number is attained by the product of N voltage harmonics and M current harmonics, which results in M·N instantaneous power harmonic components used to formulate K=2(N+M) power balance equations. It considerably exceeds the number of electric equilibrium equations on the basis of circuit theory theses.

It follows from the foregoing that power processes in circuits are described, in a sense, by means of a joint sequential solution of power balance equations systems obtained on the basis of Tellegen's theorem taking electric equilibrium equations into consideration.

As instantaneous power parameters are presented as a product of current and voltage, the system of equations for power processes analysis is nonlinear and can be solved by known methods. The authors developed a power method for nonlinearities parameters identification in alternating current circuits on the basis of the foregoing theses.

The use of the instantaneous power method in the form of power balance equations provides the possibility to get answers to the question of power conversion in nonlinearities, and in this aspect development of the research in this direction is topical.

Aim of the research. Applying energy method to the analysis of electric circuit with nonlinearities.

Material and results. Consideration of processes of energy exchange in systems with nonlinear elements is a general and most complicated problem in the analysis of electric circuits. During the operation of a nonlinear element alternating current consisting of an endless number of harmonics divisible by circuit frequency flows in the circuit [3]. Power method makes it possible not only to determine the required parameters of the circuit, but also to analyze the internal energy exchange processes conditioned by presence of nonlinear elements, estimate the indices of energy conversion quality, demonstrate power conversion in the nonlinear element: its consumption, dispersion and generation.

Consider the above mentioned theses taking nonlinear inductance as an example. Rather often there appears the necessity to determine its nonlinear dependence to estimate indices characterizing the degree of saturation.

Nonlinear inductance L characteristic in this case is described by flux linkage Ψ dependence on magnetizing current I :

$$\Psi(I) = a_1 I + a_3 I^3 + a_5 I^5 + \dots + a_n I^n, \quad (1)$$

where a_1, a_3, a_5, a_n – coefficients of approximation of current value at the approximation point;

flux linkage differentiation results in:

$$\frac{d\Psi(I)}{dI} = a_1 + 3a_3 I^2 + 5a_5 I^4 + \dots + na_n I^{n-1} = L(I). \quad (2)$$

inductance time t dependence $L(t)$ is easily obtained by substitution of current values into $L(I)$:

$$I(t) = \sum_{m=0}^M (I_{ma} \cos(m\Omega t) + I_{mb} \sin(m\Omega t)), \quad (3)$$

where I_{ma}, I_{mb} – current amplitude values of each current harmonic; m – harmonic number, Ω – frequency, a, b – cosine and sine components, respectively.

Consider magnetizing curve without steel losses. Inductance time dependence will be:

$$L(t) = L_0 + \sum (L_{ka} \cos(2m\Omega t) + L_{kb} \sin(2m\Omega t)), \quad (4)$$

where L_0 – inductance constant component; L_{ka}, L_{kb} – approximation coefficients.

Such a representation of dependence (4) enables consideration of parameter $L(t)$ that varies depending on current or time or both parameters simultaneously. Current flowing in windings becomes non-sinusoidal even at sinusoidal

*Work is done under the guidance of D. Sc. (Eng.), Prof. D. Rodkin

voltage. An equivalent circuit with marked inductance linear part L_0 and totality of alternating current EMFs with divisible frequencies can be used to analyze power processes taking place at the inductance nonlinear component (Fig. 1). In such analysis there is a possibility to explain the mechanism of energy conversion as active power is consumed only as a part of one-frequency components, e.g. $U_1(t)$ and $I_1(t)$, and high-frequency current components result directly from the energy conversion process in the nonlinear element.

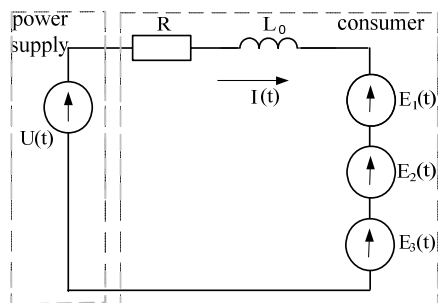


Figure 1 – Converted equivalent circuit with nonlinearity

inductance

for consumer's EMF

Expression for saturating inductance EMF:

$$E(t) = \frac{d}{dt}(L(t)I(t)) = E_{1a} \cos(\Omega t) + E_{1b} \sin(\Omega t) + E_{3a} \cos(3\Omega t) + E_{3b} \sin(3\Omega t) + E_{5a} \cos(5\Omega t) + E_{5b} \sin(5\Omega t),$$

(5)

where $E_{1a}, E_{1b}, E_{3a}, E_{3b}, E_{5a}, E_{5b}$, – equivalent EMFs of cosine and sine components of each harmonic.

Expressions for instantaneous power at each element:
power supply output

$$P(t) = U(t)I(t); \tag{6}$$

active resistance

$$P_R(t) = U_R(t)I(t) = RI^2(t); \tag{7}$$

$$P_{L_0}(t) = L_0 \frac{dI(t)}{dt} I(t), \tag{8}$$

$$P_E(t) = E(t)I(t). \tag{9}$$

Every harmonic component of the supply instantaneous power is equal to the sum of instantaneous power components of the same frequency in all the elements of equivalent circuit. A system of identification equations is obtained from expression:

$$U(t)I(t) = I^2(t)R + L_0 \frac{dI(t)}{dt} I(t) + E(t)I(t). \tag{10}$$

Equation system for determination of parameters of EMF and inductance constant component can be presented in a general form:

$$\begin{cases} P_0 = P_{0R} + P_{0L_0} + P_{0E}; \\ P_a = P_{aR} + P_{aL_0} + P_{aE}; \\ P_b = P_{bR} + P_{bL_0} + P_{bE}; \\ \dots \\ P_{ka} = P_{kaR} + P_{kaL_0} + P_{kaE}; \\ P_{kb} = P_{kbR} + P_{kbL_0} + P_{kbE}. \end{cases} \tag{11}$$

The solution of the system will result in getting the following parameters: $E_{1a}, E_{1b}, E_{3a}, E_{3b}, E_{5a}, E_{5b}$.

Transfer to inductance parameters is performed on the grounds of the equality based on power balance equations, according to Tellegen's theorem [2]:

$$E(t) = \frac{d}{dt}(L(t)I(t)) = L(t) \frac{dI(t)}{dt} + I(t) \frac{dL(t)}{dt}. \tag{12}$$

An equation system for determination of coefficients L_0, L_{ka}, L_{kb} will be received as a result of this representation. Components on the left are previously determined EMF parameters, on the right there is a function describing physical processes and mechanism of energy conversion at nonlinear inductance.

Conclusions. Analysis of power processes in circuits with polyharmonic voltages and currents pointed out the applicability of Tellegen's theorem to research of the processes of frequency conversion in the form of a complex of equations of balance of supply and consumer power harmonics.

It is shown that equations of power harmonics power balance present a mathematical basis for solution of identification problems of both linear and nonlinear circuits.

REFERENCES

1. H. Akagi, M. Watanabe. Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning., New York: Wiley, 379 p., (2007).
2. D. I. Rodkin, A. V. Byalobrzheskii, A. I. Lomonos. Energy processes in grid with polyharmonic voltage and current. "Russian Electrical Engineering", volume № 6, pp. 60-69, (2004).
3. D. Yu. Skubov, K. Sh. Khodzhaiev. Nonlinear electromechanics, M.: Fizmatlit, 360 p., (2003).

*Work is done under the guidance of D. Sc. (Eng.), Prof. D. Rodkin

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ВОДОСБОРНИКОВ КАРЬЕРА КАК РЕЗЕРВ
ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ***

Д. В. Романец, асп.

*Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
39600, г. Кременчуг, ул. Первомайская, 20, e-mail: dmutruk83@mail.ru*

Введение. В настоящее время энергосбережение – одна из приоритетных задач современного мира. Это связано с дефицитом основных энергоресурсов, возрастающей стоимостью их добычи, а также с глобальными экологическими проблемами. В отличие от энергосбережения, главным образом направленного на уменьшение энергопотребления, энергоэффективность – это комплекс множества составляющих, направленных на рациональное использование энергии. Экономия энергии – это эффективное использование энергоресурсов за счет применения инновационных решений, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, приемлемы с экологической и социальной точек зрения, не изменяют привычного образа жизни. Анализ вопроса выполнен применительно к “Светловодскому карьероуправлению”.

Цель работы. Оценка факторов, влияющих на выбор и работу насосного оборудования при очистке карьерных водосборников.

Материал и результаты исследований. Очистка от шлама водосборников является одной из важнейших проблем водоотливных комплексов. Всё это настоятельно требует создания эффективных и надёжных систем очистки водосборников карьера. В настоящее время в горнодобывающей промышленности используется около 30 различных способов чистки зумпфов и откачки из них воды. Большинство способов чистки характеризуется высокими капитальными затратами, ненадёжностью работы оборудования и электроаппаратуры, что неоднократно приводило к затоплениям зумпфов.

Величина притоков карьерных и шахтных вод в горные выработки имеет большое значение при проектировании и эксплуатации водоотлива. Она определяет тип насосных агрегатов, их производительность, режим работы, расположение водоотливных установок. Большое внимание уделяется прогнозу ожидаемых притоков вод. Несоответствие между производительностью водоотливных установок и притоком вод, как правило, влечет за собой затопление горных выработок. Особое значение приобретает надёжность работы всего комплекса водоотливных установок, с целью создания безопасных условий труда, предотвращения затопления горных выработок и отдельных горизонтов.

Технологические схемы карьерного водоотлива определяются горно-геологическими условиями, системой отработки месторождения и техническими характеристиками оборудования водоотливных установок. Существующая система водоотлива – это периодически действующая с дискретно распределёнными временными циклами технологическая схема, приводящая к осаждению шлама в водосборнике и завышению мощности установленных насосных агрегатов. В настоящее время все главные водоотливные установки горных предприятий оборудуются многосекционными центробежными насосами. Как свидетельствует опыт эксплуатации насосов, срок их службы составляет не более 6...8 месяцев при средней наработке быстроизнашивающихся деталей до отказа (2000...2500 часов) [1].

Зашламление водосборников уменьшает их регулировочную и аварийную ёмкости, увеличивает частоту включения насосов и уменьшает временные циклы между включениями, что значительно ускоряет износ насосов и двигателей при работе в пусковых режимах, вызывает перегрев обмоток последних. Таким образом, очистка карьерных водосборников является актуальной технико-технологической и экологической проблемами, их решение обеспечит бесперебойное функционирование системы карьерного водоотлива, повышение надёжности и долговечности насосных агрегатов. Очистка зумпфовых водосборников необходима с технической, экономической и экологической точек зрения. Проблема до настоящего времени не решена полностью ввиду сложности очистки указанных вод, отсутствия достаточно простых, эффективных, компактных установок и схем очистки.

Режимы работы насосной установки существенно зависят от притока сточной жидкости в зумпф-водосборник по дренажным каналам, кроме этого определяются и другими независимыми факторами: климатическими и погодными условиями, режимом работы предприятия. На предприятии «Светловодское карьероуправление» учёт электроэнергии осуществляется зонными счётчиками и оплата производится согласно тарифам по зонам суток:

- ночная зона, продолжительность 7 часов (с 23.00 до 6.00 часов, стоимость – 0,36 грн за 1 кВт/ч);
- полупиковая зона, продолжительность 9 часов (с 6.00 до 8.00 часов и с 11.00 до 18.00 часов, стоимость – 1,15 грн за 1 кВт/ч);
- пиковая зона, продолжительность 8 часов (с 8.00 до 11.00 часов и с 18.00 до 23.00 часов, стоимость – 1,96 грн за 1 кВт/ч).

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

Основным направлением углубления и очистки карьерных зумпфовых водосборников от шлама является ночное время, когда стоимость электроэнергии самая дешёвая, при этом насосы работают один раз в сутки.

Изменение режима работы насосной установки влияет на режим работы входящих в её состав насосных агрегатов. Регулирование режима работы насосной установки, состоящей из одного агрегата, осуществляется включением агрегата при поднятии уровня воды до заданного верхнего значения и отключением при достижении необходимого нижнего значения. Затем цикл повторяется. Насосные станции на данном предприятии состоят из нескольких агрегатов. С увеличением водоотлива частота включений агрегатов увеличивается, продолжительность пауз уменьшается, поскольку при увеличении водоотлива больше набирается жидкости в зумпфе-водосборнике, при этом уровень жидкости быстрее достигает верхнего уровня и вследствие этого чаще происходит включение дополнительных насосов [2].

Всё насосное оборудование имеет номенклатурные показатели, которые характеризуют основные особенности их работы и сферу применения. В каталогах производителей и технической литературе приводятся основные характеристики насосов и графики, описывающие параметры функционирования, однако при выборе оборудования сложно однозначно опираться на них. К основным показателям и характеристикам насосов, приводимым в описаниях и технической литературе, относятся: подача насоса, напор насоса, коэффициент полезного действия агрегата, параметры кавитации [3, 4].

Насосный агрегат для экономичной эксплуатации должен иметь возможность адаптироваться к условиям и режимам работы конкретного потребителя. Для этого необходимо согласования характеристик параллельно работающих насосов и характеристик насоса с характеристиками гидравлической сети, на которую он работает. Указанные обстоятельства позволяют иначе взглянуть на методы оптимизации характеристик насосов и, следовательно, на вопросы их конструирования. Задача оптимизации относится уже не к одному номинальному режиму, а к целой области режимов, характеризующихся необходимыми диапазонами изменения скорости и производительности насосов. Это новая постановка вопроса, которая лежит в компетенции специалистов по насосостроению и требует, по-видимому, проведения специальных исследований. Возможность иметь нестандартную номинальную скорость позволит иначе взглянуть на типажные ряды и конструктивную унификацию насосных агрегатов. Таким образом, новыми конструкторскими вопросами являются:

- специальное конструирование насосов под переменную скорость вращения;
- согласование характеристик параллельно работающих насосов.

Выводы. Резюмируя сказанное, следует отметить, что переход к регулируемому электроприводу насосов не сводится только к установке преобразователя частоты для питания двигателя, как часто считают сегодня, а представляет собой комплекс научных, технических и организационных мероприятий. Решение всех указанных технических и организационных задач требует привлечения усилий специалистов разного профиля: гидравликов, машиностроителей, электриков. Однако инициативу в этом вопросе должны взять на себя насосостроительные организации. В частности, необходима разработка нормативных документов, регламентирующих состав и характеристики автоматизированных насосных станций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходушных установках. — М.: Энергоатомиздат, 2006. — 306 с.
2. Лезнов Б.С. Экономия электроэнергии в насосных установках. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 144 с.
3. Браславский И.Я. и др. Энергосберегающий асинхронный электропривод: Учеб. пособие. Академия, 2004. - 256 с.
4. Жежеленко И.В. и др. Эффективные режимы работы электротехнологических установок. — К.: Техніка, 1987. — 183 с.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ВЕЛИЧИНАМИ ТОКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ КОРотКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

А. И. Калмыкова, студ., О. Е. Наумов, ст. преп.

ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

ул. Артема, 58, 83001, г. Донецк, Украина, e-mail: oleg-nau80@yandex.ru

Введение. В практических расчетах коротких замыканий (КЗ) часто возникает необходимость определения наиболее тяжелого или наиболее легкого вида повреждения с точки зрения полного тока поврежденной фазы. Величина максимального тока повреждения, которая может быть в данной точке сети, необходима для проверки оборудования на термическую и электродинамическую устойчивость. Минимальное значение тока КЗ используется для проверки чувствительности устройств релейной защиты.

Соотношения между величинами токов при различных видах короткого замыкания в зависимости от отношения результирующих сопротивлений нулевой и прямой последовательности $X_{0\Sigma} = X_{0\Sigma} / X_{1\Sigma}$ приведены в [1], однако сравнение для минимальных значений не производилось. Кроме того, расчет токов КЗ для системы 110 кВ, характеризующейся отношением $X_{0\Sigma} = 0,21$, показал, что $I_K^{(1,1)} = 15,6 \text{ кА} > I_K^{(1)} = 15,0 \text{ кА}$, в то время как в [1] для диапазона $X_{0\Sigma} / X_{1\Sigma} = 0,2...1$ дано обратное неравенство.

Исходя из этого, **целью данной работы** является уточнение и усовершенствование приведенных в [1] соотношений между величинами токов различных видов КЗ в одной и той же точке высоковольтной электрической системы.

Материал и результаты исследования. Рассмотрим систему, которая по отношению к точке КЗ характеризуется сопротивлениями прямой $X_{1\Sigma}$, обратной $X_{2\Sigma}$ и нулевой $X_{0\Sigma}$ последовательностей. Анализ будем производить для начального момента времени короткого замыкания. При исследовании влиянием активных сопротивлений пренебрегаем.

В трехфазных высоковольтных электрических системах, работающих с заземленной нейтралью, возможны следующие виды короткого замыкания: однофазное $K^{(1)}$, двухфазное $K^{(2)}$, двухфазное на землю $K^{(1,1)}$ и трехфазное $K^{(3)}$. Используя метод симметричных составляющих, выражение для полного тока поврежденной фазы при каждом из этих видов записывается следующим образом:

$$I_K^{(1)} = 3 \cdot \frac{E_{1\Sigma}}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}}; \tag{1}$$

$$I_K^{(2)} = \sqrt{3} \cdot \frac{E_{1\Sigma}}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma}}; \tag{2}$$

$$I_K^{(1,1)} = \sqrt{3} \sqrt{1 - \frac{X_{2\Sigma} X_{0\Sigma}}{(X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}} \cdot \frac{E_{1\Sigma}}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} \parallel X_{0\Sigma}}; \tag{3}$$

$$I_K^{(3)} = \frac{E_{1\Sigma}}{X_{1\Sigma}}; \tag{4}$$

где $E_{1\Sigma}$ - величина результирующей ЭДС схемы замещения прямой последовательности.

Величины результирующих сопротивлений прямой и обратной последовательностей для начального момента КЗ оказываются практически одинаковыми. Поэтому можно принять, что $X_{1\Sigma} = X_{2\Sigma}$.

Выбрав в качестве независимой переменной отношение $X_{0\Sigma} = X_{0\Sigma} / X_{1\Sigma}$, построим зависимости отношений токов различных несимметричных КЗ к току трехфазного короткого замыкания в общих координатах (рис. 1).

Как видно из рис. 1, в диапазоне от 0 до $X_{0\Sigma B}$ минимальным является ток двухфазного КЗ, однако затем увеличение сопротивления нулевой последовательности делает однофазное короткое замыкание наиболее легким из всех возможных видов повреждения.

При $X_{0\Sigma} > 1$ все отношения $I_K^{(n)} / I_K^{(3)}$ становятся меньше единицы, и, следовательно, ток трехфазного короткого замыкания является наибольшим возможным в данной точке. В частном случае при $X_{0\Sigma} = 1$ (точка Б на рис. 1) величины токов трехфазного, однофазного и двухфазного на землю КЗ совпадают.

При $X_{0\Sigma} < 1$, что довольно часто встречается на практике, токи однофазного и двухфазного на землю КЗ превышают ток трехфазного замыкания [2].

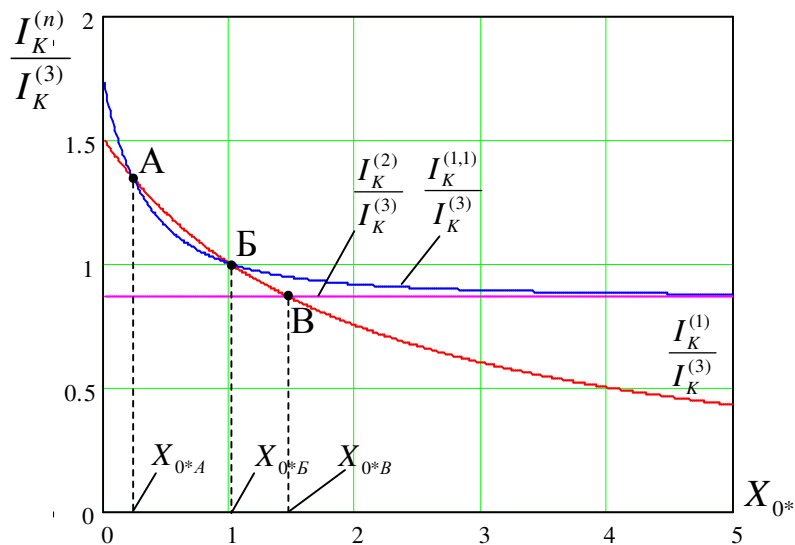


Рисунок 1 - Зависимости отношений токов КЗ от величины X_{0*}

Соотношение между токами $I_K^{(1,1)}$ и $I_K^{(1)}$ зависит от величины X_{0*} . Определим координату точки А, в которой эти токи оказываются равными по величине. Для этого необходимо приравнять выражения (1) и (3) для фазного тока при видах $K^{(1)}$ и $K^{(1,1)}$. Введя переменную x вместо X_{0*} , после преобразований получим алгебраическое уравнение четвертой степени:

$$x^4 + 5x^3 - 3x^2 - 4x + 1 = 0. \tag{5}$$

Это уравнение может быть решено аналитически, например, с использованием метода Феррари. В результате решения получаются следующие значения корней (сохранены семь знаков после запятой):

$$x_1 = 1; x_2 = 0,2266816; x_3 = -0,8152075; x_4 = -5,4114741. \tag{6}$$

Корни x_3 и x_4 не имеют физического смысла, поскольку в реальных электрических системах $X_{0\Sigma} > 0$. Поэтому они должны быть отброшены. Корень $x_1 = 1$ соответствует точке Б на рис. 1 ($X_{0*B} = 1$). Следовательно, координата X_{0*A} имеет значение второго корня: $X_{0*A} = 0,2266816$.

Для нахождения координаты точки В на рис. 1, в которой величины токов однофазного и двухфазного КЗ равны, необходимо приравнять выражения (1) и (2), откуда после преобразований получим:

$$X_{0*} = 2(\sqrt{3} - 1) \approx 1,464102. \tag{7}$$

Таким образом, результаты сопоставления токов при различных видах короткого замыкания могут быть записаны в следующем виде (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты сопоставления видов короткого замыкания

X_{0*}	Наиболее тяжелый вид КЗ	Наиболее легкий вид КЗ
$0 \dots X_{0*A}$	$K^{(1,1)}$	$K^{(2)}$
$X_{0*A} \dots 1$	$K^{(1)}$	$K^{(2)}$
$1 \dots X_{0*B}$	$K^{(3)}$	$K^{(2)}$
$> X_{0*B}$	$K^{(3)}$	$K^{(1)}$

Выводы. В работе выведены соотношения, позволяющие на основе величины $X_{0*} = X_{0\Sigma} / X_{1\Sigma}$ сделать сравнение величин токов при различных видах коротких замыканий в одной и той же точке высоковольтной электрической системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ульянов С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах / С. А. Ульянов. – М.: Энергия, 1970. – 520 с.
2. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования / И.П. Крючков, Б. Н. Неклепаев, В. А. Старшинов и др. – М.: Академия, 2006. – 416 с.

ФОРМУВАННЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ЗАЛІЗОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

О. М. Ялова, асп., М. А. Бауліна, асп.

ДВНЗ «Криворізький національний університет»

бул. XXII партз'їзду, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна, e-mail: speet@ukr.net

Вступ. Одним з першочергових завдань управління енергоспоживанням залізорудних підприємств є визначення чинників, що впливають на стратегію їх розвитку [1].

Мета роботи. Визначення факторної системи показників споживання електричної енергії для здійснення керування процесом енергоспоживання залізорудних підприємств.

Матеріал і результати дослідження. Останнім часом в літературі висловлюється думка про те, що при визначенні інтегральних показників необхідно використовувати абсолютні показники діяльності підприємств [1, 2]. Але абсолютних показників, як і відносних, дуже багато, тому при формуванні факторної системи можна керуватися, на наш погляд, наступними принципами: обмеженість числа показників у факторній моделі; багатofункціональність чинників; динамізм, який дозволить оцінити ситуацію в русі; запобігливість, оскільки показники повинні сигналізувати про виникнення критичних ситуацій; співставленість чинників.

При розробці інтегрального показника для управління енергоспоживанням треба врахувати наступні умови:

1. Недостатність початкової інформації. Для використання пропонованого нами інтегрального показника управління енергоспоживанням необхідно запропонувати облікову базу для підготовки початкової інформації.

2. Необхідність повноти вивчення фінансової стійкості, на яку впливають всі показники діяльності, тобто вивчення протягом всього життєвого циклу підприємства.

3. Облік взаємопов'язаності показників між собою.

4. Однакова спрямованість дії на енергоспоживання. В набір чинників не включаються показники, що здійснюють негативний вплив. Їх вплив враховується за допомогою інших показників діяльності підприємства.

5. Ступінь взаємопов'язаності чинників можна оцінити за допомогою кореляційно-регресійного аналізу, на підставі якого вибрати ключові показники, а всі інші виразити через них [3, 4]. Формування інтегрального показника містить початкові дані з набором значень чинників в дискретні моменти часу. Тоді виходить, що вектор V явно залежить від деякого чинника, а неявно – від часу. Щоб визначити траєкторію зміни кожного чинника, необхідно початкові дані апроксимувати за допомогою полінома n -ого ступеня (1):

$$V_r(t) = \sum_{i=0}^n a_i t^i, \quad (1)$$

де a_i – вагові коефіцієнти полінома; i – ступень полінома.

Динамічна характеристика ефективного управління енергопостачання підприємства за рахунок всіх чинників визначається за допомогою єдиного рівняння, утворюючого вектор стану системи W (2):

$$W_i = \sum_i (a_{ij})^2. \quad (2)$$

Даний вектор характеризує систему в i -ому стані, j -ий момент часу, тобто він характеризує систему як ціле за вказаний період часу. При цьому він є «динамічною» характеристикою системи у вказаний період часу.

$$W(t) = 0,018 + 0,325t + 0,27t^2 - 0,039t^3 + 0,0061t^4. \quad (3)$$

Застосування інтегрального показника дозволить визначити рівень енергоспоживання, стадії циклу розвитку підприємства і здійснювати прогнозування зміни її рівня до і після проведення реінжинірингу.

При визначенні інтегрального показника можна задати наступну послідовність операцій:

1. Набір виявлених показників розглядається як багатовимірний простір.

2. Якщо припустити, що в процесі еволюції траєкторії зміни параметрів можуть заповнювати весь простір, тоді в кожній точці траєкторії обчислюється її похідна за часом (аналог темпу зростання), отже, маємо векторний простір. Оскільки факторна модель адекватна, то вибрані показники можна вважати координатами в багатовимірному просторі, а стан енергопостачання – вектором в даному просторі. Таким чином, ми пропонуємо використовувати теорію векторного поля, що базується на розрахунку розбіжності поля.

Висновки. Отриманий інтегральний показник дозволяє управляти енергопостачанням підприємства, визначати його рівень, стадію життєвого циклу і складати прогноз на наступний період. При цьому його перевагою є відсутність строго нормативного значення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шидловський А.К. Енергетичні ресурси та потоки. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2003. – 472 с.
2. Електрифікація гірничого виробництва: Підручник для ВНЗ: У 2-х т. – Вид. 2. Перероб. та допов. / За ред. Л.О. Пучкова і Г.Г. Півняка. – Д., Нац. гірн. ун-т, 2010. – Т. 1. – 503 с.
3. Системный анализ и структуры управления. Под ред. В.Г. Шорина. – М.: Знание, 1997. – 278с.
4. Методологические основы и математические методы. Под ред. Дж. Муудера, С. Элмаграби. – М.: Мир, 1989. – 714 с.

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПОЛІПШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

*А. П. Калінов, к.т.н., доц., С. А. Сергієнко, к.т.н., доц., Т. О. Хребтова, студ., О. В. Шейнога, студ.
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, г. Кременчук, Україна, 39600, e-mail: scenter@kdu.edu.ua*

Вступ. В Україні діє стандарт ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», який встановлює показники і норми якості електричної енергії (ЯЕ) в електричних мережах загального призначення змінного трифазного і однофазного струму частотою 50 Гц в точках, до яких приєднуються електричні мережі або приймачі електричної енергії. Відхилення ЯЕ від нормованих значень погіршує умови експлуатації електрообладнання енергопостачальних організацій та споживачів електроенергії, може призвести до значних збитків як в промисловості, так і у побутовому секторі.

Мета роботи. Аналіз показників якості електричної енергії (ПЯЕ) на відповідність вимогам ГОСТ 13109-97 за результатами експериментальних вимірювань та розробка рекомендацій щодо їх поліпшення.

Матеріал та результати досліджень. У роботі проведено експериментальні дослідження та аналіз показників якості електричної енергії (ПЯЕ) підстанція ЗАТ JT International Ukraine. Крім регламентованих ГОСТом показників здійснено аналіз додаткових факторів, які впливають на режими роботи мережі живлення.

На підстанції встановлено два трансформатора по 1600 кВА. Трансформатори працюють з коефіцієнтами завантаження близькими до 0,85-0,95. Два вводи 0,4 кВ забезпечені системами компенсації реактивної потужності по 1240 кВАр кожна. Для регулювання реактивної потужності використовуються контролери реактивної потужності АВВ RVC 12. При вимірюваннях режимів роботи підстанції фіксувалися миттєві значення струмів фаз А, В і С, а також фазні напруги А, В і С. Струмові кліщі-адаптери типу АТА-2504 включалися у вторинні кола існуючих трансформаторів струму АВВ 3000/5 типу СТ12/3000, 40 ВА, клас 0,5 (рис. 1). За допомогою затискачів

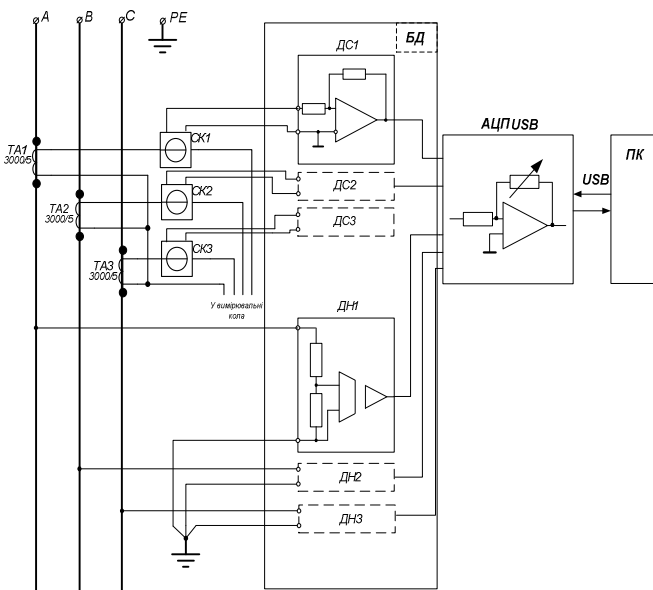


Рисунок 1 – Схема вимірювання струмів і напруг

проводників і обмотках трансформатора показує збільшення загальних втрат на величину до 3 % для 1-го вводу, що може бути причиною незначних перевищень температури та до 7 % для 2-го вводу, що може бути причиною помітних перевищень температури.

Наявність вищих гармонік напруги може призводити до перегріву конденсаторних батарей системи компенсації реактивної потужності. Так, розрахунки показали, що ефективні значення струмів конденсаторних батарей при зафіксованому під час проведених вимірювань гармонійному складі напруг перевищує номінальне на величину від 9 % до 15 % , що є істотним фактором зниження ресурсу напрацювання на відмову всієї системи компенсації реактивної потужності.

типу UNI-T UT-C04 с комплектом з'єднувальних проводів датчики напруги під'єднувалися до силових кіл.

Аналіз якості електроенергії мережі живлення (рис. 2, 4) показав відповідність основних ПЯЕ вимогам ГОСТ 13109-97.

Аналіз несиметрії струмів (рис. 3) показав нормальну рівномірність завантаження фаз мережі живлення. Аналіз струму нульової послідовності показав, що основна його складова утворена вищими складовими струмів. Форма кривої струму (рис. 6) нульової послідовності характеризується істотними піками з великими значеннями похідної, що, при неправильно організованому заземленні обладнання нелінійних споживачів, може призводити до виникнення суттєвих кондуктивних перешкод в інформаційних і сигнальних лініях.

Аналіз несинусоїдальності струмів (рис. 4) показав значну кількість нелінійних споживачів: близько 20-40 % для 1-го вводу та близько 70-90 % для 2-го вводу від загальної споживаної активної потужності.

Розрахунок додаткових втрат, як наслідок впливу збільшення значення 5,7,11 і 13 гармонік струму, у

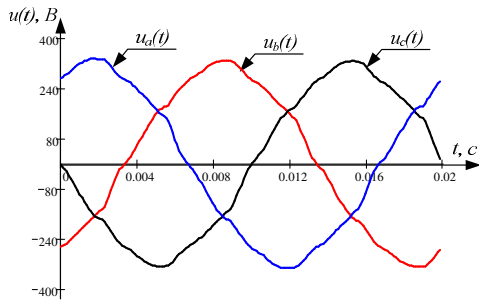


Рисунок 2 – Напряга фаз 2-го вводу підстанції

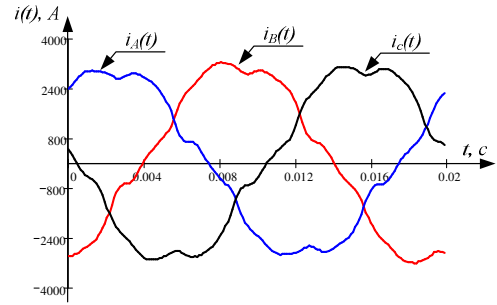


Рисунок 3 – Струм фаз 2-го вводу підстанції

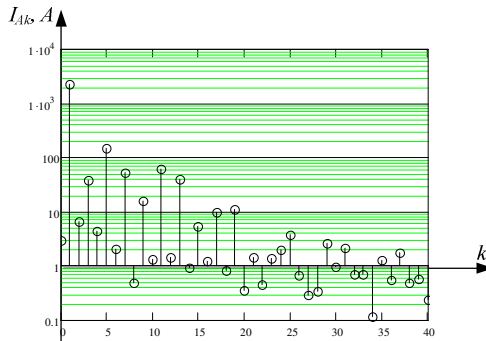


Рисунок 4 – Спектр струму фази А у логарифмічній системі координат

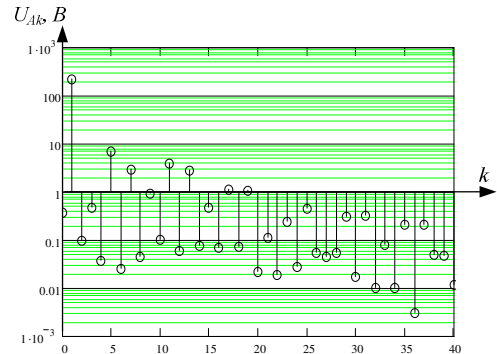


Рисунок 5 – Спектр напруги фази А у логарифмічній системі координат

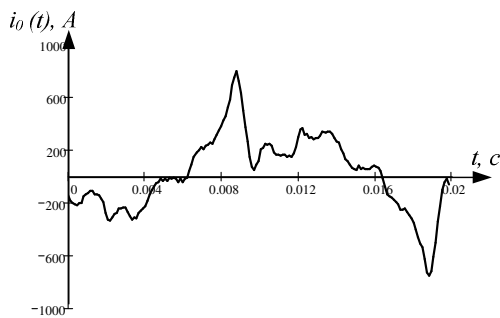


Рисунок 6 – Крива струму нульової послідовності

гармонік струму, так і в режимі симетрування струмів в мережі. Розрахункова потужність змінної складової трифазної активної потужності становить не більше 150 кВА для 1-го вводу і 100 кВА для 2-го вводу. Номінальний струм активних напівпровідникових компенсаторів розраховується на підставі середньоквадратичного значення вищих гармонік струму, для розглянутих режимів роботи розрахунковий струм на фазу активного компенсатора не перевищує 200 А для 1-го вводу та 150 А для 2-го вводу. Для компенсації вищих гармонік рекомендується використання пристроїв типу PQFM компанії АВВ для активної фільтрації вищих гармонік в промислових мережах обмеженою потужності.

Висновок. Результатами обробки експериментальних вимірів режимів роботи підстанції ЗАТ JT International Ukraine показали відповідність ПЯЕ ГОСТу 13109-97, але додаткові дослідження щодо можливості виникнення перешкод та перегріву обмоток трансформаторів та компенсаторних конденсаторів показали необхідність вживання заходів щодо поліпшення ЯЕ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жежеленко И.В. Вопросы качества электроэнергии в электроустановках / И.В. Жежеленко, Ю.Л. Саенко – Мариуполь: ПГТУ, 1996. – 173 с.
2. Жежеленко И.В. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко, М.Л. Рабинович, В.М. Божко – К.: Техника. 1981. – 160 с.
3. ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИ РАЗВИТИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТРУБОПРОВОДНОЙ СЕТИ

*Т. В. Коренькова, к.т.н., доц., А. А. Сердюк, асс., В. Г. Ковальчук, лаб.
Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: viktoria_kovalc@mail.ru*

Введение. В настоящее время насосные агрегаты и комплексы на их базе являются машинами массового применения, которые широко используются во многих областях хозяйственной деятельности страны. Электрогидравлические комплексы (ЭГК) самого разнообразного предназначения являются важнейшими объектами жизнеобеспечения человека, его хозяйственной и производственной деятельности. Несмотря на важность этих объектов, им уделяется мало внимания в части их совершенствования, снижения энергетических затрат и т.п. ЭГК характеризуются низкой управляемостью режимами работы технологического оборудования при возникновении различного рода неустановившихся процессов, а существующие подходы управления насосным оборудованием в таких режимах решают лишь локальные задачи. Так, в трубопроводах насосных установок из-за кавитации могут возникать автоколебания давления, при которых движение перекачиваемой среды будет нестационарным. Вследствие этого в ЭГК нарушается сплошность потока, происходит рост гидравлических сопротивлений, увеличиваются непроизводительные потери гидравлической мощности. С учетом сказанного, перспективным и важным вопросом является оценка энергетических режимов ЭГК при развитии нелинейных процессов в гидросистеме и разработка энергоресурсосберегающих мероприятий, позволяющих повысить надежность, энергоэффективность и экономичность работы ЭГК.

Цель работы. Исследование процессов преобразования энергии в силовом канале ЭГК и оценка его энергоэффективности при возникновении кавитационных процессов в трубопроводной сети.

Материал и результаты исследований. Анализ энергопроцессов в ЭГК выполнен на базе мелкомасштабной экспериментальной установки, включающей [1]: центробежный насос с асинхронным двигателем на одном валу; разветвленный трубопровод с установленной запорно-регулирующей арматурой и приемными резервуарами; регулируемый дисковый затвор с электроприводом; преобразователь частоты для изменения частоты вращения электродвигателя насоса; контрольно-измерительную аппаратуру (датчики тока, напряжения, частоты вращения, давления и расхода). Функциональная схема, паспортные характеристики насосных агрегатов, а также паспортные данные преобразователя частоты и контрольно-измерительного

Таблица 1 – Технические показатели электрооборудования

Наименование параметра	Значение параметра
Номинальная мощность, Вт	830
Номинальное напряжение, В	380
Номинальный ток, А	1,7
Частота сети, Гц	50
Частота вращения, об/мин	2900
Максимальная подача, м ³ /ч	8
Максимальный напор, м	22
Номинальная мощность, Вт	550

блока приведены в [1]. Технические показатели электрогидравлического оборудования приведены в табл. 1.

Напорное движение жидкости характеризуется наличием нерастворенных пузырьков газа или воздуха, количество которых растет при понижении давления в жидкости до давления насыщенных паров. Сказанное приводит к возникновению кавитационных явлений, которые наиболее часто наблюдаются в центробежных насосах, обычно работающих при больших значениях частот вращения, в отдельных местах рабочих лопаток и лопастей, где создаются значительные местные скорости движения жидкости, также благоприятствующие возникновению кавитации, в трубопроводах со сложной геометрической конфигурацией и т.п. [2, 3]. Кавитация вызывает недопустимо большие колебания давления, снижает коэффициент полезного действия системы, приводит к эрозионному разрушению материала. Вследствие влияния воздуха, выделяющегося из жидкости и движущегося вместе с ней по трубопроводу в виде кавитационных каверн, растут потери напора (примерно на 15-20 %) и, соответственно, увеличиваются потери мощности на трение в трубопроводе, обусловленные кавитационными процессами.

На рис. 1 приведены кривые изменения напора в системе при малом количестве нерастворенного в воде воздуха (рис. 1, а) при степени развития кавитации $n_{kav1} = 7,5$, где $n_{kavi} = V_i/V_0$; V_i – текущее значение объема кавитационной каверны; $V_0 = 0,008 \text{ м}^3$ – начальный объем кавитационной каверны, и при его значительном количестве ($n_{kav2} = 31,3$), обусловленным ростом давления на всасывающем патрубке насоса в результате прикрытия задвижки, что приводит к усилению разрежения на входе рабочего колеса и, соответственно, к развитию кавитационных автоколебаний в системе с частотой $f_{kav} = 0,118 \text{ Гц}$. Сказанное сопровождается увеличением периода роста T_1 и схлопывания T_2 кавитационной каверны (рис. 1, б).

Для сравнительного анализа влияния кавитационных процессов на энергетические характеристики ЭГК средствами регулируемого электропривода поддерживается постоянное значение давления и, соответственно, гидравлической мощности $p_{hnet}(t)$ в трубопроводе, равной произведению напора $H(t)$ и производительности $Q(t)$. Изменение нагрузочного режима в гидросистеме в результате развития кавитационных автоколебаний

влияет не только на гидравлические характеристики ЭГК, но и приводит к изменению электрической мощности $P_{el}(t)$, подводимой к статорным обмоткам двигателя (рис. 2).

Частотный анализ сигнала электрической мощности показал, что появление развитых кавитационных колебаний сопровождается усилением переменной составляющей (особенно ее низкочастотной компоненты), ростом ее эффективного значения (табл. 2).

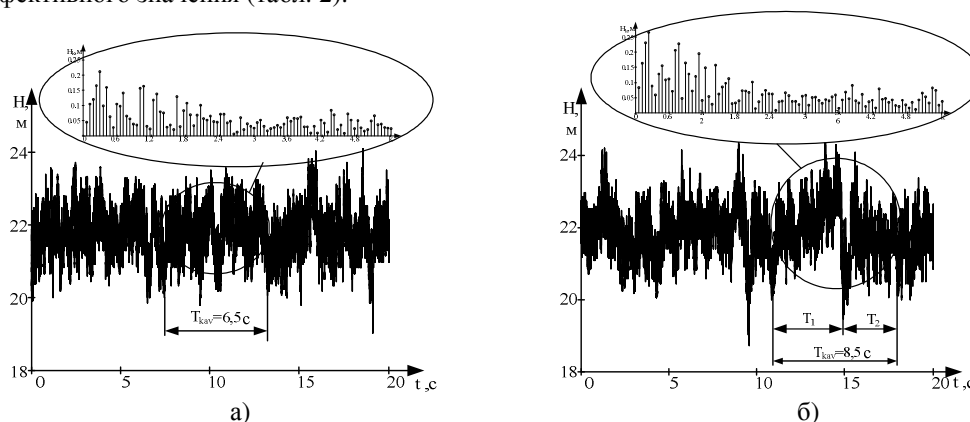


Рисунок 1 – Кривые изменения напора в трубопроводной сети и их частотные спектры в системе с n_{kav1} а) и n_{kav2} б)

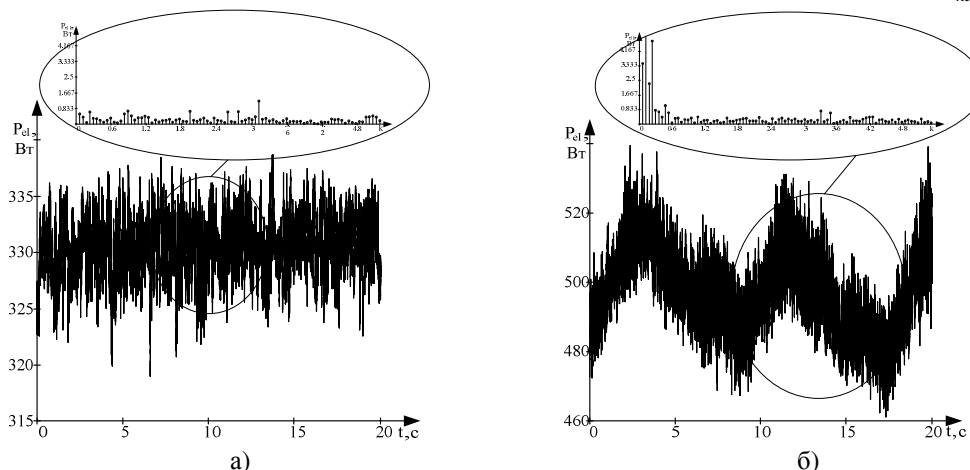


Рисунок 2 – Кривые изменения электрической мощности и их частотные спектры в системе с n_{kav1} а) и n_{kav2} б)

Таблица 2 – Эффективная мощность и коэффициент ПСЭК

Параметр	$n_{kav1} = 7,5$	$n_{kav2} = 31,3$
P_{el}	335,053	502,012
P_{ehnet}	44,522	44,763
k_{cap}	0,133	0,089

Оценкой энергоэффективности ЭГК является коэффициент пропускной способности энергетического канала (ПСЭК), определяемый как $k_{cap} = P_{ehnet} / P_{el}$, где, P_{ehnet} , P_{el} – эффективные значения гидравлической и электрической мощности, соответственно (табл. 2). Получено, что развитие кавитационных колебаний приводит к снижению энергоэффективности ЭГК в 1,5 раза.

Выводы. Показано, что вследствие кавитационных процессов в трубопроводной сети возникают низкочастотные автоколебания, при которых движение перекачиваемой среды будет нестационарным. Получено, что кавитационные явления приводят к перераспределению потерь мощности в силовом канале электрогидравлического комплекса, сопровождаются усилением переменной составляющей мощности и ростом эффективного значения электрической мощности, подводимой к статору электродвигателя. Для анализа процессов энергопреобразования в электрогидравлическом комплексе предложен коэффициент пропускной способности энергетического канала, базирующийся на определении эффективных мощностей на входе и выходе рассматриваемой системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на корисну модель № 58707, Україна, F04D 27/00. Тренажер гідротранспортної установки / Коренькова Т.В., Сердюк О.О., Родькін Д.Й., Шоколов В.М. – № 58707; зареєстровано 26.04.2011.
2. Карелин В.Я. Кавитационные явления в центробежных и осевых насосах – М.: Машиностроение, 1975. – 336 с. – (Изд. 2-е, перераб. и доп.).
3. Пилипенко В.В., Задонцев В.А., Натанзон М.С. Кавитационные автоколебания и динамика гидросистем – М.: Машиностроение, 1977. – 352 с.

**ОПТИМІЗАЦІЯ РУХУ ЕЛЕКТРОПОТЯГУ МЕТРОПОЛІТЕНУ ЗА КРИТЕРІЄМ
МІНІМАЛЬНИХ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ІЗ МЕРЕЖІ**

Н. М. Микитенко, студ., А. І. Ломонос, к.т.н., ст. викл.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: Natasha_mkt@ukr.net

А. О. Сулим, мол. наук. співр.

ДП «УкрНДІВ»

вул. І. Приходька, 33, 39621, м. Кременчук, Україна. E-mail: sulim1.ua@gmail.com

Вступ. Постановка і рішення оптимізаційних завдань мають велике значення при побудові систем автоматичного управління рухом потягів. Вибір режимів управління окремого потяга при заданих тривалості руху ходу по перегону, швидкісних обмеженнях, плані і профілі шляху, реалізується на базі вирішення задачі оптимального управління за критерієм мінімуму витрати енергії [1, 2].

Актуальними є питання безпеки руху, заходи щодо зменшення збоїв у русі та зменшення споживання електроенергії. Зниження витрати електроенергії та підвищення якості перевезення на метрополітені значною мірою може бути досягнуто за рахунок автоматизації управління рухом. Ці системи дозволяють підвищити безпеку, покращити використання пропускнуої здатності ліній, полегшити умови праці працівників метрополітену. Підвищення якості управління досягається за рахунок більш точного, в порівнянні з ручним управлінням, виконання графіка руху і за рахунок використання оптимальних за критерієм мінімуму витрат електроенергії часів ходу по перегонах і режимів ведення потягу [1–3].

Мета роботи. Розробка програми оптимізації руху електропотягу метрополітену за критерієм мінімальних витрат електроенергії із мережі.

Матеріал і результати дослідження. Сучасний тяговий електричний рухомий склад використовує тяговий привід на асинхронних двигунах, який реалізує режим рекуперативного гальмування. Впровадження рекуперації дозволяє отримати значну економію електроенергії на тягу потягів. При застосуванні ємнісних накопичувачів енергії можна максимально використовувати енергію рекуперації при гальмуванні. Ефективність використання енергії рекуперації, в свою чергу, значною мірою залежатиме від вибору місця установки ємнісних накопичувачів енергії в системах тягового електропостачання метрополітену [4].

Перевагою аналітичних методів оптимізації режимів ведення потягів є достатня швидкість розрахунків, що дозволяє використовувати їх на борту рухомого складу при попередніх розрахунках програм руху для систем автоведення потягів. Недоліком аналітичних методів оптимізації режимів ведення потягів є відсутність можливості точного моделювання об'єкта управління. Використання чисельних методів оптимізації режимів ведення потягів дозволяє усунути вказані недоліки аналітичних методів, але при цьому потрібен більший час виконання завдання на ЕОМ.

В [5] на основі принципу оптимальності Белмана представлений алгоритм вибору оптимального режиму ведення потяга при електричній тязі за критерієм мінімуму приведених витрат. На основі методу динамічного програмування викладено швидкодійний алгоритм побудови оптимальних кривих руху потяга для виробництва варіантних тягових розрахунків з метою аналізу впливу різних факторів на витрати енергії і час ходу потяга [3, 6]. Швидкодія алгоритму забезпечується за рахунок того, що попередньо за відомими характеристиками локомотива і потягу для кожного цілочисленого значення ухилу профілю обчислюються значення прирощення часу та енергії, що входять до виразу з визначення критерію оптимізації.

Вхідними даними для розрахунків прийнято:

- мінімальне споживання електроенергії на тягу з урахуванням обмежень $A_{\text{спож.}} \rightarrow \min$;
- оптимальний закон руху потягу метрополітену;
- мінімальна ємність накопичувача.

Під оптимальним керуванням рухом потяга розуміється такий вибір послідовності режимів управління, який забезпечує мінімізацію критерію оптимальності при виконанні всіх обмежень, накладених на параметри руху і умови роботи тягового приводу. Під критерієм оптимальності розуміється кількісний показник, що характеризує прийняте рішення. У даному випадку приймається рішення – вибір управління рухом потяга. При розрахунку важливим є тривалість часу проходження ділянки шляху та споживання електроенергії, тому запропоновано математичний вираз розрахунку критерію оптимальності:

$$Q = \int_0^L (a_1 \cdot T_{\text{відн.}} + a_2 \cdot A_{\text{відн.}}) dL, \quad (1)$$

де $T_{\text{відн.}} = \left(\frac{t-T}{T} \right)^2$ – відносне значення часу на ділянці шляху; $A_{\text{відн.}} = \frac{A_{\text{мережі}}}{A_{\text{max}}}$ – відносне значення

електроенергії, що споживається з мережі; a_1, a_2 – вагові коефіцієнти; L – довжина ділянки шляху;

$A_{\text{мережі}} = A_{\text{спож.}} - A_{\text{накопл.}}$ – значення електроенергії мережі; $A_{\text{спож.}} = U \cdot I$ – значення споживаної електроенергії;
 $A_{\text{накопл.}} = \frac{U}{3600} \cdot \int_0^t Idt$ – значення накопиченої електроенергії.

Було розглянуто профіль шляху довжиною 775 м, який розділено на дві ділянки 577 м та 198 м відповідно. Заданий профіль колії між двома станціями наведений на рис. 1.

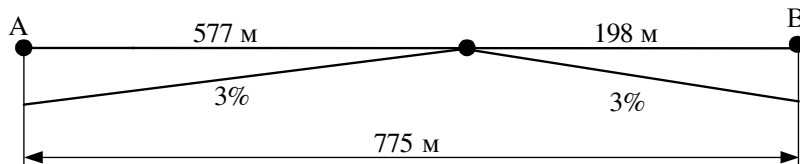


Рисунок 1 – Профіль колії між станціями

З метою автоматичного пошуку оптимальної траєкторії руху електропотягу в середовищі Matlab розроблено скрипт-файл. В якості початкових даних задано масив ухилів, масив можливих значень сили тяги на кожній ділянці шляху, розраховано швидкість руху потягу на кожній ділянці та час проходження ділянок.

Виходячи з початкових даних, розраховано значення критерію оптимальності траєкторії руху електропотягу на кожній ділянці шляху за виразом (1). Одержані залежності зміни критеріїв оптимальності для заданого профілю шляху наведено на рис. 2.

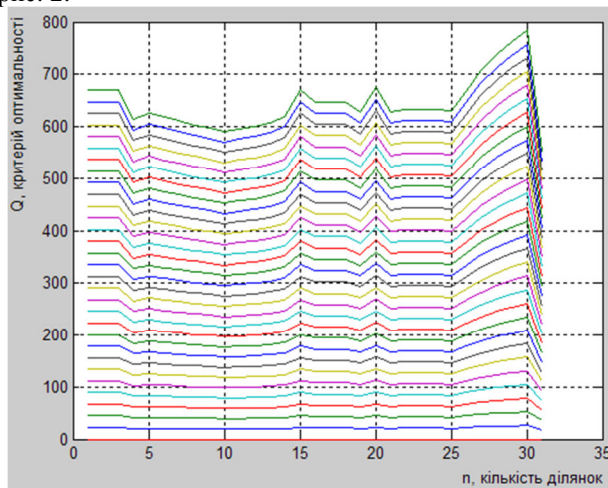


Рисунок 2 – Залежності зміни критеріїв оптимальності для заданого профілю шляху

Висновки. Одним з механізмів вирішення завдання економії енерговитрат на тягу потягів є використання оптимальних режимів управління рухом потягів. В роботі запропоновано математичний вираз для розрахунку критерію оптимальності, який враховує час перебування електропотягу на ділянці шляху та значення енергії, що споживається із мережі. Для побудови оптимальних режимів керування запропоновано використання методу динамічного програмування, який застосовано у розробленій комп'ютеризованій програмі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабичков А. М. Тяга поездов и применение специализированных электронных вычислительных машин для тяговых расчетов / А. М. Бабичков, В. Ф. Егорченко. – М.: Трансжелдориздат, 1962. – 263 с.
2. Гребенюк П.Т. Правила тяговых расчетов для поездной работы / П.Т. Гребенюк, А.Н. Долганов, О.А. Некрасов, А.Л. Лисицын. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.
3. Ерофеев Е.В. Выбор оптимальных режимов ведения на АЦВМ с применением метода динамического программирования / Е.В. Ерофеев // Труды МИИТ – Вып. 228, М. – 1967. – С. 16–30.
4. Колб А.А. Использование энергии рекуперации электротранспорта для управления качеством электроэнергии / А.А. Колб // Вісник КрНУ. – Кременчук: КрНУ, 2010. – Вып. 4/2010 (63), Ч. 1. – С. 98–102.
5. Сидельников В.М. Выбор оптимального режима управления локомотивом с использованием ЭЦВМ / В.М. Сидельников // Вестник ВНИИЖТ, №2, 1965. – С. 52–58.
6. Моисеев А.А. Автоматизированная система расчета оптимальных режимов движения поезда метрополитена / А.А. Моисеев // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 1992. – 193 с.

**КОМПЮТЕРИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК
СВІТЛОДІОДНИХ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ЛАМП**

О. Ю. Лещук, асп., В. В. Загорюлько, асп., А. І. Гладир, к.т.н., доц.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: leschuk_oleksiy@mail.ru

В. О. Шокур, директор

Публічне акціонерне товариство "Кременчуцький завод комунального устаткування"

вул. Красіна, б. 6, 39605, м. Кременчук, Україна, kzko@amper.com.ua

Вступ. На сьогоднішній день світлодіодні освітлювальні пристрої є найбільш економічними у порівнянні з люмінесцентними, галогенними та лампами розжарювання. Але широке їх впровадження стримується високою собівартістю світлодіодів та необхідністю використання спеціалізованого джерела живлення, від якого залежать електромагнітна сумісність з мережею живлення, енергетичні показники та експлуатаційні характеристики обладнання.

Мета роботи. Розробка дослідницького стенду для визначення експлуатаційних характеристик та параметрів спеціалізованого імпульсного блоку живлення світлодіодних освітлювальних приладів.

Матеріал і результати дослідження. Світлотехнічні характеристики світлодіодного обладнання (величина світлового потоку, його пульсація та інш.) залежать від стабільності напруги та струму, що надходить від спеціалізованого імпульсного блоку живлення (ІБЖ). Робота від ІБЖ дозволяє значно подовжити строк експлуатації світлодіодного устаткування та повністю визначає енергетичні параметри всього обладнання, його вплив на мережу живлення [1].

Якісні показники роботи пристроїв даного типу регламентуються міжнародними стандартами та нормативними документами (табл. 1), в яких визначаються наступні параметри: світлотехнічні – світловий потік, пульсації і т.д.; надійність; енергоефективність; електромагнітна сумісність (ЕМС); електробезпека; відповідність вимогам умов експлуатації – температурний діапазон, клас захисту ІР.

Таблиця 1 – Нормативні документи та вимоги до ІБЖ

№	Міжнародні стандарти	Назва
1	МЭК 60065	Вимоги безпеки
2	EN55015	Індустріальні радіоперешкоди від світлового електричного та аналогічного обладнання (ЕМС)
3	IEC 61000-3-2	Емісія гармонічних складових струму технічними засобами зі споживаним струмом не більше 16 А (в одній фазі)... (ЕМС)
4	IEC 61000-3-3	Обмеження зміни, коливання напруги в низьковольтних системах електропостачання для обладнання з номінальним струмом ≤ 16 А в одній фазі... (ЕМС)

Для перевірки енергетичних характеристик світлодіодного обладнання стенд для дослідження роботи ІБЖ повинен відповідати наступним вимогам: 1) можливість контролю температури нагріву блоку живлення та радіатора світлодіодної групи; 2) контроль параметрів вхідної напруги ($U_{вх}$) та струму ($I_{вх}$), активної (P), реактивної (Q) та повної (S) споживаної потужності, $\cos\phi$; 3) контроль вихідних електричних параметрів ІБЖ ($U_{вих}$, $I_{вих}$); 4) можливість автоматичної обробки інформації та формування звітною документації засобами персонального комп'ютера (ПК).

Відповідно до вимог розроблено дослідницьке устаткування, структурна схема якого представлена на рис. 1 та складається з наступних блоків:

1 – регулятор напруги живлення (ЛАТР – лабораторний автотрансформатор), що дає можливість регулювання амплітуди $U_{вх}$ ІБЖ;

2 – аналізатор параметрів мережі – мікропроцесорний пристрій, що здійснює вимірювання основних енергетичних параметрів ІБЖ ($U_{вх}$, $I_{вх}$, P, Q, S, $\cos\phi$);

3 – блок підключення досліджуваного ІБЖ;

4 – блок вимірювання вихідної напруги ($U_{вих}$) та струму ($I_{вих}$) ІБЖ;

5 – світлодіодні секції, змінна кількість яких визначає величину навантаження при дослідженні параметрів роботи ІБЖ;

6 – перетворювач інтерфейсу, який здійснює зв'язок та передачу інформації від блоку 2 до блоку 9;

7 – універсальний мікропроцесорний пристрій реєстрації вихідної напруги та струму ІБЖ, значення температури навколишнього середовища ($DT_3 - t_{н.с.}^{\circ}$), температури нагріву корпусу ІБЖ ($DT_1 - t_{ІБЖ}^{\circ}$) та температури нагріву радіатора світлодіодної секції ($DT_2 - t_{р.с.}^{\circ}$);

8 – перетворювач інтерфейсу, який здійснює зв'язок та передачу інформації від блоку 7 до блоку 9.

Вибір обладнання здійснено з урахуванням можливостей його об'єднання в одну вимірювальну систему, при мінімальній собівартості та максимальній точності отриманих даних. Використання аналізатора параметрів енергоспоживання ІМС-Ф1 фірми ОВЕН з вбудованим інтерфейсом зв'язку RS485 в поєднанні

перетворювачем інтерфейсу АС4 фірми ОВЕН та персональним комп'ютером дозволяє фіксувати наступні параметри $U_{вх}$, $I_{вх}$, P , Q , S , $\cos\phi$. Для реєстрації фактичного значення температури ІБЖ, температури світлодіодів, температури навколишнього середовища, вихідної напруги $U_{вих}$ та струму $I_{вих}$ обрано восьмиканалний пристрій контролю температури та величини вхідних аналогових сигналів з вбудованим інтерфейсом зв'язку RS232 (УКТ38-В), що з'єднано з ПК перетворювачами інтерфейсів АС3-М та АС4 фірми ОВЕН. Спеціалізоване програмне забезпечення дозволяє за рахунок обробки отриманих даних ($U_{вх}$, $I_{вх}$, P , Q , S , $\cos\phi$, $U_{вих}$, $I_{вих}$, $t_{ІБЖ}^0$, $t_{р.с.}^0$, $t_{н.с.}^0$) розрахувати вихідну потужність та коефіцієнт корисної дії (ККД) ІБЖ.

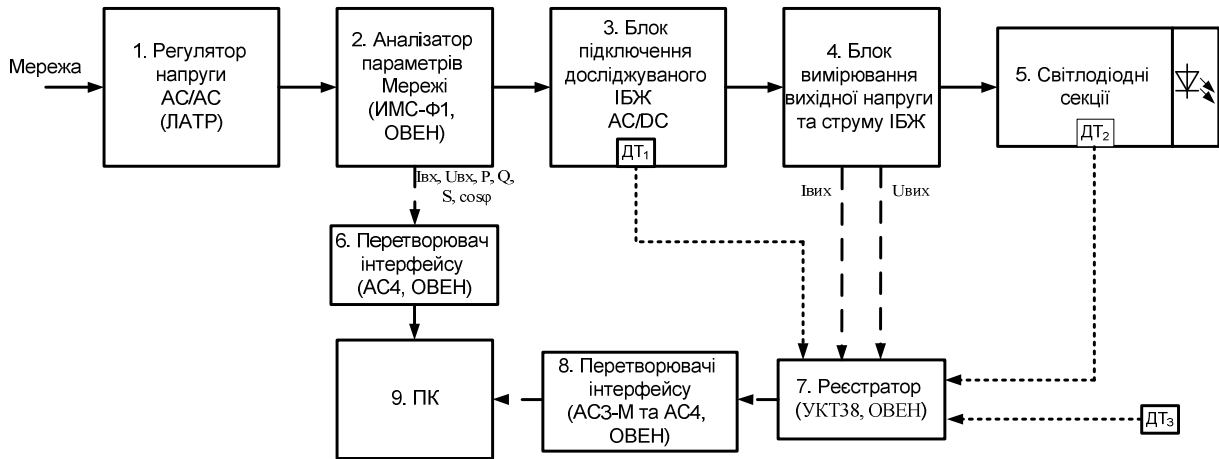


Рисунок 1 – Структурна схема комп'ютеризованого комплексу для дослідження роботи світлодіодного обладнання за різних умов експлуатації з поточним контролем основних параметрів системи

Час випробування енергетичних характеристик імпульсного блоку живлення світлодіодного освітлювального пристрою на дослідницькому стенді складає 5-10 хвилин. Випробування проводяться згідно наступної послідовності операцій:

1) робота ІБЖ за номінальних параметрів напруги живлення мережі та при підключення світлодіодних секцій відповідної номінальної потужності;

- реєстрація засобами ПК фактичних значень системи: $U_{вх}$, $I_{вх}$, P , Q , S , $\cos\phi$, $U_{вих}$, $I_{вих}$;
- автоматичний розрахунок вихідної потужності ($P_{вих}$) та коефіцієнту корисної дії (ККД) ІБЖ;

2) робота ІБЖ при зміні амплітуди напруги живлення в широкому діапазоні 170-240 В та номінального навантаження;

- реєстрація засобами ПК фактичних значень системи: $U_{вх}$, $I_{вх}$, P , Q , S , $\cos\phi$, $U_{вих}$, $I_{вих}$;
- автоматичний розрахунок вихідної потужності ($P_{вих}$) та ККД (η) ІБЖ (приклад вимірів представлено на рис. 2);

3) робота ІБЖ за номінальних параметрів напруги живлення та зміни навантаження (зміна кількості підключених секцій світлодіодів);

- реєстрація засобами ПК фактичних значень системи: $U_{вх}$, $I_{вх}$, P , Q , S , $\cos\phi$, $U_{вих}$, $I_{вих}$;
- автоматичний розрахунок вихідної потужності ($P_{вих}$) та ККД ІБЖ;

4) збереження результатів випробувань та формування звіту дослідження роботи ІБЖ.

При необхідності проведення випробувань максимально наближених до умов експлуатації час дослідження може досягати декількох годин, з одночасною реєстрацією зміни температури навколишнього середовища, температури корпусу ІБЖ та радіатора світлодіодних секцій.

Висновки. Розроблений комп'ютеризований стенд для дослідження параметрів роботи світлодіодного освітлювального обладнання надає можливість швидкого експериментального випробування спеціалізованого імпульсного блоку живлення, як основного елемента, що визначає енергетичні характеристики даного типу продукції.

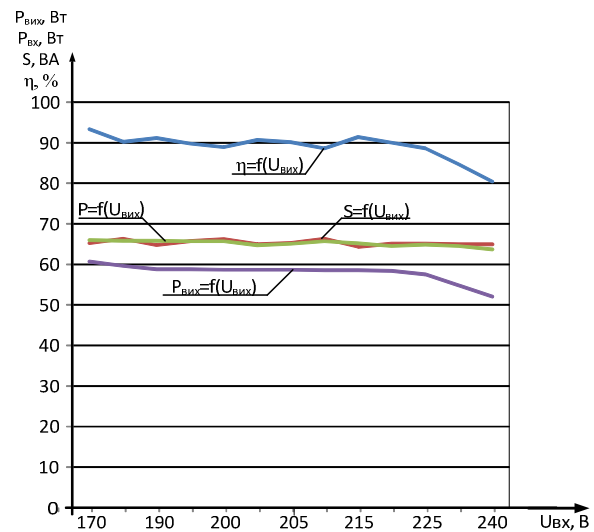


Рисунок 2 – Енергетичні характеристики $\eta=f(U_{вх})$, $P=f(U_{вх})$, $S=f(U_{вх})$, $P_{вих}=f(U_{вх})$

ЛІТЕРАТУРА

1. Раймонд М. Импульсные источники питания. М.: Додэка-XXI, 2008. – 272 с.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ РЕКУПЕРАТИВНОГО ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ПОВІТРЯНИХ ПОТОКІВ*

А. О. Довбиш, студ., І. С. Молодика, ас.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: saue1@kdu.edu.ua

Вступ. Повітряне середовище в якому знаходиться людина, представляє собою певний обсяг навколишнього повітря, склад і властивості якого безпосередньо впливають на фізіологічні процеси і підлягають гігієнічному нормуванню. Гігієнічно повноцінне повітряне середовище навчальних приміщень містить приблизно 21% кисню, 78% азоту, 0,04% діоксиду вуглецю, менше 1% складають озон, водень, гелій, неон, криптон, радон і аргон, водяна пара. Для створення сприятливих умов перебування і дотримання параметрів повітряного середовища відповідно санітарно-гігієнічних норм та правил, використовують вентиляційні системи [1]. При цьому, одним із основних пристроїв таких систем є рекуператори.

У рекуператорах відбуваються ізотермічні та адіабатні процеси. Ізотермічним процесом називають фізичний процес, під час якого температура не змінюється, відбувається достатньо повільно для того, щоб температура підтримувалася сталою завдяки теплообміну із середовищем. В адіабатному процесі температура змінюється, тобто адіабатним змішуванням повітряних потоків в пристроях називають термодинамічний процес при якому потік повітря з однією масовою витратою, має певний стан, який відповідає значенню абсолютної вологості і температури, змішується з іншим потоком повітря. Результатом змішування двох повітряних потоків є процес насичення повітряного потоку однієї масової витрати з іншою [1].

Актуальність дослідження повітряного середовища приміщення, зокрема пристроїв в яких відбувається адіабатне змішування повітряних потоків, у вентиляційній системі пов'язане з використанням енергії витяжного повітря зі зменшенням матеріаломісткості; забезпечення заданого температурного режиму в приміщенні; економія енергії в системах вентиляції за рахунок регенерації тепла.

Мета роботи. Підвищення ефективності роботи вентиляційної системи за рахунок використання енергії витяжного повітря.

Матеріал і результати досліджень. Об'єктом дослідження є система вентиляції в навчальній аудиторії. Система вентиляції встановлена у складному приміщенні, аудиторія складається з трьох викладацьких приміщень, двох навчальних аудиторій і додатково має коридор, сходи [2]. При проектуванні вентиляційної системи, яка працює в різні періоди року, необхідно подавати значну кількість припливного повітря. Якщо використовувати все приточне повітря з атмосфери при низьких температурах, то значно підвищуються затрати енергії на нагрів повітря. Щоб цього уникнути можна використовувати енергію витяжного повітря, яка виникає при рециркуляції та рекуперації. З цією метою було створено пристрій рекуперативного перерозподілу повітряних потоків. Рециркуляція повітря – це повторне використання відпрацьованого внутрішнього повітря, а рекуперація – це процес теплообміну, при якому тепло забирається від повітря, що видаляється з приміщення, і передається свіжому повітрю [3]. Використання в системі вентиляції пристрою рекуперативного перерозподілу повітряних потоків, з рециркуляцією дає можливість стабілізувати режим розподілу повітря в приміщеннях, об'ємом 30 м³ та 39 м³.

Пристрій має вигляд блоку прямокутної форми з отворами для підключення в гілку системи приточно-витяжної вентиляції. Кожух пристрою виготовлений з листової оцинкованої сталі. Розподілені повітропроводи мають діаметр $d=200$ мм. Пристрій має три дросельні заслінки, які виконують роль повітряних клапанів. Дві заслінки знаходяться на каналах припливної і витяжної вентиляції, а третя заслінка дає можливість відкривати і закривати отвір між припливною і витяжною вентиляцією. За допомогою розробленого пристрою перерозподілу повітряних потоків можна закривати заслінки припливної і витяжної вентиляції, чим змінювати кількість повітря, що поступає і виходить з приміщення. Для управління кутом відкриття заслінок (α) використовують один виконавчий електропривод Д-32.

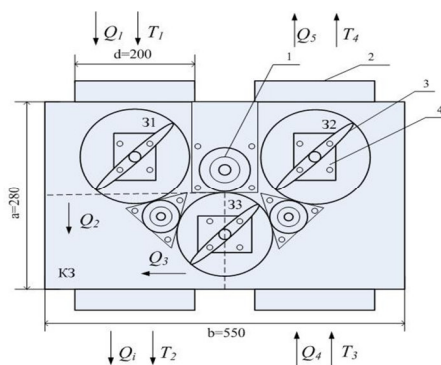


Рисунок 1 – Пристрій перерозподілу повітряних потоків

*Робота виконана під керівництвом к.т.н., доц. Перекреста А.Л.

На рис.1 представлено креслення пристрою перерозподілу повітряних потоків, та прийняті наступні позначення: 1 – електропривод, 2 – кріплення до вентиляційних каналів, 3 – заслінка, 4 – фланець кріплення, КЗ – камера змішування; Q_1 – вагова витрата повітря на вході витяжного каналу; Q_i – вагова витрата повітря, що надходить до приміщення; Q_4 – вагова витрата повітря на вході приточного каналу; Q_5 – вагова витрата повітря відпрацьованого повітря; T_1 – температура повітря на вході витяжного каналу; T_2 – температура повітря, що надходить до приміщення; T_3 – температура навколишнього середовища, на вході приточного каналу; T_4 – температура повітря відпрацьованого повітря.

Пристрій працює наступним чином. У вхідний отвір поступає приточне повітря з ваговою витратою Q_1 , проходячи через заслінку до камери змішування (КЗ). Одночасно через отвір до пристрою надходить відпрацьоване витяжне повітря з приміщення з ваговою витратою Q_4 . В камері змішування два повітряні потоки обмінюються тепловою енергією. Таким чином, до приміщення через вихідний отвір надходить свіже підігріте повітря Q_i . Через другий вихідний отвір виходить відпрацьоване повітря з ваговою витратою Q_5 . За допомогою електричного приводу всередині пристрою перерозподілу повітряних потоків можна змінювати кут нахилу заслінок всередині, чим дозволяє регулювати кількість приточного та витяжного повітря в системі вентиляції. Заслінки відкриваються повністю при використанні пристрою в теплий період року і прикривають під певним кутом, якщо застосовується в прохолодний період.

При відкритому положенні заслінок 31 та 32, заслінка 33 закрита, пристрій працює в режимі провітрювання, тобто $T_1 = T_2$ та $T_3 = T_4$. При закритому положенні заслінок 31 та 32 потік приточного повітря надходить до приміщення в повному об'ємі через відкриту заслінку 33, тобто $T_2 = T_3$. При зміні положення заслінок на певний кут α , який змінюється в діапазоні від 0 до 90°, утворюється певний простір для обміну тепловою енергією потоків Q_1 та Q_4 , так звана камера змішування. При змішуванні потоків повітря в камері з різними температурами, температура суміші визначається по формулі:

$$T_2 = \frac{Q_2 c_{p1} T_1 + Q_3 c_{p2} T_3}{Q_2 c_{p1} + Q_3 c_{p2}} \quad (1)$$

де Q_2, Q_3 – масові частки потоків, які змішуються, представляють собою відношення витрати потоків, що змішуються до сумарної витрати суміші:

$$Q_2 = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_{max}}; \quad (2)$$

$$Q_3 = \frac{Q_1 + Q_3}{Q_{max}}. \quad (3)$$

де c_{p1}, c_{p2} – масові ізобарні теплоємності холодного та підігрітого повітря, визначаються по рівнянню ізобарних теплоємностей ідеальних газів як постійної величини (в роботі повітря розглядається як двоатомний ідеальний газ з $\mu=28,96$ кг/моль). В даному випадку повітря має однакові масові теплоємності $c_{p1} = c_{p2} = 0,2402$ кал/г·град.

Так як ізобарні теплоємності всіх потоків однакові, отримаємо розрахунковий вираз для температури суміші в вигляді:

$$T_2 = Q_1 T_1 + Q_i T_2. \quad (4)$$

Після проведення експериментальних досліджень було виявлено, що зміна витрати повітря рівна $Q_i = K \cdot Q_{max}$, де K – пропорційний коефіцієнт (при $\alpha=45^\circ$, $K=0,35$). Вхідними даними є зміна температури навколишнього середовища $T_3=0,5,10,15$ °С, температура повітря на вході витяжного каналу $T_1=18$ °С враховуючи теплову енергію витяжного повітря отримали температуру, що надходить до приміщення T_2 . Тобто встановлено залежність температури від регулювання подачі повітря, від зміни кута відкриття заслінок пристрою:

$$T_2 = T_1 + \frac{Q_i(\alpha)}{Q_i(\alpha) + Q_{max}} T_3. \quad (5)$$

На рис.2 представлено графік зміни витрати повітря Q_i від відкриття заслінки α , враховуючи коефіцієнт K . На рис.3 представлено графік залежності температури, що надходить до приміщення T_2 від кута відкриття заслінки α .

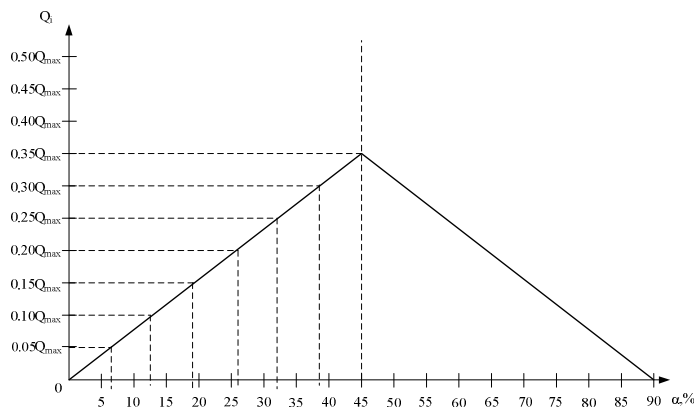


Рисунок 2 – Зміна витрати повітря при різних кутах відкриття заслінки

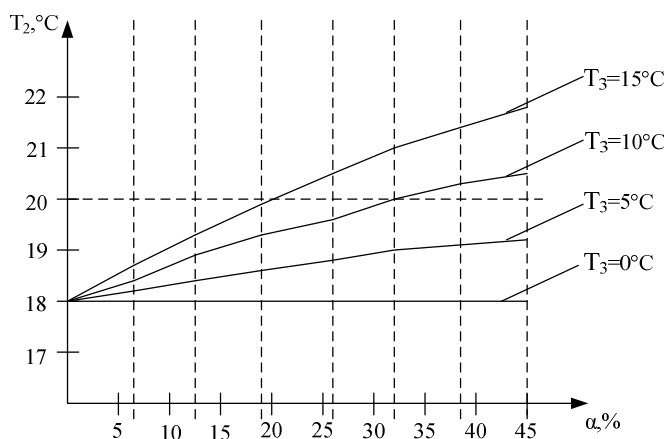


Рисунок 3 – Зміна температури при різних кутах відкриття заслінки

Із графіка залежності видно що, для підтримання оптимальної температури $+20^\circ\text{C}$ [2], необхідно відкрити заслінки на 20° при $T_3=15^\circ\text{C}$, або на 32° при $T_3=10^\circ\text{C}$. Даний пристрій для досягнення комфортних умов працює в діапазоні зміни зовнішньої температури $T_3 \in (8..15^\circ\text{C})$ при відкритті заслінки $\alpha \in (0..45^\circ)$.

Висновки. Застосування пристроїв рециркуляції в системах вентиляції вирішують ряд задач енергозбереження у системах вентиляції. При цьому питомі затрати зовнішньої енергії на нагрів припливного повітря зменшуються прямо пропорційно до зменшення витрат теплоти відпрацьованого повітря, що підлягають регенерації тепла після рециркуляції частини потоку та рекуперації теплоти в пристрої перерозподілу повітряних потоків.

Аналіз роботи системи керування вентиляцією дозволив математично описати роботу вентиляційної системи з використанням пристрою перерозподілу повітряних потоків.

Результати аналізу показують, що включення в математичну модель системи вентиляції пристрою перерозподілу повітряних потоків дозволить регулювати встановлення оптимальних мікрокліматичних параметрів в навчальному приміщенні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стефанов Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Стефанов Е.В. – Спб.: АВОК Северо-Запад, 2005. – 399 с.
2. Перекрест А.Л., Гула І.С. Система управління вентиляцією з підігрівом нестандартної навчальної лабораторії / Електромеханічні і енергозберігаючі системи №2/2012(18) – Кременчук, КрНУ, 2012. – С. 116-121.
3. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 2.04.05-91 – [чинний від 1992-01-01] – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 74 с.

*Робота виконана під керівництвом к.т.н., доц. Перекреста А.Л.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ СИСТЕМ ОТДАЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

А. В. Масливец, студ., А. Л. Перекрест, к.т.н., доц.

Кременчугский национальный университет имени М. Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: nasharil.ru@gmail.com

Введение. Задачи определения реальных параметров и состояния оборудования, снижения затрат и повышения безопасности решаются с помощью систем диспетчеризации [1, 2]. Такие системы позволяют избежать существенных экономических затрат и повышают скорость реакции на изменения в системе, что позволяет быстрее принимать правильные решения. Большое внимание уделяется построению систем диспетчеризации в различных отраслях промышленности, при автоматизации инженерных систем зданий и сооружений. Внедрение систем диспетчерского контроля и управления на распределенных объектах технологически связанных комплексов позволяет повысить технико-экономические показатели работы. Целью создания систем диспетчерского контроля и управления является своевременное выявление и ликвидация отклонений технологических параметров от заданных режимов, мониторинг работы системы в отдаленных зданиях и снижение материально-технических потерь за счет оперативного контроля.

Цель работы. Усовершенствование информационного обеспечения для оперативного контроля состояния тепловых систем группы потребителей с использованием общедоступной сети Интернет.

Материал и результаты исследования. В современных системах диспетчеризации, как правило, используется структура клиент-серверного обмена данными. Иначе говоря, есть “клиентская часть”, которая может быть в виде ПК с набором клиентских приложений, либо в виде системы сбора-передачи информации, и “серверная часть” – ПК с набором серверных приложений, который также может быть диспетчерским компьютером и иметь диспетчерские приложения.

Исходя из анализа существующих решений, были приняты следующие требования к системе удаленной диспетчеризации: высокая скорость обмена данными, низкая стоимость обслуживания, наличие Web-интерфейса (рис. 1), то есть отсутствие привязки к одному ПК.

Система теплоснабжения третьего корпуса КрНУ

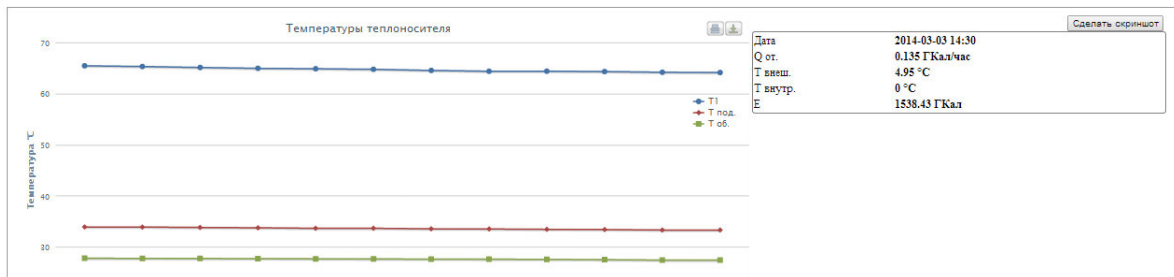


Рисунок 1 – WEB-интерфейс системы диспетчеризации

Web-интерфейс реализован с использованием современных веб-технологий. Для создания веб-приложения системы мониторинга и управления используются языки программирования JavaScript и PHP. В качестве языка разметки используется HTML, а для создания графиков данные, полученные с сервера, обрабатываются парсером с использованием библиотекой jQuery и отображаются в элемент canvas обновленного языка HTML - HTML 5. Для асинхронного обновления данных в браузере используется технология AJAX. С помощью этой технологии графики и таблицы с данными обновляются в автоматическом режиме с заданным интервалом.

На сегодняшний день был реализован функционал [3], который позволяет отслеживать показания счетчика и контроллера отдельных зданий в удобном формате: таблица или график. Так же имеется возможность отслеживать финансовые затраты на теплотребление отдельного здания, а так же возможность просмотра затрат энергии за произвольный период. Для современной системы мониторинга и управления тепловыми объектами этого недостаточно. Были реализованы структурные схемы администраторской (рис. 2), а также пользовательской (рис. 3) частей, описывающие возможности, которые будут реализованы в новой версии системы.



Рисунок 2 – Структурная схема администраторской части системы мониторинга тепловыми системами

Администраторская часть системы используется для управления системой мониторинга и позволяет вносить, изменять, добавлять данные в систему. Система авторизации позволяет отделить обычных пользователей системы от административной части, чтобы избежать внесение изменений в работу системы, которые могут привести к аварийной ситуации. Добавление, удаление и редактирование пользователей необходимо для выдачи прав новым пользователям для работы с системой, для

ограничения времени и запрета пользоваться системой вовсе. Система добавления и редактирования данных – это система, позволяющая вносить большие объемы данных в автоматическом режиме с объектов, в которых нет возможности автоматической записи в базу данных, а также в ручном, для внесения изменений в существующие данные, а так же добавления незначительных объемов новых данных.



Рисунок 3 – Структурная схема пользовательской части системы мониторинга тепловыми системами

Пользовательская часть состоит из главной страницы и страницы отдельного корпуса, которые отличаются своим интерфейсом и предоставленными данными.

На главной странице собрана общая информация системы. Кроме графических и информационных элементов, а так же системных данных о текущем потреблении тепла, в виде таблицы, на главной странице отображена схематическая карта города с зданиями, входящими в систему теплоснабжения КрНУ. На карте, возле каждого корпуса имеется световой индикатор, который оповещает о состоянии системы, а так же типе оборудования, используемого в отдельном корпусе. Динамическое мерцание индикатора – система исправна. Статическое состояние – корпус без системы регулирования или произошла поломка. Так же индикаторы различаются цветом, каждый из которых несет информацию об используемом оборудовании в корпусе.

Страница отдельного корпуса содержит информацию только касательного этого корпуса. На данной странице приведена основная информация по корпусу, фото, технические характеристики, текущие данные потребления энергии, температурные графики и графики потребляемой мощности, диаграммы с сравнительным анализом за различные периоды времени, относительно других корпусов, а также по группам зданий.

Выводы. Была проанализирована существующая система удаленной диспетчеризации. На основании анализа были выдвинуты требования к новой системе удаленного мониторинга и управления. На основе этих требований будет доработана существующая система диспетчеризации, которая обеспечит работу представленного функционала. Система имеет ряд изменений, которые направлены на улучшение представления данных и удобство работы с системой. Посредством Web-интерфейса клиент получает доступ к данным, а так же удобный удаленный способ управления системой мониторинга. Web-интерфейс показывает изменение расхода и потребления тепла во времени, а также позволяет вносить необходимые изменения в работу системы, на основе полученных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Системы диспетчеризации: основные виды и характеристики – Режим доступа: http://powergroup.com.ua/sistemi_dispatcherizatsii_osnovnie_vidi_i_charakteristiki.
2. Диспетчеризация теплоснабжения через интернет – Режим доступа: <http://80.240.100.86/kontar/>
3. Книжнік Є.Н., Перекрест А.Л., Маслівець А.В. Інформаційне забезпечення для віддаленого моніторингу теплоенергетичних об'єктів. Інженерні та освітні технології в електротехнічних і комп'ютерних системах. Кременчук, 2013. – Вип. 3/2013 (3). – С. 29-40.

**ПАРАМЕТРИ ТЕПЛОВОЇ РОБОТИ ВОДООХОЛОДЖУВАЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ
ЯК ДЖЕРЕЛО ІНФОРМАЦІЇ ПРО ХІД КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕСУ**

*В. С. Богущевський, д.т.н., проф., О. Е. Скачок, асп., В. Ю. Сухенко, к.т.н., М. І. Забайрацький
Національний Технічний Університет України "КПІ"
пр-т Перемоги, б. 37, 03056, м. Київ, Україна, e-mail: sskachok@gmail.com*

Вступ. Успішне керування будь-яким процесом визначається якістю зворотного зв'язку. Таким зворотним зв'язком в киснево-конвертерному процесі є швидкість зневуглецювання. Визначається вона за хімічним аналізом і витратою газів, що відходять з конвертера [1]. При використанні цього методу виникають труднощі, що зв'язані з експлуатацією пристроїв очищення газів, які подаються на аналіз і практичною неможливістю здійснити вимірювання витрати газів у тому місці, де вони відбираються на аналіз.

Відомо, що в порожнині кисневого конвертера окислюється тільки 10 % CO, яке виділяється з ванни. Від допалення повітрям продуктів неповного окиснення вуглецю ванни над горловиною конвертера утворюється факел полум'я. Індикатором потужності цього тепловиділення може слугувати тепло, яке сприймає водоохолоджувальне устаткування конвертера – киснева фурма, кесон, екрани газоходу охолоджувача конвертерних газів (ОКГ), що працюють як теплообмінні апарати [2]. З деяким припущенням можна прийняти, що поверхнева потужність теплового потоку на фурмі й кесоні або при стабільній витраті охолоджуючої води температурний напір пропорційний миттєвій кількості CO, що допалюється при відповідних температурних умовах процесу. У свою чергу, витрата CO в порожнині конвертера пропорційна швидкості зневуглецювання ванни. Таким чином теплові характеристики фурми і кесона є непрямими показниками швидкості зневуглецювання в процесі продувки.

Дослідження проводились в Національному технічному університеті України "КПІ" по темі "Модель керування конвертерною плавкою по енергозберігаючій технології", Державний реєстраційний номер 0112U003476.

Мета роботи. Дослідити зв'язок між параметрами роботи водоохолоджувального устаткування конвертера й основними процесами, що проходять у ванні: швидкості зневуглецювання, температури і шлакоутворення з метою управління процесом.

Матеріал і результати дослідження. Дослідження проводились на 160-тонних конвертерах. Температурний перепад на водоохолоджувальних елементах контролювався спеціальною термобатареею, що виготовлена із 16 хромель-копелевих термопар, що з'єднані послідовно з чутливістю $0,9 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$ [3].

У перший період продувки температурний перепад охолоджувальної води на фурмі й кесоні порівняно невеликий, що пояснюється низькою швидкістю зневуглецювання і переважним окисненням силіцію й мангану.

У середній фазі продувки, коли швидкість зневуглецювання досягає найбільшого значення, температурний перепад також максимальний. В останньому періоді продувки температурний перепад зменшується, що визначається зниженням швидкості зневуглецювання. Таким чином, характер зміни температурного перепаду на водоохолоджувальних елементах відповідає динаміці зневуглецювання ванни.

Система контролю є інерційною. Можна зробити висновок про те, що температурний перепад охолоджувальної води на кесоні тісніше зв'язаний із швидкістю зневуглецювання (коефіцієнт кореляції $r = R_{\Delta t, v_c} |_{\tau=0} = 0,965$) має менше запізнення ($\Delta\tau = 0,67 \text{ хв.}$) ніж перепад на фурмі ($r = R_{\Delta t, v_c} |_{\tau=0} = 0,825; \Delta\tau = 1,3 \text{ хв.}$). При цьому час чистого запізнення для фурми складає 10 с, для кесона 30 с.

На початку продувки швидкість зростання температурного перепаду і теплове навантаження на фурму для плавки без брукху вищі, ніж з брукхом. Це пояснюється більш холодним ходом плавки з брукхом. При цьому, невивантаження тепла компенсується горінням заліза ванни, що, в свою чергу, призводить до зменшення ступеня використання кисню дуття.

Швидке розплавлення легковагового брукху призводить до різкого збільшення потужності охолоджувального ефекту металевої завалки в початковий період продувки. Це обумовлює низькотемпературний хід плавки із відповідним технологічним відхиленням в частині переокислення шлакової фази, що в подальшому може привести до викидів металу і шлаку.

Відомо, що масова частка вуглецю у ванні при частках нижче критичних пропорційна швидкості зневуглецювання або коефіцієнту використання кисню на окиснення вуглецю [4]. Тобто поточне значення температурного перепаду можна використати для визначення моменту закінчення продувки на заданому вмісті вуглецю.

Емпірично встановлено, що частка вуглецю в металі зворотно пропорційна перепаду температури, що відповідає моменту припинення продування

$$C_m = \gamma \delta\tau, \quad (1)$$

де C_m – масова частка вуглецю в металі у кінці продувки, %; γ – коефіцієнт, що дорівнює для об'єкта дослідження $0,62 \text{ \%} \cdot ^{\circ}\text{C}$; $\delta\tau$ – перепад температури в момент закінчення продувки, $^{\circ}\text{C}$. Тут коефіцієнт

АВТОМАТИЗАЦІЯ

кореляційного відношення $\eta = 0,682$; середнє квадратичне відхилення $\sigma = 0,032 \%$, достовірність коефіцієнта $P > 0,950$.

Співвідношення (1) використано для уточнення моменту повалки конвертера на заданій частці вуглецю.

Перепад температури води на фурмі є комплексним параметром, що відображає взаємозв'язані процеси зневуглицювання і нагрівання ванни. До тих пір поки спінена ванна не досягне фурми, підвищення температури води залежить головним чином від тепловіддачі газу. При збільшенні рівня шлаку й переходу продувки в режим зануреного струменя підвищується інтенсивність теплообміну між метало-шлако-газовою емульсією і фурмою. З цього часу температурний перепад води у більшому ступені характеризує температуру метала.

Динаміка формування в конвертері реакційноздатного гомогенного шлаку в значному ступені залежить від рідкорухливості (в'язкості), що, у свою чергу, регулюється шихтовкою плавки і параметрами режиму дуття. Неоптимальний вибір керуючих впливів призводить до утворення густих, гетерогенних шлаків з високими значеннями вмісту кремнезему і в'язкості. Такі шлаки утруднюють барботаж розплаву і під час продувки в режимі зануреного струменя й нашаровуються на водоохолоджувальну стінку фурми. Тобто за товщиною шлакового шару на поверхні фурми можна контролювати хід шлакоутворення.

Основним фактором, що обумовлює змінне запізнення температурної хвилі, є термічний опір $\delta_{\text{шл}}/\lambda_{\text{шл}}$ шлакового нашарування на зовнішній поверхні стінки фурми.

Температурний перепад охолоджувальної води на фурмі залежить від рівня ванни, тобто площі поверхні фурми, що контактує з метало-шлако-газовою емульсією, і температури останньої. Інтенсивний барботаж ванни, що зв'язаний з високою швидкістю зневуглицювання, приводить, з одного боку, до підвищення рівня ванни і як наслідок до підвищення температури води на зливі фурми, а з іншого, – до зниження частки оксидів заліза шлаку.

Для плавок з однаковими значеннями маси брухту в завалку, відстані торця фурми до рівня спокійної ванни і кінцевого вмісту вуглецю був досліджений зв'язок середнього перепаду температури води на кесоні, який віднесений до об'єму дуття на продувку, і сумарної частки оксидів заліза у кінцевому шлаку (рис. 1). Залежність пояснюється наступним: чим більше кисню йде на утворення оксидів заліза, тим менше його використовується на зневуглицювання, так як при цьому зменшується температурний перепад води, що охолоджує кесон.

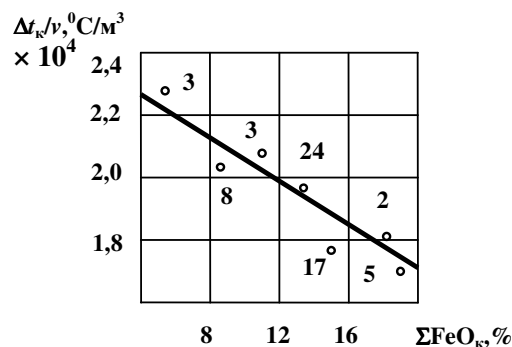


Рисунок 1 – Зв'язок середнього за продувку питомого температурного перепаду води, що охолоджує кесон, і сумарної масової частки оксидів заліза в кінцевому шлаку. Цифри біля крапок – кількість плавок;

$$(r = -0,726; \sigma = 0,41 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}^3; P > 0,990)$$

Висновки. Контроль вихідних параметрів плавки з використанням інформації про температурний перепад води на водоохолоджувальних елементах супроводжується значним впливом на процес теплообміну неконтрольованого осідання пилу і настилоутворенні на зовнішній поверхні нагріву, а також утворення накипу на внутрішній поверхні.

Використання інформації про температурне розширення екрана під'ємної частини ОКГ для ідентифікації вихідних параметрів підвищує контроль, так як зменшує вплив неконтрольованої інформації [5].

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: Підручник / Д.Ф. Чернега, В.С. Богушевський, Ю.Я. Готвянський та ін.; За ред. Д.Ф. Чернеги, Ю.Я. Готвянського. – К.: Вища школа, 2006. – 503 с.
2. Богушевський В.С., Жук С.В., Зубова Е.Н. Параметри отходящего газа как индикаторы массо- и теплообменных процессов в ванне конвертера // Металл и литее Украины. – 2012. – № 7. – С. 16 – 20.
3. А.с. 532628 СССР, МКИ² С 21 С 5/30. Устройство для контроля теплового потока / В.С. Богушевский, С.К. Соболев, Н.А. Сорокин, Е.И. Беляев, В.А. Ясинский, 1976.
4. Богушевський В.С., Сухенко В.Ю., Сергеева Е.А. Математическая модель управления дутьевым режимом конвертерной плавки // Известия вузов. Черная металлургия. – 2011. – № 8. – С. 24 – 25.
5. Богушевський В.С., Зубова К.О., Сухенко В.Ю. Замкнута система керування температурним режимом конвертерної плавки // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – № 5/3 (59). – С. 7 – 9.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОМИШЛЕННОГО ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

*Б. М. Горкунов, д.т.н., проф., С. Г. Львов, к.т.н., доц., А. А. Тищенко, к.т.н., ассис., И. Б. Горкунова, асп.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
ул. Фрунзе, 21, 61002, г. Харьков, Украина, e-mail: lsg@kpi.kharkov.ua*

Введение. Современная промышленность с каждым годом предъявляет все более высокие требования к надежности приборов и установок, качеству и эффективности их работы, а также достаточно актуальными стали вопросы экономии металлов, борьбы с коррозией и износом деталей машин, поэтому необходимо развитие и совершенствование методов автоматизированного неразрушающего контроля. Поскольку необходимый комплекс эксплуатационных характеристик и ресурс изделий закладывается на стадии их производства, то чрезвычайно важным является контроль качества исходных материалов [1]. Именно контроль физико-механических свойств изделий на стадии изготовления должен являться первоочередным в реализации комплексной программы диагностики объектов в процессе их эксплуатации, так как только в этом случае можно зафиксировать тенденцию изменения тех параметров, от которых зависит остаточный ресурс.

Цель работы. Разработка вихретокового метода контроля, позволяющего проводить автоматизированный контроль физико-механических свойств поверхностного слоя цилиндрических изделий в режиме реального времени.

Материал и результаты исследования. В зависимости от вида обработки поверхности для конкретных материалов известно время, по истечении которого на поверхности изделия формируется слой с необходимыми физико-механическими свойствами [2]. Это условие выполняется в случае бесперебойной работы обрабатывающих установок, отсутствия внешних влияющих факторов, субъективной составляющей и т.д. В противном случае, возможно, что по истечении заданного времени поверхностный слой изделия не приобретет требуемые физико-механические свойства, что, в свою очередь, приведет к тому, что необходимый комплекс эксплуатационных характеристик изделия не будет обеспечен.

Для исключения влияния технологических факторов на результат обработки изделия разработан метод вихретокового контроля поверхностного состояния изделий, который заключается в сравнении текущего E_{n+1} и предыдущего E_n значений выходных сигналов вихретокового преобразователя с обрабатываемым изделием, измеренных через заданные оператором интервалы времени, и определении расхождения β между ними из выражения:

$$\beta = \frac{E_{n+1} - E_n}{E_{n+1}} \cdot 100\% . \quad (1)$$

Если данное расхождение составляет менее 3%, то процесс обработки поверхности прекращается и можно говорить о том, что физико-механические свойства поверхностного слоя образца соответствуют значениям, указанным в технической документации для данного вида обработки и конкретного материала.

Процедура контроля осуществляется следующим образом: перед началом технологического процесса обработки поверхности измеряют выходной сигнал вихретокового преобразователя с изделием (E_n). Далее, для изделия, изготовленного из определенного материала, оператор выбирает интервал времени для прохождения изделием обработки поверхности t_3 , по истечении которого предполагается, что на поверхности изделия сформировался слой с определенными физико-механическими характеристиками.

Как известно, на начальном этапе обработки поверхности происходит резкое изменение физико-механических свойств изделия, что, в свою очередь, приводит к изменению электромагнитных характеристик изделия [3]. Следовательно, и выходной сигнал преобразователя с изделием, прошедшим поверхностную обработку, изменяется значительно, т.е. значение $\beta \approx 10 - 20\%$. По истечении заданного времени измеряют выходной сигнал вихретокового преобразователя с изделием E_{n+1} и определяют значение расхождения β . Если $\beta > 3\%$, то процесс обработки продолжается дальше до t_{3+1} , в противном случае, при $\beta \leq 3\%$, процесс обработки прекращается.

Выводы. В работе предложен метод вихретокового контроля физико-механического состояния поверхности цилиндрических изделий, позволяющий создать автоматизированные микропроцессорные вихретоковые устройства и проводить контроль в режиме реального времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горкунов Б.М., Сиренко Н.Н., Тюпа И.В., Тищенко А.А. Моделирование вихретокового преобразователя для контроля поверхностных слоев металлических изделий // Вісник НТУ "ХПІ". – 2008. – №48. – С. 72–77.
2. Фетисов Г.П., Гарифуллин Ф.А. Материаловедение и технология металлов. – М.: Оникс, 2007. – 624 с.
3. Бакунов А.С., Мужижкий В.Ф., Попов Б.Е. Контроль механических свойств алюминиевых сплавов электромагнитным методом // Дефектоскопия. – 1995. – №2. – С. 61–67.

**АСУ КИСНЕВО-КОНВЕРТЕРНИМ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА СТАЛІ
У ЗАМКНеноМУ РЕЖИМІ**

С. В. Жук, к.т.н.

Національний технічний університет України «КПІ»

проспект Перемоги, 37, 03056, м. Київ, Україна, e-mail: juk_2006@ukr.net

Вступ. Автоматизована система управління киснево-конвертерним виробництвом сталі повинна функціонувати на основі моделі «систем - людина», в якій людині відводиться роль спостерігача з можливою опцією втручання в перебіг протікання плавки, якщо виникає така необхідність. Реалізація даного принципу дозволяє одночасно виключити людський фактор при прийнятті рішень під час плавки і контролювати систему на предмет збою в роботі. При розробці структури системи, яка реалізує вищезгаданий принцип, необхідно врахувати наступні моменти: технологічну і організаційну структуру управління об'єктом; територіальне розміщення технологічного обладнання, приміщень для розташування технічних засобів системи і постів управління; інформаційну потужність структурних одиниць об'єкту; вимоги до технічних характеристик системи; ієрархію керування конвертерним процесом; перспективи розвитку і модернізацію системи.

Мета роботи. Розробка дворівневої автоматизованої системи управління киснево-конвертерним процесом виробництва сталі у замкненому режимі.

Матеріал і результати дослідження. Система замкненого керування (рис. 1) реалізована на базі засобів обчислювальної техніки, а також інтерфейсних ліній зв'язку для передачі даних, що забезпечують розподілену обробку інформації і оперативне управління роботою конвертора.

В основі концепції створення замкненої системи покладена функціональна, структурна та інформаційна інтеграція. Функціональна інтеграція означає, що одні і ті ж продукти і концепції використовуються в одноподібній формі для реалізації всіх видів управління, включаючи логічне і регулююче управління. Структурна інтеграція передбачає входження всіх моделей в інтегровану АСУ ТП конверторної плавки. Інформаційна інтеграція розглядає систему автоматизації як частину загального обчислювального середовища на підприємстві, що робить інформацію одночасно доступною і розподіленою між різними користувачами.

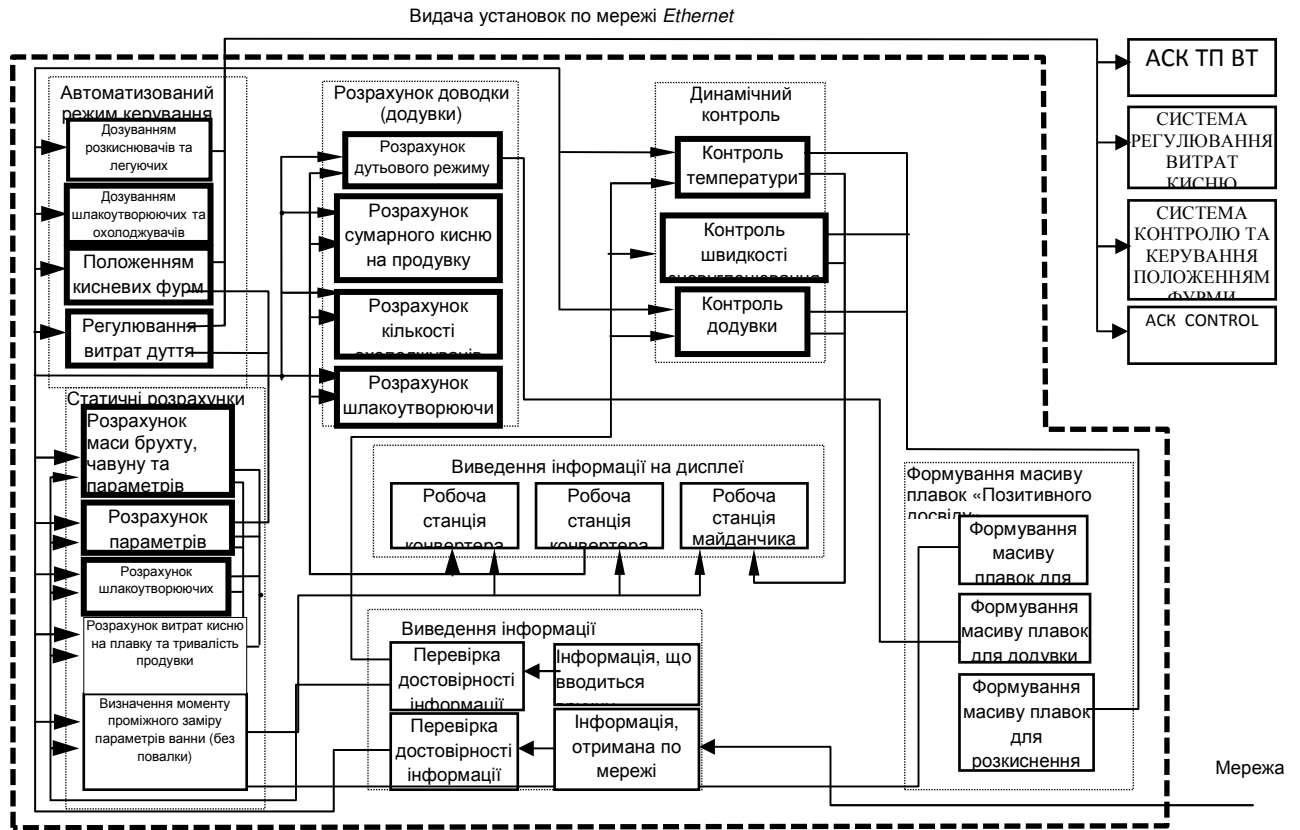
Враховуючи перераховані фактори, було прийнято рішення, що система, яка розроблюється, має бути дворівневою. Нижній рівень повинен забезпечити функцію збору, обробки, представлення інформації про поточні значення технологічних параметрів на екранах автоматизованих робочих місць (АРМ) і керування технологічним параметрами, а також передачу інформації на верхній рівень. Технічна побудова нижнього рівня включає відповідні засоби вимірювання технологічних параметрів і сучасні засоби обчислювальної техніки розподіленого типу, які забезпечують необхідні показники точності, швидкодії, надійності. Верхній рівень забезпечує централізований прийом інформації від нижнього рівня, її обробку, вирішення задач розрахунку і управління технологічним процесом, представлення інформації по управлінню і поточних значеннях технологічних параметрів на екранах АРМ, і передачу завдань по керуванню в локальні системи нижнього рівня. На верхньому рівні у відповідності до об'єму і рівня задач передбачений промисловий комп'ютер.

Система передбачає функціонування в режимі безперервної дії з регламентованою (назначеною) періодичністю операцій технічного обслуговування і ремонту. Критерієм працездатності замкненої моделі є забезпечення вирішення основних функціональних задач незалежно від працездатності окремих елементів. За відмову функції при розрахунках є миттєва відмова будь-якого елементу комплексу технічних засобів, які утворюють інформаційну чи управляючу ланку.

Технічне забезпечення замкненої моделі реалізує всі функції, передбачені технологічним процесом. Виходячи з цього розроблена комплексна структурна схема технічних засобів [1]. На нижньому рівні застосовуються: датчики абсолютних значень кута повороту багаторотальні з PROFIBUS DP для визначення кута повороту лебідки фурми типу FX2001-5QP24 фірми «SIEMENS», які забезпечують отримання інформації про поточне положення фурми, яка надходить на контролери; програмовані логічні контролери типу Quantum компанії «SCHNEIDER ELECTRIC»; контролер керування приводами механізмів тракту подачі сипких і тракту подачі феросплавів; контролер вимірювання параметрів плавки, газовідводу і газоочистки; комунікаційний контролер для зв'язку з інтелектуальними пристроями DIGITEMP, Multi – Lab.

Контролери включають: модулі введення/виведення, які призначені для підключення датчиків вимірювання технологічних параметрів, отримання необхідної технологічної інформації і видачі керуючих діянь і схеми управління фурмами; модулі зв'язку для шини PROFIBUS DP для прийому сигналу від датчика переміщення фурми типу FX2001-5QP24 фірми «SIEMENS»; мережевий модуль для підключення до Ethernet TCP/IP для зв'язку з іншими системами. Також даний модуль забезпечує можливість он-лайн програмування по мережі Ethernet; підтримку SNMP – протоколу для мережевого адміністрування; можливість високошвидкісних пересилки даних «точка до точки 2 з використанням інструкції MESSAGE; вмонтовані годинники реального часу; розширений набір математичних інструкцій (тригонометричні, ПД, дані з плаваючою точкою та ін.).

АВТОМАТИЗАЦІЯ



В структурі верхнього рівня, який реалізує модель, передбачені наступні структурні одиниці: сервер, робоча станція конвертера (РСК), робоча станція площадки (РСП), АРМ фурми конвертера. На верхньому рівні передбачена локальна мережа на основі Ethernet 10/100 Mb на базі екранованої витієї пари промислового виконання, яка є основним засобом зв'язку системи.

Для забезпечення міжконтролерного обміну (технологічні блокування) використовується мережа ControlNet на базі коаксіального кабелю. Мережа ControlNet являється швидкодіючою детермінованою дубльованою мережею реального часу.

Система складається з наступних модулів АСУ:

- АСУ ТП моделі шихтовки і продувки. Комп'ютерна частина моделі реалізована за рахунок програм та відповідних відеокадрів. Модель забезпечує: введення заданої марки сталі; розрахунок маси брухту та чавуну на плавку; розрахунок шлакоутворюючих, сипких, теплоносіїв і сумарного кисню на плавку; програма динамічного розрахунку прогнозованої маси рідкої сталі; програма динамічного розрахунку швидкості знеуглецювання і вмісту вуглецю у ванні конвертера при продувці та додувці; програма формування бази даних плавок позитивного досвіду; програма «Додувка»; програма формування масиву додувок плавок позитивного досвіду;
- АСУ ТП «Доза» з функцією формування уставок по дозуванню вихідних матеріалів киснево-конвертерної плавки;
- АСУ «Міксер» – дані по заданій масі і фактичному номеру ковша і масі чавуна в ньому;
- АСУ «Брухт» – дані по заданій масі і фактичному номері вагонетки, номеру короба, масі і складу брухту;
- АСУ «Керування фурмою»;
- АСУ «Контроль подачі інертних газів»;
- АСУ ТП Моделі розкиснення.

Висновок. Розроблена і реалізована АСУ ТП киснево-конвертерної плавки забезпечує дворівневе керування у замкненому режимі. Комп'ютерна модель керування забезпечує протікання процесу за рахунок програм розрахунків та форм представлення поточної інформації – відеокадрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Богушевський, В.С., Жук С.В., Зубова К.М. Технічні засоби замкненої моделі управління киснево-конвертерним процесом / Матеріали конференції з автоматичного управління "Автоматика – 2012". Київ, 26 – 28.09.2012. – К.: НУХТ, 2012. – С.156.

ФОРМУВАННЯ СИГНАЛІВ ПЕРІОДІВ КИСНЕВО-КОНВЕРТЕРНОЇ ПЛАВКИ

С. В. Жук, к.т.н., О. О. Капусняк, студ., Є. К. Бондаренко, студ.

Національний технічний університет України «КПІ»

проспект Перемоги, 37, 03056, м. Київ, Україна, e-mail: juk_2006@ukr.net

Вступ. Алгоритмізація конвертерного процесу виробництва сталі дозволяє ефективніше керувати конвертерною плавкою, а також підвищити якість готового продукту. Створення алгоритму формування сигналів періодів киснево-конвертерної плавки дозволяє виключити людський фактор із системи прийняття рішень, тим самим дозволяє до мінімуму скоротити можливість аварійної ситуації, і до максимуму підвищити якість та ефективність керування. В силу своїх фізіологічних особливостей, людина не здатна оперативного контролювати і аналізувати протікання технологічного процесу у всьому його різноманітті. Проте і система не може функціонувати безконтрольно. Тому роль людини в таких умовах зводиться до пасивного спостереження з можливістю втручання в перебіг процесу при необхідності.

Мета роботи. Розробка і реалізація способу формування сигналів періодів киснево-конвертерної плавки для виключення людського фактору із системи прийняття рішень.

Матеріал і результати дослідження. Відомі способи контролю технологічних операцій [1], при яких періоди технологічних операцій формуються введенням інформації вручну оператором конвертера. Внаслідок великого навантаження в багатьох випадках оператор вводить інформацію несвоєчасно, що негативно впливає на хід протікання конвертерної плавки та вимагає додаткового часу на її коректування.

Розроблений спосіб (рис. 1) передбачає контроль положення конвертера, моментів та періодів плавки, відповідно до циклограми: початок/кінець циклу плавки – завантаження брукху – заливання чавуну – початок продувки – переривання продувки – скочування шлаку – кінець продувки – початок додувки – кінець додувки – зливання сталі – зливання шлаку, а також тривалості окремих періодів, що дозволяє ігнорувати будь-які позиційні сигнали, які приходять в моменти, не відповідні положенню конвертера, послідовності надходження сигналів або мінімальній тривалості періодів.

При визначенні часу початку і закінчення технологічних періодів конвертерної плавки, разом з використанням відповідних дискретних сигналів від фотоголовок (заливання чавуну, зливання сталі, зливання шлаку), схем керування відкриванням/закриванням відсічного клапану і опусканням фурми/юбки конвертера (продувка/додувка), обов'язково аналізуються: ознаки попередніх технологічних операцій; кут повороту (положення) конвертера; тривалість технологічних операцій. При визначенні початку/закінчення продувки (додувки), крім того контролюються поточне значення положення фурми (H) і витрати кисню (v), для яких повинні виконуватися умови: $H < H_{max}$ та $v > v_{min}$.

Процес продувки може розпочатися тільки при наявності інформації про завантаження брукху (положення конвертера при завантаженні знаходиться в межах $320^0 - 340^0$, мінімальний час завантаження 2 хвилини, наявність попереднього сигналу початок циклу плавки), заливання чавуну (положення конвертера при заливанні знаходиться в межах $310^0 - 340^0$, мінімальний час заливання чавуну 2 хвилини, наявність сигналу від відповідного фотодатчика і попереднього сигналу завантаження брукху). Продувка (положення конвертера $\pm 1^0$, наявність попереднього сигналу «заливання чавуну», і сигналів про опускання фурми й відкриття кисневого клапану, а також виконання умови $H < H_{max}$ та $v > v_{min}$). Процес продувки в середньому триває τ_{cp} , наприклад, для конвертерів ємністю 160 т, 20 хвилин, при положенні конвертера $\pm 1^0$ та середній висоті фурми (1,0) м. Переривання продувки (наявність попереднього сигналу «продувка», сигналів про піднімання фурми й закриття кисневого клапану, мінімальний час 1 хвилина і виконанні умови – тривалість продувки менша за $0,8\tau_{cp}$). Скочування шлаку (положення конвертера $280 - 270^0$, мінімальний час 1 хвилина, наявність попереднього сигналу «переривання продувки» і сигналу від відповідного фотодатчика). Кінець продувки (наявність попереднього сигналу «продувка», сигналів про піднімання фурми, закриття кисневого клапану й зливання шлаку, мінімальний час 1 хвилина і виконанні умови – тривалість продувки більша за $0,8\tau_{cp}$, положення конвертера $280 - 270^0$, мінімальний час 1 хвилина). Додувка (положення конвертера $\pm 1^0$, наявність попереднього сигналу «кінець продувки», і сигналів про опускання фурми й відкриття кисневого клапану, а також виконання умови $H < H_{max}$ та $v > v_{min}$, мінімальний час 0,25 хвилини). Кінець додувки (наявність попереднього сигналу «додувка», сигналів про піднімання фурми, закриття кисневого клапану й заливання шлаку, мінімальний час 1 хвилина і виконанні умови – тривалість додувки більша за 0,25 хвилини, положення конвертера $280 - 270^0$, мінімальний час 1 хвилина). Зливання сталі (наявність попереднього сигналу «кінець продувки/додувки» і сигналу від відповідного фотодатчика, положення конвертера $60 - 100^0$, мінімальний час 4 хвилини). Зливання шлаку (наявність попереднього сигналу «зливання сталі» і сигналу від відповідного фотодатчика, положення конвертера $270 - 200^0$, мінімальний час 1 хвилина). Після закінчення зливання шлаку (наявність попереднього сигналу «зливання шлаку», положення конвертера $\pm 1^0 - 270^0$, формується сигнал «кінець поточного циклу/початок циклу наступної плавки».

АВТОМАТИЗАЦІЯ

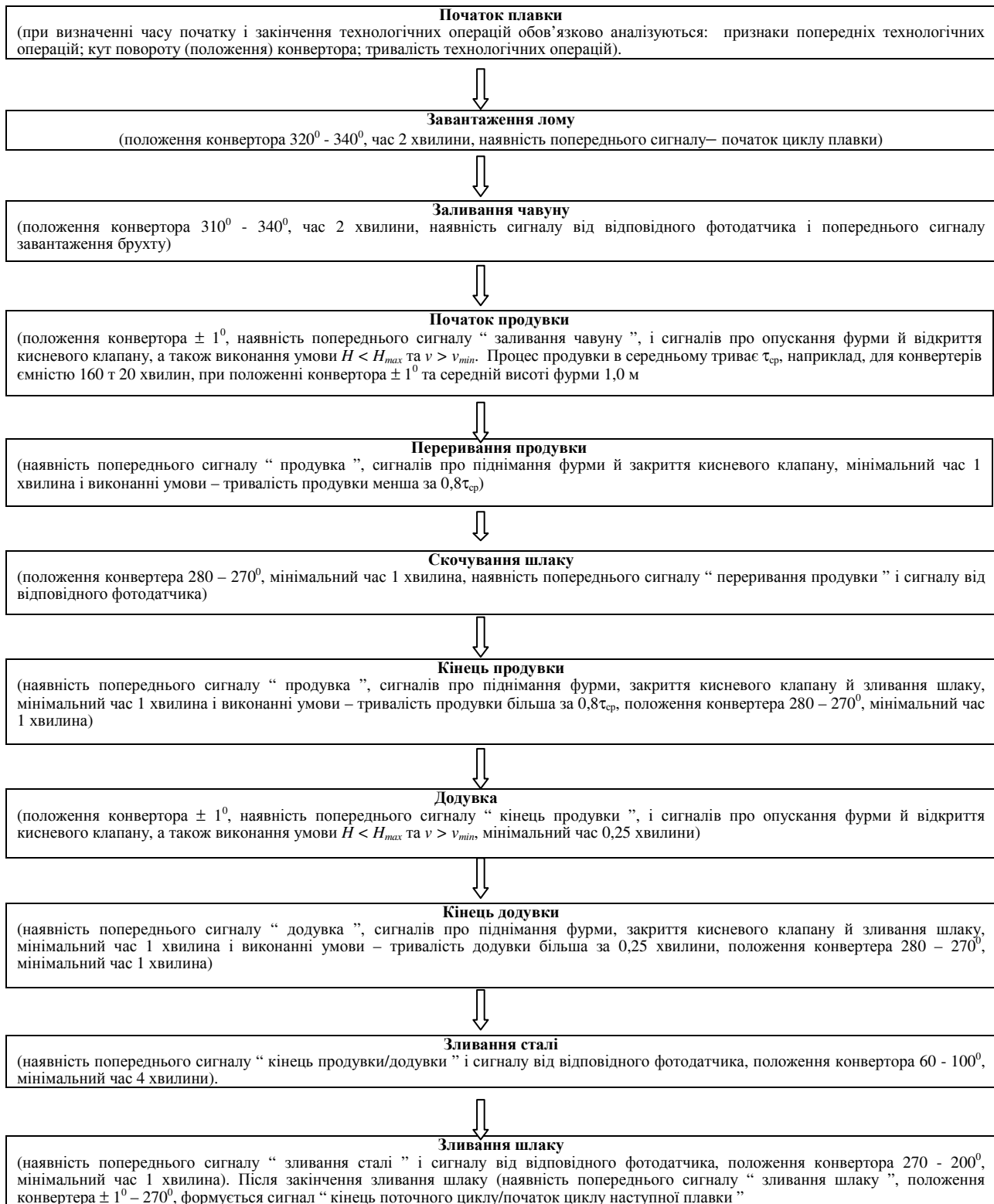


Рисунок 1 – Спосіб формування сигналів періодів киснево-конвертерної плавки

Висновки. Запропонований спосіб передбачає контроль усіх періодів конвертерної плавки, дозволяє точно визначити початок/кінець наступного періоду, врахувати всі припущення і похибки, які вносяться при вимірюванні параметрів та виключити суб'єктивний людський фактор із системи прийняття рішень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Богушевский, В.С., Рюмшин Н.А., Сорокин Н.А. АСУ ТП производства стали в конверторах – К.: Техника, 1991. – 180 с.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРИ КОНВЕРТЕРНОЇ ВАННИ

*С. В. Жук, к.т.н., К. П. Грабівський, А. І. Стецик
Національний технічний університет України «КПІ»
проспект Перемоги, 37, 03056, м. Київ, Україна, e-mail: juk_2006@ukr.net*

Вступ. Висока продуктивність і економічність – основні риси сучасних способів виробництва сталі, таких як киснево-конвертерні процеси з продувкою кисню зверху, через дно і з комбінованою донно– верхньою продувкою. Киснево-конвертерний процес в реальних виробничих умовах характеризується з однієї сторони, надто високим рівнем випадкових неконтрольованих збурень і занадто швидкою і нерегулярною зміною ряду визначаючих діянь, а з іншої – досить жорсткими вимогами до відтворення кінцевих результатів. Необхідне покращення управління технологічним процесом виробництва сталі можна забезпечити, по-перше, стабілізацією умов роботи сталеплавильного агрегату за основними вихідними параметрами, а по-друге, залученням в управління недоступної раніше оперативної інформації про стан об'єкту.

Мета роботи. Розробка методики розрахунку і контролю температури киснево - конвертерної ванни для отримання заданих значень по температурі та хімічному складі марок сталей, які виплавляються.

Матеріал і результати дослідження. Управління киснево-конвертерною плавкою будується на основі фізичних і фізико-хімічних закономірностей процесів, які протікають у конвертерній ванні, і тому в їх основі лежить детермінований підхід. Але так як скласти чисто детермінований алгоритм управління при існуючому рівні знань про сталеплавильні процеси неможливо, то частина коефіцієнтів визначається статистичним шляхом при ідентифікації моделі за результатами промислових плавок. Статичний детермінований алгоритм складається на основі законів збереження енергії і маси, і тому представляє собою сукупність балансових і детермінованих рівнянь. Статичний експериментально-статистичний алгоритм управління будується за допомогою методів математичної статистики, в якому залежність між величинами визначається статистичним шляхом. В статичних алгоритмах киснево-конвертерного процесу необхідно враховувати максимальну кількість зовнішніх діянь, як впливають на цільові діяння. Проте число таких діянь надто високе. Крім того, деякі з них здійснюють значний вплив на процес, але практично не піддаються достатньо точному автоматизованому контролю. Це, в першу чергу, відноситься до характеристик сталевого брухту, його хімічного складу, розмірів, зміни поверхні футерівки конвертера по ходу кампанії, а також хімічного і гранулометричного складу сипких матеріалів [1].

Розрахунок ведеться по тепловому і матеріальному балансу плавки. В приходній частині враховане фізичне тепло чавуну, тепло реакцій окиснення вуглецю, кремнію, заліза, фосфору і марганцю, тепло реакцій ошлакування вапна, а також тепло засвоєння добавок від випромінювання факелу. У витратній частині теплового балансу враховані тепловміст сталі, шлаку і газів, які відходять, теплові втрати через стінки конвертера, тепло яке виноситься разом з викидами і пилом, тепло яке витрачається на нагрів і плавлення сталевого брухту і дисоціацію окисів руди і окалини.

Розрахунок температури киснево-конвертерною плавкою включає наступні етапи:

- 1) Розрахунок швидкості вигорання домішок чавуну v_R (мангану, силіцію, фосфору) та об'ємних витрат кисневого дуття v_{O_2R} на їх окиснення:

$$v_R = \frac{m_{\text{ч}} \cdot 10^{-2}}{0,95 \Delta \tau_{\text{yR}}} \exp\left(-\frac{\tau}{\Delta \tau_{\text{yR}}(R_{\text{ч}} - \gamma R_{\text{м}})}\right), \quad (1)$$

$$v_{O_2R} = \frac{10 b V_m m_{\text{ч}}}{0,95 a A_R \Delta \tau_{\text{yR}}} \exp\left(-\frac{\tau}{\Delta \tau_{\text{yR}}(R_{\text{ч}} - \gamma R_{\text{м}})}\right), \quad (2)$$

де $m_{\text{ч}}$ - маса чавуну, т; V_m – молярний об'єм ідеального газу при нормальних умовах, рівний 22,4 м³/кмоль; A_R – атомна маса елемента, що окислюється, кг/кг-атом; $\Delta \tau_{\text{yR}}$ – питоме значення постійної часу перехідного процесу окиснення елемента, хв/%; $R_{\text{ч}}, R_{\text{м}}$ – масова доля елемента, що окиснюється відповідно в чавуні і металі, %; $\gamma = 0,9$ – коефіцієнт, який характеризує угар елементів чавуна і рівний відношенню маси металу, який виплавляється до вихідної маси чавуну [2]; R ($R \in \text{Si, Mn, P}$).

- 2) Розрахунок об'ємних витрат кисневого дуття, яке йде на окиснення заліза:

$$v_{O_2\text{Fe}} = v \gamma_2 (1 - \gamma_3) - v_{\text{c}} \left[\frac{22,4}{12} + (1 - \gamma_{\text{CO}}) \frac{22,4}{24} \right] 10^3 - v_{O_2\text{Si}} - v_{O_2\text{Mn}} - v_{O_2\text{P}}, \quad (3)$$

де γ_{CO} – ступінь допалювання СО в СО₂ у порожнині конвертора; γ_2 – вміст кисню в дутті, частки одиниці; γ_3 – умовно- постійна величина, яка характеризує ступінь використання кисню, частки одиниці.

- 3) Розрахунок масової швидкості вигорання заліза:

$$v_{\text{Fe}} = v_{O_2\text{Fe}} \frac{56 \cdot 2}{22,4}, \quad (4)$$

- 4) Розрахунок теплового потоку, який зумовлений втратою на нагрів активного шару футерівки конвертера по ходу продувки:

$$q_{\text{аш}} = -2 \lambda_{\text{ф}} \Delta t_* \left| x = 0 \sqrt{\frac{2 \pi^3}{60 a_{\text{ф}} \bar{\tau}_{\text{пл}}}} R_{\text{ф}} L \cos\left(2 \pi \frac{0,5 \bar{\tau}_{\text{пл}} + \tau}{\bar{\tau}_{\text{пл}}} + \frac{\pi}{4}\right), \quad (5)$$

де $\lambda_{\text{ф}}$ – теплопровідність футерівки, яка для смолодоломітової футерівки дорівнює 3,53 Вт/(м·К); $\Delta t_*|_{x=0} = \frac{t_3^c - t_4}{2}$ амплітуда коливань температури на вогневій поверхні футерівки, °С; t_3^c – задана температура сталі, °С;

α_{ϕ} – коефіцієнт температуропровідності футерівки, який дорівнює для смолодоломітової футерівки $0,73 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\overline{\tau_{пл}}$ – середня тривалість плавки, хв; τ – поточний час плавки, який відраховується від початку простою, хв; R_{ϕ} – поточний внутрішній радіус футерівки, м; L – довжина еквівалентної циліндричної футерівки, м.

5) Розрахунок теплового балансу в газоході:

$$c_r(v_{CO} + v_{CO_2} + 10^{-3}\rho_{пов.0}v_{пов.0} - \gamma_{CO}v_c \cdot \frac{32}{2 \cdot 12})(t_{фак} - t_r) = \frac{60}{10^3}(1 + \gamma_{oc})(q_k + q_r), \quad (6)$$

де c_r – середня питома теплоємність продуктів згорання газу, кДж/кг·К; $v_{CO} = \gamma_{CO}v_c \cdot \frac{28}{12}$ – масова витрата оксиду вуглецю із конвертера, т/хв.; $v_{CO_2} = (1 - \gamma_{CO})v_c \cdot \frac{44}{12}$ – масова витрата діоксиду вуглецю з конвертера, т/хв.; $\rho_{пов.0}$ – щільність повітря при нормальних фізичних умовах, рівна 1,293 кг/м³; $t_{фак}$ – температура факелу полум'я в під'ємному газоході, °С; γ_{oc} – коефіцієнт, який характеризує втрати в оточуюче середовище і рівний 0,015 для ОКГ з допалюванням і 0,005 без утилізації теплоти; $q_k = C_{H_2O}v_{H_2O}\Delta t_k$ – тепловий потік, який сприймає кесон, кВт; C_{H_2O} – середня питома теплоємність води, яка охолоджує, рівна 4,19 кДж/(кг·К); v_{H_2O} – масова витрата води, яка охолоджує кесон, кг/с; Δt_k – температурний перепад води, яка охолоджує кесон, °С; $q_r = K_1\Delta l$ – тепловий потік, який сприймає поверхня нагріву екранних труб підйомного газоходу ОКГ, кВт; K_1 – коефіцієнт пропорційності, кВт/мм. Δl – температурне лінійне розширення екранних труб підйомного газоходу, мм.

6) Розрахунок швидкості зневуглецювання конвертерної ванни:

$$v_c = 10^{-3} \frac{2 \cdot 12}{22,4} \left[v\gamma_{чд}(1 - \gamma_{вд}) - 10^3(1 - \gamma_{CO})v_c \times \frac{22,4}{2 \cdot 12} - 10^3v_{Fe} \cdot \frac{22,4}{2 \cdot 56} \right], \quad (7)$$

де v_c – масова швидкість зневуглецювання ванни, т/хв.; $\gamma_{чд}$ – коефіцієнт, який характеризує чистоту дуття; $\gamma_{вд} = 0,01$ – коефіцієнт, який враховує втрати дуття; γ_{CO} – масова частка вуглецю ванни, яка окиснилася до СО в порожнині конвертера за рахунок кисню дуття, яка чисельно співпадає із значенням об'ємної частки; v_{Fe} – масова швидкість окиснення заліза ванни, т/хв.

7) Розрахунок зміни температури ванни в динаміці по ходу продувки конвертерної ванни:

$$v_t = Q_{CO}v_c + (Q_{CO_2} - Q_{CO})(1 - \gamma_{CO})v_c\gamma_{вт} + Q_{Fe}v_{Fe} - \frac{60}{10^3} [q_b(\psi) + q_{аш}]/cm_c, \quad (8)$$

де v_t – швидкість зміни температури ванни, К; Q_{CO} , Q_{CO_2} , Q_{Fe} – питомі нестандартні теплові ефекти хімічних реакцій утворення відповідних оксидів вуглецю та заліза в робочому просторі печі, кДж/кг; $\gamma_{вт}$ – коефіцієнт, який характеризує використання ванною теплоти від догорання СО в СО₂ в порожнині конвертера, рівний 0,7; v_{Fe} – швидкість вигорання заліза, т/хв.; $q_b(\psi)$ – потужність витрачена на розплавлення брухту певного виду по ходу продувки, кВт; $q_{аш}$ – тепловий потік зумовлений втратою на нагрів активного шару футерівки конвертера по ходу продувки, кВт; c – середня питома теплоємність рідкого металу при середній за продувку температурі, рівна 0,88 кДж/(кг·К); m_c – маса садки, що чисельно дорівнює масі чавуну і брухту на плавку, т.

8) Розрахунок температури конвертерної ванни:

$$t = t_n + \int_0^{\tau_{мп}} \vartheta_t dt, \quad (9)$$

де t_n – початкове значення температури ванни.

Експериментальна перевірка моделі і алгоритму контролю температури конвертерної ванни, основою якої є запропонована методика, показала задовільне відображення системою процесів, які протікають у ванні конвертера. Алгоритм дозволяє безперервно по ходу продувки контролювати швидкість зневуглецювання, зміну температури і окиснення заліза. Використання алгоритму контролю температури дозволило збільшити кількість плавок, які попадали в задані межі по вуглецю і температурі відповідно з 65 до 80 % та з 40 до 80 %, а кількість плавок, які одночасно попадали у задані межі по вуглецю і температурі зросла з 35 до 60 %.

Висновки. Розроблена методика розрахунку включена до алгоритмів контролю, які проходили апробацію у складі АСУ ТП в умовах 160-тонного конвертера ПАТ «АрселорМіттал, Кривий Ріг». Дослідження методу контролю температури конвертерної ванни, що заснований на балансових і кінетичних залежностях процесу показали, що алгоритм дозволяє контролювати, як абсолютні значення температури, так і швидкості її зміни в процесі продування. Впровадження алгоритму контролю температурою конвертерної ванни дозволяє зменшити кількість плавок, які випускаються з додувкою, що дає змогу економити енергетичні і матеріальні ресурси.

ЛІТЕРАТУРА

1. Богушевский В.С., Литвинов Л.Ф., Рюмшин Н.А., Сорокин В.В. Математические модели и системы управления конвертерной плавкой – К.: НПО «Киевский институт автоматизи», 1998. – 304с.
2. Богушевский, В.С., Рюмшин Н.А., Сорокин Н.А. АСУ ТП производства стали в конвертерах – К.: Техника, 1991. – 180 с.

**DEVELOPMENT OF RESEARCH COMPLEX FOR STUDY
THE PRINCIPLES OF MANUFACTURING PROCESS AUTOMATION USING ZENON SCADA SYSTEM***

I. Koval, stud.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyy National University

20, Pershotravneva str., 39600, Kremenchuk, Ukraine, e-mail: triada9111@rambler.ru

Introduction. Highly wide group of technical devices need conformal rotation in two or more axis, co-phase position of elements in the translational or rotary movement, supporting preset speed and positioning accuracy. Such demands are typical for mechanisms in many branches of industry. As an example, it could be named the hydraulic facilities (water gate, lock gate and drawbridge), the bridge cranes with a big extant between distance foets, the rotation machines of printing industry, the hackles of weaving industry, the ramps for launching ships, the marine propellers and others. These mechanisms in most cases has limited feasibility, their control and parameters adjustment is done helping big number of mechanical transmissions, which leads to decrease of work process parameters, its reliability, universality and so on.

The one of the most convenient methods for improvement of such systems is implementation of speed-controlled electric drives, which could work with equal effectiveness in every four quadrants. In most cases electric drive system is built basing upon squirrel-cage induction motor. Rush development of electromechanical translating equipment has lead to wide usage of frequency converters (FC), which makes possible energy effective control of IM. A range of simple operational equipment, which determines just holding of steady working conditions, could use simply pre-set FC functions. More complex mechanism use modern automation facilities, namely sensors, controllers, programmable relays and other. In a word, they determine control of entire controlling process, which provides desired quality of operational process. The use of novel technologies leads to decrease of mechanical transmissions, which are necessary for supplying desired operation and the possibility of operational process automation is appears.

Among described processes special attention deserves automation of fiber-glass tubes winding. A lot of works are devoted to this problem [1–7], so this task is a subject of main interest for training electromechanical students to a basis of creation automated electric drive systems with conformal rotation.

Purpose of work. The improvement of laboratory equipment for production of fiberglass tubes via creation of automated electric drive control system, its algorithms, mathematics, software in order to increase its precision and reliability.

Materials and results. The creation of electric drive conformal rotation systems is a main condition for proper processing of many technological mechanisms. To provide the required operational conditions, the important thing is taking into account all technological parameters and possible external influence and development of proper control system, which takes into account all these parameters.

As the upper level of technological process automation system, it could be used SCADA-system (Fig. 1), which provides: the data exchange between SCADA server and PLC, the processing and displaying real-time data, the database of controlled technological parameters changes and emergencies, the alarms signalization, the creation and edition of user interface for displaying technological process. In this work in order to control and display progress of work on a top level of automation system for fiberglass pipes production it was used SCADA-system Zenon 6.22 of Austrian Copa-DATA.



Figure 1 – The levels of automation process

*Work is done under the guidance of Cand. Sc. (Eng), Assoc. Prof. D. Mamchur

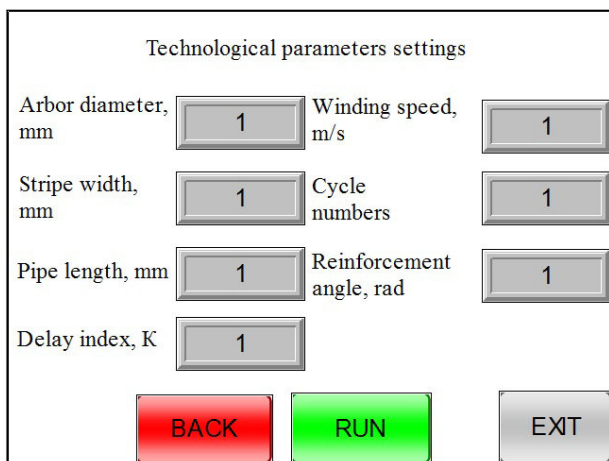


Figure 2 – Window task of process parameters

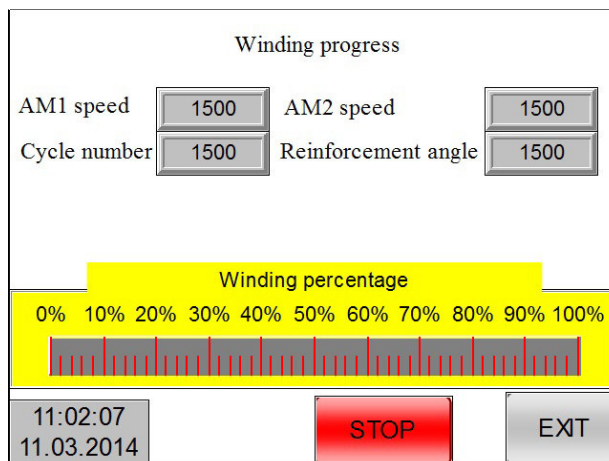


Figure 3 – Window display of the process of winding

The software interface for displaying winding technological process was developed. This software includes two windows: first one for setting desired technological parameters (Fig. 2); and the second one for displaying progress of winding (Fig. 3). Developed interface allows us to set the initial operational parameters, observe real-time winding process, track operation and predict emergencies, plan and follow the schedule of operational process. Developed equipment and programs for PLC and SCADA allow investigating fiber-pipes production process in order to improve technological process parameters and quality of production, and also studying the principles of development modern software for automation systems of typical industrial mechanisms.

A mathematical calculations and direct control of operational process is provided by programmable logic controller VIPA 214 SER. Program for controller was written using programming language STL related to IEC 61131-3 standard. Software for programmable logic controller were developed using Step 7 v 5.5 environment.

All developed equipment, software and PLC programs were experimentally tested basing on experimental laboratory set-up [8]. Verification showed possibility of successful implementation of the results of this work into electromechanical students' training program.

Conclusions. The timely science-practical task of development automated control system for conformal rotation of automated controlled electric drive system basing of the experimental set of equipment for fiber-glass pipes production was solved in this work. The mathematics describing winding process was developed and it was used as a basis for creation operational algorithms and software. Experimental verification of the laboratory set of equipment with developed software for PLC and SCADA showed correctness of provided calculations. Developed interface for visualization of winding operational process based on SCADA Zenon 6.22 allows you to remotely manage and monitor the operational process in real time.

Developed laboratory set of equipment along with software for controller and SCADA allow both investigation of fiberglass pipes production process in order to improve the operational parameters and production quality and also studying the principles of development the software for automation systems of typical industrial mechanisms.

REFERENCES

1. Tisne J. L., Bouvard J. Winding with thermoplastic polymers. 3rd Eur. Symp. Spacecr. Mater. Space Environ., Noordwijk, The Netherlands (ESASP 232), Nov. 1985, P. 173 – 178.
2. Виноградов В.М., Головкин Г.С., Горохович А.И. и др. Технология производства препрегов для ПКМ. Уфа, УГАТУ, 1995. – 92 с.
3. Щербаков В.Т., Рыбкина Е.Г. Конструкции и технология изготовления изделий из термопластичных композиционных материалов. Технология: межотр. н.-т. сб. Серия «Конструкции из КМ». М.: ВИМИ, 1992, № 1, С. 14–18.
4. Garret R.A. Effect of manufacturing defects and service-induced damage on the Strengh of aircraft composite structures. Comp. Mater.: Test, andDes. (7th Conf.) - Philadelphia, 1986, P. 5–82.
5. Гончаренко В.А., Палыга Р.Б. Оптимизация технологического режима послойного формования изделий из ТКМ. Технология: межотр. н.-т. сб. Серия «Конструкции из КМ». М.: ВИМИ, 1993, №1, С. 18–22.
6. Головкин Г.С., Павловский Д.В. Производство и переработка непрерывно армированных термопластов намоткой (обзор) // Пластические массы, 1997, №3, С. 42–48.
7. Сухарев В.А., Матюшев И.И. Расчёт тел намотки. М.: Машиностроение, 1982, – 98 с.
8. Лешук О.Ю., Хребтова О.А., Гладир А.І. Лабораторний комплекс для дослідження взаємопов'язаних частотно-регульованих електроприводів / Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених та спеціалістів “Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації”. Кременчук: КрНУ ім. М. Остроградського, 2011. – С. 113–114.

ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ, ЗАСОБІВ ВИМІРУ Й СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ В СУЧАСНИЙ ВЕНТИЛЯЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС

С. В. Сукач, доц., В. О. Мірошніченко, магістр.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: saue@polytech.poltava.ua

М. А. Кобилянський, інж. автоматизованих систем керування виробництва ПАТ Кременчук'ясо пров. Героїв Бресту, 48, 39601, Україна

Вступ. Основними пристроями по створенню комфортного і безпечного повітряного простору у приміщеннях є вентиляційні системи, які забезпечують своєчасне видалення шкідливих чинників та підтримують мікрокліматичні параметри повітря в приміщенні в регламентованих межах, застережених нормативними документами [1, 2].

У КрНУ ім. М. Остроградського на кафедрі «Системи автоматичного управління та електропривод» створено лабораторний комплекс, до складу якого входять вісім аудиторій, розміщених в напівпідвальному приміщенні. З метою підтримки нормованих параметрів повітряного середовища і створення безпечних умов роботи викладачів і студентів, а також проведення лабораторних і науково-дослідних робіт, розроблено і впроваджено в експлуатацію вентиляційну систему [3]. Але з швидким розвитком комп'ютерних технологій та засобів автоматизації виникла необхідність її модернізації, створення сучасного комп'ютеризованого вентиляційного комплексу.

Мета роботи. Вирішення завдання щодо інтеграції технічних пристроїв, засобів виміру й системи диспетчеризації в сучасний вентиляційний комплекс.

Матеріал і результати дослідження. З метою забезпечення комфортного та безпечного повітряного середовища в приміщеннях, проведення експериментальних досліджень, а також виконання лабораторного практикуму студентами, розроблено сучасний комплекс технічних засобів вентиляційної системи. У комплекс входить устаткування вентиляційної системи (датчики, засувки, перетворювач частоти та інші), засоби обчислювальної техніки, що включають персональний комп'ютер (ПК) із периферійним устаткуванням і програмним забезпеченням (рис. 1).

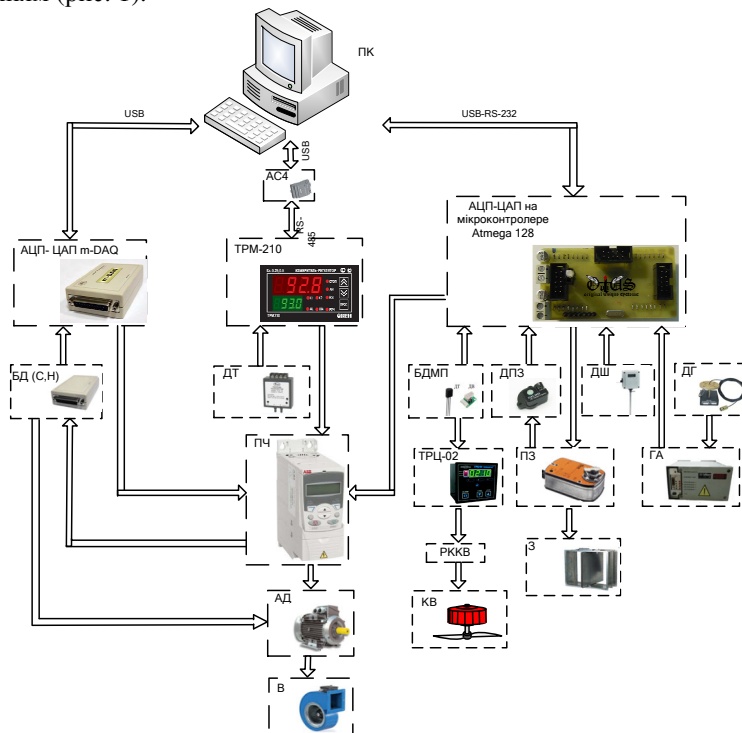


Рисунок 1 – Блок-схема комп'ютеризованого вентиляційного комплексу:

В - вентилятор; АД - асинхронний двигун; З - засувка; ПЗ - привод засувки; БД (С, Н) - блок датчиків струму й напруги; БДМП - блок датчиків мікрокліматичних параметрів (ДТ - датчик температури, ДВ - датчик вологості); ДТ - датчик тиску; КВ - каналний вентилятор; ДШ - датчик швидкості; ДГ - датчик газоаналізатора; ПЧ - перетворювач частоти; ГА - газоаналізатор; АС4 - перетворювач інтерфейсу; ТРМ 210 - ПДД-регулятор; ТРЦ-02 - вимірник-регулятор мікрокліматичних параметрів; РККВ - реле комутації каналних вентиляторів; ДПЗ - датчик положення засувки; АЦП - ЦАП - аналогово-цифровий і цифро-аналоговий перетворювач; ПК - персональний комп'ютер

АВТОМАТИЗАЦІЯ

У вентиляційному комплексі використовується безліч варіантів інтерфейсного устаткування, які відповідають різним стандартам: зв'язок аналогово-цифрового й цифро-аналогового перетворювача (АЦП-ЦАП), реалізованого на мікроконтролері Atmega128 і призначеного для керування пристроями вентиляційної системи, виміру мікрокліматичних і технологічних параметрів, з ПК здійснюється за допомогою інтерфейсів USB-RS-232; вимірювачи-регулятори мікрокліматичних параметрів ТРЦ-02 і ПД-регулятор ТРМ-210 оснащені промисловим перетворювачем інтерфейсів зв'язку RS-485 ОВЕН, призначеним для двунправленого обміну даними із ПК; для вивчення режимів роботи системи перетворювач частоти-асинхронний двигун (ПЧ-АД), а також для виміру миттєвих значень струмів і напруг використовується мікросистема збору даних m-DAQ.

Обробку та моніторинг технологічних, електричних, мікрокліматичних параметрів, формування сигналів керування, налаштування та узгодження роботи всіх пристроїв вентиляційної установки вирішено шляхом створення моделі візуалізації, програмне забезпечення якої реалізовано в середовищі Delphi.

Розроблена програма дозволяє управляти системою вентиляції, виконавчими пристроями з можливістю швидкого переналаштування і додавання нових компонентів, що робить її зручною та гнучкою. Однією з важливих переваг є можливість підключення більш однієї комутаційної системи і застосування інших програм, додатків у вікнах візуалізації, які можуть використовуватися під час розвитку системи. Запускаючи програму візуалізації, здійснюється підключення до устаткування автоматизованої вентиляційної системи та з'являється головне вікно, на якому зображено приміщення лабораторного комплексу та встановлені в них компоненти системи, під час використання яких здійснюється контроль та управління мікрокліматичними, технологічними, енергетичними параметрами (рис. 2).

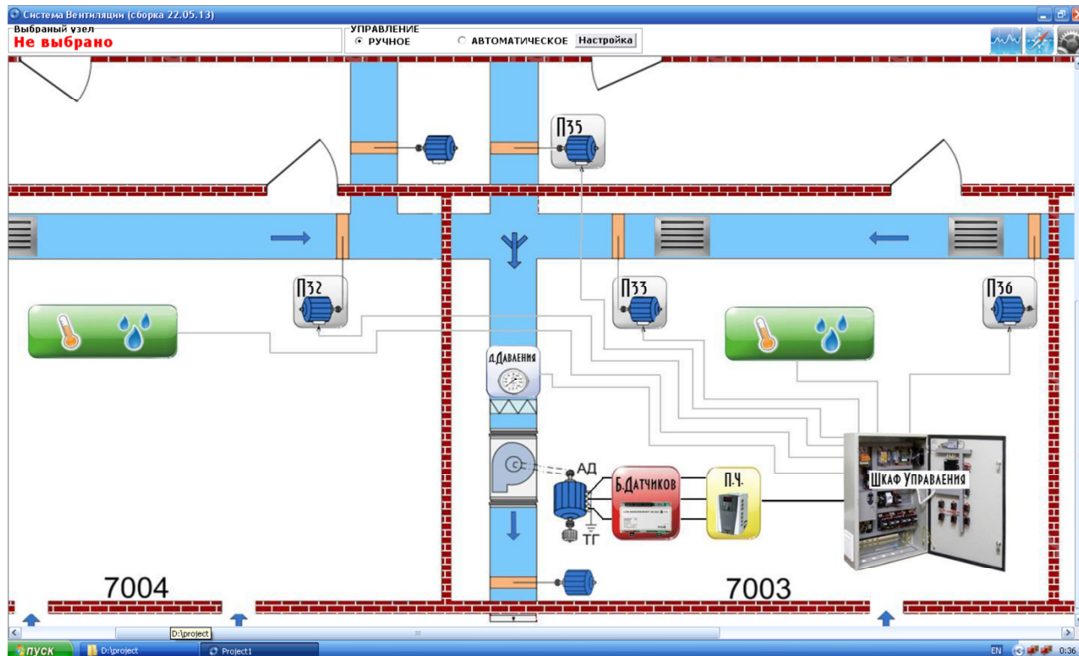


Рисунок 2 – Головне вікно візуалізації автоматизованої вентиляційної системи

Висновки. Запропоновано рішення з інтеграція технічних пристроїв, засобів виміру й системи диспетчеризації в сучасний вентиляційний комплекс, що забезпечують як створення комфортного і безпечного повітряного середовища в приміщеннях лабораторного комплексу, так і ефективне проведення лабораторного практикуму та наукових досліджень автоматизованих систем управління технологічним процесом.

Створена модель візуалізації автоматизованої вентиляційної системи здійснює моніторинг і обробку інформації про технологічні, електричні і мікрокліматичні параметри, налаштує, узгоджує роботу та керує пристроями вентиляційної системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондарь Е. С. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха : [учебное пособие]. / А. С. Гордиенко, В. А. Михайлов, Г. В. Нимич // – М. : Аванпост-прим, 2005. – 560 с.
2. Сукач С. В. Метод і засоби контролю та управління якістю повітряного середовища у приміщеннях : монографія / С. В. Сукач, Ю. І. Шульга. – Кременчук : Видавець ПП Щербатих О. В., 2013. – 192 с.
3. Мозговой А. В. Исследовательский тренажерный вентиляционный комплекс для подготовки специалистов-электромехаников / А. В. Мозговой, М. А. Кобылянский, А. Л. Величко, А. А. Сердюк, С. В. Сукач, А. С. Метель : матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів «Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації», 28–29 березня 2012 р., м. Кременчук. – С. 67–70.

НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРЕСС-ФОРМЫ

В. С. Богусевський, д.т.н., проф., Р. В. Самарай, асп.

Національний Технічний Університет України "КПІ"

ул. Політехнічна 35, навчальний корпус №9, 03056, м. Київ, Україна, E-mail:oxugen@i.ua

Введение. В настоящее время литье под давлением (ЛПД) является одним из наиболее распространенных специальных способов изготовления высокоточных отливок. Основной недостаток ЛПД – высокая себестоимость отливок, которая в значительной степени (до 75 %) определяется затратами на проектирование и изготовление пресс-форм, а также их эксплуатационной стойкостью [1]. Последняя в значительной мере зависит от количества теплосмен и тепловых ударов. Уменьшение количества этих нежелательных явлений достигают регулированием температуры пресс-формы. В последнее время с этой целью все шире используются установки для подогрева и охлаждения формы жидкими теплоносителями [2, 3]. Наиболее важный узел – термостат, связанный с каналами нагрева-охлаждения пресс-формы гибкими соединительными рукавами. При применении термостатов на первый план выдвигается точность регулирования температуры жидкого теплоносителя.

Исследования проводились в НТУУ „Киевский политехнический институт” по теме „Математическая модель и система управления машинами литья под давлением”, Государственный регистрационный номер 0112U002173.

Цель работы. Повышение точности термостатирования пресс-формы.

Материал и результаты исследований. Исследования проводились на термостате, представляющем собой теплоизолированный, заполненный теплоносителем бак. Температура пресс-формы регулируется периодическим прокачиванием через теплообменные каналы в полости пресс-формы рабочей жидкости.

Теплообменник является типичным объектом управления с запаздыванием. Последнее значительно уменьшает быстродействие системы и динамическую точность объекта управления. Передаточная функция такого объекта $W_o(s) = e^{-sT}G(s)$. Наиболее эффективным методом борьбы с запаздыванием является охват регулятора звеном обратной связи с передаточной функцией $W_{oc}(s) = 1 - e^{-sT}G(s)$. В этом случае передаточная функция замкнутой системы управления имеет вид

$$W_3(s) = \frac{W_p(s)G(s)}{1+W_p(s)G(s)} e^{-sT}, \tag{1}$$

где $W_p(s)$ – передаточная функция регулятора.

Если синтезировать регулятор для объекта без запаздывания $G(s)$, то при наличии запаздывания качество переходного процесса не изменится, а происходит лишь смещение выходной переменной системы на время запаздывания T . Звено запаздывания с передаточной функцией e^{-sT} при моделировании реализуем приближением Паде первого порядка

$$e^{-sT} \approx \frac{2-Ts}{2+Ts}. \tag{2}$$

Применяем стандартную схему системы управления с нечетким регулятором (НР) [4] (рис. 1).

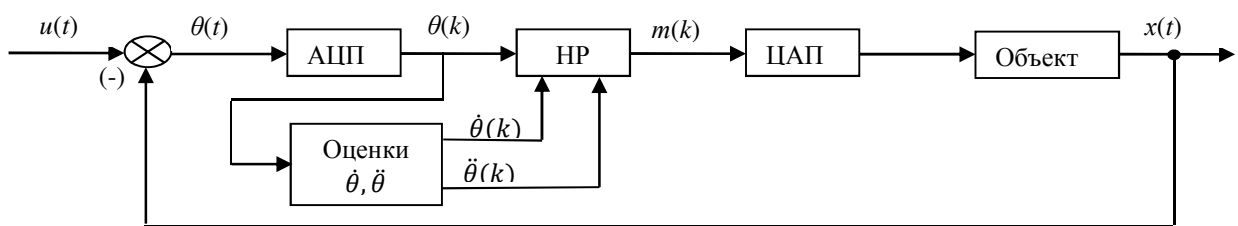


Рисунок 1 – Схема управления с цифровым регулятором:

АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь, НР – нечеткий регулятор

Нечеткий регулятор (НР) реализуется на микропроцессоре и работает в дискретном режиме. Поэтому система автоматического управления с НР содержит устройства связи с объектом – АЦП и ЦАП. АЦП квантует непрерывную ошибку $\theta(t) = u(t) - x(t)$ с шагом квантования h . В качестве первой и второй производной вычисляли первую и вторую разность по формулам

$$\dot{\theta}(k) = [\theta(k) - \theta(k - 1)]/h; \tag{3}$$

$$\ddot{\theta}(k) = [\dot{\theta}(k) - \dot{\theta}(k - 1)]/h = [\theta(k) - 2\theta(k - 1)]/h^2, \tag{4}$$

где $\theta(k)$ – квантованная ошибка на выходе АЦП.

ЦАП представляет собой фиксатор нулевого порядка с передаточной функцией $W(s) = (1 - e^{-hs})/s$.

При решении задачи синтеза нечеткого регулятора принимаем число термов, с помощью которого оцениваются лингвистические переменные (входные и выходной параметр НР) ошибки системы в регулировании температуры θ , скорость изменения (первая производная) ошибки $\dot{\theta}$, ускорение (вторая производная) ошибки $\ddot{\theta}$, управляющее воздействие на объект m , равным 3. Установим диапазоны изменения

лингвистических переменных равным $[\theta_{min}, \theta_{max}]$, $[\dot{\theta}_{min}, \dot{\theta}_{max}]$, $[\ddot{\theta}_{min}, \ddot{\theta}_{max}]$ и $[m_{min}, m_{max}]$. Пересчет значения каждой лингвистической переменной x_i , $i = \overline{1, n}$, $n = 4$, в соответствующий элемент управления $u^* \in [0, 1]$ определяется выражением

$$u_i^* = (x_i^* - x_{ni}) / (x_{ei} - x_{ni}), \quad (5)$$

на основании которого находим выражения для расчета величин u_1^* , u_2^* , u_3^* и u_c^* .

При поступлении на НР значений входных переменных θ , $\dot{\theta}$, $\ddot{\theta}$ с шагом квантования h осуществляется расчет величин u_1^* , u_2^* и u_3^* по формулам и ФП $\mu^j(u)$, $j = \overline{1, 3}$, по формулам.

Лингвистическое правило управления представим в виде:

Если $(\theta^* = a_1^j)$ и $(\dot{\theta}^* = a_2^j)$ и $(\ddot{\theta}^* = a_3^j)$, то $(m^* = a_c^j)$, $j = \overline{1, 3}$, где a_1^j , a_2^j , a_3^j – лингвистические оценки ошибки, ее первой и второй производной, рассматриваемые как нечеткие множества, определенные на универсальном множестве, $j = \overline{1, 3}$; a_c^j – лингвистические оценки управляющего воздействия на объект, выбираемые из терм-множества переменной m . Лингвистические оценки выбираются из терм-множества лингвистических переменных θ , $\dot{\theta}$, $\ddot{\theta}$ и m : $a_c^j \in$ [отрицательная ($j = 1$), положительная ($j = 2$), близкая к нулю – нулевая ($j = 3$)].

При попадании жидкого металла в литейную форму, последняя нагревается, причем толщина слоя от рабочей поверхности формы, в котором возникает значительный температурный градиент составляет около 30 мм [5]. Среднюю температуру пограничного слоя контролируют с помощью термопары.

Избыточную энтальпию литейной формы можно выразить как

$$\Delta Q = c_\phi m_\phi^{np} (t_\phi - t_3), \quad (6)$$

где ΔQ – избыточная энтальпия литейной формы, Дж; c_ϕ – средняя удельная теплоемкость литейной формы, Дж/(кг · °С); t_ϕ – температура литейной формы по показаниям термопары в момент извлечения отливки, °С; t_3 – заданная температура литейной формы, °С.

Избыточная энтальпия литейной формы компенсируется охлаждением с помощью теплоносителя и тепловых потерь в окружающую среду согласно выражению

$$\Delta Q = \int_{(\tau)} c_\tau (t_2 - t_1) V_\tau d\tau + q\tau_\tau, \quad (7)$$

где c_τ – средняя удельная теплоемкость теплоносителя, Дж/(м³ · °С); t_2 и t_1 – температура теплоносителя соответственно на выходе и входе полости теплообмена литейной формы, °С; τ – текущее время, с; q – тепловой поток в окружающую среду, зависящий от конструкции литейной формы и составляющий 10 – 20 кВт; τ_τ – продолжительность цикла изготовления отливки, с.

Средняя удельная теплоемкость теплоносителя может быть определена как

$$c_\tau = (c_0 [1 + 0,5\alpha(t_1 + t_2)]), \quad (8)$$

где c_0 – удельная теплоемкость теплоносителя при 0 °С, Дж/(кг · °С); α – температурный коэффициент, °С⁻¹.

Из соотношений (6) – (8) получаем

$$c_\phi m_\phi^{np} (t_\phi - t_3) - q\tau_\tau = \int_{(\tau)} c_0 [1 + 0,5\alpha(t_1 + t_2)] (t_2 - t_1) V_\tau d\tau. \quad (9)$$

Равенство правой и левой частей выражения (9) определяется продолжительностью подачи теплоносителя и определяет собой момент прекращения подачи теплоносителя, а также используется для регулирования продолжительности подачи теплоносителя для нагрева литейной формы. В этом случае обе части выражения 9 будут меньше нуля.

Применение системы регулирования температуры литейной формы на базе НР уменьшает брак на 1,5 % (соответственно снижается возврат), увеличивает производительность машины ЛПД на 2 % и повышает стойкость пресс-формы на 0,5 %.

Выводы. Регулирование температуры пресс-формы позволяет существенно уменьшить количество тепловых ударов на ее рабочей поверхности, что повышает продолжительность эксплуатации пресс-формы.

Введение в систему НР повышает качество регулирования и уменьшает энергопотребление процесса ЛПД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Повышение эффективности литья под давлением (ЛПД) / А.А. Жуков, А.Д. Постнова, В.А. Борисов и др. // Литейщик России. – 2008. - № 1. – С. 25 – 30.
2. АСУТП машин литья под давлением / В.С. Богусhevский, В.Н. Иванов, Н.А. Рюмшин, Н.А. Сорокин. – К.: НПК “Киевский институт автоматики”, 1994. – 239 с.
3. Богусhevский В.С. АСКТП комплексу литья під тиском // Автоматизація виробничих процесів. – 2001. – № 2 (13). – С. 53 – 55.
4. Богусhevский В.С., Зубова К.М. Управління конвертерною плавкою в режимі енергозбереження // Науково-технічна інформація. – 2013. - №1 (55). – С. 52 – 56.
5. Богусhevский В.С., Антонеvич Я.К. Тепловая работа пресс-формы машины литья под давлением // Металл и литье Украины. – 2012. – № 6. – С. 7 – 9.

РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДУТТЯ В ДВОХ'ЯРУСНИХ ФУРМАХ

К. О. Сергеева, к.т.н., ас.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
пр-т Перемоги, 37, 03056, м. Київ, Україна, e-mail: eka_sergeeva@ukr.net*

Вступ. Недоліком киснево-конвертерного виробництва сталі є порівняно невелика частка металевого брухту в шихті. Для виробництва сталі металевий брухт порівняно з чавуном є менш енергоємною (на два порядки) і дешевою (більш ніж удвічі) сировиною. За умов теплового балансу витрати брухту на плавку без вжиття спеціальних заходів не перевищують 25 – 27 % маси металеві шихти [1].

Серед спеціальних способів збільшення частки брухту в шихті використовують попереднє нагрівання брухту, вводять паливо в процесі продувки, заздалегідь нагрівають чавун, проводять допалювання СО в порожнині конвертера.

Допалювання СО в порожнині конвертера проводять уведенням кисню у верхню частину порожнини конвертера. Це досягається подаванням кисню через двох'ярусні фурми. Додатковий ярус сопел спрямований униз під кутом близько 30⁰ до вертикалі та призначений для подавання мало інтенсивного потоку кисню назустріч потоку СО, який піднімається в конвертері. Витрати брухту збільшуються на 1,5 – 9 %.

Регулювання ступеню допалювання СО у СО₂ відбувається шляхом зміни інтенсивності подання кисню на другий ярус, що змінюється за періодами продувки і залежить також від відстані кінцевика фурми від рівня спокійного металу.

Мета роботи. Підвищення ефективності переробки брухту шляхом оптимізації процесу допалювання СО в порожнині конвертера.

Матеріал і результати дослідження. Розглянемо регулювання процесу продувки за енергозберігаючою технологією, що направлена на підвищення ступеня утилізації теплоти конвертерного газу, для отримання сталі з мінімальною витратою ресурсів.

Для підвищення ступеня утилізації теплоти допалювання монооксиду вуглецю в робочому просторі конвертера періодично змінюють інтенсивність дуття, що подається на другий ярус фурми.

Керуючі діяння реалізують наступним чином. Визначають ступінь допалювання СО у СО₂ у порожнині конвертера, і періодично змінюють на 10 % інтенсивність подання дуття на другий ярус фурми, наприклад, зменшують, визначають ступінь допалювання СО у СО₂ і в разі його зменшення змінюють інтенсивність подання дуття у протилежному напрямку, відповідно збільшують. Між послідовними змінами інтенсивності подання дуття проводять витримку часу, що дорівнює сталій часу реагування конвертера на такі збурення (30 с).

$$\Delta v_{(n+1)} = \Delta v_n + K_2 \text{ при } \Delta v_n > \Delta v_{(n-1)}, \gamma_{CO_2n} > \gamma_{CO_2(n-1)},$$

$$\Delta v_{(n+2)} = \Delta v_{n+1} + K_2 \text{ при } \Delta v_{n+1} > \Delta v_n, \gamma_{CO_2(n+1)} > \gamma_{CO_2n},$$

або

$$\Delta v_{(n+1)} = \Delta v_n + K_2 \text{ при } \Delta v_n < \Delta v_{(n-1)}, \gamma_{CO_2n} < \gamma_{CO_2(n-1)},$$

$$\Delta v_{(n+1)} = \Delta v_n - K_2 \text{ при } \Delta v_n < \Delta v_{(n-1)}, \gamma_{CO_2n} > \gamma_{CO_2(n-1)},$$

$$\Delta v_{(n+2)} = \Delta v_{n+1} - K_2 \text{ при } \Delta v_{(n+1)} < \Delta v_n, \gamma_{CO_2(n+1)} > \gamma_{CO_2n},$$

$$\Delta v_{(n+1)} = \Delta v_n - K_2 \text{ при } \Delta v_n > \Delta v_{(n-1)}, \gamma_{CO_2n} < \gamma_{CO_2(n-1)},$$

де Δv – зміна інтенсивності дуття, м³/с; K_2 – коефіцієнт, що дорівнює, наприклад, 0,1 v_n ; γ_{CO_2} – ступінь окислення конвертерного газу до СО₂ в порожнині конвертера; (n-1), n, (n+1) – індекси попереднього, поточного та наступного значення параметра.

Ступінь окислення конвертерного газу до СО₂ в порожнині конвертера визначають по формулі:

$$\gamma_{CO_2} = 1 - \gamma_{CO},$$

де γ_{CO} – ступінь окислення вуглецю до СО в порожнині конвертера.

Висновки. 1. Розроблено теоретичні основи контролю ступеню допалювання СО у СО₂ у порожнині конвертера шляхом контролю амплітудно-частотної характеристики газів, що виходять із конвертера.

2. Підвищена ефективність киснево-конвертерного процесу шляхом регулювання інтенсивності дуття, що подається з другого ярусу фурми.

3. Впровадження запропонованої технології дозволить підвищити кількість брухту в металевій частині шихти конвертерної плавки на 1 – 3 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мокринский А.В., Протопопов Е.В., Чернятевич А.Г. Гидродинамические режимы взаимодействия кислородных струй с конвертерной ванной // Изв. вуз. Черная металлургия, 2005. – №4. – С.11 – 17.

2. Математические модели и системы управления конвертерной плавкой / В.С. Богушевский, Л.Ф. Литвинов, Н.А. Рюшин и др. – К.: НПК «Киевский институт автоматизи», 1998. – 304 с.

**ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ РОБОТІВ НА УМОВИ
ЗАХОПЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ**

І. І. Павленко, д.т.н., проф., Годунко М. О., к.т.н., доц.

Кіровоградський національний технічний університет

пр. Університетський, 8, 25006, м. Кіровоград, Україна, e-mail: maksim_godunko@mail.ru

Вступ. На сучасному етапі розвитку автоматизованого виробництва активно впроваджуються роботизовані технологічні комплекси (РТК). На принципах їх будови та функціонування формуються більш складні технічні системи, такі як роботизовані лінії, гнучкі виробничі системи та ін. Допоміжні пристрої повинні забезпечувати накопичення, орієнтування (при необхідності), видачу та транспортування деталей в середині РТК, або між сусідніми роботизованими комплексами. Вимоги до таких пристроїв визначаються типом, формою, розмірами деталі, кількістю верстатів та особливостями компоновального виконання РТК. Дані пристрої також мають забезпечити ритмічність автоматизованого виробництва.

Мета роботи. Підвищення продуктивності роботизованого комплексу за рахунок завантаженості накопичувальних допоміжних пристроїв із врахуванням конструктивних особливостей захватних пристроїв роботів.

Матеріали та результати дослідження. Загальну структуру часу обслуговування роботом допоміжних пристроїв ($T_{Р,ДП}$) можна представити [1]:

$$T_{Р,ДП} = T_{РП} + \frac{T_{ЛР} + T_{Р(ДП1-ДП2)}}{T_{ЛР} + T_{ДП}} + T'_{РП}, \quad (1)$$

де $T_{РП}$, $T'_{РП}$ – відповідно, складові часу роботи промислового робота на позиції допоміжного пристрою: час на підведення захвату до позиції допоміжного пристрою ($t_{пз}$); час на затиск (розтиск) деталі захватом (t_3); час на відведення захвату від позиції допоміжного пристрою ($t_{вз}$) і ін.; $T_{ЛР}$ – час на локальні переміщення захватів у межах зони допоміжного пристрою ($t_{лп}$) та час на зміну захватів місцями ($t_{зм}$), при використанні двозахватних конструкцій; $T_{ДП}$ – час на зміну позиції допоміжного пристрою; $T_{Р(ДП1-ДП2)}$ – час на переміщення робота від одного допоміжного пристрою до іншого (при виконанні окремо приймального і подавального пристроїв).

Наведена структурна формула дає можливість узагальнено представляти час, що витрачається промисловим роботом на обслуговування допоміжного пристрою. Гілки формули відповідають різним виконанням допоміжних пристроїв і захватів робота, а відповідно складовим необхідного часу. Оперування складовими структурної формули $T_{ДП}$ та $T_{Р(ДП1-ДП2)}$ дасть змогу значно скоротити час на обслуговування роботом допоміжних пристроїв. Для цього необхідно забезпечити максимальну концентрацію заготовок (деталей) у допоміжному пристрої. Але раціоналізація в даному напрямку суттєво залежатиме від особливостей конструктивного виконання захватного пристрою робота.

Отже, конструктивні параметри захватних пристроїв можуть впливати на необхідні їх рухи. Це відноситься до величини необхідних переміщень затискних важелів для взяття (захоплення) деталі, необхідного вільного простору збоку деталі для її взяття захватом та ін. Для взяття захватом деталі, затискні важелі повинні бути відведені від деталі для мінімально можливого підходу захвату до деталі. Від цієї величини залежить величина та час руху привода і затискних важелів. Ця величина визначається (рис. 1, а):

$$S = \frac{D_n}{2} [1 - \cos(90 - \alpha/2)]. \quad (2)$$

Загальна ширина захвату ($S_{ш}$) впливає на величину вільного простору для можливості підходу до деталі, що може обмежуватися конструкцією подавального чи приймального пристроїв, особливо коли вони, наприклад, передбачають виконання їх у вигляді багатомісної тари (рис. 1, в):

$$S_{ш} = AC' = \frac{D_n}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha/2)}{\operatorname{tg}(\alpha/2)}. \quad (3)$$

На даному етапі виконується порівняльна оцінка впливу конструктивних параметрів захватних пристроїв без урахування товщини затискних важелів t (рис. 1, в), що принципово неважливо для дослідження умов захоплення деталі.

За отриманими формулами побудовані графічні залежності (рис. 2), із яких видно, що збільшення кута затискної призми призводить до значного зменшення додаткового переміщення S затискних важелів, і, відповідно, необхідного часу на здійснення цього руху, а також зменшення довжини циліндра привода захвата та інших його конструктивних елементів. Так, наприклад, зміна кута затискних призм з 90° до 120° призводить

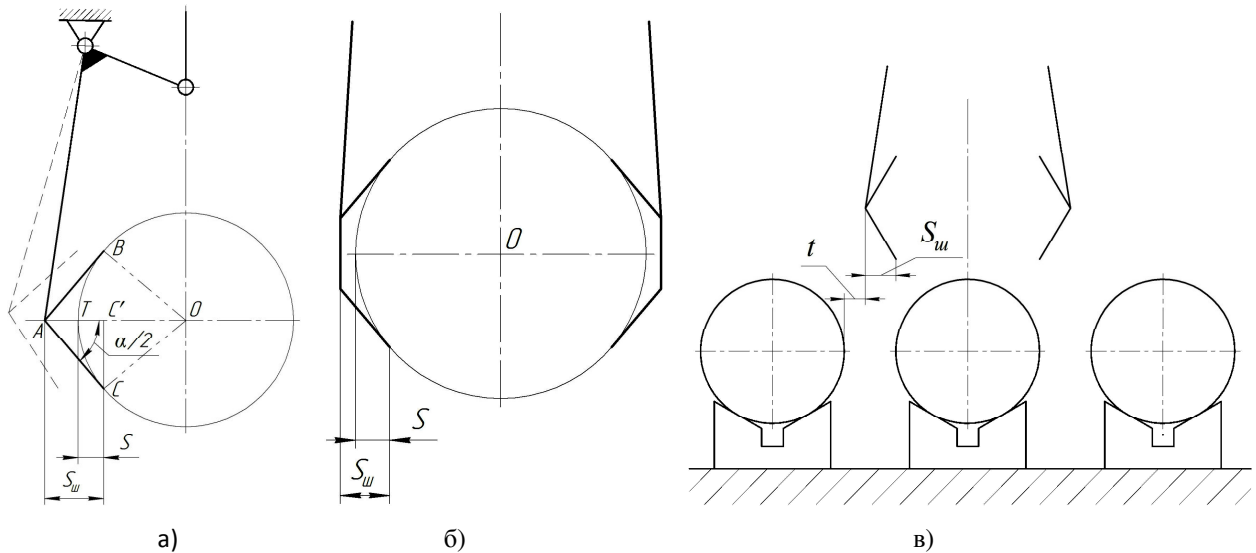


Рисунок 1 – Розрахункові схеми умов захоплення деталі

до зменшення величини S приблизно в два рази при різних діаметрах утримуваних деталей, а при зміні кута α від 120° до 150° , зменшує величину S майже в чотири рази. Причому величина цих збільшених переміщень S складає від декількох міліметрів до декількох десятків міліметрів, що є значною додатковою величиною руху затискних важелів.

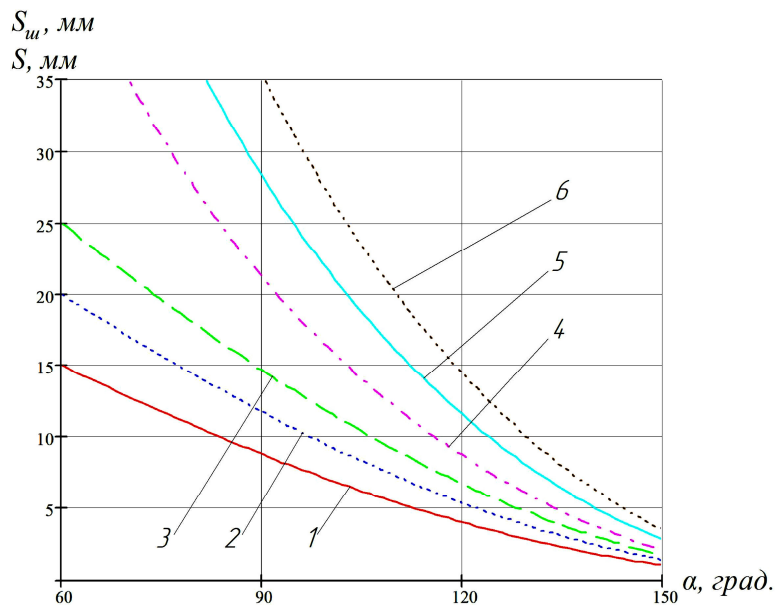


Рисунок 2 – Залежності величин S і S_w від кута призми α :
 1 - S при $D_n = 60$ мм; 2 - S при $D_n = 80$ мм; 3 - S при $D_n = 100$ мм;
 4 - S_w при $D_n = 60$ мм; 5 - S_w при $D_n = 80$ мм; 6 - S_w при $D_n = 100$ мм

Висновки. Таким чином, для вирішення цих умов по захопленню деталей доцільним є вибір затискних призм із більшими значеннями їх кута α від 120° до 150° . У деяких випадках доцільним є використання зрізаного виконання призм (рис. 1, б). Це особливо характерно для захватів утримуючих деталі великих діаметрів, або спеціалізованого призначення захватів для утримання деталей у вузькому діапазоні їх діаметрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.
2. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування - Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420 с.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED COMPLEX OF TEMPERATURE STABILIZATION HEATING IN THE DWELLING

Yu. Tkachenko, stud., Yu. Romashykhin, Cand. Sc. (Eng.), Sen. Lect., L. Boyko, ass. Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyy National University Pershotravneva Str.,20, Kremenchuk, 39600, Ukraine, E-mail: saue1@kdu.edu.ua

Introduction. A large number of dwellings that cannot be served by a centralized heating system require support sustainability temperature for a long time within the specified range. For example, to ensure comfortable working conditions, creating a sophisticated heating and temperature stabilization systems, equipped with automation and require minimal operator intervention. The widespread use of such systems has led to the development of laboratory complex. This complex helps to study passing thermal processes based out on the basis of modern temperature control systems.

Objective. Development of a physical model of temperature stabilization of heating the dwelling, and mathematical and software control of the heat setting to achieve the required accuracy tasks.

Material and research results. Temperature control in a certain range is important for today. If the temperature is too low, there is a possibility of the disease, and vice versa - at high temperatures may cause drowsiness, which may lead to accidents in the workplace. Development of control systems important to ensure comfortable working conditions. As the study of thermal stabilization process automation is a physical model of the complex (Fig. 1), which provides the ability to perform data exchange with a personal computer (PC), process and display the information to carry out in real time, creating databases of technological options and emergency failure, alarm, editing visual display processes.

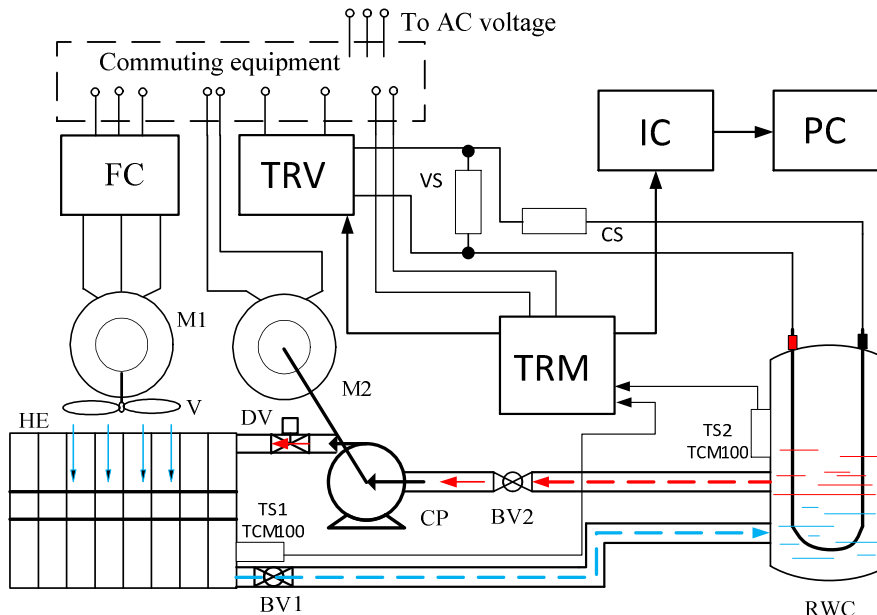


Figure 1 – The functional scheme of laboratory complex

The source of heat is a thermoelectric heater that is powered by thyristor voltage regulator (TVR) and transfers heat to metal case. Temperature sensor (TS2) is used to measure temperature in a metal case of reservoir with coolant (RWC). Circulation pump (CP) is moving water which heats a heat exchanger (HE). Motor (M2) serves to rotate the propeller circulation pump. Temperature sensor (TS1) is used to measure temperature on the heat exchanger. Current values of sensors TS1 and TS2 are compared in PID-regulator (TRM). PID-regulator generates control signal in accordance with the calculated deviation. This signal is a task that the input of TVR. Relevant task of TVR changes the output voltage, which leads to changes in heat and electric heater coolant temperature. This in turn increases or decreases the temperature of the heat exchanger.

Temperature varies according to the relative error reduction regulation set-point. The frequency converter (FC) and the ventilator (V) of the motor (M1) form a system of dispersion temperature of the heat exchanger, which leads to cooling. We use FC to change the rotational speed of the motor M1. Changing the rotational speed of ventilator we change the intensity of the cooling heat exchanger, thus we model the number of heat exchanger which installed in the heating system. Interface converter (IC) required for recording data on personal computer (PC). Sensors of voltage and current (VS) and (CS) is used to measure voltages and currents acting on the electric heater. To visualize the process, temperature control uses an interface that is designed to batch NI Labview 11 (Fig. 2). The results of the stabilization temperature on mathematical models for different values of voltage are shown in (Fig. 3). The results of the analysis of

signals which are presented in Fig. 3, showed that an increase in supply voltage overshoot increases. As the supply voltage is twice overshoot dramatically reduced, but increases significantly when adjusting.

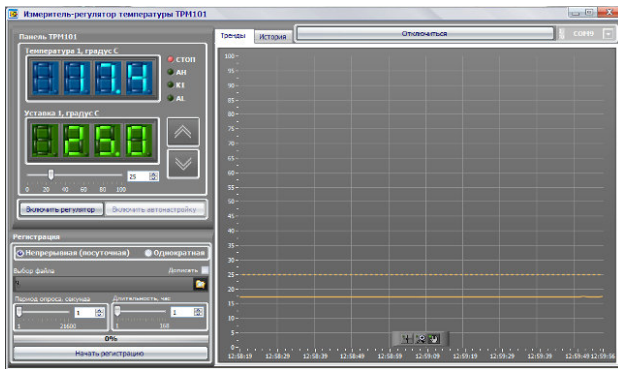


Figure 2 – Field Work Program

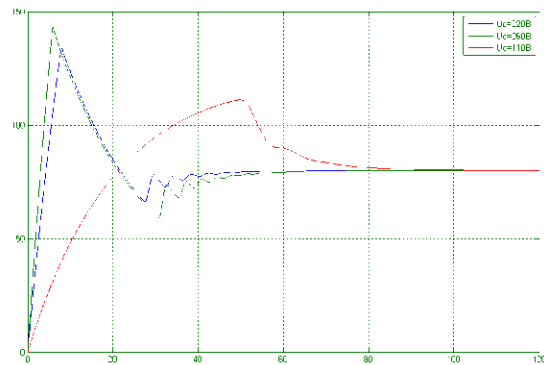


Figure 3 – Temperature characteristics for different values of the supply voltage of the thermoelectric heater

Conclusions.

1. Designed laboratory complex gives advanced possibility for researching of the heating systems in the dwelling. Changing the operating mode of thermoelectric heater is possible to optimize the temperature conditions.
2. Designed interface has several advantages over the standard program of the company Oven, which comes complete with the PID-regulator TRM 101. Labview interface has functions to monitor the temperature, set the set-point of the temperature, remotely change the coefficients of the PID-regulator, and create a database which is stored temperature readings at different times, which may not offer a standard program.
3. Designed complex with a software allows you to explore the process of stabilizing the temperature of the heating in the dwelling, and learn, how to develop modern automate software systems.

REFERENCES

1. Федь П. И. О вопросах нагрева и охлаждения электрических двигателей // Збірник матеріалів конференції «Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації». – Кременчук: КрНУ, 2010. – С. 531–532.
2. Носач Е. В. Состояние исследований по построению систем управляемого охлаждения крупных электрических машин // Збірник матеріалів конференції «Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації». – Кременчук: КрНУ, 2010. – С. 245–247.
3. Захаренко В. А. Особенности построения системы управления тепловыми режимами обмоток крупных электрических машин // Вісник КДПУ: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2003. – Вип. 2(19), Т. 2. – С. 107–111.
4. Ефстифеев В. А., Артеменко А. В., Сененко Р. Г. Определение структуры системы принудительного охлаждения электрических машин // Вісник КДПУ: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2002. – Вип. 1 (12). – С. 122–125.
5. Ефстифеев В. А., Родькин Д. И. Обоснование создания управляемого охлаждения электрических машин систем электропривода // Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПИ. – Кременчук: КГПИ, 2000. – Вып. 1(8). – С. 92–94.
6. Сененко Р. Г., Кирьянов О. Ф. Принципы построения систем управления охлаждением электрических машин // Вісник КДПУ: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2003. – Вип. 2 (19), Т. 2. – С. 112–115.
7. Стенцель Й. І. Автоматика та автоматизація хіміко-технологічних процесів. Навч. посібник. – Луганськ: Видавництво Східноукраїнського університету ім. В. Даля, 2004. – 376 с.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕПЛОГО ПУНКТУ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ НА БАЗІ ПРОГРАМНО-ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА SEGNETICS*

С. С. Романенко, ас, Д.С. Юшко, студ.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: alyard099@gmail.com

Вступ. Умови теплового комфорту, самопочуття людей, продуктивність праці та інше залежать від нормального функціонування теплових пунктів в опалювальних будівлях. Випуск якісної продукції на ряді промислових підприємств вимагає суворого дотримання нормованих параметрів мікроклімату. Ефективність підприємств агропромислового комплексу (урожайність плодів і овочів, вирощуваних у теплицях, продуктивність тваринництва) також у великій мірі визначається режимами температури і вологості в сільськогосподарських приміщеннях, що забезпечуються роботою теплових пунктів. Таким чином, підвищення якості, надійності, економічності тепlopостачання є досить актуальною проблемою.

Впровадження автоматизованих систем управління тепловими пунктами дозволяє підвищити технічний рівень їх експлуатації і забезпечити значну економію палива. Крім економії палива, автоматизація теплових пунктів дозволяє поліпшити якість опалення будівель, підвищити рівень теплового комфорту і ефективність промислового і сільськогосподарського виробництва в опалювальних будівлях і спорудах, а також надійність системи опалення при зменшенні чисельності обслуговуючого персоналу [1, 2].

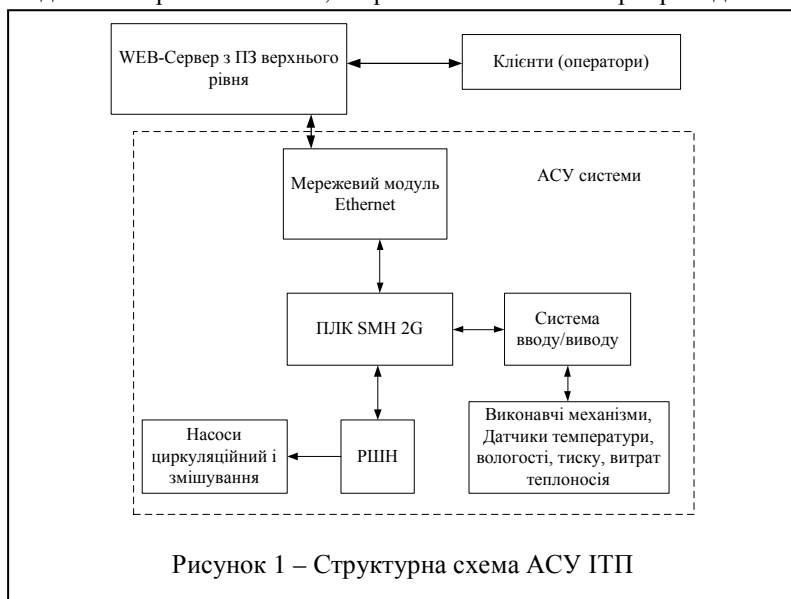
Мета роботи. Створення апаратних і програмних рішень системи автоматизованого керування тепловим пунктом адміністративної будівлі.

Матеріал і результати дослідження. На сьогоднішній день на ринку представлено багато засобів автоматизації опалення будівель. Це і електронні регулятори для систем централізованого тепlopостачання та гарячого водопостачання (Danfoss ECL Comfort 301, Danfoss ECL Comfort 110, Danfoss ECL Comfort 300), регулятори витрат і тиску, блочні теплові пункти (Danfoss Termix VMTD, Danfoss Akva Lux S, Danfoss Termix VMTD Mix Q), рішення з використанням програмно-логічних контролерів (Mitsubishi Electric, Siemens, Moeller) [3].

Всі ці рішення в достатній мірі є ефективними засобами автоматизації теплових пунктів, але мають певні недоліки, такі як висока вартість обладнання та великий обсяг робіт для реалізації додаткових функцій при їх налаштуванні, низька гнучкість систем керування.

Під час дослідження виконано розробку основних рішень щодо апаратного та алгоритмічно-програмного забезпечення системи керування опаленням адміністративної будівлі. Система може бути розширена для керування додатковим обладнанням.

Структура автоматизованої системи керування індивідуальним тепловим пунктом (рис.1) включає програмно-логічний контролер SMH 2G з підключеним мережевим модулем Ethernet, модуль розширення системи введення/виведення датчиками (температури, тиску, витрат теплоносія), пристрій регулювання швидкості обертання насосів, зворотній клапан з електроприводом.



У процесі роботи контролер SMH 2G періодично опитує датчики температури теплоносія, датчик зовнішнього повітря і повітря всередині приміщення, обробляє отриману інформацію і формує керуючий вплив по одному із законів керування на електропривод клапану та пристрій регулювання швидкості насосів.

У результаті відбувається зміни коефіцієнта змішування та температури теплоносія, що надходить у систему опалення будівлі. При цьому при відсутності датчика повітря всередині приміщення головним пріоритетом регулювання є підтримання певного температурного графіка (температура теплоносія в падаючій та зворотній магістралі).

Стандартні апаратні та програмні можливості контролера SMH 2G дозволяють реалізувати увесь необхідний набір процедур обробки сигналів, розрахунку налаштування регуляторів, віддалену зміну програмного коду та налаштування додаткових параметрів АСУ.

*Робота виконана під керівництвом к.т.н., доц. Перекреста А.Л.

Так програмне забезпечення нижнього рівня для контролера SMH 2G реалізується на мові програмування FBD-діаграм, яка входить до міжнародного стандарту IEC 1131-3 для програмування ПЛК [4].

За роботою системи віддалено може слідкувати оператор, лицьова панель програмного забезпечення верхнього рівня показана на рис. 2, оскільки програмно-логічний контролер передає параметри системи опалення на веб-сервер, використовуючи для зв'язку мережу Ethernet.

Інтерфейс користувача був розроблений в середовищі програмування MasterScada, в якому користувач може обрати тип установки, режим роботи, задавати нахил кривої опалення, уставки температур, паралельний зсув графіку, максимальні та мінімальні обмеження для температури подачі теплоносія, а також зчитувати параметри теплотічника, значення температур, що вимірюються датчиками, дату, час, та ін. У випадку помилки оператора буде виводитися відповідне повідомлення на екран. Також користувач має змогу створювати файли-архіви, заздалегідь вказавши шлях для збереження файлів, для того, щоб відстежувати показники теплового режиму.

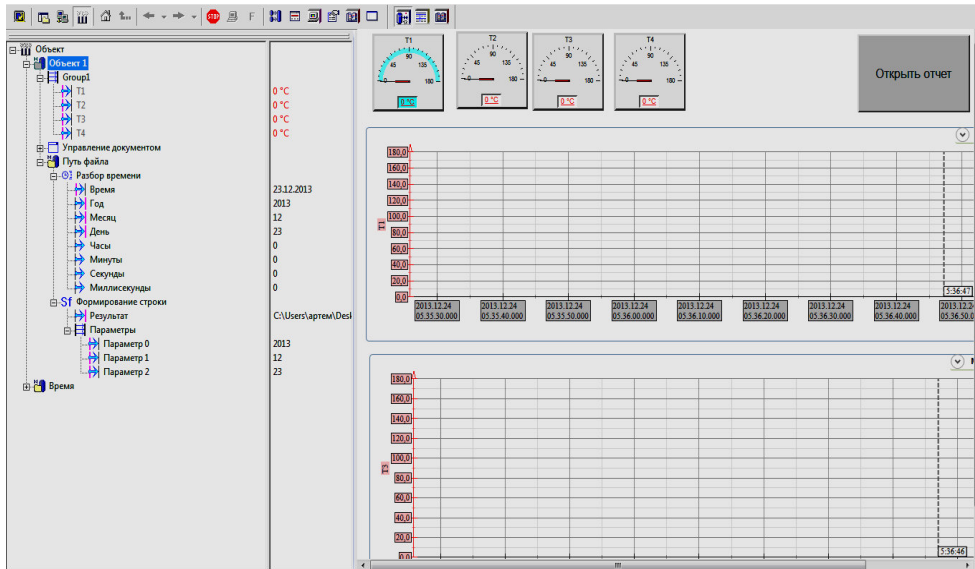


Рисунок 2 – Загальний вигляд лицьової панелі

Система керування передбачає можливість підключення до веб-сервера додаткових засобів інформації (системи розподіленого моніторингу температури й інших параметрів).

Висновки. У роботі було проаналізовано існуючі рішення автоматизації опалювальних теплових пунктів цивільних будинків, розроблено та запропоновано структурну схему автоматизованого теплового пункту. Обрано відповідне технологічне обладнання та засоби для автоматизації теплового пункту для адміністративної будівлі.

Основними перевагами запропонованої системи керування тепловим пунктом адміністративної будівлі є:

- низька вартість ПЛК;
- наявність доступу до вихідного програмного коду на відміну від існуючих теплових контролерів та погодних регуляторів;
- можливість виконання оптимізації керування для конкретної будівлі та кліматичних умов;
- можливість реалізації по фасадного керування, керування по стоякам, по великій кількості контрольних точок (де це потрібно);
- ремонтпридатність системи;
- низка вартість апаратної частини для реалізації віддаленого керування та диспетчеризації по протоколу TCP/IP та мережевому стандарті Ethernet.

Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення з функцією віддаленого контролю для керування виконавчими механізмами індивідуального теплового пункту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пырков В.В. Современные тепловые пункты автоматика и регулирование: ДП «Такі справи», 2007. - 251 с.
2. Тихомиров А.К. Теплоснабжение района города. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2006 – 125 с.
3. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети. – М.: Инфра, 2006. – 480 с.
4. Благодатских В.А., Волнин В.А., Посакалов К.Ф., Стандартизация разработки программных средств. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 284 с.

*Робота виконана під керівництвом к.т.н., доц. Перекреста А.Л.

**АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКАМИ И ПОТРЕБИТЕЛЯМИ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗДАНИЯ**

*М. А. Колот, магистр., А. В. Левшов, к.т.н., проф., А. В. Коротков, ст. преп.
Донецкий национальный технический университет
ул. Артема, 58, 83001, г. Донецк, Украина, e-mail: levshov@donntu.edu.ua*

Введение. Вопросы энергоэффективности и оптимизации затрат ресурсов в настоящее время актуальны практически во всех сферах деятельности человека. Они определяют тенденции развития энергетики и электроэнергетики в частности. В последние годы ведутся разработки интеллектуальных энергетических сетей (смартгрид) и малых интеллектуальных сетей низкого напряжения (микрогрид) [1].

Сети микрогрид позволяют обеспечить потребителей требуемой энергией с наименьшими затратами на ее производство, передачу, накопление. Энергия потребителям в таких сетях поступает из централизованной электрической сети, а также от распределенных возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Возобновляемая энергия может быть получена от солнца, ветра, воды и других «зеленых» источников. Потребление энергии из местной электрической сети в системе микрогрид должно быть минимальным, что определяется экономическими и экологическими требованиями. Основная доля потребляемой энергии должна генерироваться ВИЭ. Недостаток последних – нестабильный график генерации, который зависит от географического положения, времени года, времени суток, погодных условий и других факторов.

Потребление энергии зданиями зависит от их назначения, предпочтения их обитателей, а также имеет определенные пики, повторение которых зависит от цикличности использования здания. Как правило, пики потребления и генерации энергии не совпадают во времени и по величине. Из-за этого в сети микрогрид должна быть предусмотрена система накопления энергии. При пиках генерации она накапливает излишки энергии, а при пике потребления – подпитывает нагрузки [2].

Вышеизложенный подход к сетям микрогрид требует интеллектуальной системы управления (ИСУ) источниками и потребителями энергии в здании.

Цель работы. Разработка алгоритма управления распределенными источниками и нагрузками интеллектуального здания.

Материал и результат исследования. Рассмотрим здание, которое снабжается электрической энергией как от централизованной электрической сети, так и от распределенных возобновляемых источников энергии (рис. 1). ИСУ такого здания должна учитывать предпочтения его обитателей и текущие условия эксплуатации (генерация ВИЭ, погодные условия, тарифы на электроэнергию и т.д.). Наличие ИСУ позволяет уменьшить затраты на оплату электроэнергии на 20 – 40 % в зависимости от условий эксплуатации здания и используемых ВИЭ [2, 3].

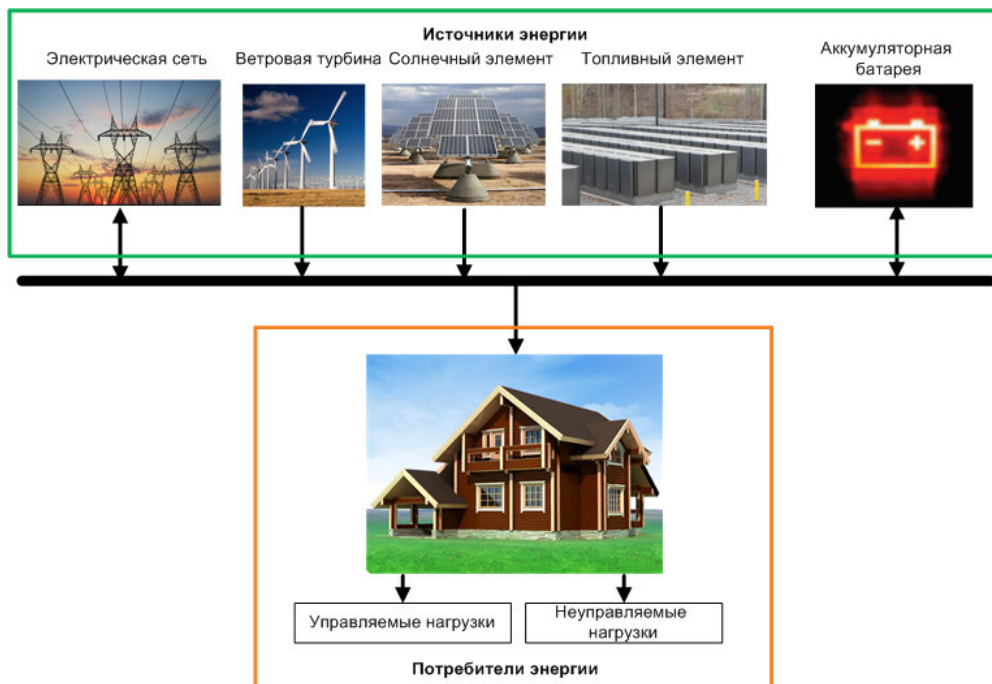


Рисунок 1 – Здание в системе микрогрид

Энергия, полученная потребителями здания от электрической сети, оплачивается по трехзональному тарифу [4]. Будем считать, что основную часть энергии потребители в здании должны брать от ВИЭ, а из

централизованной электрической сети питание будет поступать только при недостатке «зеленой» энергии. Накопители энергии (аккумуляторные батареи) должны иметь возможность заряжаться при генерации ВИЭ и отдавать энергию потребителям в здании во время высокого тарифа на электроэнергию.

В таком здании целесообразно нагрузки разделить на управляемые и неуправляемые. В идеале все потребители электрической энергии здания должны быть управляемыми, т.е. ИСУ должна иметь возможность регулировать ток/напряжение этих потребителей или вообще отключать их. Управляемые нагрузки в зависимости от предпочтений обитателей здания разделяются на нагрузки с высоким и низким приоритетами. В случае ограничения использования энергии от централизованной сети и недостаточной генерации ВИЭ, время работы управляемых нагрузок с низким приоритетом может сдвигаться в периоды низких тарифов на электроэнергию.

Алгоритм управления источниками и потребителями электроэнергии здания в системе микрогрид (рис. 2) должен выполнять ИСУ через определенные промежутки времени, например, 10 – 15 минут [2, 3].

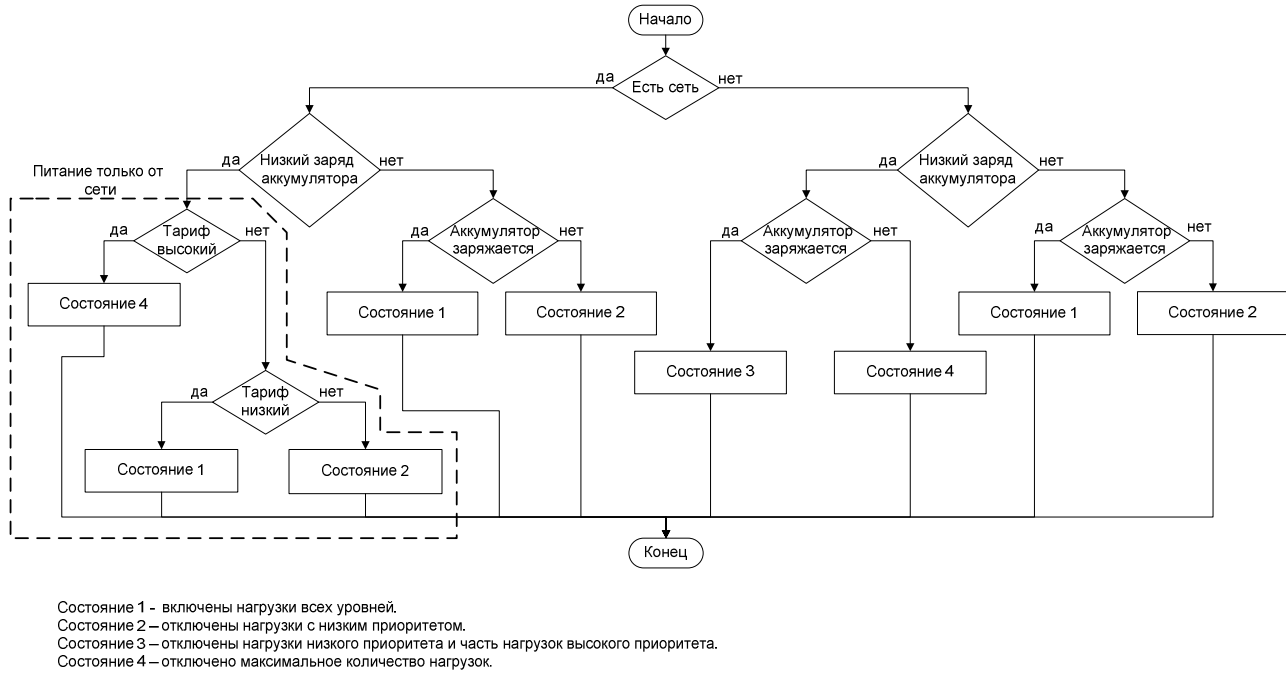


Рисунок 2 – Алгоритм управления источниками и потребителями здания в системе микрогрид

Приведенный алгоритм может быть использован и для зданий, которые снабжаются электроэнергией только от централизованной электрической сети, где электроэнергия оплачивается по многозональному тарифу. В этом случае будут активны блоки алгоритма, выделенные пунктиром.

Выводы. Предложен алгоритм управления источниками и потребителями электрической энергии для интеллектуального здания, который можно использовать для минимизации платежей за электроэнергию. Дальнейшие исследования могут уточнить и детализировать представленный алгоритм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кобец Б. Б., Волкова И. О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. — М.: ИАЦ Энергия, 2010. — 208 с.
2. Boynuegri, A.R.; Yagcitekin, B.; Baysal, M.; Karakas, A.; Uzunoglu, M. Energy management algorithm for smart home with renewable energy sources, Power Engineering, Energy and Electrical Drives (POWERENG), 2013 Fourth International Conference, PP: 1753 – 1758
3. Gudi N., Wang L., Devabhaktuni V., and Depuru S. S. S. R., A demand-side management simulation platform incorporating optimal management of distributed renewable resources, Power Systems Conference and Exposition (PSCE), PP: 1 – 7.
4. Справочник потребителя электроэнергии / Тарифные коэффициенты, розничные цены на электроэнергию для предприятий и населения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.e-meter.info/tarif/>

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ТРОГАНИЯ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА ЗАТВОРА СЛИВНОЙ ПЛОТИНЫ

*О. А. Хребтова, асс., М. Манько, студ, Б. А. Христовий, студ.
Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Украина. E-mail: 34092@ukr.net*

Введение. Выполнение технологических работ механизмом подъема/опускания затвора сливной плотины связано с преодолением значительного начального момента сопротивления, обеспечением равномерности перемещения затвора по направляющим кармана, то есть пуска в тяжелых условиях. Системы электроприводов, которые используются для данных технологических процессов, имеют низкую надежность, сложность обслуживания, неудовлетворительные энергетические показатели, что, в свою очередь, является основанием для поиска современных технических решений, обеспечивающих требуемое качество технологического процесса при минимальных энергетических и эксплуатационных затратах.

Цель работы. Разработка алгоритма трогания и пуска электропривода механизма подъема затвора сливной плотины.

Материал и результаты исследования. Для обеспечения нормальной работы электропривода механизма подъема затвора сливной плотины, как составной части технологического оборудования гидроэлектростанции, должны быть выполнены следующие требования: обеспечение системы контроля перемещения сторон затвора (синхронное перемещение сторон металлоконструкции затвора); контроль тепловых нагрузок в режиме трогания и пуска; формирование режимов трогания, пуска и перемещения в соответствии с заданными алгоритмами функционирования. Предлагаемая автоматизированная система частотно-регулируемого электропривода обеспечивает выполнение всех требований при проведении технологических работ механизмом подъема/опускания затвора сливной плотины.

Разработанная автоматическая система управления технологическим механизмом оснащается следующими устройствами. На основании тележки перемещения установлены два оптических датчика положения типа Balluff (BOS 21M-NA-PT10-S4). Контроль режимов работы электропривода выполняется на основании эффективных значений тока при использовании датчика тока типа ACS754SCB. Данные с измерительных устройств (датчик тока (ДТ), датчик напряжения (ДН) и датчик положения (ДП)) поступают на контроллер, где формируется сигнал задания на преобразователи частоты (ПЧ1 и ПЧ2) каждого асинхронного двигателя (АД1, АД2) для получения необходимых значений тока (I_c) и напряжения (U_c). Процесс подъема плотины состоит из двух этапов: первый – трогание затвора и второй – подъем. За время эксплуатации происходят изменения момента сопротивления $M_c \gg M_{ном}$ [1, 2]. Второй этап – пошаговое перемещение сторон затвора по направляющим кармана. Алгоритм приведен на рис. 1. Работа технологического механизма начинается по поступлению стартового сигнала «Пуск» на контроллер. Последний формирует сигнал задания на ПЧ1 и ПЧ2 с линейным законом частотного управления ($U/f = const$) для включения и работы АД1 и АД2 на пониженной скорости, $\omega = 0,1 \cdot \omega_{ном}$, выполняя выборку канатов. После этого на ПЧ1 подаются расчетные значения тока I_r и напряжения U_r для создания на АД1 пускового момента $M_{r.nysk}$. По окончании некоторого времени t_m сверяют данные о положении затвора по результатам показаний датчика положения ДП1. Показатель t_m характеризует время срабатывания устройств автоматизированной системы частотно-регулируемого электропривода: $t_m = t_{вкл} + t_{ПЧ} + t_{ДП} + t_{рпп}$, где $t_{вкл}$ – время срабатывания устройств коммутации; $t_{ПЧ}$ – время срабатывания преобразователя частоты; $t_{ДП}$ – время срабатывания датчика положения; $t_{рпп}$ – предполагаемое расчетное время пуска.

Если расстояние до контрольной точки уменьшилось, $I_k < I_{ном}$, то технологический механизм пришел в движение. Не зависимо от выполнения условий, аналогичные команды выполняются и для АД2. В случае, если движение затвора отсутствует, контроллер по заданной программе [3] определяет значение тока I_r и напряжения U_r ПЧ1 для создания на АД1 максимального пускового момента $M_{max.nysk} = \lambda \cdot M_k$ с учетом коэффициента перегрузки (λ) асинхронной машины. При отсутствии движения затвора и при таком задании контроллеры ПЧ1 и ПЧ2 формируют напряжение и ток для создания максимально возможного пускового момента $M_{max.nysk}$ при условии, что ток статора минимальный $I_1 \rightarrow \min$ и не превышает значение пускового тока $I_1 \leq I_{nysk.max}$. Если после этой попытки перемещение груза отсутствует, то по программе [3] пересчитываем значения тока и напряжения для увеличения пускового момента, и задаем напряжение и ток питающей сети, при которых АД1 работает в течение времени t_m с допустимым значением тока I_1 при

контроле температури $\tau_r(t) \leq \tau_{don}(t)$, где τ_{don} – допустимое значение превышения температуры. Такие же действия выполняются и для АД2.

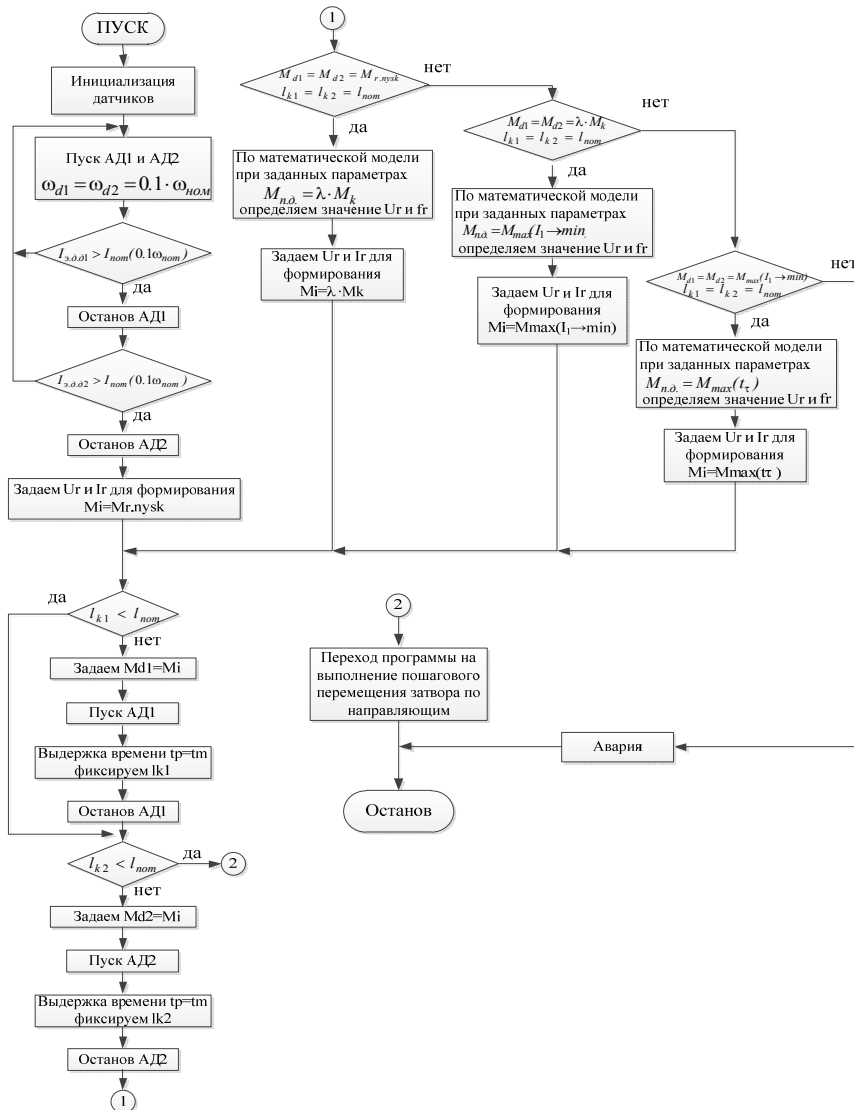


Рисунок 1 – Алгоритм выполнения трогания и пуска

По результатам сравнения показаний двух датчиков положения (ДП1, ДП2) по контрольным точкам ($l_{k1} < l_{k2}$) определяют какой из двигателей будет выполнять движение на заданное расстояние. Перемещение затвора по направляющим кармана плотины выполняется поочередным включением АД1 и АД2 механизма подъема с фиксированным перемещением рабочего органа по заданному алгоритму при помощи программируемого контроллера.

Выводы. Реализация алгоритма трогания и перемещения средствами электропривода для механизма подъема затвора сливной плотины позволяет повысить безопасность работ и значительно увеличить рабочий ресурс оборудования, а также появляется возможность повышения энергоэффективности рассмотренного объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киричков Ю.Г., Чермалых В.М. Привод шахтный подъемных установок большой мощности. – М.: Недра. 1972. – 136 с.
2. Черный А.П., Гладырь А.И., Осадчук Ю.Г., Курбанов И.Р., Вошун А.Н. Пусковые системы нерегулируемых электроприводов. Монография. – Кременчук: ЧП Щербатых А.В., 2006, 280 с.
3. Хребтова О.А. Определение момента асинхронного двигателя при трогании / О.А. Хребтова, В.В. Ченчевой, В.А. Огарь // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 4/2013 (24). – С. 61 – 69.

Переход алгоритма управления на подпрограмму перемещения осуществляется по выполнению условий $l_{k1} < l_{nom}$ и $l_{k2} < l_{nom}$. Если условия $l_{kn} < l_{nom}$ не выполняется, то программа выдает сигнал «Авария» и останавливает приводы технологического механизма. На втором этапе, когда выполняется пошаговое перемещение затвора по карману плотины, датчики положения работают как в малом (до 190 мм) так и в большом (до 10000 мм) диапазонах. В начале выполнения алгоритма задается расстояние, на которое необходимо выполнить перемещение (l_{min}). Расстояние, на которое выполняется перемещение затвора по направляющим кармана, составляет $\Delta l = 190$ мм и обусловлено габаритами металлоконструкции затвора и кармана сливной плотины. Такое значение при перемещении предотвращает перекос затвора и, как следствие, его заклинивание в кармане.

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ МАШИНОЮ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ

*В. С. Богущевський, д.т.н., проф., Я. К. Антонець, ас., О. О. Антонець, здобувач
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
пр. Перемоги, 37, корп. 9, 03056, м. Київ, Україна, e-mail: antonevich_y@ukr.net*

Вступ. Процес лиття під тиском (ЛПТ) – найбільш перспективний спосіб виробництва виробів, що піддається автоматизації, так як все технологічне обладнання повністю механізовано і підготовлено для функціонування в складі автоматичної системи керування. Головна його перевага – можливість отримання заготовок з мінімальними, найчастіше нульовими допусками на механічну обробку і мінімальною шорсткістю поверхонь, що не обробляються, забезпечення високої продуктивності та низької трудомісткості виготовлення деталей.

Питанням автоматизації процесу ЛПТ присвячено багато робіт [1 – 3]. Вони, як правило, вирішують окремі аспекти автоматизації: контроль окремих параметрів, управління найбільш важливими операціями, в тому числі циклом виробництва виливків і навколomашинними операціями, контроль і управління якістю виливків. Однак до цього часу питання не вирішене системно, що знижує продуктивність машини ЛПТ і якість виливків.

Мета роботи. Підвищення точності та надійності керування машиною ЛПТ.

Матеріал та результати дослідження. Дослідження проводилися в НТУУ "Київський політехнічний інститут" за темою "Математична модель і система управління машинами лиття під тиском", державний реєстраційний номер 0112U002173.

В основу технічного рішення покладено комплексний підхід до керування технологічним процесом. Система керування (рис. 1) містить датчик температури прес-форми 1, з'єднаний через обчислювальний блок 2 і регулятор 3 з виконавчим механізмом 4, що представляє собою два електромагніти, контакти яких знаходяться в колі включення відповідно термоелектронагрівача (ТЕН) і клапана подачі охолоджуючої води, причому перший електромагніт з'єднаний з виходом "Менше" регулятора 3, а другий з виходом "Більше". Датчик температури металу, що заливається 5, приєднаний через регулятор 6 до виконавчого механізму 7, який представляє собою тиристори включення індуктора для нагріву металу. Входи обчислювального блоку 8 з'єднані з датчиками температури прес-форми 1 і температури металу 5, а його вихід – з обчислювальним блоком 2 і регулятором 9 тривалості циклу машини. Регулятор 9 перетворює отриманий ним сигнал в машинний код, який передається на контролер циклу. Контролер побудований на принципі жорсткої програми виконання окремих операцій процесу ЛПТ.

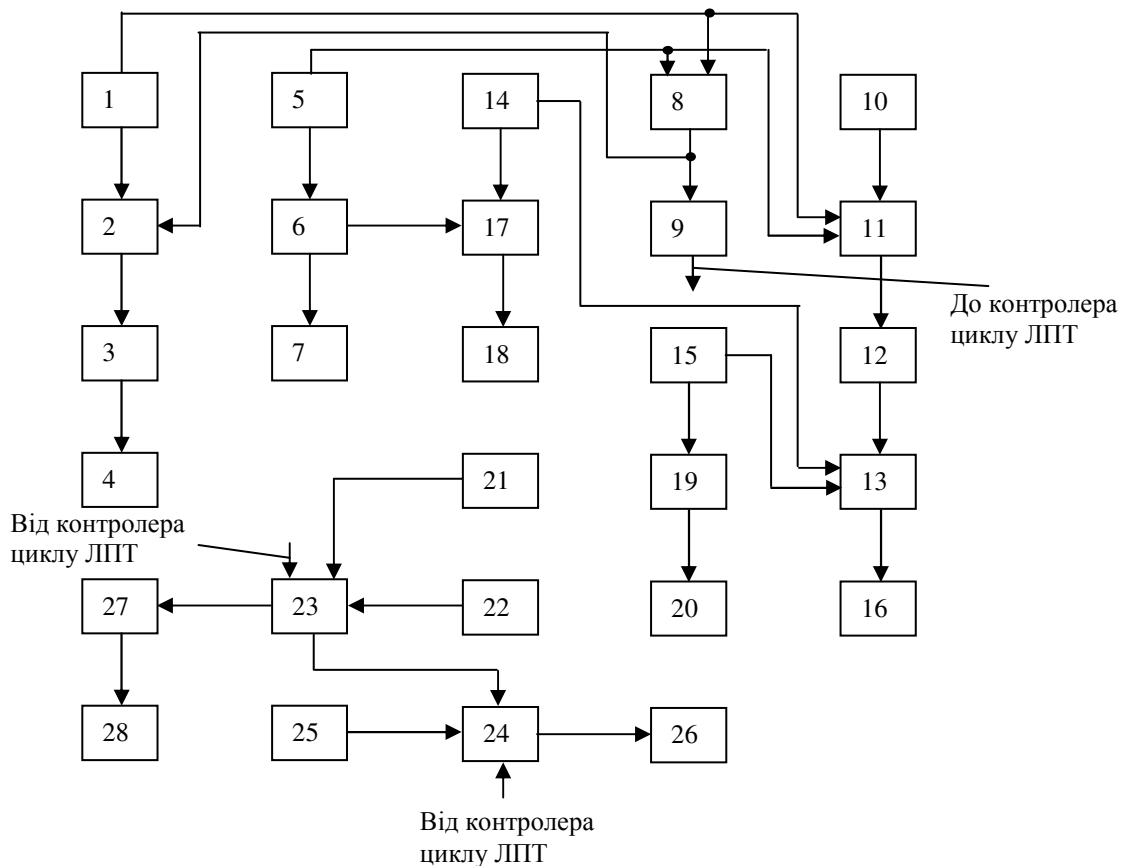


Рисунок 1 – Блок-схема системи керування машиною лиття під тиском

При цьому весь технологічний цикл розбивається на такти, проходження яких для рухомих механізмів контролюється кінцевими вимикачами, а в інших випадках – за часом (наприклад, тривалості кристалізації).

Датчик швидкості пресування 10 приєднаний до обчислювального блоку 11, сполученого з датчиками температури форми і металу 1 і 5. Вихід обчислювального блоку 11 приєднаний через третій регулятор 12 до блоку множення 13, інші входи якого з'єднані з датчиками температури 14 і тиску робочої рідини 15. Вихід блоку множення 13 приєднаний до виконавчого механізму 16, установленому на магістралі зливу робочої рідини з штокової порожнини циліндра пресування. Датчик температури робочої рідини 14 з'єднаний через регулятор 17 з виконавчим механізмом 18, який представляє собою електромагніт, що включає ТЕН в разі необхідності нагріву робочої рідини або виключає його у випадку необхідності її охолодження. Датчик тиску робочої рідини 15 з'єднаний через регулятор 19 з виконавчим механізмом 20 (пропорційний золотник), встановленим в гідроприводі машини ЛПТ після шестеренчастого насоса. Датчики тиску в штоковій порожнині циліндра пресування 21 і зазорі між напівформами 22 з'єднані через обчислювальний блок 23, пов'язаний з контролером циклу і датчиком тиску в акумуляторі 25, з виконавчим механізмом 26 (електромагнітом для включення і відключення клапана, що з'єднує регульовану порожнину акумулятора з напірною магістраллю при низькому тиску). Обчислювальний блок 23, крім того, з'єднаний через регулятор 27 з виконавчим механізмом 28 (пропорційним золотником, встановленим в магістраль подачі робочої рідини в поршневу порожнину циліндра пресування).

Керуючі впливи на виконавчі механізми пропорційні: при регулюванні температури металу, що заливається, – відхиленню температури від заданої; при регулюванні температури робочої рідини – відхиленню температури від заданої; при регулюванні тиску робочої рідини – відхиленню тиску від заданого; при регулюванні тиску зарядки акумулятора – відхиленню від пікового тиску підпресовки; при регулюванні процесу підпресовки – відхиленню величини зазору між напівформами від заданої.

Вимірювання параметрів проводиться стандартними датчиками Державної системи приладів (ДСП): температури прес-форми – термopара ТХК-0529, температури металу – термopарою ТХА-515, температури робочої рідини – термометром опору ТСП-047, швидкості пресування – фотоелектричним датчиком ДФ1-У4, тиску робочої рідини і в акумуляторі – перетворювачами Метран-100ДІ, тиску в штоковій порожнині циліндра пресування – перетворювачем ПДІ-60, зазору в прес-формі – датчиком зусилля ДСТБ-С-060. В ролі обчислювального блоку використано контролер ROC-809.

Регулятори, блоки та вузли виконано на базі системи Агрегатного комплексу електричних засобів регулювання АКЕЗР і мікросхемах обчислювальної техніки. Випробування системи управління машиною ЛПТ показало, що використання системи дозволяє здійснювати регулювання з вищою точністю, що призводить до збільшення продуктивності за рахунок зниження повернення виливків на 15 %, збільшення виходу придатного на 0,5 %, зниження вигару металу в нагрівальній печі через зменшення відсотку повторного переплавлення бракованих виливків.

Висновки. Розроблено систему керування машиною ЛПТ, що забезпечує охоплення всіх технологічних операцій виробництва виливків. Застосування системи покращує техніко-економічні показники процесу.

Подальші дослідження будуть проводитися в напрямку алгоритмізації вирішуваних завдань і реалізації системи на стандартних контролерах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жуков А.А., Постнова А.Д., Борисов В.А. и др. Повышение эффективности литья под давлением (ЛПД) // Литейщик России. – М., 2008. – № 1. – С. 25 – 30.
2. Богусhevский В.С., Антоневич Я.К. Тепловая работа пресс-формы машины литья под давлением // Металл и литье Украины. – К., 2012. – № 6. – С. 7 – 9.
3. Богусhevский В.С., Иванов В.Н., Рюмшин Н.А., Сорокин Н.А. АСУТП машин литья под давлением. – К.: НПК “Киевский институт автоматики”, 1994. – 239 с.

УПРАВЛІННЯ НЕЧІТКИМ РЕГУЛЯТОРОМ КИСНЕВО-КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕСУ В РЕЖИМІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

В. С. Богушевський, д.т.н., проф., К. М. Зубова, ас.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

вул. Політехнічна, 35, 03056, м. Київ, Україна, e-mail: katerinkazubowa@ukr.net

Вступ. Необхідною умовою науково-технічного прогресу в напрямку підвищення ефективності киснево-конвертерного процесу (ККП) є автоматизація на основі розробки систем контролю і прогнозування проходження технологічного процесу з використанням адекватних математичних моделей.

В роботах відомих вчених [1 – 4] приведені теоретичні моделі управління ККП, але вони мало придатні для практичного використання, тому що реальний процес проходить в умовах далеких від рівноваги, що призводить до великих похибок при керуванні.

На сьогоднішній день найбільш актуальним питанням є ресурсозбереження. При використанні ККП ефективним способом ресурсозбереження є підвищення ступеня допалювання СО до СО₂, так як за рахунок цього можна збільшити частку брухту у шихті шляхом зміни відстані фурми над розплавом.

Мета роботи. Налаштування системи автоматичного управління киснево-конвертерного процесу для ефективного допалювання СО в порожнині конвертера.

Матеріал і результати дослідження. Встановлено, що регулюючи відстань фурми у продовж продукції є можливість підвищити ступінь допалювання СО до СО₂ майже на 5 % (рис. 1) у порівнянні з даними з поточного виробництва, де рівень фурми не регулюється. Для досягнення заданої мети управління доцільним є використання регулятора нечіткої логіки, який працює за розробленими правилами, що враховують всі особливості процесу.

Для налаштування регулятора нечіткої логіки у якості вхідних параметрів обрано похибку регулювання, швидкість її зміни та прискорення зміни похибки регулювання, а за вихідний параметр керуючий вплив, рівень фурми. Параметри регулятора були описані трикутними функціями приналежності з п'ятьма термами.

Моделювання процесу регулювання проводили в інтерактивній системі Matlab за допомогою пакету Simulink.

Блок-діаграму системи управління киснево-конвертерною плавкою склали відповідно до роботи [5].

Сигнал похибки регулювання $E(t)$, що подається на вхід нечіткого регулятора, представляє собою різницю між заданою кількістю СО₂ ($x_1(t)$) та отриманою за розрахунком з показань газоаналізатора $x_2(t)$: $\theta(t) = x_1(t) - x_2(t) = u(t) - x(t)$.

Передавальна функція системи має вигляд класичної передавальної функції коливальної ланки, в якій вхідна величина – відстань фурми до рівня

спокійної ванни, а вихідна – ступінь окиснення вуглецю до СО₂:

$$W(s) = \frac{k_H^{\gamma_{CO_2}}}{T_2^2 s^2 + 2\varepsilon T_1 s + 1}, \tag{1}$$

де $k_H^{\gamma_{CO_2}} = k_{v_c} \cdot k_{\gamma_{CO_2}}$ – коефіцієнт передачі по каналу відстань фурми до рівня спокійної ванни – ступінь окиснення вуглецю до СО₂; $T_1 = (T_{v_c} + T_{\gamma_{CO_2}})/2\varepsilon$ і $T_2^2 = T_{v_c} \cdot T_{\gamma_{CO_2}}$ – сталі часу; ε – коефіцієнт демпфування. Чисельні значення коефіцієнтів передачі й демпфування і сталих часу наведені в [6].

Для спрощення розрахунків механізм переміщення фурми опишемо передавальною функцією інтегруючої ланки:

$$W_M(s) = \frac{k_M}{s}, \tag{2}$$

де k_M – коефіцієнт передачі, с⁻¹.

В цьому випадку вхід системи $u(\tau) = \alpha_1(\tau)$ – задана ступінь окиснення вуглецю до СО₂, а вихід $x(\tau) = \alpha_2(\tau)$ – відпрацьований системою ступінь окиснення вуглецю до СО₂; $m(\tau)$ – керуючий сигнал на виході регулятора, а об'єкт керування описується загальною функцією:

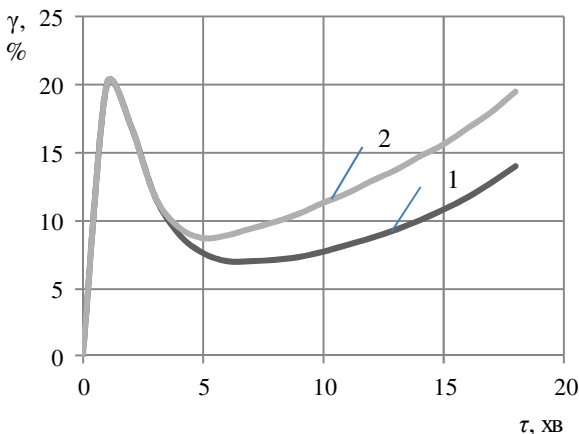


Рисунок 1 - Зміна масової частки СО₂ при постійному положенні фурми відносно розплаву (1) та при нечіткому регулюванні (2)

$$W(s) = \frac{\alpha_2(s)}{m(s)} = \frac{\alpha}{s(s^2 + bs + a)}, \quad (3)$$

де $b = 2\varepsilon \cdot T_1 / T_2^2$; $a = 1/T_2^2$; $\alpha = k_H^{\gamma_{CO_2}} \cdot k_m \cdot a = k_H^{\gamma_{CO_2}} \cdot k_m / T_2^2$.

Налаштування регулятора виконували з метою отримання найменшої похибки регулювання.

Час моделювання задано 1080 с, що відповідає часу продувки на поточному виробництві.

Результати налаштування системи представлені на рис. 2, 3.

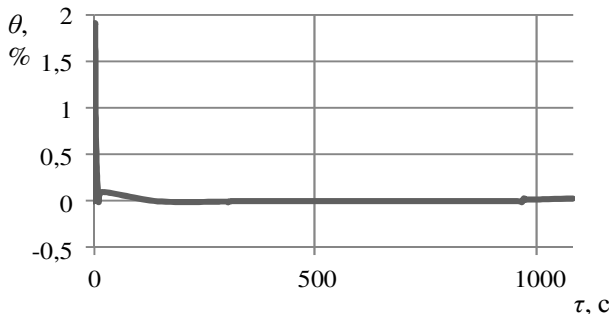


Рисунок 2 – Перехідний процес сигналу похибки регулювання $\theta(\tau)$ при використанні нечіткого регулятора

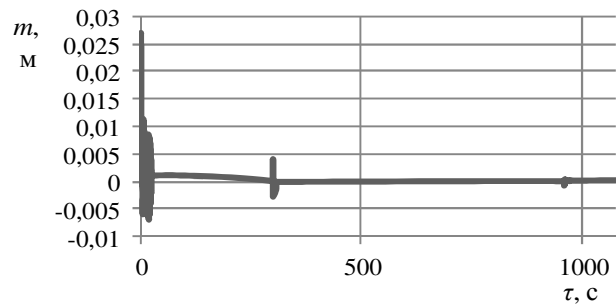


Рисунок 3 – Зміна керуючого впливу $m(\tau)$ протягом усього часу продувки

Як видно з рис. 2 найбільше значення похибки складає 1,9 % та вже приблизно через 150 с від початку регулювання її значення вдається наблизити майже до нуля. Це дає змогу стверджувати, що нечіткий регулятор в системі управління допалювання СО до СО₂ забезпечує чітке відстеження рівня фурми. Значення управляючої дії змінюється в діапазоні від -0,006 до 0,027 м.

Отже, використовуючи запропоновану систему управління, можна підвищити ефективність ККП в напрямку збільшення СО₂ у відхідних газах з найменшою похибкою регулювання.

Висновки. Використання регулятора нечіткої логіки дає можливість у продовж всього часу продувки регулювати швидкість допалювання СО до СО₂ у порожнині конвертера шляхом зміни відстані фурми з найменшою похибкою регулювання.

Наступні дослідження будуть направлені на вдосконалення запропонованої системи управління ККП, враховуючи окисненість шлаку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: Підручник / Д.Ф. Чернега, В.С. Богушевський, Ю.Я. Готвянський та ін.; За ред. Д.Ф. Чернеги, Ю.Я. Готвянського. – К.: Вища школа, 2006. – 503 с.
2. Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія: Підручник. – Дніпропетровськ: РВА „Дніпро-ВАЛ”, 2004. – 454 с.
3. Баптизманский В.И., Меджибожский М.Я., Охотский В.Б. Конвертерные процессы производства стали. Теория, технология, конструкции агрегатов. – К. – Донецк: Вища школа, 1984. – 344 с.
4. Меджибожский М.Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов. – К. – Донецк: Вища школа, 1986. – 280 с.
5. Гостев В.И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. – К.: Радиоаматор, 2008. – 972 с.
6. Богушевський В. С. Математичне моделювання конвертерного процесу за енергозберігаючою технологією / В. С. Богушевський, К. М. Зубова // Технологічні комплекси. – 2013. - № 2 (8). С. 32 – 38.

АДАПТИВНЕ УПРАВЛІННЯ РЕЛЕЙНИМ РЕГУЛЯТОРОМ СТРУМУ ОДНОФАЗНОГО СИЛОВОГО АКТИВНОГО ФІЛЬТРУ

Р. В. Власенко, ас.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 2, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: vla-ruslan@yandex.ru

Вступ. Зростання використання напівпровідникової техніки в електротехніці стало призводити до зростання нелінійних навантажень, що загостило проблему забезпечення якості електроенергії [1]. Останніми досягненнями силової перетворювальної техніки і найбільш ефективними технічними рішеннями в області компенсації неактивних складових потужностей навантажень є силові активні фільтри [2]. Методи управління будуються на сучасних уявленнях про складові потужності [3]. Розрізняють різні методи управління силовими активними фільтрами. Серед методів формування імпульсів керування ключами перетворювача виділяють: широтно-імпульсну модуляцію та релейне регулювання струму. В даний час метод релейного регулювання струму привертає увагу дослідників у зв'язку з такими можливостями як проста реалізація, протікання швидкого перехідного процесу, висока точність та обмеження пікових струмів [4].

Мета роботи. Визначення структури системи адаптивного управління релейним регулятором струму однофазного силового активного фільтру для виключення зміни частоти комутації, що супроводжується генеруванням суб-гармонік і низько частотних гармонік, та викликає труднощі, пов'язані з налаштуванням фільтруючих елементів.

Матеріал і результати дослідження. На рис. 1, а зображена схема однофазного силового активного фільтру з релейним управлінням. Силова частина активного фільтру включає транзисторний перетворювач (ТС), накопичувальний конденсатор (С) і індуктивність (L). Перетворювач в силовому активному фільтрі представляє собою схему автономного інвертора напруги з системою управління. Клеми виходу автономного інвертора напруги з'єднуються з накопичувальним конденсатором С у колі постійного струму. Автономний інвертор напруги підключається до мережі через індуктивність L. Індуктивність в схемі активного фільтру є струмообмежуючим і дозуючим елементом, а завдяки явищу самоіндукції забезпечує формування заданого струму та підвищення напруги на конденсаторі, формуючи в комплексі процес заряду і розряду конденсатора.

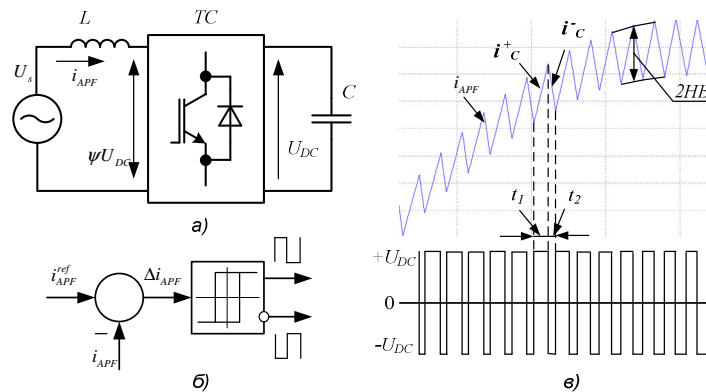


Рисунок 1 – Релейне регулювання силовим активним фільтром:

- а) спрощена схема однофазного силового активного фільтру; б) структура релейного елемента; в) діаграми зміни струму та напруги транзисторного перетворювача.

Збільшення і спад струму перетворювача виробляє значну напругу спотворення на індуктивності, яка з'єднує перетворювач до мережі:

$$\frac{di_c^+}{dt} = \frac{1}{L}(U_{dc} - U_s), \quad \frac{di_c^-}{dt} = -\frac{1}{L}(U_{dc} + U_s). \tag{1}$$

де L – значення індуктивності, яка з'єднує перетворювач в мережу; U_{dc} – напруга конденсатора; U_s – напруга мережі.

Розглядаючи зміну струму як лінійну функцію та беручи до уваги, що інтервали часу $0-t_1-t_2$ складають період комутації $T_c=t_1+t_2=1/f_c$, ширина зони гістерезису HB релейного елемента визначається, згідно з [5], за виразом:

$$HB = \frac{U_{dc}^2 - \left(U_s + L \cdot \frac{di_c^*}{dt} \right)^2}{4f_c \cdot U_{dc} \cdot L}, \tag{2}$$

де I_c^* – заданий струм перетворювача; f_c – частота комутації вентилів перетворювача.

Таким чином, обравши за відомими методиками [6] частоту комутації f_c , за відомими електричними параметрами реактивних елементів компенсатора за рівнянням (2), синтезовано схему блоку визначення

ширини зони гістерезису релейного регулятора струму (рис. 2). При цьому в схему вводяться поточні миттєві значення параметрів режиму компенсатора: заданий струм I_c^* , напруга мережі U_s , напруга конденсатора U_{dc} .

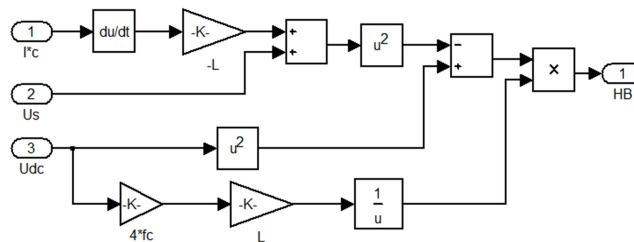


Рисунок 2 – Блок-схема адаптивного регулятора

Для дослідження ефективності використання адаптивного регулятора синтезовано модель, яка включає джерело живлення, електричну мережу з еквівалентним активним та індуктивним опором, активно-індуктивне навантаження, силовий активний фільтр та систему керування. Для зниження високочастотних пульсацій струму (напруги) введено одночастотний фільтр. Параметри елементів схеми розраховані з наступних міркувань: навантаження – індукційна піч промислової частоти з номінальною активною потужністю $P_{load}=10 \text{ кВт}$, номінальна реактивна потужність $Q_{load}=22 \text{ кВАр}$. Електропостачання здійснюється від джерела з номінальною напругою $U_{source}=220 \text{ В}$. Еквівалентні активний опір та індуктивність мережі розраховані, виходячи з допустимої втрати напруги на них (7 %) та складають відповідно $R_{source}=0,03 \text{ Ом}$; $L_{source}=0,0003 \text{ Гн}$.

Параметри силового активного фільтру визначені за рекомендаціями [3, 6]: реактор $L=5,4 \text{ мГн}$; конденсатор $C=2 \text{ мФ}$; напруга конденсатора $U_{dc}=800 \text{ В}$; частота комутації вентилів $f_c=3,5 \text{ кГц}$. Силові ключі компенсатору прийняті ідеалізованими. Виходячи з частоти комутації, для покращення роботи силового активного фільтру розрахований пасивний фільтр $L_{filter}=0,03 \text{ мГн}$, $C_{filter}=75 \text{ мкФ}$. Виходячи із заданого рівня потужності, визначений рівень реактивного струму, який підлягатиме компенсації $I_c^*=100 \text{ А}$.

Для оцінки впливу кожної складової системи активної та пасивної фільтрації виконано низку експериментів з дослідження електричних та енергетичних параметрів режиму: 1) мережа – навантаження, без застосування силового активного та пасивного фільтрів; 2) мережа – навантаження – силовий активний фільтр без адаптивного регулятора, без пасивного фільтру; 3) мережа – навантаження – силовий активний фільтр з адаптивним регулятором без пасивного фільтру; 4) мережа – навантаження – пасивний фільтр – силовий активний фільтр без адаптивного регулятора; 5) мережа – навантаження – пасивний фільтр – силовий активний фільтр з адаптивним регулятором. Для кожного з п'яти експериментів виконано оцінку електричних параметрів режиму та деяких їх показників: діючого значення напруги навантаження $U_{load,rms}$, діючого значення струму навантаження $I_{load,rms}$, діючого значення втрат напруги в мережі живлення ΔU_{rms} , діючого значення струму мережі $I_{S,rms}$, коефіцієнта несинусоїдності напруги $U_{load,thd}$, коефіцієнта несинусоїдності струму I_{thd} , активної та реактивної потужностей за основною гармонікою P_S і Q_S . Отримані результати зведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Результати дослідження при різних варіантах

№	$U_{load,rms}, \text{ В}$	$I_{load,rms}, \text{ А}$	$\Delta U_{rms}, \text{ В}$	$I_{S,rms}, \text{ А}$	$U_{thd}, \%$	$I_{thd}, \%$	$P_S, \text{ Вт}$	$Q_S, \text{ ВАр}$
1	209,7	104,7	10,3	104,7	0,00969	0,00969	9413	21020
2	217,1	108	2,9	51,87	9,855	4,081	9556	6181
3	216,9	108	3,1	52,12	9,239	3,824	9626	6194
4	216,5	108,1	3,5	49,47	0,9154	0,379	9603	5116
5	216,5	108,1	3,5	49,51	0,7636	0,3161	9611	5122

Висновки. Використання адаптивного регулятора ширини петлі гістерезису релейних елементів системи формування імпульсів у структурі силового активного фільтру дозволяє задати постійною частоту комутації силових ключів перетворювача шляхом зміни зони гістерезису при зміні навантаження, що зменшує генерування вищих гармонік в мережу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии / Ю.С. Железко. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.
2. Алексеев Б.А. Активные фильтры высших гармоник / Б.А. Алексеев // Электро. – 2007. – № 3. – С. 28–32.
3. Лохов С.М. Энергетические составляющие мощности вентиляльных преобразователей: учебное пособие / С.М. Лохов. – Ч.: ЮУрГУ. – 1999. – Ч. 1. – 106 с.
4. Bowes S., Grewal S. and Holliday D. (2001), "Novel adaptive hysteresis band modulation strategy for three-phase inverters", IEE proceedings: electric power applications, Vol. 148, PP. 51-61.
5. Zabihi S. and Zare F. (2006), "Active powers filter with unipolar pulse width modulation to reduce switching losses", 2006 International conference on power system technology, Chongqing, China.
6. Zakis J., Vinnikov D., Laugis J., Rankirs I. (2010), "Feasibility study of flexible systems for reactive power compensation", IEEE, Vol. 5, PP. 14–20.

МОДЕРНИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧЕКОГО ОБОРУДОВАННЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. Ю. Лещук, асп., А. И. Гладырь, к.т.н., доц.

Кременчужский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: leshchuk_oleksiy@mail.ru

Введение. В последнее время наблюдается устойчивое расширение области применения труб на основе композиционных материалов (КМ) благодаря их высокой прочности, физической и химической устойчивости при относительно малом весе. Подавляющее большинство предприятий-изготовителей, как правило, использует морально и физически устаревшее технологическое оборудование, несоответствующее современным техническим требованиям, что приводит к перерасходу энергетических и материальных ресурсов, низкой производительности, отсутствию технологической гибкости производства и снижению качества продукции. В связи с этим возникает острая необходимость анализа технологического процесса изготовления труб и определения рациональных путей модернизации существующего оборудования.

Цель работы. Анализ недостатков существующего технологического процесса изготовления труб методом намотки на основе КМ и поиск путей их устранения за счет применения современных средств АСУТП и модернизации оборудования.

Материалы и результаты исследования.

Оборудование токарного типа, обеспечивающее спирально-винтовую намотку, является наиболее распространенным, поскольку обладает универсальной структурой для изготовления изделий различной формы и внутренней структуры, что, в конечном счете, определяет свойства готовой продукции [1, 2].

Основными технологическими параметрами определяющими качество, структуру и форму изделия выступают длина (L), внутренний диаметр (d), наружный диаметр (D), толщина стенок (s) и угол укладки армирующего слоя относительно оси вращения (α).

В общем случае технологическая схема установки для мокрой намотки (рис. 1) состоит из следующих частей и технологических узлов: 1 – вращающаяся оправка (дорн), которая определяет внутреннюю геометрию изделия; 2 – электропривод (ЭП) оправки; 3 – привод раскладчика; 4 – раскладчик, который перемещается вдоль дорна и состоит из следующих узлов: 5 – бухта/шпуля с стеклонитью; 6 – стеклонить; 7 – формователь ленты из стеклонити; 8 – ванночки пропитки ленты стеклонити связующим; 9 – лента со связующим; 10 – устройство выходного формирования ленты намотки; 11 – кинематические цепи оправки (КЦ_{опр.}) и раскладчика (КЦ_{р.}) [2].

Работа и настройка данного технологического оборудования для намотки изделий (рис. 1) осуществляется путем непрерывного вращения оправки (1) приводом (2) через кинематическую цепь (КЦ), которая соединена

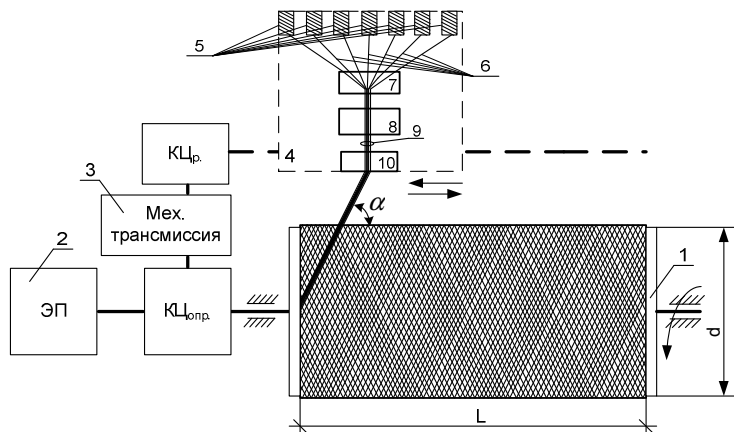


Рисунок 1 – Структурная схема технологического механизма изготовления изделий методом намотки

посредством механической трансмиссии с механизмом продольного передвижения раскладчика (4). При этом скорость вращения дорна технологически predetermined диаметром оправки, а передвижение «ведомого» нитеукладчика обеспечивается ручной настройкой механических передач, присоединенных к «ведущему» приводу оправки, таким образом, чтобы обеспечить необходимые параметры укладки КМ.

На данный момент эксплуатация представленной системы намотки труб является достаточно сложным процессом, поскольку обеспечение заданного соотношения скоростей движения раскладчика и оправки реализуется ручной перенастройкой

механической трансмиссии. Использование большого количества звездочек различных размеров и цепей различной длины приводит к тому, что подбор комбинации их параметров для изготовления изделий заданной заказчиком конфигурации (L, b, d, α) очень длительный и достаточно редко позволяет обеспечить необходимую точность изготовления продукции.

Основным условием правильной намотки цилиндрических труб из волокон композиционного материала является поддержание стабильности заданного угла армирования, который определяется соотношением скорости вращения приводной звездочки раскладчика (w_2) к скорости вращения (w_1) оправки $i = w_2/w_1$.

Рассмотрим основные особенности изготовления труб методом спирально-перекрестной намотки труб на основе КМ:

- 1) *изменения расстояние раскладчика от тела намотки.* Как правило, раскладчик расположен на

фиксированном расстоянии (H) от оси вращения оправки. Как видно из рис. 2, в зависимости от диаметра используемой оправки изменяется расстояние h от раскладчика до тела изделия, что приводит к изменению α , и, как следствие, необходимости корректировки алгоритмов намотки.

2) *изменение диаметра трубы в процессе намотки* также влияет на угол укладки. В процессе намотки увеличивается диаметр изделия (рис. 2), что приводит к увеличению фактического угла укладки (α) и скорости протяжки нити/ленты, уменьшению качества укладки КМ на краях оправки и неконтролируемому уменьшению расстояния раскладчика до наматываемой поверхности (h), что выражается в неравномерности внутренней структуры и толщины по всей длине трубы.

3) *смещение точек начала прохода.*

Обязательным технологическим условием намотки труб является укладка стеклонити или препрегов друг возле друга.

Несоблюдение данного требования приводит к колебаниям толщины готового изделия на всей его длине и необходимости последующей механической обработки внешнего слоя трубы. Процесс укладки нового слоя КМ начинается на краю оправки, где край ленты ложится в т. 1 (рис. 2), после чего происходит намотка трубы исходя из заданных технологических параметров L , b , d , α . По окончании цикла намотки раскладчик обеспечивает расположение края укладываемого КМ вплотную до края ленты уложенной в начале цикла – расположении края ленты в т. 2 (рис. 2), которая находится на расстоянии ширины укладываемой ленты относительно т. 1. На практике, смещение точки начала прохода происходит лишь при некоторых соотношениях L , b , d , α , и поэтому требует корректировки значения одного или двух параметров, что позволяет обеспечить выход в т. 2 после завершения одного цикла намотки КМ.

Все перечисленные выше особенности характеризуются тем что все они могут быть устранены алгоритмически, что легко осуществляется за счет использования современных микропроцессорных устройств управления, в частности промышленных программируемых логических контролеров (ПЛК).

На рисунке 3 предложена структурная схема усовершенствованной системы намотки цилиндрических изделий на основе КМ, где: ЭП_{опр.} – регулируемый ЭП оправки; ЭП_{р.} – ЭП раскладчика; ПЛК – программируемый логический контролер; ПО – панель оператора; Д_{опр.} и Д_{р.} – датчики контроля фактических положений рабочих органов (РО) оправки и раскладчика. Данная система, оснащенная регулируемыми электроприводами рабочих органов, устройствами контроля технологических параметров и современным устройством управления позволяет обеспечить быстрое изменение параметра i и поддержание его стабильности на протяжении всего процесса намотки изделия. Кроме того, применение данной системы существенно расширяет возможность совершенствования алгоритмов управления с целью устранения и минимизации негативных последствий процесса намотки, вызванных конструктивными и технологическими возможностями оборудования. Рассмотрим некоторые из таких особенностей.

Таким образом, повышение качества продукции и производительности оборудования, точности, простоты и малого времени переналадки возможно достичь путем исключения сложной механической трансмиссии и применения современных технических средств АСУТП – свободнопрограммируемых микропроцессорных устройств управления, обеспечивающих управление регулируемыми электроприводами, высокоточных датчиков контроля технологических параметров и т.д.

Выводы. Проведенный анализ показал необходимость совершенствования технологического процесса, а именно, модернизации оборудования согласно предложенной структуры, что позволит алгоритмически устранить большинство недостатков существующей системы намотки труб на основе композиционных материалов.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гардимов Г.П. и др. Трансверсально армированные композиты. Технология процессов формирования. СПб.: Специальная литература, 1999. – 444 с.
2. Крижановский В.К., Кербер М.Л., Бурлов В.В., Паниматченко А.Д. Производство изделий из полимерных материалов. СПб.: Профессия, 2008. – 460 с.

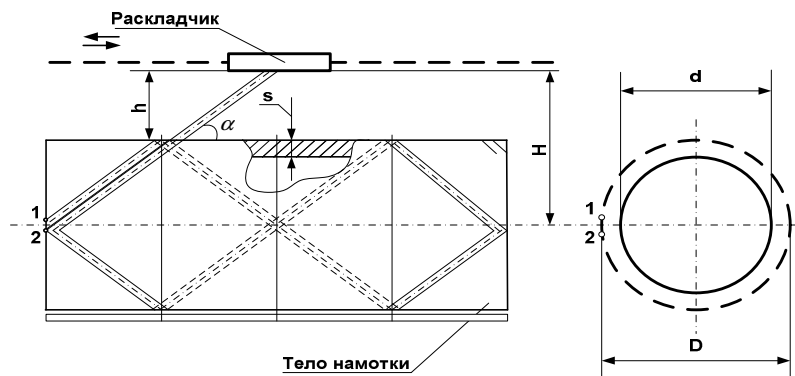


Рисунок 2 – Технологическая схема процесса намотки труб

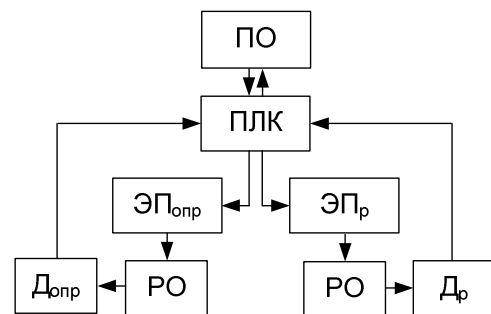


Рисунок 3 – Структурная схема модернизации

АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРРЕКТИРОВКИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИЗДЕЛИЙ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ

А. Ю. Лещук, асп., А. И. Гладырь, к.т.н., доц.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: leshchuk_oleksiy@mail.ru

Введение. С каждым годом расширяется сфера использования труб, изготовленных на основе композиционных материалов (КМ), в связи с уникальными эксплуатационными характеристиками – высокая прочность, физическая и химическая устойчивость при относительно малом весе. В связи с этим возрастают требования к качеству таких изделий, самому оборудованию, которое должно обеспечить возможность расширения номенклатурного ряда изделий при высокой производительности, простоту и удобство эксплуатации; применение современных средств АСУТП и более эффективных алгоритмов управления.

Цель работы. Разработка алгоритмов управления технологической установкой для производства труб и повышения качества выпускаемой продукции на основе композиционных материалов.

Материалы и результаты исследования. Наибольшее развитие получил способ намотки цилиндрических оболочек за счет вращения оправки и возвратно-поступательного движения суппорта станка вдоль оси оболочки с раскладчиком наматываемой ленты.

В обобщенном виде структурная схема технологического механизма производства труб методом намотки представлена на рис. 1, где ЭПр – электропривод раскладчика, ЭП_{опр} – электропривод вращения оправки.

При изготовлении изделий данного рода, форма, основные размеры и эксплуатационные характеристики определяются заказчиком, главными из которых являются: L – длина, d – внутренний диаметр, D – наружный диаметр или толщина (s), j – коэффициент механической прочности, который зависит от множества технологических и производственных факторов – схема и угол укладки (α) нити/ленты, ширина ленты (b), тип и качество нити и связующего вещества.

Одним из главных параметров, определяющих эксплуатационные характеристики изделия, на ряду с габаритными размерами, является точность поддержания стабильности угла армирования α по всей длине изделия (рис. 1, а).

В простейшем случае намотка осуществляется при постоянной скорости вращения оправки, относительно которой рассчитывается линейная скорость перемещения раскладчика, обеспечивающая постоянство заданного значения угла армирования (α). В зависимости от угла поворота оправки (дорна) перемещается и раскладчик, с которого подается композиционный материал. На рис. 1 представлена схема (рис. 1, а) и циклограмма работы установки (рис. 1, б, где n – это количество фактически совершенных оборотов оправки) при намотке слоев готового изделия, которая осуществляется от одного края оправки (т. 1, рис. 1) к другому (т. 2, рис. 1, а). После этого раскладчик возвращается в точку начала укладки (т. 1', рис. 1, а), которая смещена относительно начальной на ширину ленты (b) и позволяет произвести следующий проход укладки ленты «кромка к кромке» с предыдущей.

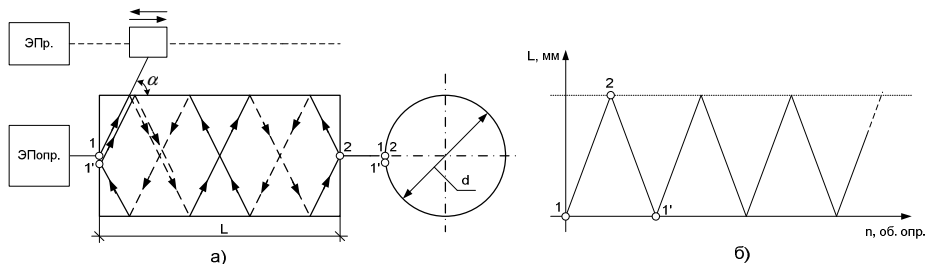


Рисунок 1 – Структурная схема оборудования при укладке ленты/нити (а), циклограмма работы установки (б)

На практике при намотке на оправку технологически необходимым является выстой раскладчика на краю оправки, что обеспечивает надежную фиксацию ленты на концах изделия. Вистой исключает возможность смещения и соскальзывания ленты, что особенно характерно при малых углах выкладки. Коэффициент выстоя ($K_{вст.}$) измеряется в оборотах оправки.

Циклограмма работы оборудования и схема ее укладки с учетом величины выстоя раскладчика представлена на рис. 2, где отображено поддержание постоянства следующих параметров: $L=const$, $d=const$, $K=const$, $\alpha=const$.

При данных, предопределенных условиях, возникает проблема точности укладки ленты рядом с предыдущей, что выражается в отсутствии возможности выхода раскладчика в т. 1' после завершения цикла укладки ленты (т. 1, 2, 3, 4, рис. 2). А именно, конечная точка (т. 4, рис. 2) находится на определенном расстоянии от необходимой позиции (т. 1', рис. 2), что приводит к неточности намотки изделия и выражается в неравномерности толщины трубы (s) по всей длине оправки.

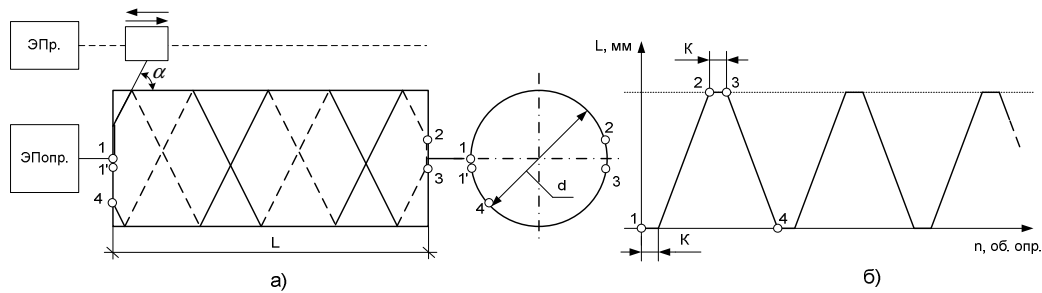


Рисунок 2 – Структурная схема оборудования при укладке ленты/нити с учетом $K_{высота}$ (а), циклограмма работы установки с выстоем на концах оправки (б)

Учитывая, что при намотке цилиндрических изделий параметры L, d, α жестко predeterminedены, а $K_{вст.}$ имеет значение рекомендуемого диапазона $\Delta K = K_{max} - K_{min}$ авторами предложен алгоритм корректировки K (рис. 3) в допустимом диапазоне с учетом возможности определения нескольких начальных точек начала укладки ленты/нити на краях оправки (рис. 4). Такая корректировка позволит уменьшить величину технологического утолщения на краях оправки и увеличить стабильность толщины композиционного материала всего изделия за счет оптимизации величины выстоя раскладчика в пределах допустимого диапазона.

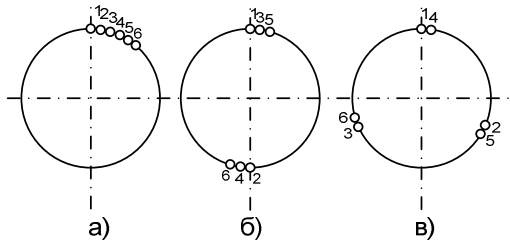


Рисунок 4 – Схема начала укладки слоев лент:
а – начало укладки ленты с одной точки; б – с двух точек; в – с трех точек

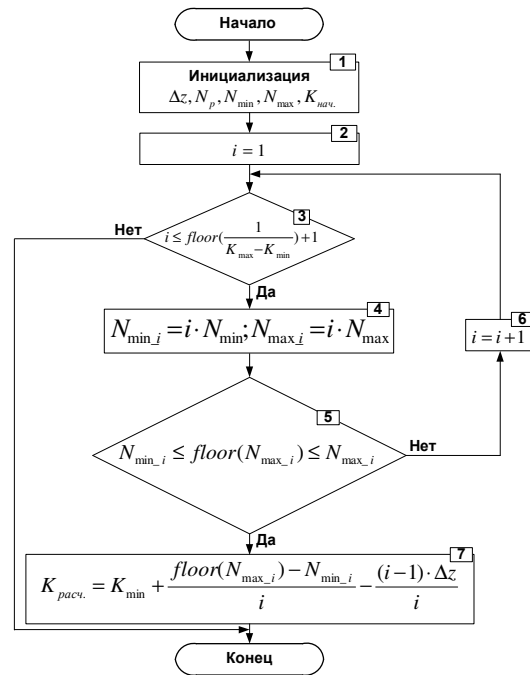


Рисунок 3 – Алгоритм коррекции $K_{вст.}$

Расчет оптимального $K_{вст.}$ является частью процесса намотки цилиндрических изделий из КМ и подразумевает, что изначально известны значения $L, d, \alpha, b, h, K_{min}$ и K_{max} .

Работа алгоритма начинается с расчета следующих значений с учетом фактического диаметра трубы: Δz – величина смещения укладки на ширину ленты; N_p – количество оборотов оправки при одном проходе раскладчика; N_{min}, N_{max} – минимальное и максимальное количество оборотов оправки при заданных значениях выстоя K_{min} и K_{max} .

Далее (блок 2, рис. 3) определяется начальная схема укладки ленты на краю $i=1$ (рис. 4, а). После чего происходит проверка выполнения условия $i \leq \text{floor}(1/(K_{max} - K_{min})) + 1$ (блок 3, рис. 3): если условие не выполняется, то $K_{вст.}$ остается без изменения и происходит окончание работы алгоритма; если условие выполняется, то значения N_{min} и N_{max} умножаются на i (блок 4, рис. 3), для упрощения дальнейших расчетов. Далее происходит проверка выполнения условия $N_{min_i} \leq \text{floor}(N_{max_i}) \leq N_{max_i}$ (блок 5, рис. 3), если условие не выполняется, то происходит увеличение количества точек начала укладки ленты (блок 6, рис. 3) до тех пор, пока не будет достигнуто выполнение условия. В конечном счете достигается определение i , значение которого определяет схему укладки на краях оправки (рис. 4, а, б, в), и производится расчет $K_{вст.}$ (блок 7, рис. 3).

Выводы. Предложенный алгоритм позволяет обеспечить повторяемость рисунка намотки армирующего слоя трубы и минимизировать утолщение изделия на краях оправки путем коррекции величины выстоя раскладчика, чем достигается повышение качества продукции, уменьшение энергозатрат на этапе намотки и конечной обработки изделия.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гардимов Г.П. и др. Трансверсально армированные композиты. Технология процессов формирования. СПб.: Специальная литература, 1999. – 444 с.
2. Комоков М.А. Технология намотки композитных конструкций ракет и средств поражения. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 431 с.

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВІТРОГЕНЕРУЮЧИМ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ З ВЕКТОРНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ

Ю. О. Бондаренко, студ.

Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: julia..bond@mail.ru

Вступ. При проектуванні вітроенергетичної установки (ВЕУ) виникає задача автоматичного регулювання потужності, що виробляється для забезпечення ефективної роботи в широкому діапазоні швидкостей вітру. Порушення балансу потужності викликається нерівномірністю навантаження споживача і випадковими змінами швидкості вітру [1].

Мета роботи. Математичний опис структури керування вітрогенеруючим електротехнічним комплексом з векторним регулюванням.

Матеріал та результати досліджень. Для розв'язання поставленої задачі пропонується використати спосіб реалізації електротехнічного комплексу з векторним регулюванням.

Вітровий потік приводить в рух вітроколесо, яке розкручує ротор асинхронного генератора (АГ). Швидкість обертання ротора контролюється датчиком швидкості, максимальна величина якої обмежується за допомогою системи керування швидкістю. Регулювання швидкості здійснюється за сигналом розузгодження:

$$\Delta\omega = \omega^{ref} - \omega, \quad (1)$$

де ω^{ref} – задане значення частоти обертання АГ; ω – діюче значення частоти обертання АГ, що контролюється відповідним датчиком.

Електричну енергію АГ передають на генераторний перетворювач. Датчиками струму контролюють струми $i_{abc,gn}$ фаз генератора. Для реалізації принципів векторного керування перехід від трифазної системи координат A, B, C до двофазної dq здійснюється за допомогою перетворювача координат (ПК) згідно математичного апарату Парка [2].

Передають струм $i_{dq,gn}$ з координатного перетворювача на блок керування вектором поля. Розраховують в системі керування швидкість ω , та електромагнітний момент M_{Γ} АГ.

Електромагнітний момент асинхронного генератора M_{Γ} :

$$M_{\Gamma} = k_{\omega p} \Delta\omega, \quad (2)$$

де $k_{\omega p} = \frac{JL_r k_{\omega c}}{3z_p L_m k_{\omega u} T_{\omega c}}$ – пропорційний коефіцієнт регулювання швидкості; J – момент інерції, приведений до валу АГ; L_r, L_m – індуктивність контурів ротора та намагнічення відповідно; $k_{\omega c}$ – коефіцієнт передачі датчика струму; $T_{\omega c}$ – мала некомпенсована стала часу контуру швидкості; z_p – число пар полюсів АГ; $k_{\omega u}$ – коефіцієнт передачі датчика швидкості.

В блоці керування вектором поля розраховують:

– задану пряму проекцію вектора струму генератора за віссю d :

$$i_{d,gn}^{ref} = \psi_r / L_m, \quad (3)$$

де ψ_r – потокозчеплення ротора, $\psi_r = const$.

– струм намагнічення в блоці керування вектором поля:

$$i_{\mu} = i_d L_m, \quad (4)$$

де i_d – реактивна складова струму ротора.

– задану ортогональну проекцію вектора струму генератора за віссю q :

$$i_{q,gn}^{ref} = \frac{2M_{\Gamma}}{3\psi_r z_p k_r}, \quad (5)$$

де $k_r = L_m / L_r$.

– поточне положення ротора:

$$\theta = \int (\omega_r k + \frac{L_m i_q}{T_r \psi_r}) dt, \quad (6)$$

де ω_r – частота обертання вектора потокозчеплення ротора; i_q – активна складова струму ротора; k – коефіцієнт зв'язку струму з потокозчепленням; $T_r = L_r / R_r$ – стала часу роторного кола.

Координатним перетворювачем виконують зворотне перетворення поточних струмів $i_{d,gn}^{ref}, i_{q,gn}^{ref}$ перехід з двофазної системи координат dq в трифазну A, B, C [2].

В блоці релейного керування струмом розраховують різницю поточного струму $i_{abc,gn}$ та заданого струму $i_{abc,gn}^{ref}$ для відповідних фаз:

$$\Delta i = i_{abc,gn}^{ref} - i_{abc,gn} \quad (7)$$

Визначають рівень вихідної напруги керування транзисторами верхнього та нижнього плеча генераторного перетворювача за фазою A :

$$U_{VT.A}^{HI} = \begin{cases} 1npu \Delta i > i_{band} \\ 2npu \Delta i < i_{band} \end{cases} \quad (8)$$

$$U_{VT.A}^{LO} = \begin{cases} 1npu \Delta i < -i_{band} \\ 2npu \Delta i > i_{band} \end{cases} \quad (9)$$

Аналогічно визначають рівні напруги керування транзисторами верхнього та нижнього плеча генераторного перетворювача за фазами B , і C .

На генераторний перетворювач від системи керування передають напруги управління ($U_{VT.A}^{HI}$, $U_{VT.A}^{LO}$, $U_{VT.B}^{HI}$, $U_{VT.B}^{LO}$, $U_{VT.C}^{HI}$, $U_{VT.C}^{LO}$), забезпечуючи рівень реактивної потужності в генераторі та передачу активної потужності до конденсатора.

Датчиком напруги контролюють напругу конденсатора. В системі керування напругою конденсатора розраховують різницю поточної напруги u_c конденсатора і заданої напруги u_c^{ref} конденсатора:

$$\Delta u = u_c^{ref} - u_c \quad (10)$$

Корегують сигнал похибки та визначають струм i_q^{ref} :

$$i_q^{ref} = \Delta u \cdot k \quad (11)$$

Датчиком струму та напруги контролюють струми $i_{abc,gr}$ та напруги $u_{abc,gr}$ фаз мережі. Здійснюють перетворення Парка для струму та напруги [2].

На підставі вимірених значень струмів та напруг мережі, над якими виконано перетворення Парка, з урахуванням заданих проекцій вектора струму $i_{dq,gr}^{ref}$ мережі та поточних проекцій вектора напруги $e_{dq,gr}$, визначають задані проекції вектора напруги мережевого перетворювача в блоці керування вектором струму:

$$u_{d,gr}^{ref} = e_{d,gr} + \left((i_{d,gr}^{ref} - i_{d,gr}) k_{ep} - i_{q,gr}^{ref} j\omega L_i \right), \quad (12)$$

$$u_{q,gr}^{ref} = e_{q,gr} + \left((i_{q,gr}^{ref} - i_{q,gr}) k_{ep} + i_{d,gr}^{ref} j\omega L_i \right), \quad (13)$$

де $k_{ep} = \frac{T_r k_{om}}{2T_{ке} L_m \omega_{\psi \max}}$ – пропорційний коефіцієнт регулювання електрорушійної сили; T_r – стала часу фільтра мережі; L_m – індуктивність фільтра мережі; $\omega_{\psi \max}$ – граничне значення частоти мережі; k_{om} – коефіцієнт передачі датчика струму мережі; $T_{ке}$ – мала некомпенсована постійна часу контуру.

Виконують зворотне перетворення координат заданої напруги $u_{dq,gr}^{ref}$ [2].

Передають напругу мережі $u_{abc,gr}^{ref}$ та задану напругу конденсатора u_c^{ref} до блоку широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). В блоці ШІМ розраховують опорну напругу:

$$U_{carr} = -\frac{2}{\pi} \arctg \left[\operatorname{tg} \left(t_{\text{mod}} 2\pi t - \frac{\pi}{2} \right) \right] \quad (14)$$

Визначають рівень вихідної напруги керування транзисторами мережевого перетворювача за фазами A , B , C :

$$U_{out.A,B,C} = \begin{cases} 1npu U_{carr} > U^{ref} \\ 0npu U_{carr} < U^{ref} \end{cases} \quad (15)$$

На мережевий перетворювач від його системи керування передають напруги управління, забезпечуючи передачу активної потужності до мережі. Фільтр знижує вплив вищих гармонік струму і напруги, які віддаються в мережу.

Висновки. Виконано математичний опис ВЕУ. Дана система забезпечує передачу активної потужності в мережу. Рівень реактивної потужності заданий константою, що потребує доповнення системи керування ланками, які забезпечать регулювання реактивної потужності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. / Дж. Твайделл. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.
2. Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводом переменного тока / ГОУВПО "Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина". – Иваново, 2008. – 298 с.

МАГНІТНА СИСТЕМА БАРАБАННОГО СЕПАРАТОРА З РІВНОМІРНИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ НА ПОВЕРХНІ ОБИЧАЙКИ

В. М. Гудь, ст. викл.

Національний університет водного господарства та природокористування

вул. Соборна, 11, 33000, м. Рівне, Україна, e-mail: vovkchik@ukr.net

Вступ. Магнітні сепаратори широко використовуються для розділення сипучих, рідких та газоподібних сумішей. Зокрема вони застосовуються для збагачення сильно- і слабомагнітних руд та очистки немагнітних матеріалів від магнітних домішок [1]. Основним елементом будь-якого магнітного сепаратора є магнітна система, від якої, в основному, й залежить ефективність розділення матеріалів. До кінця ХХ століття для збудження магнітного поля промислових сепараторів переважно використовувались магнітні системи на основі ферит-барієвих або ферит-стронцієвих постійних магнітів чи електромагнітні системи [2]. Однак, постійне підвищення вимог до якості розділення матеріалів привело до необхідності розробки нових магнітних сепараторів із більшими величинами напруженості магнітного поля. Відкриття нових високоенергетичних магнітотвердих матеріалів та поступове зменшення їх вартості дало поштовх до розробки і удосконалення існуючих магнітних систем сепараторів, у тому числі ПБМ та ПБС.

Відомо, що зміна величини напруженості магнітного поля сепаратора в радіальному напрямку обумовлює виникнення нормальної складової магнітної сили F_{Mn} , а нерівномірність величини напруженості магнітного поля на поверхні обичайки сепаратора обумовлює виникнення тангенціальної складової магнітної сили F_{Mt} . При цьому нормальна складова магнітної сили F_{Mn} визначає силу "притискання" магнітних частинок до рухомої частини сепаратора – обичайки. Внаслідок дії сили F_{Mn} між її поверхнею та осадженою магнітною частинкою виникає сила тертя:

$$F_T = k_T \cdot F_{Mn}, \quad (1)$$

де k_T – коефіцієнт тертя між поверхнею обичайки та осадженою на неї магнітною частинкою.

Тому завдяки дії сили тертя F_T , осаджена на поверхню обичайки магнітна фракція при його обертанні переміщується вздовж полюсів магнітної системи і відривається від поверхні при виході з зони дії магнітних сил. Таким чином, нормальна складова магнітної сили F_{Mn} в процесі сепарації виконує дві функції: осадження магнітної фракції з шару продукту, що підлягає сепарації, на поверхню барабана і створення умов для транспортування на поверхні обичайки осадженої фракції в напрямку її розвантаження в приймачі магнітної фракції. На відміну від нормальної складової сили, тангенціальна F_{Mt} безпосередньо не впливає на процес осадження магнітної фракції, оскільки вона спрямована вздовж поверхні обичайки в напрямі зростання напруженості магнітного поля. Відповідно до топології поля магнітних систем сепараторів на основі високоенергетичних магнітів, тангенціальна складова магнітної сили F_{Mt} направлена у зоні кожного полюса від його середини до міжполюсного простору [3]. При цьому вона під час переходу з зони дії одного полюса в зону іншого полюса, протидіє силі тертя F_T і, як наслідок, на поверхні обичайки виникають зони, де сила $F_T < F_{Mt}$, що призводить до зупинки руху магнітної фракції відносно полюсів магнітної системи. Внаслідок цього, у зонах максимального значення тангенціальної магнітної сили F_{Mt} , на поверхні обичайки відбувається "залипання" осадженого продукту і його нагромадження у вигляді нерухомих зростків, що перешкоджає руху магнітної фракції і, як наслідок, зменшує ефективність процесу сепарації. Заміна феритових на високоенергетичні Nd-Fe-B магніти аналогічної форми зумовлює зростання нерівномірності магнітного поля на поверхні магнітної системи сепаратора. Показано [1], що нерівномірність напруженості магнітного поля вздовж поверхні обичайки залежить від відстані між суміжними полюсами і найбільше відхилення від рівномірного поля спостерігається при повному "змиканні" суміжних полюсів. Тому однією із основних задач, які необхідно вирішити при заміні феритових на Nd-Fe-B магніти, є зменшення нерівномірності магнітного поля на поверхні обичайки сепаратора. Це можна досягнути двома способами. Перший полягає у змінному напрямі намагнічування полюсів магнітної системи сепаратора [4]. У другому рівномірність магнітного поля досягається зміною форми поперечного перерізу полюсів магнітної системи та їх взаємного розміщення [5]. При цьому питання оптимальної форми полюсів магнітної системи сепаратора залишається відкритим.

Мета роботи. Визначення параметрів магнітної системи сепаратора барабанного типу на основі Nd-Fe-B магнітів, яка створює рівномірне магнітне поле на поверхні обичайки.

Матеріал і результати дослідження. Проведено дослідження магнітної системи (рис. 1) з зовнішнім діаметром 1 м, які включають радіально-намагнічені полюси 2 постійних магнітів, установлені всередині обичайки 1 на магнітному шунті 3, з почерговою полярністю в напрямі її обертання. При цьому полюси виконані змінної висоти, величина якої зменшується по ширині полюса в напрямках від центру полюса до його країв. Порівняльний аналіз магнітних систем здійснювали методами математичного моделювання, розв'язуючи відповідну нелінійну крайову задачу магнітостатики [6]. В якості матеріалу шунта використовували електротехнічну сталь [7]. Магнітне поле генерували постійними магнітами енергією $300 \div 400$ кДж/м³ [8].

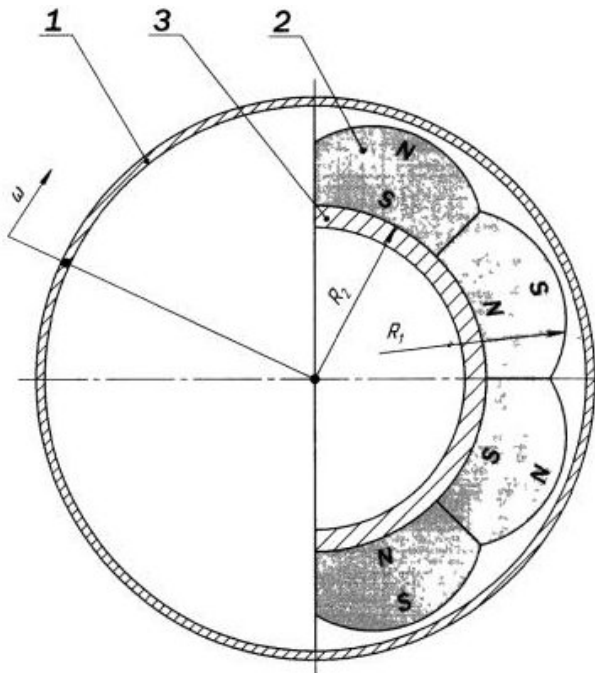


Рисунок 1 – Конструкція досліджуваного магнітного сепаратора, де 1 – обичайка, 2 – полюси магнітної системи, 3 – магнітний шунт

В результаті проведеного аналізу встановлено, що використання полюсів магнітної системи сепаратора з різною висотою полюса дозволяє зменшити напруженість магнітного поля в зоні міжполюсного простору на поверхні обичайки порівняно з напруженістю магнітного поля в площині, що проходить посередині полюса і досягнути тим самим більшої рівномірності напруженості магнітного поля уздовж поверхні обичайки. Вирівнювання величини напруженості магнітного поля вздовж ширини полюса пояснюється тим, що по мірі зменшення довжини магнітних силових ліній, які замикаються через повітряний проміжок між сусідніми різномірними магнітними полюсами, зменшується і відповідно висота полюсів постійних магнітів. Показано, що при виконанні полюсів з різною кривизною зовнішньої і внутрішньої поверхонь полюсів, можна досягти оптимальної закономірності зміни висоти полюса, яка забезпечує максимальну рівномірність напруженості магнітного поля вздовж поверхні обичайки.

Висновки. Проведені дослідження показали, що зміною висоти полюсів магнітної системи та їх взаємного розміщення досягається зменшення нерівномірності магнітного поля на поверхні обичайки сепаратора до двох разів. Визначено оптимальні форми полюсів постійних магнітів енергією 300÷400 кДж/м³ та їхнє взаємне розміщення, при яких отримується рівномірне поле на робочій поверхні сепаратора.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кармазин В.В. Магнитные и электрические методы обогащения / В.В. Кармазин, В.И. Кармазин. – М.: Недра, 1988. – 304 с.
2. Загирняк М.В., Бранспиз Ю.А., Шведчикова И.А. Магнитные сепараторы. Проблемы проектирования: Монография / Под общ. ред. М.В. Загирняка.
3. Lozin A.A. Magnetic System With "Antiradial" Magnetization / A.A. Lozin, V.V. Nitiagovsky, V.M. Hud // Journal of Iron and Steel Research, International, Volume 13, Supplement 1, 2006, PP. 471–473.
4. Патент на изобретение. RU № 2272674. МПК В03С 1/00 Магнитная система сепаратора (ее варианты) / Лозин А.А., Гудь В.Н., Арсенюк В.М., Нитяговский В.В., Макрушина Л.Н. Заявка 2004125517/03 от 23.08.2004. Оpubл. 27.03.2006, Бюл. №9.
5. Патент на изобретение. RU № 2330725. МПК В03С 1/00 Магнитная система барабанного сепаратора / Лозин А.А., Гудь В.Н., Арсенюк В.М., Нитяговский В.В. Заявка 2006131071/03 от 30.08.2006. Оpubл. 10.08.2008, Бюл. №22.
6. Лозин А.А. Информационно-аналитические технологии при расчете и моделировании стационарных магнитных систем / А.А. Лозин, В.М. Арсенюк, Я.Б. Петровский // Тезисы докладов XIV Международной конференции по постоянным магнитам, 22-26 сентября, г. Суздаль, Россия. М. – 2003 – 231 с.
7. Преображенский А. А. Магнитные материалы и элементы: Учебник для студ. вузов по спец. «Полупроводники и диэлектрики». 3-е изд., перераб. и доп. / А. А. Преображенский, Е. Г. Бишард. М.: Высш. шк., 1986. – 352 с: ил.
8. Standard specification for permanent magnet. MMPA STANDARD. No.0100-00.

Враховуючи стаціонарність магнітного поля, описували його рівняннями Максвелла-Лоренца:

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j}, \quad (2)$$

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0, \quad (3)$$

де $\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{M})$ – вектор індукції магнітного поля, \vec{H} – вектор напруженості магнітного поля, \vec{M} – вектор намагніченості середовища, \vec{j} – вектор густини струму джерела, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнітна постійна.

З метою спрощення обчислень, розглядали двомірний варіант задачі.

Залежність між індукцією та напруженістю поля для постійних магнітів описували співвідношенням:

$$\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H} + \vec{B}_r, \quad (4)$$

де \vec{B}_r – вектор залишкової індукції полюса магнітної системи, μ_r – відносна магнітна проникливість середовища.

Криву намагнічування для магнітного шунта задавали у формі:

$$\vec{B} = f(\vec{H}). \quad (5)$$

Для повітря приймали:

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H}. \quad (6)$$

**АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТРУМУ НУЛЬОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ
ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ**

І. А. Козакевич, ас., Є. Д. Саприкін, магістр.

ДВНЗ «Криворізький національний університет»

вул. XXII Партз'їзду, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна, e-mail: aepigor@gmail.com

Вступ. Діагностика асинхронних двигунів – сучасний науковий напрям, велика увага до якого пояснюється значною кількістю електричних машин такого типу у промисловості, які є своєрідними «робочими конячками» усіх технологічних процесів. В деяких механізмах існують підвищені вимоги щодо надійності, які неможливо в достатній мірі реалізувати за рахунок резервування, а вихід з ладу машини призводить до зупинки технологічного процесу і суттєвих економічних збитків. Це призводить до необхідності своєчасного виявлення несправностей, які можуть призвести до повного виходу машини з ладу, а в деяких випадках навіть призвести до втрати машиною ремонтпридатності. З виконаного аналізу літературних джерел можна зробити висновок, що до основних типів несправностей асинхронних двигунів відносяться пошкодження стрижнів ротора, а також кінцевих з'єднувальних кілець, ексцентриситет ротора та пошкодження статора [1], [2]. Значна кількість методів діагностики була запропонована протягом останніх років. Найбільшу популярність серед них отримав аналіз струму двигуна [3], аналіз електромагнітного моменту [4], магнітного поля [5] та електричної потужності [6].

Мета роботи. Дослідити можливість використання спектру струму нульової послідовності для ідентифікації пошкоджень різних типів у випадку, коли обмотки двигуна з'єднані в трикутник.

Матеріал і результати дослідження. Навіть у справних двигунів, що не мають заводського браку, струм нульової послідовності не рівний нулю. Це відбувається через асиметрію, що викликана насиченням, а також наявністю пазів ротора. Таким чином, статорний струм нульової послідовності є синусоїдним та має частоту $f_0 = 3f_s$, де f_s – частота напруги статора двигуна. Якщо між амплітудними значеннями фазних струмів двигуна присутня асиметрія, то у магніторушійній силі статора з'являються гармоніки, що призводить до збільшення відповідних частотних складових у струмі нульової послідовності, створюючи можливість діагностування несправностей.

Однофазна статорна обмотка, що живиться від синусоїдної напруги, створює у повітряному зазорі машини магніторушійну силу (МРС), яку можна описати так:

$$F_0(\alpha, t) = \sum_{v=1,3,5}^{\infty} F_m \cos(\alpha t) \cos(vpa). \quad (1)$$

МРС у повітряному зазорі трифазної машини описується наступною формулою:

$$F_1(\alpha, t) = \sum_{v=1,3,5}^{\infty} F_m \cos(\alpha t \pm vpa). \quad (2)$$

З рівняння (2) видно, що спостерігається відсутність гармонік, що є кратними 3.

Відносна магнітна проникність повітряного зазору [7]:

$$\mu_a = \mu_0 \gamma_g(\alpha, t), \quad (3)$$

де μ_a – відносна магнітна проникність повітряного зазору, $\gamma_g(\alpha, t)$ – просторова складова.

$$\gamma_g(\alpha, t) = \sum_{k=1,2,3}^{\infty} A_k \cos(ks_1\alpha) + \sum_{l=1,2,3}^{\infty} A_l \cos(ls_2(\alpha - \omega_2 t)) + \sum_{k=1,2,3}^{\infty} \sum_{l=1,2,3}^{\infty} A_k A_l \cos(als_2 + ks_1\alpha - ls_2\omega_2 t). \quad (4)$$

Перша складова у (4) описує еквівалентну проникність повітряного зазору, друга та третя складові описують гармоніки статорної та роторної проникності відповідно, а остання складова представляє гармоніки проникності, що викликані взаємним впливом статора і ротора.

Радіальну складову магнітного потоку у повітряному зазорі машини, що викликана наявністю МРС статора, можна записати так:

$$\psi_r = F_1(\alpha, t) \gamma_g(\alpha, t) \quad (5)$$

Насичення заліза машини враховується шляхом наступної формули магнітної проникності зазору:

$$\mu_s = -\mu_{sm} \cos(2p\alpha - 2\omega_1 t - 2\varphi) \quad (6)$$

Вплив статорної МРС на магнітний потік машини можна оцінити так:

$$\psi_{rs} = -\psi_r \sum_{v=6k \pm 1}^{\infty} F_m (\cos((v+2)p\alpha + (\pm\omega - 2\omega_1)t - 2\varphi) + \cos((v-2)p\alpha + (\pm\omega + 2\omega_1)t + 2\varphi)). \quad (7)$$

Аналізуючи спектр нульової послідовності для справного двигуна, можна зробити висновок, що гармоніки з частотою $(6k \pm 1)f_s$, що викликані статорною магніторушійною силою, відсутні. Крім того, непарні гармоніки, що є кратними 3, що викликані насиченням та фазними магніторушійними силами, мають помітні амплітуди. Нарешті, у спектрі струму нульової послідовності є високочастотні гармоніки, що викликані наявністю пазів ротора на прогнозованих частотах $\left(l(1-s)\frac{m}{p} \pm v \right) f_s$.

Проаналізувавши можливість використання даного методу для виявлення статичного ексцентриситету шляхом порівняння спектральних складових для справного двигуна та двигуна зі статичним ексцентриситетом

на рівні 15 %, отриманих шляхом моделювання, спостерігаємо збільшення амплітуди гармоніки з частотою 50 Гц з -107 дБ для справного двигуна до -75 дБ для випадку пошкодженого двигуна. Аналогічне явище спостерігається на частоті 250 Гц, де амплітуда зростає з -112 до -84 дБ.

Аналізуючи результати моделювання двигуна з одним пошкодженим стрижнем ротора, слід зазначити, що амплітуди гармонік з частотами $150 \pm 2ksf_s$ помітно збільшуються. Наприклад, гармоніки з частотами 147.2 та 144.8 Гц набувають амплітуд -22 та -26 дБ у випадку несправності. Для справного двигуна відповідні гармоніки мають значення -75,4 та -86,1 дБ.

Для аналізу роботи досліджуваного способу при наявності несиметричного живлення двигуна виконувалося моделювання, при якому обмотки двигуна живляться напругами з амплітудами 310, 295 та 300 В. Гармоніки з частотами 50 та 250 Гц збільшуються на 95 та 68 дБ відповідно у порівнянні з справним двигуном. Крім того, відбувається збільшення гармонік, що викликані наявністю стержнів ротора на частотах 31, 69 та 231 Гц, які збільшуються на 35, 25 та 49 дБ відповідно.

Аналіз роботи запропонованого методу діагностики при наявності міжвиткових замикань проводилось шляхом моделювання роботи двигуна, що має 36 пазів статора. Таким чином, кількість пазів на фазу рівне 12. У кожному пази міститься 50 витків. Спершу припустимо, що з загальної кількості 600 витків на фазу, 47 витків є закороченими (приблизно 7,8%). У другому випадку замикається лише один виток для аналізу можливостей запропонованого методу при незначному об'ємі пошкоджень двигуна. У першому випадку гармоніки з частотами 50 та 250 Гц збільшуються на 102 та 63 дБ відповідно у порівнянні зі справним двигуном. Окрім того, збільшуються амплітуди гармонік, що викликані наявністю стержнів ротора, та мають частоти 31, 69 та 231 Гц. У другому випадку значення відповідних гармонік збільшуються на 25 дБ (50 Гц) та 9 дБ (250 Гц). В той же час гармоніки, що пов'язані з наявністю стержнів ротора з частотами 131,3 та 168,7 Гц зростають на 4 дБ у випадку пошкодження.

Наведені результати дозволяють зробити висновок про те, що використання струму нульової послідовності для діагностики асинхронних двигунів, обмотки якого з'єднано у трикутник, має великий потенціал. По-перше, запропонований метод застосовується у реальному часі і не вимагає втручання в роботу двигуна. По-друге, обладнання, що необхідне для реалізації метода, є аналогічним до відомого метода спектрального аналізу струму, оскільки необхідними є вимірювання струму та швидке перетворювання Фур'є. Це є суттєвою перевагою, оскільки не вимагається одночасне вимірювання струму та напруги, вимірювання крутного моменту за допомогою механічних датчиків на валу, а також вимірювання поля машини за допомогою датчиків потоку. Крім того, спектр струму нульової послідовності чітко демонструє несправність стержня ротора, несиметричне живлення, а також міжвиткову несправність статора. Також даний метод демонструє можливість визначення статичного ексцентриситету, навіть у випадках, коли традиційний метод не дає задовільного результату. Таким чином, запропонований метод може використовуватися як загальний метод діагностики двигунів, обмотки яких з'єднано у трикутник.

Висновки. У даній роботі запропоновано використання спектру струму нульової послідовності для діагностики несправностей асинхронних двигунів, обмотки яких з'єднано у трикутник. Доведено, що запропонований спосіб діагностики здатний визначити статичний ексцентриситет, але має складнощі з визначенням динамічного ексцентриситету. Результати проведеного математичного моделювання, що виконувалося для випадків пошкодження стержня ротора, наявності несиметричної напруги живлення, а також міжвиткових пошкоджень доводять, що в усіх названих випадках несправності спектр струму нульової послідовності має добре помітні діагностичні ознаки, особливо при несправностях стаціонарного характеру (статичний ексцентриситет, несиметричне живлення, міжвиткові ушкодження), збільшення величини гармонік, що пов'язані з статорною магніторушійною силою, показують наявність несправності двигуна. Крім того, запропонований спосіб дозволяє відрізнати різні типи несправностей між собою. Напрямок подальших досліджень – вивчення можливості використання запропонованого способу навіть при наявності скосу пазів ротора, а також при діагностиці двигунів, що працюють у складі регульованого електропривода.

ЛІТЕРАТУРА

1. Родькин Д.И., Здор И.Е., Черный А.П. Задачи диагностики параметров асинхронных двигателей при испытаниях и в системах промышленного привода // Проблемы створення нових машин і технологій. – Кременчук: КДПУ, 1999. – Вип. 1 (6). – С.76–78.
2. Nandi S., Toliyat H., Li X. Condition monitoring and fault diagnosis of electrical motors—A review // IEEE Trans. Energy Convers., Vol. 20, No. 4, PP. 719–729, Dec. 2005.
3. Milimonfared J., Kelk H. M., Nandi S., Minassians A. D., Toliyat H. A. A novel approach for broken-rotor-bar detection in cage induction motors // IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. 35, No. 5, PP. 1000–1006, Sep./Oct. 1999.
4. Joksimovic G., Penman J. The detection of interturn short circuits in the stator windings of operating motors // in Proc. 24th Annu. Conf. IEEE Ind. Electron. Soc., Aachen, Germany, Aug. 31–Sep. 4, 1998, PP. 1974–1979.
5. Stavrou A., Sedding H. G., Penman J. Current monitoring for detecting inter-turn short circuits in induction motors // IEEE Trans. Energy Convers., Vol. 16, no. 1, PP. 32–37, Mar. 2001.
7. Gyftakis K.N., Kappatou J.C. The zero-sequence current as a generalized diagnostic mean in delta-connected three-phase induction motors // IEEE Trans. Energy Convers, 2013.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ПІДКЛЮЧЕННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ДО МЕРЕЖІ ЖИВЛЕННЯ

І. А. Колотило, ас.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: i.a.kolotylo@gmail.com

Вступ. Найбільш поширеним двигуном промисловості в наш час є асинхронний двигун з короткозамкненим ротором. Протягом тривалого часу до нього не пред'являлось ніяких особливих вимог, окрім надійної передачі усталеного руху до робочих органів [1]. В більшості випадків, асинхронні двигуни використовувались в так званих «природних» режимах, в результаті чого в літературі набуло поширення описання асинхронного приводу зі спрощеннями в аналітичних виразах. В наш час існує багато механізмів, які оснащуються двигунами невеликої потужності і які працюють в режимах відмінних від «природного», ці режими отримали назву «спеціальні» режими [1]. До них відносяться реверсування, гальмування різними способами, кроковий і моментний режими роботи та інші [1]. Також до «спеціальних» режимів можна віднести пуск АД, аналіз даного режиму роботи дозволить отримати ряд аналітичних залежностей, за допомогою яких можна більш точно визначити параметри двигуна.

Мета роботи. Аналіз особливостей підключення асинхронного двигуна до мережі живлення для формування спеціальних режимів роботи з метою більш точного визначення параметрів двигуна.

Матеріал і результати дослідження. Пуск асинхронного двигуна (АД) полягає у підключенні його до мережі живлення з метою приведення його в стан обертання. В момент підключення живлення до затискачів двигуна в ньому протікають електромеханічні та електромагнітні явища, які залежать від послідовності під'єднання обмотки статора до мережі живлення. Підключення до мережі живлення може здійснюватись двома способами: з одночасним підключення всіх фаз та неодноразовим, тобто з визначеною чи випадковою послідовністю комутації обмоток окремих фаз. Моменти які виникають при цьому можуть в значній мірі відрізнитись по амплітуді. Згідно [1] при одночасному підключенні фаз виникає момент який можна виразити як:

$$M = \frac{3}{2} L_m (I_p e^{j\omega t} + I_{p1} e^{\alpha_1 t} - I_{p2} e^{\alpha_2 t}) (I_c e^{j\omega t} + I_{c1} e^{\alpha_1 t} - I_{c2} e^{\alpha_2 t}) = M_1 + M_2 + M_3, \quad (1)$$

де L_m – трьохфазна еквівалентна індуктивність намагнічування; I_p, I_c – усталені значення струмів ротора та статора; α_1, α_2 – коефіцієнти затухання; ω – швидкість обертання ротора.

Як видно з виразу (1), момент складається з трьох складових, розглянемо їх. Згідно [1] перша складова M_1 являє собою пусковий момент в усталеному режимі, який визначається за статичною механічною характеристикою та описується виразом:

$$M_1 = \frac{3}{2} L_m I_p e^{j\omega t} I_c e^{j\omega t} = \frac{3}{2} L_m I_p I_c = M_{II}. \quad (2)$$

Другий доданок моменту є аперіодична складова, яка швидко затухає. Вона описується виразом:

$$M_2 = \frac{3}{2} L_m (I_{p1} e^{\alpha_1 t} - I_{p2} e^{\alpha_2 t}) (I_{c1} e^{\alpha_1 t} + I_{c2} e^{\alpha_2 t}) = \frac{3}{2} L_m 2I_{p2} I_{c2} e^{(\alpha_1 + \alpha_2)t}, \quad (3)$$

Згідно [1] суму моментів $M_1 + M_2$ можна замінити однією величиною: момент двигуна:

$$M_{ос} = M_1 + M_2 = M(\omega) k_{\phi} (1 - e^{(\alpha_1 + \alpha_2)t}), \quad (4)$$

де k_{ϕ} – допоміжний коефіцієнт, що враховує відмінності допоміжної механічної характеристики від статичної

($k_{\phi} = 0,75 \div 1$); $M(\omega) = \frac{2M_k(1-\alpha)}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s} + 2\alpha}$ – уточнена формула Клосса згідно [1].

Третьою складовою виразу (1) являється знакозмінна складова моменту, визначається як:

$$M_3 = k_n M_n e^{\alpha_1 t} \sin(\omega t), \quad (5)$$

де $k_n = 1 + \frac{1}{\cos \varphi_k}$, $\alpha_1 = -\frac{R_c R_p}{L_m (R_c + R_p)}$ – коефіцієнт затухання, ω – кутова частота мережі.

Отже, згідно [1] є можливість представлення осцилограм моментів у вигляді суми трьох складових: статичної механічної характеристики з урахуванням швидкості зміни ковзання; моменту знакозмінного та аперіодичного моменту. На рисунку 1 показано розкладання моментів з явищами вмикання на складові.

При неодноразовому підключенні картина перехідних процесів може суттєво відрізнитися від випадку який відповідає одночасному підключенню всіх обмоток статора. Це пояснюється тим, що сумарне поле аперіодичних складових струмів залежить від моменту підключення окремих обмоток до затискачів мережі живлення. Якщо підключити обмотки таким чином, що аперіодичні складові струму не виникатимуть то не

виникнуть поля розкачування [1], а значить не виникнуть знакозмінні моменти. Аналогічний результат, тобто зменшення полів розкачування, можна отримати шляхом неодновременного вмикання, при якому аперіодичні складові будуть рівні по величині, при цьому не рівні нулю та різні за напрямками.

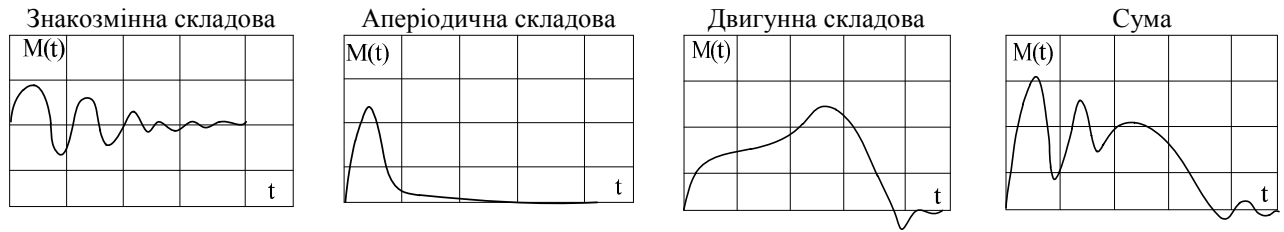


Рисунок 1 – Розкладання на складові типових осцилограм моментів при пуску

Умовою рівності нулю аперіодичних складових струмів є підключення кожної обмотки при максимальному значенні відповідної напруги, так званий режим «сприятливого вмикання». При умові зсуву моменту підключення фази на четверть періоду, режим виявляється несприятливим, тобто утворені аперіодичні струми виявляються максимальним і, відповідно створюють максимальні поля розкачування.

На рисунку 2 приведено осцилограми моменту, що відповідають трьом випадкам вмикання двигуна: одночасному, сприятливому та несприятливому.

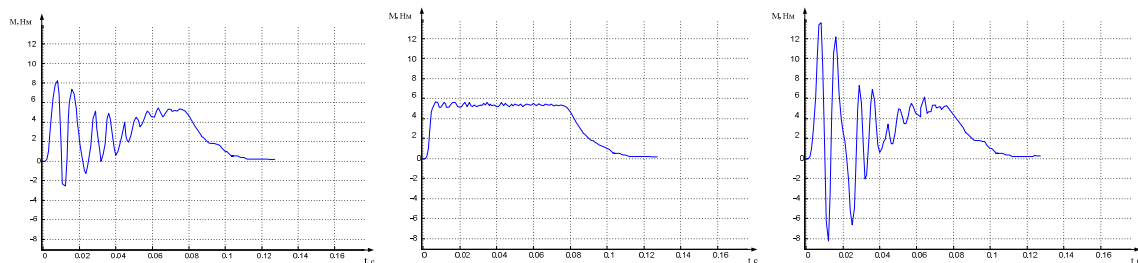


Рисунок 2 – Осцилограми моменту при пуску

Як видно з рис. 2, при сприятливому вмиканні, осцилограма моменту повністю відповідає статичній механічній характеристиці двигуна, знакозмінні моменти відсутні.

В найбільш несприятливому випадку знакозмінна складова дорівнює:

$$M = \frac{M_n}{\cos \varphi_k} \cos(\omega t - \varphi_k) e^{\alpha t}. \quad (6)$$

Отже, максимальна величина обертового моменту може приблизно бути оцінена виразом:

$$M_{max} = M_{II} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{\cos \varphi_k} \right). \quad (7)$$

Додатковою складовою, яка впливатиме на фізичні процеси при пуску асинхронного двигуна є перехідний опір контакту. Згідно [2] в зоні переходу струму з однієї контактної поверхні до іншої має місце відносно великий опір, який називається перехідним опором контакту R_{nep} , що визначається виразом:

$$R_{nep} = \frac{\varepsilon}{P^n}, \quad (8)$$

де, ε – деяка величина, що залежить від матеріалу, форми контакту і стану контактної поверхні; P – сила, що стискає контакти; n – показник ступеню, що характеризує число точок дотику.

Аналіз [2] показав, що R_{nep} залежить від площі, матеріалу, температури, якості контактної поверхні та тривалості її роботи, чим більше точок дотику, тим менший перехідний опір. Враховувати R_{nep} необхідно при розрахунку параметрів статора у схемі заміщення.

Висновки. В роботі розглянуто та проаналізовано процеси, що виникають під час підключення асинхронного двигуна до мережі живлення, які можна використовувати з метою більш точного визначення параметрів двигуна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петров И.И., Мейстель А.М. Специальные режимы работы асинхронного электропривода. – М.: Энергия, 1968. – 264 с.
2. Тельманова Е.Д. Электрические и электронные аппараты: учеб. пособие / Е.Д. Тельманова, – Екатеринбург: «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2010. – 131 с.

ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ МАССОГАБАРИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИЙ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

А. Н. Минко, зав. сектором, асп.

ГПЗ «Электротяжмаш»

пр. Московский, 299, 61089, г. Харьков, Украина, e-mail: alexandr.minko@list.ru

В. В. Шевченко, к.т.н., доц.

Национальный Технический Университет «ХПИ»

ул. Фрунзе, 21, 61002, г. Харьков, Украина, e-mail: zurbagan_@mail.ru

Введение. Разработанные методы и модели оптимизации массогабаритных параметров неактивной части конструкций турбогенераторов (ТГ), изложенные в [1–4], были экспериментально проверены на стендовых испытаниях [5, 6], и внедрены в процесс проектирования крупных электрических машин на ГПЗ «Электротяжмаш» [7]. Необходимо проведение экономической оценки конструкций ТГ, выполненных с использованием предложенных методов и моделей оптимизации.

Цель работы. Предложить численный критерий оценки оптимальности массогабаритных параметров неактивной зоны ТГ, созданный с использованием разработанных методов и моделей оптимизации, для определения целесообразности его практического использования при проектировании ТГ.

Материал и результаты исследования. Для сохранения конкурентоспособности продукции ГПЗ «Электротяжмаш» (ТГ, гидрогенераторов) – единственного крупного электромашиностроительного завода Украины, – необходимо обеспечить значение показателя удельной мощности (кг /кВт) на уровне мировых стандартов. Для этого предлагаем ввести критерий оптимальности массогабаритных параметров ТГ. Причем, если оптимизация активной зоны ТГ проводится постоянно, то вопросами оптимизации неактивной зоны занимались эпизодически или совсем не занимались. Критерий оптимальности конструкции неактивной зоны ТГ рассмотрим на примере приставных коробов ТГ. Он должен соответствовать следующим требованиям:

– критерий оптимальности, определяющий вес и габариты конструкций приставных коробов, должен быть удельным, т.е. отнесенным на единицу величины мощности турбогенератора (т.к. сравниваемые конструкции приставных коробов, применяемые в ТГ разной мощности, зависят от габаритов воздухоохладителей, вентилятора, лобовых частей обмотки статора и др.);

– критерий должен быть безразмерным и относительным, что даст возможность анализировать не только узел в целом, но и сборочные единицы, входящие в него. Возможность проведения поэлементного анализа параметров конструкции позволит установить некоторые данные, например, в конструкции какой детали «упущена» возможность оптимизации;

– при расчете критерия оптимальности необходимо обеспечить возможность введения параметров, учитывающих геометрию и материал деталей конструкции;

– целесообразно, как показали исследования [8], критерий оптимальности рассчитывать по методу средних коэффициентов, что позволит определять его для определения оптимальности конструкции любого электротехнического устройства.

Оценку массогабаритных параметров приставных коробов предлагаем произвести, сравнивая рассчитанные критерии оптимальности (g_K, V_K, M_K – приведены ниже) оптимизированной и базовой моделей. Ниже приведем алгоритм расчета критериев оптимальности массогабаритных параметров приставных коробов ТГ с целью установления эффективности применения предлагаемой методики оптимизации.

1) Показатель удельной массы приставного короба (кг/кВт):

$$g_K = \frac{G_K}{0,5 \cdot P_A}; \quad (1)$$

где, P_A – активная мощность ТГ, кВт; $G_K = G_{K00} + G_{K.B} + G_{T.M}$ – масса приставного короба, кг; G_{K00} – масса корпуса приставных коробов, кг; $G_{K.B}$ – масса коробки выводов, кг; $G_{T.M}$ – масса теплообменника и внутреннего маслоуловителя, кг.

Аналогичный показатель удельной массы приставного короба для оптимизированной конструкции обозначим g_{Δ} . Отношение этих показателей обозначим g_{Δ} , о.е.:

$$g_{\Delta} = \frac{g_K}{g'_K}; \quad (2)$$

2) Показатель эффективности объемного (габаритного) использования конструкции приставных коробов ($m^3/MВт$):

$$V_K = \frac{l_K \cdot h_K \cdot k_K + 2 \cdot (l_{K.B} \cdot h_{K.B} \cdot k_{K.B})}{0,5 \cdot P_A}; \quad (3)$$

где, l_K – тангенциальный размер приставного короба, м; h_K – высота приставного короба, м; k_K – радиальный размер (ширина) приставного короба, м; $l_{K.B}$ – тангенциальный размер коробки выводов, м; $h_{K.B}$ – высота коробки выводов, м; $k_{K.B}$ – радиальный размер (ширина) коробки выводов, м. Аналогичный показатель удельной

* Расчет показателя для предлагаемой конструкции приставного короба, [8], осуществляется без «2» в числителе, т.к. предусмотрена одна комплексная коробка выводов (фазных и нулевых).

массы приставного короба для оптимизированной конструкции обозначим V_K . Отношение этих показателей обозначим V_{Δ} , о.е.:

$$V_{\Delta} = \frac{V_K}{V'_K}; \quad (4)$$

3) Показатель материалоемкости приставных коробов, рассчитанный по методу средних коэффициентов, кг:

$$M_K = \frac{Q_L}{R_L} + \frac{Q_{Ш}}{R_{Ш}} + \frac{Q_{П}}{R_{П}} + \frac{Q_{ПП}}{R_{ПП}} \dots, \quad (5)$$

где, $Q_L, Q_{Ш}, Q_{П}, Q_{ПП}$ – чистый вес группы деталей, изготавливаемых из литья, штамповки, поковок, проката, кг; $R_L, R_{Ш}, R_{П}, R_{ПП}$ – средний коэффициент использования материала по деталям аналогичных конструкций, изготавливаемых литьем, штамповкой, ковкой, прокатом. Величину средних коэффициентов использования металла (R) можно установить по справочнику машиностроителя.

Показатель материалоемкости конструкции базовой модели приставных коробов равен M_K , тот же показатель модели после оптимизации – M_K , тогда результат сравнения показателей этих показателей, %:

$$M_{\Delta} = \left[1 - \frac{P_A \cdot (M'_K - G'_K)}{P'_K \cdot (M_K - G_K)} \right] 100\%. \quad (6)$$

Численная оценка оптимальности массогабаритных параметров приставных коробов, проведенная в соответствии с вышеизложенными критериями оптимальности, представлена в табл. 1.

Таблица 1. Численная оценка оптимальности массогабаритных параметров приставных коробов

Параметры и критерии оценки		Показатели по конструкции модели	
		базовая	оптимизированная
Активная мощность (МВт)		120	200
Критерий удельной массы (кг)	$G_{КОО}$	8775	7657,6
	$G_{К.В}$	5625	4781,5
	$G_{Т.М}$	4547,5	3787,5
	G_K	18947,5	16226,6
g_{Δ}		$\approx 1,946$	
Критерий объемного использования конструкции (m^3)	l_K	1,54	1,32
	h_K	4,92	3,16
	k_{KB}	4,01	4,55
	l_{KB}	1,54	1,32
	h_{KB}	0,645	0,625
	k_{KB}	2,52	2,165
	V	35,389	20,765
V_{Δ}		$\approx 2,84$	
Критерий материалоемкости конструкции (кг)	$Q_{ЛИСТ\ СТАЛЬ}$	13870	11809
	$Q_{ЛИТЬЕ\ ЦВ}$	87,5	87,5
	$Q_{СОРТ.\ ПРОКАТ}$	280	240
	$Q_{ПРОФ.\ ПРОКАТ}$	310	260
	$Q_{СТАЛЬ\ ТРУБЫ}$	1900	1700
	$Q_{ШТАМПОВКА}$	1400	1150
	$Q_{ПРОЧИЕ}$	1100	980
	M_K	34399,89	29424,14
M_{Δ}		$\approx 51,245\%$	

Выводы. 1. Предлагаемый метод оптимизации конструкций элементов ТГ целесообразно использовать при проведении модернизации неактивной зоны электротехнических устройств.

2. При помощи предложенного подхода оценки оптимальности (показатели $g_{\Delta}, V_{\Delta}, M_{\Delta}$) массогабаритных параметров можно произвести анализ эффективности внедренных технических решений по оптимизации показателей массы и габаритов неактивной части ТГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин В.В., Шевченко В.В., Минко А.Н. Оптимизация массогабаритных параметров неактивных частей турбогенераторов. – Харьков, Монограф СПДФ Л Чальцев А.В., 2012. – 246 с. ISBN 978-966-8766-25-1

2. Шевченко В.В., Минко А.Н. Развитие систем охлаждения и оптимизация конструкций турбогенераторов: монография. –

Харьков: Издатель Иванченко И.С., 2013. – 242 с. ISBN 978-617-7033-20-1

3. Шевченко В.В., Минко А.Н. О повышении конкурентоспособности отечественных турбогенераторов: зб. наук. праць XI Міжнародної наук.-техн. конф., Кременчук 09-11 квітня 2013 р. / Кременчук, КрНУ, – 2013. – 386 с.

4. Минко А.Н. Методы и модели оптимизации массогабаритных параметров конструкций крупных электрических машин: зб. наук. праць XI Міжнародної наук.-техн. конф. м. Кременчук 09-11 квітня 2013 р. / Кременчук: КрНУ, – 2013. – 386 с.

5. Минко А.Н., Шевченко В.В., Гордиенко В.Ю. Результаты испытаний теплообменного устройства с улучшенными эксплуатационными характеристиками для турбогенераторов с воздушной системой охлаждения / А.Н. Минко, В.В. Шевченко, В.Ю. Гордиенко // Вісник НТУ«ХПИ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Х.: НТУ«ХПИ», 2013. – №14(988). – С. 102-107.

6. Минко А.Н. Методика экспериментального исследования функциональных параметров физической модели воздухоохладителей для турбогенераторов. Системы обработки інформації. – ХУПС им. И. Кожедуба – 2012. – вып. 7(105). – С. 123-126.

7. Пат. №73346 Украина, МПК H02K 9/00. Теплообмінник потужних електричних машин / Минко А.Н. Шевченко В.В. и др.; заявитель и патентообладатель ГП завод «Электротяжмаш» – и 2012 01391; заявл. 09.02.2012; опуб. 25.09.2012, Бюл. №18.

8. Минко А.Н., Кузьмин В.В., Шевченко В.В. Оценка параметрических связей массогабаритных параметров турбогенераторов с уровнем трудоемкости их производства // Вестник НТУ «ХПИ», 2012, № 7. – С. 165-169.

* Расчет показателя для предлагаемой конструкции приставного короба, [8], осуществляется без «2» в числителе, т.к. предусмотрена одна комплексная коробка выводов (фазных и нулевых).

DEVELOPMENT OF MOTOR-GENERATOR FOR A HIGH-EFFECTIVE FLYWHEEL ENERGY STORAGE SYSTEM

A. Mosiundz, stud.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyy National University

Pershotravneva st., 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine, e-mail: bucketgilbert@mail.ru

Introduction. Flywheel is a device for storing kinetic energy due to rotational motion to the following return it to perform useful work. This paper proposes to use flywheel combined with electric machine (EM) in energy storage system. Such system should be considered as an electromechanical energy device (EMED).

This type of storage devices has many advantages, such as: the highest specific energy capacity (along with chemical), the ability to store energy with using relatively low-power sources if the charge storage time far exceeds the discharge ($t_{ch} \gg t_{disch}$), a high efficiency and high reliability, wide range of applications.

Since the design and dimensions of flywheels is not uniform, then for each type of performance it have to be designed its driving electric machine. Accordingly, the paper presents an example of development EM for the selected design of flywheel energy storage system.

Objective. Optimal construct of the system and its components, development and designing of a driving EM.

Material and research results. The most important requirements for electrical machines, which are used in flywheel energy storage systems, are no sliding contact and ability to work on extra high speed with high efficiency. These requirements are put forward to achieve maximum efficiency of the system. From the existing types of electric machines a brushless DC motor (BLDC) mostly matches such requirements. These contactless machines have a fairly simple electric circuit, do not consume field energy and have a high efficiency, very high reliability. Thereby BLDC was chosen as the driving motor-generator for this system.

In order to determine the initial parameters of BLDC, it is recommended to choose the optimum design of energy storage system: colonic flywheel in vacuum coat, mounted on magnetic bearings. The design of flywheel allows us to put BLDC inside it, while the motor have the inner fixed stator and outside rotor.

To determine the geometry of the stator and rotor of the motor-generator it is necessary to define the size of the flywheel. Basing on existing projects [1, 2] were selected following parameters of the flywheel: the outer radius of the rim $R=1$ m, the inner radius of the rim (outer radius of the rotor) $r=0,7$ m. Assume the mass of the flywheel $M=1000$ kg, then its height is

$$h = \frac{2M}{\pi p(R^2 - r^2)} = 0,8 \text{ m}, \tag{1}$$

where $p=1546$ kg/m³ is density of carbon fiber flywheel is wounded with.

Then length of BLDC, based on its design, should not exceed

$$h_1 = (h - h_d) / 2 = 0,3 \text{ m}, \tag{2}$$

where $h_d \approx 0,2$ m is disc width of the flywheel.

Moment of inertia can be represented as

$$J = m(R^2 + r^2) / 2 = 745 \text{ kg} \cdot \text{m}^2. \tag{3}$$

The maximum energy that can be accumulated in 1 kg of flywheel's rim made of carbon fiber (with tensile strength $\sigma=6300$ MPa) is 3,7 GJ (1 MW · h/kg). Expression for the energy has the following form

$$E = (J / 2) \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2. \tag{4}$$

Then, from (4) we found the speed $n \approx 50000$ rpm on the outer surface of the flywheel. This is the maximum speed with no risk of destroying the fibers. Such speed must be provided by BLDC.

Simulation of motor-generator implemented in the Ansoft Maxwell software, as this program accelerates processes of designing and optimization the electrical machines, makes it possible to analyze many options in minutes and get required characteristics, allows us to create 2D and 3D models of the machines for a more accurate calculation with finite element method.

Parameters that are not among the initial data are constructively recommended, selected from [3-6] and adjusted during operating with the simulation.

When the parameters of BLDC, the geometry of the stator and rotor, configuration of the winding and poles are specified to Ansoft Maxwell RMxpvt, the model is created. By using software analysis functions there were received properties of the designed motor that shown in Fig. 1.

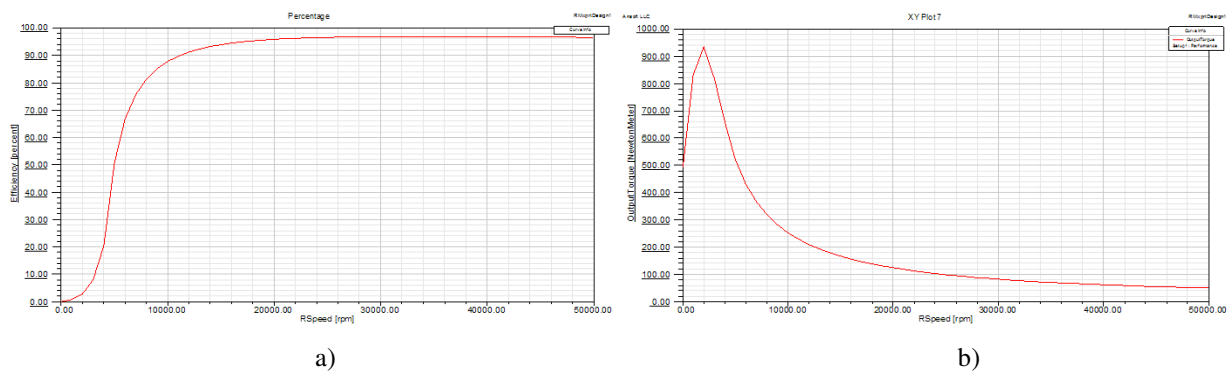


Figure 1 – Properties of the designed BLDC:
a) efficiency; b) speed-torque characteristic

Fig. 1 shows that the efficiency of the designed motor is 96-98% at operating speed.

Maxwell 2D allows to create automatically geometry of the machine, to set properties of materials, configurations of windings and magnetization of permanent magnets according to preliminary data.

At the next step it is needed to specify such required parameters for future modeling of the machine components as: configuration of steel and conductivity of materials.

The program calculates winding resistance and its additional inductance. In this case, the winding resistance specified infinitely large to consider BLDC in idle mode.

At the end of the program analysis and calculation data there were obtained 2D model of the motor with the picture of the magnetic flux distribution (Fig. 2).

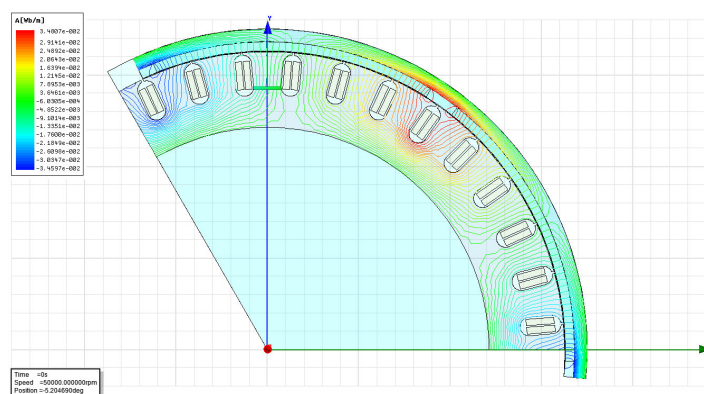


Figure 2 – Magnetic flux distribution

Conclusions. During the research it was justified using BLDC as a drive machine for a flywheel energy storage system because only that type of electric machine has all needed features and characteristics. High efficiency is required because a drive motor efficiency directly affects the entire energy system efficiency, which is one of the most important parameter of any energy storage system.

Accordingly to the structure of the chosen system and the requirements for its operation, it was designed BLDC with using Ansoft Maxwell software, set matching the characteristics of the machine with the requirements of energy storage system from the obtained graphs.

REFERENCES

1. Technology. About flywheel energy storage [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.beaconpower.com/products/about-flywheels.asp>
2. Vycon's regen clean energy storage flywheels improve rail energy efficiency and reduce operational costs [Electronic resource]. – Access mode: http://vyconenergy.com/pages/subpages/pr/pr_121114.htm
3. Tulupov P. V. Brushless DC motor: extended abstract of PhD dissertation: 05.09.01 “Electromechanics and electric devices”. – Samara, 2001. (in Russian)
4. Balagurov V. A., Gatleev F. F. Electric generators with permanent magnets. – Moscow: Energoatomizdat, 1988. – 280 p. (in Russian)
5. Maslennikov V. S. Designing BL motors according to the dimensional criteria // Electrical engineering. – 1996. – № 6. – PP. 19–22. (in Russian)
6. Morozovskiy M. J., Khotomlenskiy J. A. Selecting the optimum thickness of the rotor poles in the BLDCs // Electrical engineering. – 1992. – № 1. – PP. 11–14. (in Russian)

**АНАЛИЗ СТРУКТУРНОГО РАЗНООБРАЗИЯ
ПОЛИГРАДИЕНТНЫХ МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ**

И. А. Шведчикова, д.т.н., проф., Ю. А. Романченко, асп.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

кв. Молодежный, 20а, 91034, г. Луганск, Украина, e-mail: julia321123@rambler.ru

Введение. Для извлечения из немагнитных сред слабомагнитных и мелкодисперсных ферромагнитных включений крупностью порядка 0,05 мм и менее нашли применение разнообразные по конструкции полиградиентные магнитные сепараторы. В рабочих объемах таких устройств удалось достичь значительного увеличения напряженности H магнитного поля (до 1600 кА/м и выше), а также величины $gradH$, за счет создания локальных зон с трехмерной неоднородностью магнитного поля [1]. Следует отметить, что, несмотря на широкое конструктивное разнообразие полиградиентных магнитных сепараторов, обобщающие структурно-системные исследования указанного класса устройств до сих пор не проводились.

Цель работы. Предварительный анализ и систематизация существующего структурного разнообразия полиградиентных магнитных сепараторов.

Материал и результаты исследования. Анализ информационных источников показал, что основными структурными элементами полиградиентных магнитных сепараторов являются [1, 2]: источник магнитного поля (магнитная или электромагнитная система); рабочий орган, выполненный в виде неподвижной кассеты (матрицы) или вращающегося ротора, заполненный полиградиентной (гетерогенной) средой; вспомогательные подсистемы, обеспечивающие бесперебойную работу магнитного сепаратора (например, подсистема подачи сепарируемого материала в рабочую зону, подсистема обеспечения удаления из рабочей зоны магнитной и немагнитной фракций и т.д.).

Электромагнитные системы полиградиентных сепараторов предназначены для создания первичного магнитного поля, могут быть открытого или закрытого типа (рис. 1). В рабочих зонах электромагнитных систем размещаются матрицы или кассеты с полиградиентной средой из ферромагнитных тел (шаров, цилиндров, стержней, стальной ваты, заостренных пластин и т.д.), за счет которых происходит изменение первичного магнитного поля, повышающее градиент его напряженности, и, как следствие, надежность извлечения слабомагнитных и мелкодисперсных ферромагнитных частиц из материала [1]. Если в электромагнитных системах открытого типа (рис. 1, а) полюса располагаются только с одной стороны рабочей зоны, то рабочие зоны электромагнитных систем закрытого типа ограничены полюсами с обеих сторон (рис. 1, б).

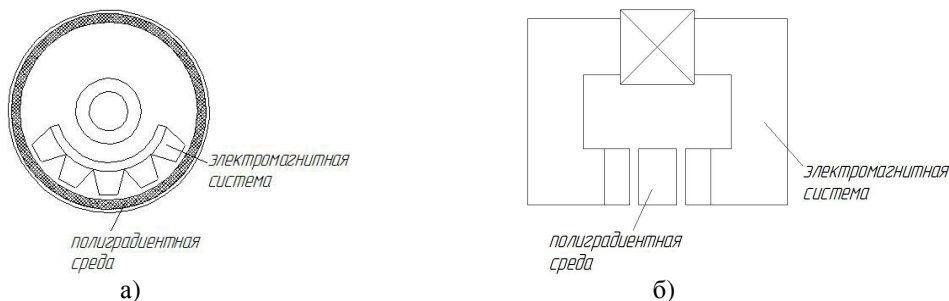


Рисунок 1 – Обобщенные схемы электромагнитных систем полиградиентных сепараторов:
а) открытого типа; б) закрытого типа

Полиградиентные среды магнитных сепараторов относятся к гетерогенным структурам, классификация которых достаточно полно представлена в работе [3]. Под гетерогенной структурой понимается неоднородная система, состоящая из двух или более однородных частей (фаз). В работе [3] показаны наиболее распространенные типы упорядоченных с четко выраженной периодичностью гетерогенных структур, которые применяются в различных технических устройствах и материалах. В общем случае правильные гетерогенные структуры могут быть многофазными и многокомпонентными, когда в пределах одной из фаз имеется несколько фракций (компонентов) [4]. Рассмотрим более подробно те из них, которые нашли применение в полиградиентных магнитных сепараторах.

1. Стержневые полиградиентные среды [5]. Примеры таких структур показаны на рис. 2. При этом стержни могут быть различного поперечного сечения: круглые (рис. 2, а), квадратные (рис. 2, б) и прямоугольные (рис. 2, в).

2. Пластинчатые полиградиентные среды [6], которые могут быть с гладкими или зигзагообразными пластинами. Поверхность пластин также может быть выполнена в виде чередующихся выступов и желобков [7]. Примеры таких сред представлены на рис. 3.

3. Шарообразные полиградиентные среды [8]. При заполнении матрицы магнитного сепаратора шарами одного и того же диаметра (рис. 4, а) полиградиентная среда является двухфазной однокомпонентной, если в

матрице сепаратора размещены шары, отличающиеся своими геометрическими размерами, то можно говорить о многокомпонентной полиградиентной среде. В частности, на рис. 4, б в качестве примера изображена двухфазная двухкомпонентная полиградиентная среда.

4. Решетчатые полиградиентные среды [9], которые могут быть: однокомпонентные с прямоугольной решеткой (рис. 5, а), двухкомпонентные с прямоугольной решеткой и жестко закрепленными в вершинах решеток шарами (рис. 5, б), двухкомпонентные с сотовой решеткой и закрепленными в сотах шарами (рис. 5, в).

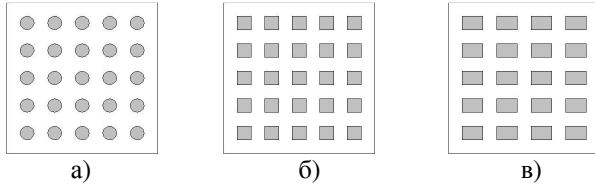


Рисунок 2 – Стержневые полиградиентные среды со стержнями: а) круглого сечения; б) квадратного сечения; в) прямоугольного сечения

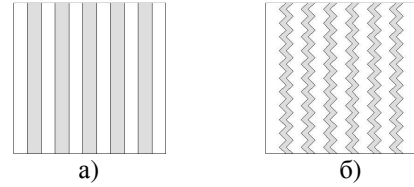


Рисунок 3 – Пластинчатые полиградиентные среды: а) с гладкими пластинами; б) с зигзагообразными пластинами

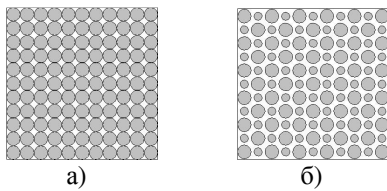


Рисунок 4 – Шарообразные полиградиентные среды: а) однокомпонентная среда; б) двухкомпонентная среда

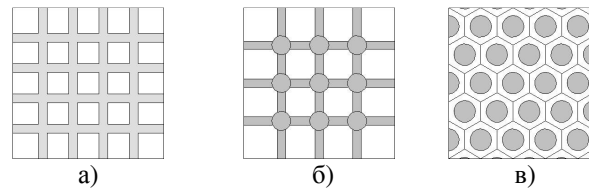


Рисунок 5 – Решетчатые полиградиентные среды: а) однокомпонентная среда; б) двухкомпонентная среда с прямоугольной решеткой; в) двухкомпонентная среда с сотовой решеткой

Таким образом, к особенностям гетерогенных сред, применяемых в полиградиентных магнитных сепараторах, следует отнести следующее:

– полиградиентные среды магнитных сепараторов являются преимущественно двухфазными симметричными структурами, состоящими из внутренней дисперсной фазы ферромагнитных тел с четко выраженными границами, и внешней дисперсионной немагнитной фазы (например, воздуха), являющейся той средой, в которой распределены ферромагнитные объекты;

– полиградиентные магнитные сепараторы могут быть классифицированы по типу электромагнитной системы, создающей первичное магнитное поле (открытые и закрытые); по геометрическим параметрам (форме и размерам) и физическим свойствам (изотропные и анизотропные) ферромагнитных тел полиградиентных сред.

– наибольшее применение на практике получили стержневые, пластинчатые, шарообразные и решетчатые полиградиентные среды магнитных сепараторов.

Выводы. В работе на основе анализа информационных источников определены основные конструктивные разновидности полиградиентных магнитных сепараторов, систематизированы наиболее распространенные структурные типы полиградиентных сред и выделены их особенности. Полученные результаты могут быть использованы для проведения дальнейших структурно-системных исследований магнитных сепараторов данного класса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Загирняк М.В. Магнитные сепараторы. Проблемы проектирования: моногр. / М.В. Загирняк, Ю.А. Бранспиз, И.А. Шведчикова; под ред. М.В. Загирняка. – К.: Техніка, 2011. – 224 с.
2. Полиградиентные магнитные сепараторы: моногр. / под ред. Н.Ф. Мясникова. – М.: Недра, 1973. – 160 с.
3. Толмачев С.Т. Классификация гетерогенных структур и условие их двоякопериодичности / С.Т. Толмачев, С.Л. Бондаревский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 5/5 (65). – С. 24–28.
4. Островский Г.М. Прикладная механика неоднородных сред / Г.М. Островский. – СПб.: Наука, 2000. – 359 с.
5. А.с. 1502109 СССР, МКИ³ В 03 С 1/30. Магнитный сепаратор / Б.А. Кравец, Л.А. Ломовцев, Н.А. Стрелкин (СССР). – № 4129502/23-03; заявл. 03.10.1986; опубл. 23.08.1989, Бюл. № 31.
6. А.с. 1338895 СССР, МКИ³ В 03 С 1/30. Магнитный сепаратор / В.В. Кармазин, И.М. Рожков (СССР). – № 4056550/22-03; заявл. 14.04.1986; опубл. 23.09.1987, Бюл. № 35.
7. А.с. 1351678 СССР, МКИ³ В 03 С 1/30. Магнитный сепаратор для обогащения слабомагнитных руд / В.В. Кармазин, И.М. Рожков (СССР). – № 4079662/22-03; заявл. 23.06.1986; опубл. 15.11.1987, Бюл. № 41.
8. А.с. 1352080 СССР, МКИ³ В 03 С 1/08. Магнитный сепаратор / Е.Г. Васильев, Н.А. Жуков, А.А. Искандеров и др. (СССР). – № 4393268/22-03; заявл. 16.03.1988; опубл. 30.12.1989, Бюл. № 48.
9. А.с. 580905 СССР, МКИ³ В 03 С 1/08. Полиградиентный электромагнитный сепаратор / Б.А. Кравец (СССР). – № 1918961/22-03; заявл. 11.05.1973; опубл. 25.11.1977, Бюл. № 43.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
НАРУЖНОГО МАСЛОУЛОВИТЕЛЯ ДЛЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ**

А. Н. Минко, зав. сектором, асп.

ГП з-д «Электротяжмаши»

пр. Московский, 299, 61089, г. Харьков, Украина, e-mail: alexandr.minko@list.ru

Введение. Одним из основных показателей надежности и эффективности работы турбогенераторов (ТГ) является конструкция маслоуловителей, установленных рядом с подшипником [1, 2]. Наружные маслоуловители предназначены для работы в системе «газ-жидкость» для разделения масла из картера подшипника и воздуха, а из машинного зала. В современной технической литературе [2, 3] рассмотрены стандартные вопросы расчета, построения и конструирования схем маслоснабжения уплотнительных узлов, которые сводятся к выбору некоторых геометрических параметров, например, размер радиальной щели, количество маслосбрасывающих канавок, общая длина рабочей поверхности маслоуловителя и т.д. В каждом случае расчет и конструирование маслоуловителей для турбогенераторов проводится в двух направлениях: определение рабочих параметров уплотнительного элемента и определение геометрии слива (отвода) избыточного масла из камер маслоуловителя.

Цель работы. Определение оптимальных геометрических параметров системы отвода избыточного масла (протечек) из камер наружного маслоуловителя для ТГ с диаметром шейки вала ротора свыше 500 мм.

Материал и результаты исследования.

Расчеты проведены для ТГ мощностью 350–500 МВт, у которых диаметр шейки вала ротора в зоне маслоуловителя равен 530 мм. На рис. 1 показан общий вид наружного маслоуловителя, на котором изображена его нижняя часть с отводом масла: 1 – из рабочей зоны (радиальные каналы), 2 – из камер маслоуловителя (аксиальные каналы).

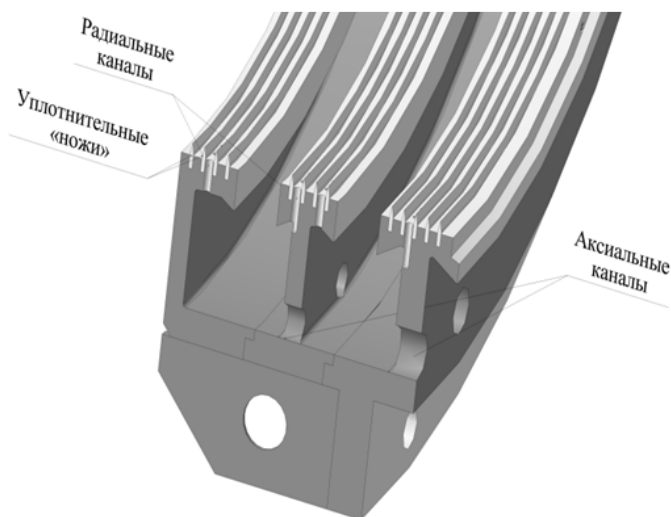


Рисунок 1 – Общий вид наружного маслоуловителя (нижняя часть)

Основным требованием, предъявляемым к маслоуловителям, является минимизация объема протечек, проходящих через уплотнительное оребрение, м³/с:

$$Q = \frac{\pi D h_0^2 \Delta p}{2\mu l_{\text{эф}}} \cdot \left(1 + \frac{3}{2} \cdot \varepsilon^2\right), \quad (1)$$

где, D – диаметр шейки вала ротора, мм; $l_{\text{эф}} = 1 - \sum l_k$ – эффективная длина рабочей поверхности маслоуловителя, мм; h_0 – зазор между ротором и рабочей поверхностью маслоуловителя, мм; l_k – ширина маслосбрасывающей канавки, мм; l – общая длина рабочей поверхности маслоуловителя, мм; $\Delta p = p_s - p_a$ – перепад давления в щели, МПа; p_s – давление до уплотнительного элемента, МПа; p_a – давление после уплотнительного элемента, МПа; μ – динамическая вязкость среды, МПа·с; ε – коэффициент эксцентриситета (для концентрической щели $\varepsilon = 0$, для эксцентричной щели $\varepsilon = 1$).

Для двухкамерных маслоуловителей предусмотрено две маслосбрасывающих канавки (z) на роторе и аксиальные сливные отверстия на каждой камере. Отвод протечек Q из камер маслоуловителя схематично показан на рис. 2, а математическая модель выглядит следующим образом:

$$S_{отвода} = \frac{Q}{V} \quad , \quad (2)$$

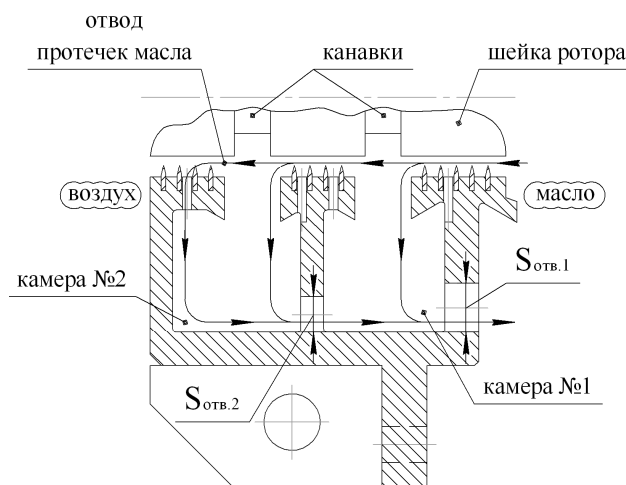


Рисунок 2 – Отвод протечек из маслоуловителя (нижняя часть)

где $S_{отвода} = S_{отв.1} + S_{отв.2}$ – суммарная площадь сливных каналов из первой и второй камеры маслоуловителя, м²; $S_{отв.1}$, $S_{отв.2}$ – площадь сливных отверстий в первой и во второй камере соответственно, м²; V – скорость движения масла на рабочей поверхности маслоуловителя, м/с; при этом:

$$V = \sqrt{\frac{2P_{\Delta}}{\rho \cdot \left(\frac{\gamma l_{\text{эф}}}{2h_2} + z\beta \right)}} \quad , \quad (3)$$

где γ – коэффициент сопротивления трению на участках l_n , о.е.; β – коэффициент местных потерь, о.е.; ρ – плотность масла на уплотнении, кг/м³; v – скорость течения масла на уплотнении, м/с.

Таким образом, принимая во внимание, что сливные каналы выполнены цилиндрическими отверстиями и учитывая условие (2), построим математическую модель при помощи, которой предлагается определить значения $S_{отвода}$:

$$\begin{cases} S_{отв.1} = n_1 \cdot \pi \cdot \left(\frac{D_{омв.1}}{2} \right)^2 \\ S_{отв.2} = n_2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{D_{омв.2}}{2} \right)^2 \\ S_{отв.1} \approx 1,357 \cdot S_{отв.2} \end{cases} \quad , \quad (4)$$

где $D_{омв.1}$, n_1 – диаметр и количество отверстий в первой камере; $D_{омв.2}$, n_2 – диаметр и количество отверстий во второй камере.

Выводы. 1. Предложенная математическая модель (4) позволяет определить геометрические параметры сливных отверстий наружного маслоуловителя с учетом величины протечек, которые необходимо отвести из камер. 2. Регулирование геометрии отвода масла, согласно (4), можно осуществить изменением диаметра отверстий ($D_{омв}$) или изменением их количества (n).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин В.В., Шевченко В.В., Минко А.Н. Оптимизация массогабаритных параметров неактивных частей турбогенераторов: моногр. – Харьков, 2012. – 246 с.
2. Шевченко В.В., Минко А.Н., Развитие систем охлаждения и оптимизация конструкций турбогенераторов: монография. – Харьков: Изд. Иванченко И.С., 2013. – 242 с. ISBN 978-617-7033-20-1.
3. Голоднова О.С. Эксплуатация схем маслоснабжения и уплотнений турбогенераторов с водородным охлаждением. – М.: Энергия, 1978. – 80 с.
4. Уплотнение и уплотнительная техника: Справ. / Л.А. Кондаков, В.В. Гордеев и др.; Под общ. ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1994. – 448 с.

ОБЛАСТЬ ІСНУВАННЯ КЛАСУ УНІВЕРСАЛЬНИХ КОЛЕКТОРНИХ ДВИГУНІВ ДЛЯ ПЕРФОРАТОРІВ

В. І. Ємець, студ., А. А. Шиманська, к.т.н., ас.

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”

Просп. Перемоги, 37, 03056, м. Київ, Україна, e-mail: shyum.anna@gmail.com

Вступ. Сучасні потужні перфоратори (від лат. *perforo* – пробивати) – це ручні інструменти ударної дії, спеціально призначені для руйнівних будівельних робіт з твердими матеріалами (бетон, цегла, природний та штучний камінь та ін.). Характерною особливістю ручного електроінструменту ударної дії є те, що головний рух (рух робочого органу) здійснюється електричним двигуном, а подача та керування – безпосереднім впливом оператора вручну [1]. Найважливішим вузлом перфоратора є його ударний механізм, який забезпечує основну функцію інструменту – реалізацію робочим органом імпульсного удару. В більшості моделей сучасних перфораторів використовують електропневматичний ударний механізм, який забезпечує значну ударну енергію при мінімальній потужності двигуна. Принцип роботи електропневматичного інструменту з використанням підшипника, що хитається, полягає в наступному: обертовий рух електродвигуна передається на внутрішню втулку підшипника, а зовнішня втулка разом з перпендикулярною віссю, що з’єднана з поршнем, реалізує коливальний рух; повітряний простір між поршнем та тараном за рахунок зміни тиску в ньому змушує таран повторювати рухи поршня, наносячи при цьому удари по бойку; останній, в свою чергу, наносить удари по інструменту, що знаходиться в патроні [3].

В якості електродвигунів в перфораторах найчастіше використовують універсальні колекторні двигуни (УКД), розташовуючи їх в корпусі інструменту горизонтально (для перфораторів вагою до 4 кг) або вертикально (для перфораторів вагою 4-12 кг, завдяки кращому охолодженню та зниженню вібраційного навантаження). Перспективи використання таких двигунів зумовлюють актуальність пошукових досліджень за вказаним напрямком.

Мета роботи. Використовуючи основні положення структурно-системних досліджень в електромеханіці [2], визначити область існування класу універсальних колекторних двигунів для перфораторів, здатних реалізовувати обертовий рух вторинної частини.

Матеріал і результати дослідження. Кінцева множина електромагнітних хромосом, узагальнена поняттям області існування Q , визначає генетичну програму розвитку досліджуваного класу електромеханічних перетворювачів енергії (ЕМПЕ) і є основою для визначення структури геному, кількості і геометричної різноманітності Видів класу, статусу класу і меж його існування, гомологічних рядів структурної різноманітності ЕМПЕ та інноваційного потенціалу Видів (за умови наявності результатів інформаційно-патентних досліджень) [2].

Визначимо область існування функціонального класу універсальних колекторних двигунів для перфораторів на рівні Генетичної класифікації (ГК). На основі аналізу і вибору сукупності суттєвих ознак, спільних для об’єктів досліджуваного класу формулюємо цільові функції пошуку (табл. 1), а з метою коректного визначення області існування $Q_{УКД}$ уточнимо область пошуку в багатовимірному пошуковому просторі предметної області Генетичної класифікації (табл. 2).

Таблиця 1 – Цільова функція пошуку для визначення $Q_{УКД}$

№ п/п	Складові цільової функції пошуку (суттєві ознаки) класу УКД обертового руху для ручного інструменту ударної дії
1.	Розглядаємо генетично допустиму різноманітність двигунів, що реалізують обертовий рух
2.	Рухомою частиною має бути твердотільною і допускати суміщення з перетворювальним механізмом
3.	Результати пошуку мають містити інформацію щодо генетично допустимої різноманітності, як реально-інформаційних, так і щодо потенційно можливих Видів, ще не задіяних в техноevolucії класу
4.	Отримана інформація має забезпечувати гарантовану повноту пошуку

Таблиця 2 – Обґрунтування обмежень на область пошуку $Q_{УКД}$

№ п/п	Обмеження на область пошуку
1.	Пошук здійснюємо в межах 1-го великого періоду ГК, що містить інформацію щодо структурного потенціалу ЕМ-систем обертового руху
2.	На даному етапі пошуку не розглядаються структури більш високого рівня генетичної складності (гібридні, суміщені, складні і т.і.)

З урахуванням суттєвих ознак, сукупність яких становить цільову функцію пошуку, та обмежень, накладених на область пошуку, область існування універсальних колекторних двигунів для перфораторів визначається відповідною кінцевою множиною батьківських електромагнітних хромосом базового рівня та ізотопів в структурі ГК (в табл. 3 показано звичайним та похилим шрифтом відповідно).

Таблиця 3 – Область існування Видової різноманітності УКД обертального руху для перфораторів

		Підродина обертального руху				
		Р І Д				
Група	Під-група	ЦЛ	КН	ТП	ТЦ	СФ
0.0	x					
	y	ЦЛ0.0y	КН0.0y	ТП0.0y	ТЦ0.0y	СФ0.0y
0.2	x					
	y	ЦЛ0.2y ¹ ЦЛ0.2y ³ ЦЛ0.2y	КН0.2y ¹ КН0.2y ³ КН0.2y	ТП0.2y ¹ ТП0.2y ³ ТП0.2y	ТЦ0.2y ¹ ТЦ0.2y ³ ТЦ0.2y	СФ0.2y ¹ СФ0.2y ² СФ0.2y ³ СФ0.2y
2.0	x	² ЦЛ2.0x	² КН2.0x	² ТП2.0x	² ТЦ2.0x	² СФ2.0x
	y					
2.2	x					СФ2.2x ¹ СФ2.2x ² СФ2.2x
	y	ЦЛ2.2y ¹ ЦЛ2.2y	КН2.2y ¹ КН2.2y	ТП2.2y ¹ ТП2.2y	ТЦ2.2y ¹ ТЦ2.2y	СФ2.2y ¹ СФ2.2y ² СФ2.2y
Перший великий період ГК						

Аналіз області існування $Q_{УКД}$ досліджуваного класу (табл. 3) узагальнює його наступні властивості:

1. Елементний базис досліджуваного класу визначається 40 парними хромосомами, з яких 16 – базового рівня і 24 – ізотопів (визначають фенотипічний склад Видів-близнюків [2]);

2. Генетично допустима різноманітність УКД представлена 40 видами двигунів: циліндричного, конічного, тороїдного плоского та тороїдного циліндричного виконання (по 3 базових та 4 близнюки) і 12 видами двигунів сферичної просторової форми (4 базових і 8 близнюків);

3. За груповими властивостями досліджуваний клас визначається 5 гомологічними рядами (табл. 4);

4. За структурою m -фазних обмоток Видова різноманітність класу містить 4 підкласи (табл. 5).

Таблиця 4 – Гомологічні ряди класу УКД

Ряд	Видовий склад гомологічного ряду
H_{00y}	ЦЛ 0.0y; КН 0.0y; ТП 0.0y; ТЦ 0.0y; СФ 0.0y
H_{02y}	ЦЛ 0.2y; ¹ ЦЛ0.2y; ³ ЦЛ0.2y; КН 0.2y; ¹ КН0.2y; ³ КН0.2y; ТП 0.2y; ¹ ТП0.2y; ³ ТП0.2y; ТЦ 0.2y; ¹ ТЦ0.2y; ³ ТЦ0.2y; СФ 0.2y; ¹ СФ0.2y; ² СФ0.2y; ³ СФ0.2y
H_{20x}	² ЦЛ 2.0x; ² КН 2.0x; ² ТП 2.0x; ² ТЦ 2.0x; ² СФ 2.0x
H_{22y}	ЦЛ 2.2y; ¹ ЦЛ2.2y; КН 2.2y; ¹ КН2.2y; ТП 2.2y; ¹ ТП2.2y; ТЦ 2.2y; ¹ ТЦ2.2y; СФ 2.2y; ¹ СФ2.2y; ² СФ2.2y
H_{22x}	СФ 2.2x; ¹ СФ 2.0x; ² СФ 2.0x

Таблиця 5 – Підкласи УКД за структурою обмоток

Під-клас	Видовий склад	Структура і електромагнітна симетрія обмоток
S_{00}	ЦЛ 0.0y; КН 0.0y; ТП 0.0y; ТЦ 0.0y; СФ 0.0y	електромагнітно симетричні, кільцевого типу
S_{02}	ЦЛ 0.2y; ¹ ЦЛ0.2y; ³ ЦЛ0.2y; КН 0.2y; ¹ КН0.2y; ³ КН0.2y; ТП 0.2y; ¹ ТП0.2y; ³ ТП0.2y; ТЦ 0.2y; ¹ ТЦ0.2y; ³ ТЦ0.2y; СФ 0.2y; ¹ СФ0.2y; ² СФ0.2y; ³ СФ0.2y	електромагнітно симетричні за поздовжнім напрямом і асиметричні за поперечним, поверхневого типу
S_{20}	² ЦЛ 2.0x; ² КН 2.0x; ² ТП 2.0x; ² ТЦ 2.0x; ² СФ 2.0x	електромагнітно симетричні за поперечним напрямом і асиметричні за поздовжнім, кільцевого типу
S_{22}	ЦЛ 2.2y; ¹ ЦЛ2.2y; КН 2.2y; ¹ КН2.2y; ТП 2.2y; ¹ ТП2.2y; ТЦ 2.2y; ¹ ТЦ2.2y; СФ 2.2y; ¹ СФ2.2y; ² СФ2.2y; СФ 2.2x; ¹ СФ 2.0x; ² СФ 2.0x	електромагнітно асиметричні, поверхневого типу

Найбільший інтерес становлять Види УКД, що містять структури з максимальним використанням активного об'єму (гомологічні ряди S_{00} і S_{20}).

Висновки. В ході дослідження було визначено область існування класу універсальних колекторних двигунів для перфораторів, яка складається з двох підобластей (16 базових та 24 Види-близнюки) та містить інформацію про їх існуючу і потенційно можливу структурну різноманітність, отже є основою для спрямованого синтезу нових структурних різновидів УКД за перспективними напрямками структурно-функціональної адаптації класу (підвищення надійності, зниження масо-габаритних показників, покращення умов охолодження та ін.).

ЛІТЕРАТУРА

1. Добронравов С.С. Строительные машины и оборудование: Справочник для строит., спец. ВУЗов и инженерно-технических работников. - М.: Высшая шк., 1991. - 560 с.
2. Шинкаренко В.Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем. – К.: Наук. думка, 2002. – 288 с.
3. <http://tool-land.ru/ustroystvo-perforatora.php>

**СИСТЕМА КЕРУВАННЯ КРОКОВИМ ДВИГУНОМ З ВИКОРИСТАННЯМ
МІКРОКРОКОВОГО ДРАЙВЕРА ТА МІКРОКОНТРОЛЕРА**

*А. І. Ковальчук, асп., Ю. І. Романчук, студ., В. М. Хай, студ.
Національний університет "Львівська політехніка"*

вул. С. Бандери, 12, 79013, м. Львів, Україна, e-mail: an_box@mail.ru

Вступ. Позичування вихідного вала виконавчого двигуна електропривода – питання не нове. За використання традиційних електродвигунів змінного струму – асинхронних або синхронних, що живляться від загальнопромислової мережі, для вирішення задачі позиціонування вала використовуються замкнуті системи керування. У таких системах у ланці зворотнього зв'язку, як правило, наявний датчик положення за кутом повороту або положенням вихідного кінця вала двигуна. Для відмови від датчика положення і спрощення структури був запропонований кроковий двигун, що живиться імпульсним струмом. Крокові двигуни вже давно успішно застосовуються в різноманітних сферах людського життя. Вони мають деякі унікальні властивості, що робить їх винятково зручними і іноді незамінними: вирізняються високою надійністю і великим експлуатаційним терміном, що дозволяє використовувати їх в важких (промислових) умовах експлуатації [1].

В наш час випускається велика кількість різних типів крокових двигунів. В порівнянні із звичайними двигунами постійного струму, крокові двигуни потребують більш складних схем управління, які здатні забезпечувати комутацію обмоток при роботі двигуна. При побудові системи керування необхідно враховувати всі її особливості. Тому для вирішення задачі розробки системи управління будуються адекватні математичні моделі для перевірки працездатності системи [2].

Мета роботи. Створення системи керування кроковим двигуном з використанням мікрокрокового драйвера та недорогого мікроконтролера Atmega8 для заданої тахограми руху.

Матеріал і результати дослідження. Конструктивна сукупність статора і ротора крокового двигуна є, по суті, електромеханічним перетворювачем, який не здатний працювати безпосередньо від загальнопромислової мережі змінного чи постійного струму [3]. Для його функціонування потрібний спеціалізований пристрій керування – контролер крокового двигуна. У структурі контролера крокового двигуна на верхньому рівні можна виділити дві частини: силову, що носить назву драйвер, і інтелектуальну частину, яка реалізує алгоритм керування двигуном.

В умовах ринкової економіки виникає необхідність у зниженні вартісних показників системи в цілому. Також є потреба швидкої зміни програми керування у зв'язку з зміною технологічного чи іншого процесу. Драйвер крокового двигуна – це електронний комутатор, який перетворює сигнали керування у силові імпульси, що подаються на обмотки статора крокового двигуна відповідно до режиму керування та типу обмоток. Інтелектуальною частиною, що керує драйвером крокового двигуна, можуть виступати різні пристрої, що мають можливість формувати імпульси керування необхідної частоти.

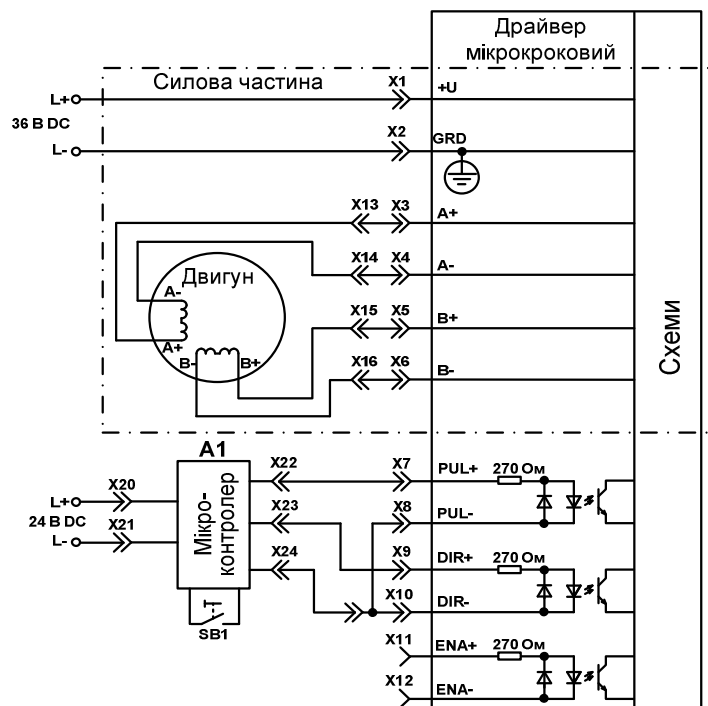


Рисунок 1 – Функціональна схема системи керування кроковим двигуном

Для синтезу системи був використаний кроковий двигун Motion king 23HS6403, що керується драйвером крокового двигуна M542, який дає змогу отримати мікрокрокові режими, за яких спад і наростання струмів у фазах під час дроблення кроку відбувається за синусоїдальним законом; це забезпечує плавність ходу, менший шум і нагрів двигуна [4]. Функціональна схема системи керування кроковим двигуном зображена на рис. 1.

Функцію інтелектуальної частини виконує мікроконтролер A1, побудований на базі однокристалного програмованого мікроконтролера Atmega8 фірми Atmel. Електрична функціональна схема системи управління на базі мікроконтролера A1 зображена на рис. 2.

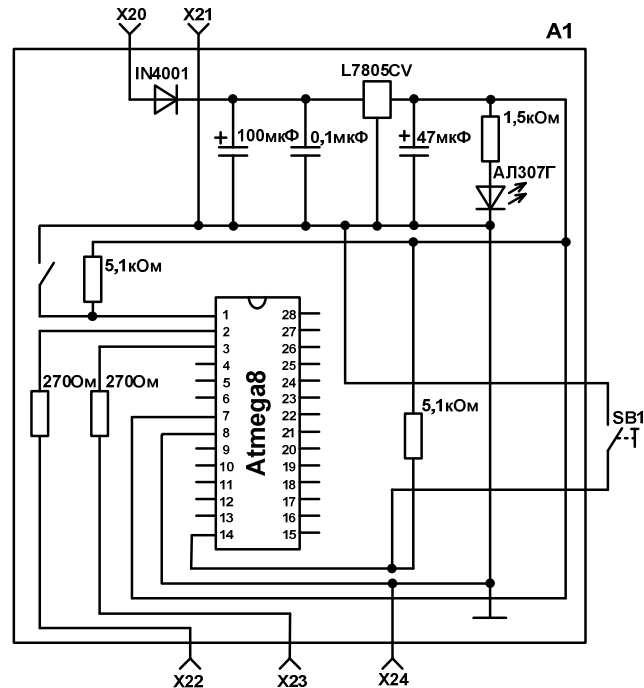


Рисунок 2 – Функціональна електрична схема мікроконтролера A1

Однокристалний мікроконтролер Atmega8 призначений для відпрацювання необхідної тахограми руху, яка задається при програмуванні в залежності від того, який процес необхідно відпрацювати. Розробка програми контролера виконано на мові низького рівня Асемблер, з використанням програмного пакету AVR Studio. Перенесення даних в пам'ять програми контролера здійснюється за допомогою інтерфейсного програматора, який під'єднаний до персонального комп'ютера за допомогою COM-порту.

На початку програми відбувається налаштування мікрокрокового драйвера, задається кількість мікрокроків на крок та обмеження значення динамічного опору. Пуск крокового двигуна здійснюється увімкненням перемикача SB1 (рис. 2). Після цього на клему X22 подаються імпульси, частота яких відповідає швидкості обертання двигуна, а на клему X23 – дискретний сигнал, що відповідає вибраному напрямку обертання (рис. 1). Мікрокроковий драйвер відпрацьовує вхідні сигнали X22 та X23 і подає силові імпульси на обмотки двигуна A+A- та B+B-, попередньо ділячи їх на мікрокроки.

Висновок. Синтезовано систему керування кроковим двигуном з використанням мікрокрокового драйвера M542 та мікроконтролера на базі однокристалного мікроконтролера Atmega8, який має низьку вартість. Останній формує необхідні для роботи крокового двигуна сигнали за необхідною тахограмою руху, яка може змінюватися під час експлуатації системи. Наведена система керування є впроваджена у навчальний процес для студентів напрямку «Електромеханіка» з дисципліни «Спеціальний курс електричних та електронних апаратів» у Національному університеті «Львівська політехніка».

ЛІТЕРАТУРА

1. Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления / Т. Кенио. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 200 с.
2. Кухарчук В. В. Математичні моделі крокового двигуна як об'єкта контролю / В. В. Кухарчук, В. В. Усов // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. Ч. 1. – 2006. – №3. – С. 106 – 109.
3. Чиликин М. Г. Дискретный электропривод с шаговыми двигателями / М. Г. Чиликин. – М.: Энергия, 1971. – 628 с.
4. Бурштинський М. В. Пристрої та схеми керування кроковими двигунами / М. В. Бурштинський, А. І. Ковальчук, М. В. Хай – Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2011. – 72 с.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТЯГОВИМ ЕЛЕКТРО ТЕХНІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ ЗА МІНІМУМОМ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

В. О. Приходько, студ., К. І. Лосіна, ас.

Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: vika1991418@meta.ua

Вступ. У зв'язку з розширенням використання напівпровідникової техніки, управління і створення уніфікованих блочних систем регуляторів (УБСР), призначених для управління електроприводами, практичний інтерес представляє послідовна корекція контурів регулювання. З урахуванням цих умов у теорії автоматизованого електропривода розроблено інженерний метод синтезу уніфікованих контурів регулювання, що дістав назву методу послідовної корекції з підпорядкованим регулюванням координат. Цей метод дозволяє розрахунковим шляхом визначити параметри регуляторів для забезпечення заданих динамічних показників контуру регулювання.

Мета роботи. Аналіз та дослідження споживання та втрат електроенергії тяговим електротехнічним комплексом тролейбуса.

Матеріал і результати дослідження. Для моделювання роботи тягового електротехнічного комплексу тролейбуса визначено параметри машини постійного струму з послідовним збудженням на основі розрахункових параметрів двигуна ДК-210-А3, які наведені в табл. 1 [1], цих даних було розраховано передавальні функції елементів схеми, які наведено в табл. 2.

Таблиця 1 – Параметри машини постійного струму

Розрахункові параметри	Значення
номінальний момент опору	700,6 Н·м
взаємна індуктивність між ланцюгом якоря і ланцюгом збудження двигуна	0,0038 Гн
індуктивність обмотки збудження	0,0015 Гн
момент інерції електродвигуна	11,24 кг·м
реактивний момент опору	3,5 Н·м
коефіцієнт в'язкого тертя	0,022 Н·м·с
індуктивність якорного ланцюга	0,001 Гн

Таблиця 2 – Передавальні функції елементів схеми

Елементи схеми	Передавальна функція
Електрична частина двигуна (ЕЧД)	$W_{ЕЧД}(p) = \frac{1/R_{я\Sigma}}{T_{я}p + 1} = \frac{16,12}{0,032p + 1}$
Механічна частина двигуна (МЧД)	$W_{МЧД}(p) = \frac{R_{я\Sigma}}{c \cdot T_{м}p} = \frac{0,062}{0,2049p}$
Регулятор струму	$W_{РС} = \frac{T_{я}p + 1}{T_{іс}p} = \frac{0,062p + 1}{2,408p}$
Коефіцієнт ЕРС двигуна	$c_{\Sigma} = \left(\frac{U_n - I_{я.н} \cdot R_{я.об}}{\omega_n} \right) = \left(\frac{550 - 220 \cdot 0,062}{157} \right) = 3,416 \text{ В} \cdot \text{с}$
Транзисторний перетворювач	$W_{ТП}(p) = \frac{\kappa_n}{T_n p + 1} = \frac{55}{0,008p + 1}$
Коефіцієнт передачі регулятора швидкості	$\kappa_{рш} = \frac{c \cdot \kappa_{зс} \cdot T_{м}}{\kappa_{зи} \cdot R_{я\Sigma} \cdot a_c \cdot a_T \cdot T_{\mu}} = \frac{3,416 \cdot 0,023 \cdot 0,06}{0,063 \cdot 0,062 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0,008} = 36,937$

При підпорядкованому регулюванні координат система електропривода поділяється на групи ланок, у кожній з яких, як правило, є тільки одна велика постійна часу. Кожна з таких груп ланок включається в контур регулювання зі своїм регулятором і зворотним зв'язком. В результаті система виходить багатоконтурною, причому кожен наступний контур охоплює попередній. Вихідні величини регуляторів зовнішніх контурів є вхідними для внутрішніх контурів регулювання. Тому такі системи називають системами підлеглого регулювання координат з послідовною корекцією.

Визначивши основні параметри, проведено моделювання двигуна постійного струму з імпульсною системою керування при лінійному, параболічному та експоненціальному законах керування. Структурна схема тягового електропривода побудована в Matlab 6.5, зображена на рис. 1, результати моделювання зображено на рис. 2-3.

Енергія, що споживається з мережі, описується формулою: $W_s = \int_0^{T_u} P_s dt$,

де T_u – час циклу роботи механізму;

Втрати енергії: $\Delta W = \int_0^{T_u} (P_s - P_{mex}) dt$

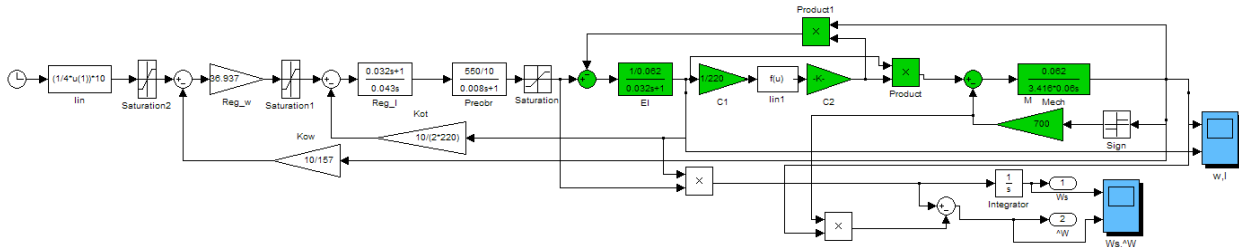
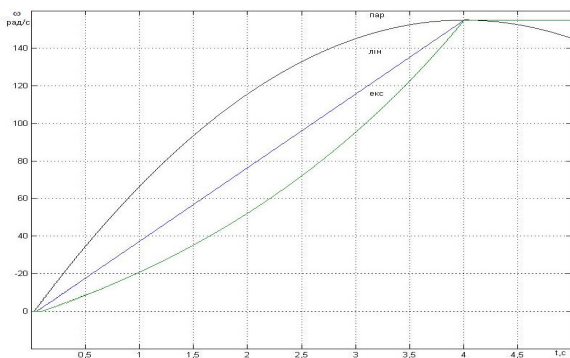
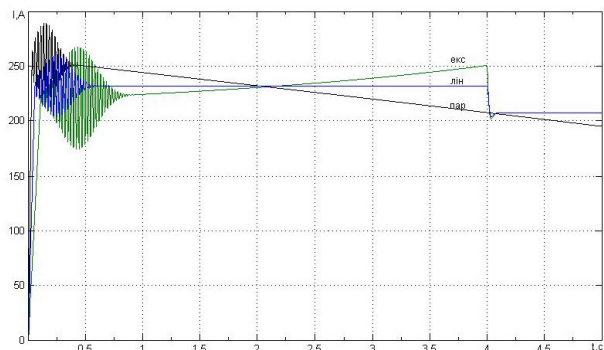


Рисунок 1 – Структурна схема тягового електропривода побудована в Matlab 6.5

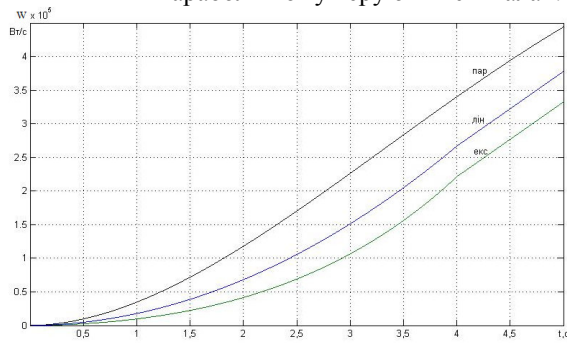


а)

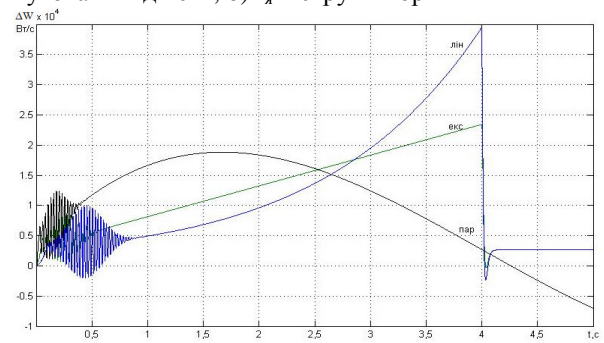


б)

Рисунок 2 – Характеристики роботи тягового електропривода при експоненціальному, лінійному, параболічному керуючих сигналах: а) ω – кутова швидкість; б) I_a – струм якоря



а)



б)

Рисунок 3 - Характеристика споживання енергії з мережі системою W (а); енергія втрат ΔW електротехнічним комплексом тролейбуса (б) відповідно при експоненціальному, лінійному та параболічному керуючих сигналах

Із отриманих графіків ми бачимо, що при параболічному законі керування двигун швидше виходить на номінальну швидкість та струм, але споживання електроенергії є більшим, ніж при інших законах керування, хоч втрати є найменшими.

Висновки. Проведено моделювання електротехнічного комплексу тролейбуса, результатом якого стало відтворення режиму пуску тягового електродвигуна постійного струму. Створена модель дозволяє регулювати струм та швидкість, оцінити характеристики двигуна та системи в цілому, а також визначити споживання електроенергії системою та втрати при різних законах керування. Встановлено, що параболічний закон керування є найбільш оптимальним, оскільки система швидше виходить на номінальні параметри роботи та має менші втрати електроенергії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Максимов А. Н. Городской электротранспорт – троллейбус: Учебник. – М. : АСАДЕМА, 2004. – 247 с.
2. Пушков П. М. Основы электричной тяги. Ч. 1. – Х.: ХГАГХ, 2001. – 187 с.

**МОДЕЛЬ НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОХЛАЖДЕНИЕМ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

Е. В. Носач, асс., В. А. Мирошниченко, магистр.

*Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: evnosach@mail.ru*

Введение. Нестационарные тепловые процессы в электрических машинах (ЭМ) имеют место при их эксплуатации. Ими сопровождаются режимы пуска, отключения, торможения, изменения нагрузки и частоты вращения машин. Большое значение процессы нестационарного нагрева имеют при перегрузках по току, при частых и затяжных пусках двигателей, а также при работе их в заторможенном состоянии. Повышенная температура электрических машин влияет на долговечность изоляции обмоток, на работу подшипников, вызывает тепловое старение изоляции, приводящее к необратимому снижению электрической и механической прочности. С целью увеличения срока эксплуатации электрических машин и уменьшения количества ремонтов, вследствие тепловых ударов, необходимо применять управляемые системы охлаждения.

Цель работы. Разработка модели нечеткого регулятора для системы управления электроприводом охлаждающего вентилятора в системе вентиляции электрических машин со свойствами исключения перегрева в переходных режимах.

Материал и результаты исследований. При работе электрической машины для поддержания допустимого уровня температур отдельных ее частей наиболее эффективно использовать регулируемые системы охлаждения с возможностью задания параметров охлаждения. К системам управляемого охлаждения можно сформулировать следующие требования:

- учет тепловыделения и времени нагревания проводников, находящихся в изоляции;
- учет потерь в стали, общих греющих потерь, их зависимости от режима работы машины;
- учет неравномерности нагрева обмотки машины в различных местах контакта с пакетами стали;
- изменение интенсивности подачи охлаждающего воздуха при изменении нагрузки.

Для реализации системы управления, решающей поставленные задачи, должны учитываться необходимые для расчета указанных потерь величины, а также температура окружающего воздуха. Для постоянного контроля параметров и формирования управляющего воздействия, изменяющегося по определенному закону изменения входных переменных, целесообразно использовать в системе управления охлаждением нечеткий контроллер [1, 2].

Для определения количества воздуха, необходимого для охлаждения, определяется зависимость температуры от значений тока, рост которого приводит к повышению температур. Определяются суммарные потери энергии в машине постоянного тока, которые приводят к нагреву воздуха внутри машины: $\sum P = P_{a,dp} + P_v + P_{st} + P_{meh}$, где $P_{a,dp}$ – потери в меди обмотки якоря и добавочных полюсов: $P_a = I_a^2 R_a$, P_v – потери в меди обмотки возбуждения машины: $P_v = I_v^2 R_v$, P_{st} – потери в стали якоря (учитывают дополнительные потери P_{dop}): $P_{st} = \beta k \Phi^2 \omega^2$, P_{meh} – механические потери: $P_{meh} = a \cdot \omega^2$, где β , a – коэффициенты. Для определения динамики изменения температур рассматриваются основные потери в меди обмотки якоря P_a , где токи достигают наибольших значений, и, как следствие приводят к значительному повышению температур.

В основе математической модели нагрева двигателя лежит уравнение теплового баланса, полученное на основании основного закона теплопроводности – уравнения Фурье [3–6]. Это уравнение записано для случая одномерной модели двигателя:

$$P_a(t) = cG \frac{d\theta}{dt} + \alpha F \theta, \quad (1)$$

где G и F – масса и площадь поверхности обмотки якоря; c – удельная теплоемкость меди; α – температуропроводность.

На основании (1) аналитическим выражением определяется текущая температура якоря в промежуток времени dt – из зависимости $\theta_a(t) = f(I_a)$ [7]. С учетом изменения температуры якоря и температуры выходного воздуха из электрической машины, определяется выражение для привода охлаждающего вентилятора. Для оптимального управления в систему охлаждения включен регулятор, разработанный на основе нечеткой логики. Система должна учитывать влияние окружающей среды, а также текущие изменения температуры обмотки и выходного воздуха. С учетом принятых требований была разработана схема системы управления охлаждением с нечетким контроллером, представленная на рис. 1.

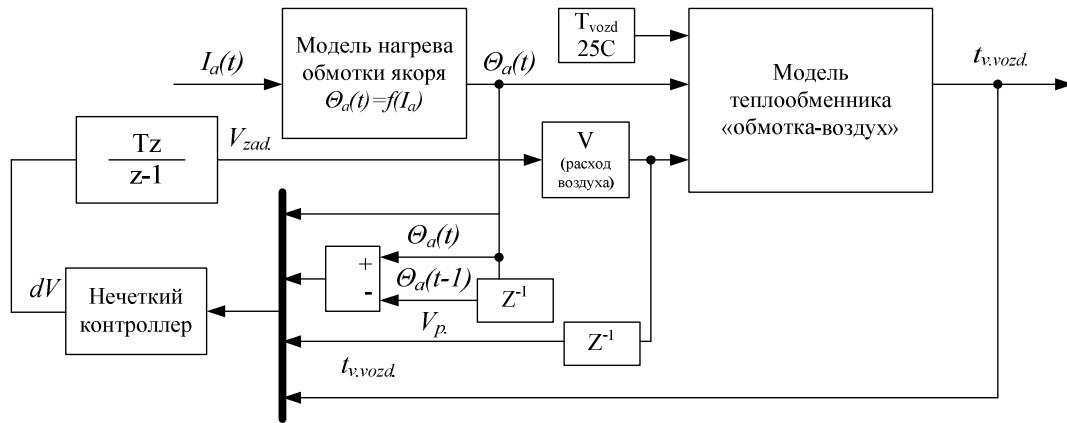


Рисунок 1 – Схема модели системы охлаждения электрических машин с нечетким контроллером

На рис. 1 показаны принятые входные и выходные переменные для нечеткого контроллера:

- $\Theta_a(t)$ – температура якоря, определяемая на основании значения тока $I_a(t)$;
- $\Theta_a(t-1)$ – разность текущего значения температуры якоря и значения в предыдущий момент, т.е. данное значение говорит о том, насколько стремительно растет температура или же, наоборот, что температура падает – в случае отрицательного значения разности;
- V_p – температура воздуха, что выходит после охлаждения, показывает, насколько эффективно работает система охлаждения;
- предыдущие показания охлаждающего параметра, т.е. значение (в абсолютных единицах) скорости вращения охлаждающего вентилятора;
- в качестве выходной переменной нечеткого контроллера значение приращения для задания скорости охлаждения.

Отслеживая показания тока с измерительных приборов, определяется текущая температура якоря для различных законов изменения тока. Блок «Модель теплообменника обмотка-воздух» учитывает температуру окружающей среды $T_{voz.d}$. (может определяться измерительными приборами) и распределение температуры с учетом внутренних потоков воздуха. Таким образом, на основании измеренных и полученных данных, нечеткий контроллер формирует необходимое значение для форсирования или уменьшения охлаждающего потока.

Выводы. Разработанная схема системы управления охлаждением электрических машин с использованием нечеткого регулирования позволит более эффективно обеспечивать поддержание допустимого уровня температур внутри и снаружи машины. Кроме того, система будет «реагировать» и на изменения окружающей среды. Применение подобных систем увеличит срок эксплуатации машины за счет форсирования охлаждения в критичные периоды пуска и нагрузки, а также уменьшит затраты на охлаждение, когда токи незначительны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фаззи-регулятор для управления сложными электромеханическими системами с переменными параметрами / В.М. Чермалых, А.В. Чермалых, А.В. Данилин // Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2003. – № 10. – С. 268–270.
2. Нечеткие регуляторы и системы управления / Ю.И. Кудинов, И.Н. Дорохов, Ф.Ф. Пашенко // Проблемы управления, М.: "СенСидат-Контрол". – 2004. – № 3. – С. 2–14.
3. Филиппов И.Ф. Теплообмен в электрических машинах. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 256 с.
4. Гуревич Э.И., Рыбин Ю.Л. Переходные тепловые процессы в электрических машинах. – Л.: Энергоатомиздат, 1983 – 216 с.
5. Борисенко А.И., Костиков А.И., Яковлев А.И. Охлаждение промышленных электрических машин. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 296 с.
6. Копылов И.П. Электрические машины. – М.: Высш. шк., 2000. – 607 с.
7. Носач Е.В., Черный А.П., Богатырев К.Н., Бердай Абдельмажид. Аналитическое решение уравнения нагрева стержней синхронных двигателей для системы управляемого охлаждения // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 2/2013 (22). Ч. 2. – С. 205–209.

**STUDY THE PARAMETERS OF ELECTROMAGNETS MODIFIED STRUCTURES
IN THE MAGNETIC SUSPENSION**

O. Kuksa, stud.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

39600, 20, Pershotravneva Street, Kremenchuk, Ukraine, e-mail: sasha_kuksa29@mail.ru

Introduction. Magnetic levitation is the process when an object without visible reliance keeps in space due to magnetic field. If this uses the magnetic attraction force, then this process is called a magnetic suspension, and if the system works due to magnetic repulsion – magnetic levitation [1].

Active magnetic suspension comparing to suspension with permanent magnet has the following main advantages: AMP load capacity is much higher; high mechanical strength; possibility to create a stable non-contact suspension of an object; possibility to change the stiffness and damping in a wide range. The disadvantages of AMP are the following: necessity of an external power source and a relatively higher complexity and cost [2]. Due to its advantages this type of suspension are the most widely used in technique.

The parameters of the electromagnet should meet the following requirements:

- the terminal resistance (less power loss, heating);
- low inductance of the electromagnet (to make possibility of quick change of the current in it);
- large magnetic attraction force.

As you can see it is impossible to ensure all conditions simultaneously, as they are in conflict. Thus, important task is to solve the problem of optimal design of an electromagnet for magnetic suspension systems.

Aim of the work. To find different variants of electromagnet design and simulate them to determine the effects of changing geometry on its efficiency.

Material and research results. To investigate the electromagnets with a modified geometry of magnetic systems it has been proposed a various forms of electromagnet. Form number 1 – is classic electromagnet geometry. Forms number 2, 3.1, 3.2, 4 are similar to classical geometry, but with different parts of the upper core. During their simulations a significant increase in the magnetic attraction force and a slight increase in the inductance of the coil were aimed. Forms 5 and 8 have a different geometry of the lower part of the electromagnet core. A feature of the forms 6 and 7 is the middle part of the electromagnet core.

As a prototype, an electromagnet with classical geometry, designed and modeled by the recommendations [3], was taken. The geometry of its model is shown in Fig. 1.

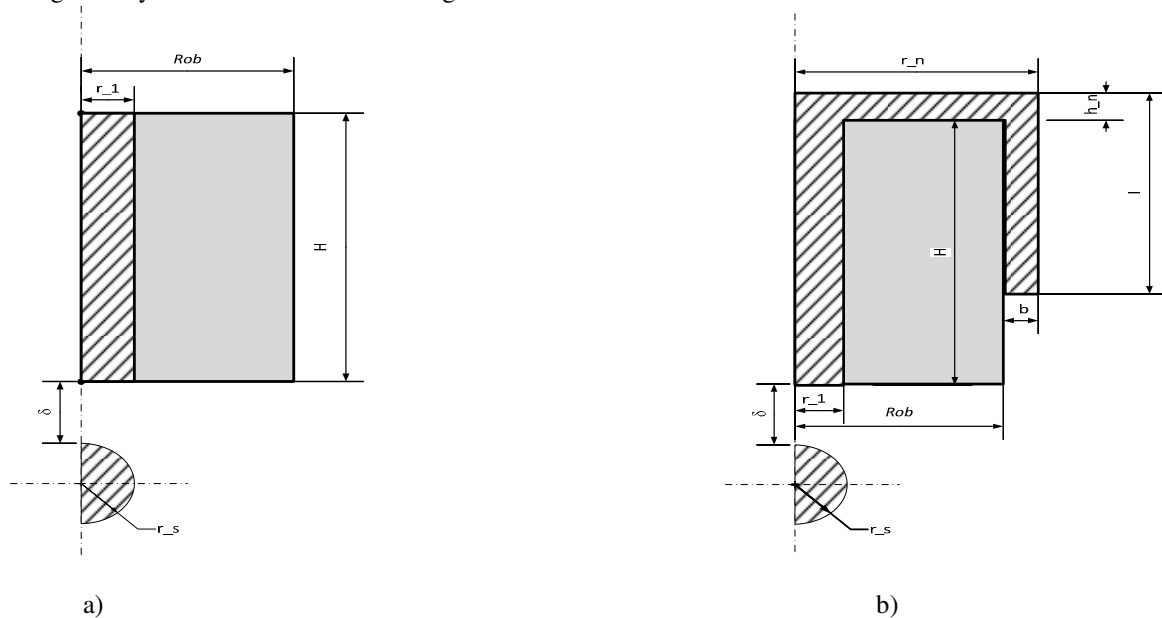


Figure 1 – Geometry of the electromagnet
a) basic b) electromagnet number 4

Comparison of simulation results with the prototype electromagnet.

Figure 2 shows the dependence of kF as a ratio of maximum power to the core area for all forms of simulated electromagnets. As it is shown in the histogram, the most efficient use of the metal core is in the form of number 4, i.e., slight modification and increased core area significantly increases the electromagnet attraction force. However, the problem of this form is stabilization object in the air. The worst result gives a form of electromagnet number 7 and its two extreme cases. As it can be seen from the analysis of this form, increase of the core does not give the desired result,

but only worsens the electromagnet characteristics. All other forms give approximately the same results, so they are should be increased in the size of the core in order to increase the electromagnet attraction force.

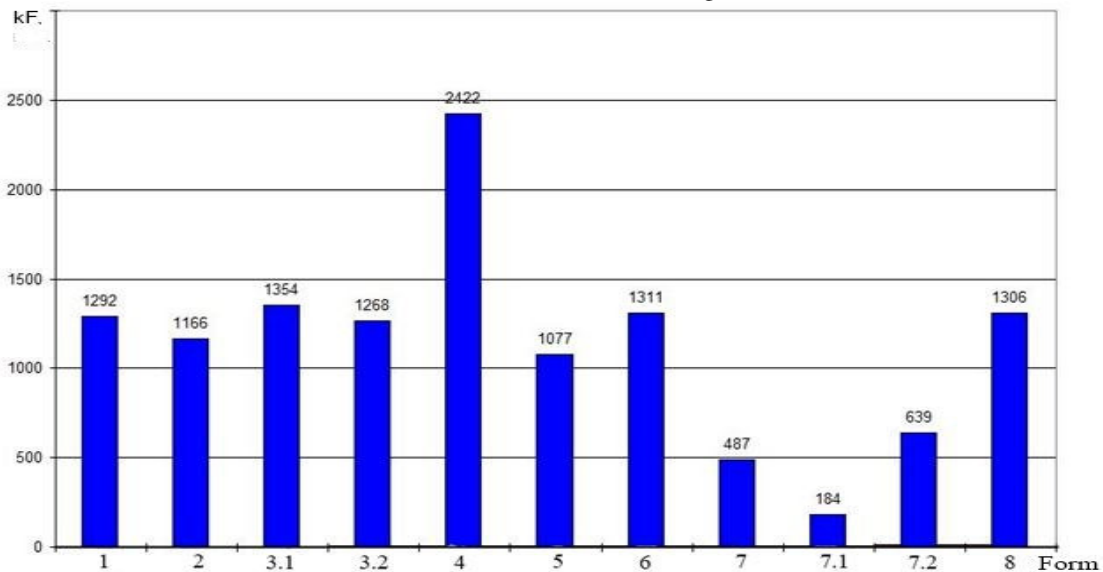


Figure 2 – Dependence of the ratio maximum power to the core area for different forms of electromagnet

Figure 3 shows the results of a parametric analysis for electromagnet form number 4 ($F = f(b, l)$) and ($L = f(b, l)$).

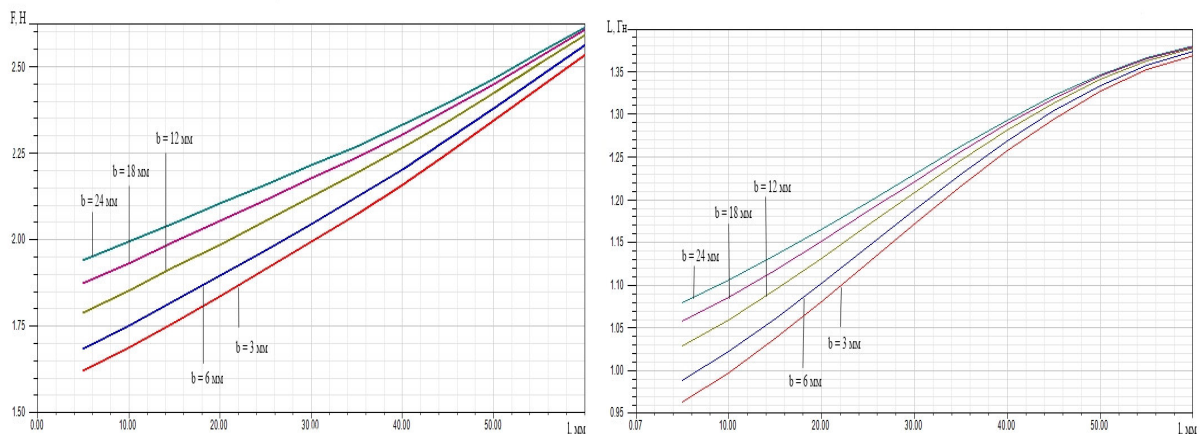


Figure 3 – Results of parametric analysis of the electromagnet form number 4 ($F = f(b, l)$) та ($L = f(b, l)$)

Conclusions. Analyzing the simulation results, we can formulate the following conclusions:

- lower core radius should be equal to the radius of the object;
- to increase the force of electromagnet attraction the top tip radius should be larger than the radius of the core;
- the radius of the top of the electromagnet core should be not less or equal to the radius of the object;
- to significantly increase the force of electromagnet attraction with relatively small inductance coil a size of the core should be enough to close the coil;
- the height of the top tip has a little influence on the electromagnet characteristics as opposed to its radius, so it is reasonable to choose the height basing upon the reasons of less steel saturation;
- it is appropriate to use all among the forms of the electromagnet, except for the form number 7;
- the height of the lower core radius only deteriorate the characteristics of the electromagnet.

REFERENCES

1. Philip Gibbs and Andre Geim. Magnetic levitation. Режим доступу: <http://math.ucr.edu/home/baez/physics/General/Levitation/levitation.html>.
2. Simon, M. D.; Heflinger, L. O.; Geim, A. K. Diamagnetically stabilized magnet levitation // American Journal of Physics. – 2001. – Vol. 69, Iss. 6, PP. 702–713.
3. Shilo V.V., Kuksa O.O. The mathematical model of magnetic suspension. Zbirnyk tez dopovidej: Problemy enerhoefektyvnosti ta enerhozberezhennia. Ukrainian Scientific and Practical Conference of Students and Young Scientists – Kirovograd: KNTU, 2012. – pp. 56-59(in Ukrainian)

**TEACH-ROBOT MECHATRONIC SYSTEM AND ALGORITHM
FOR ITS CONTROL BY SPEECH**

*Bučko R., research, Ing., Ass. Prof.
Technical University of Košice
Letná 9, 042 00 Košice, Slovak Republic*

Introduction. Research of recognition of spoken speech on our department is oriented on recognition of simple instructions by embedded system. These instructions are used for car's equipment control such as GPS, radio, air-conditioning or robotic system with embedded systems. For testing purposes of this kind of control, Teach-robot mechatronic system had been chosen.

Aim of the research. Development of speech-controlled mechatronic system.

Experimental part and result obtained.

Restrictions of Teach-robot mechatronic system.

Apart from the reaching of end position, following restrictions apply to the system control, due to the construction nature of Teach-Robot (Fig.1):

- step motor M5 is affected by motor M4, which is unable to reach ending positions, until M5 doesn't move the lower arm from starting position. In case, when the lower arm is in between of the both ending positions, then the upper arm is independent – it is able to reach both ending positions;
- the jaw can grab an object positioned on the surface level only in case, when both lower and upper arm as well as pitch of the jaw are at maximum – ending position of step motors M3, M4 and M5;
- information about the motor's position is obtained only during the stable position of the motor and is send sequentially – at first information about one motor is sent, then information about the other one;
- more than one step motor can be in motion simultaneously in case, when there quest about position change is received sooner, than the movement of currently moving motor is finished;
- the weight of the grabbed object affects the movement.



Figure 1 – Teach-Robot

Teach-Box device serves as a communicating interface between FOX Board embedded system and Teach-Robot system. This communication is via the serial RS-232 port at 9600 bps speed. The duplex communication is used for communication – commands to Teach-Robot and information about the step motor's position from Teach-Box.

Information about the motor's position.

Information about the motor's position is encoded by 3 bytes word and sent to control element after receiving the request on information about motor's position.

3 bytes:

- 1. byte – number of step motor, only 3 bits are used – 2^3 – only 6 motors,
- 2. byte – position of step motor, from 1 to $2^8 = 256$,
- 3. Byte is divided in to 2 parts:
 - a) First 4 bits together with 2byte gives the 12 bit value of the step motor's position, $2^{12} = 4096$,
 - b) Second 4 bits contain the attributes:
- 5. bit – HOME – (4. bit when numbering gat 0 ...7) – step motor is at its starting position and it didn't from the last HOME or RESET command.
- 6.bit – TIMEOUT – (5. bit) – step motor was unable to reach the specified position due to the loss of communication between Teach-Box and Reach-Robot, or due to some obstacle in the movement trajectory.
- 7. bit - TARGET –(6. bit) - step motor had reached the desired position.

- 8. bit - MAX -(7. bit) – step motor had reached the ending (maximum) position.

Algorithm for control by speech.

The procedure for control by speech, like for moving the whole robot’s body by step motor M6 about 135 degrees left is following (Fig.2). After the START command selection, the M6 motor is selected by command ŠEŠŤ (SIX). For the 135 degree movement, the KROK-5 (Step-5) command has to be used. Therefore, voice commands KROK and numeral PÄŤ are selected. From the default position, the movement can be done in both ways, there for the direction command VĽAVO (Left) has to be spoken.

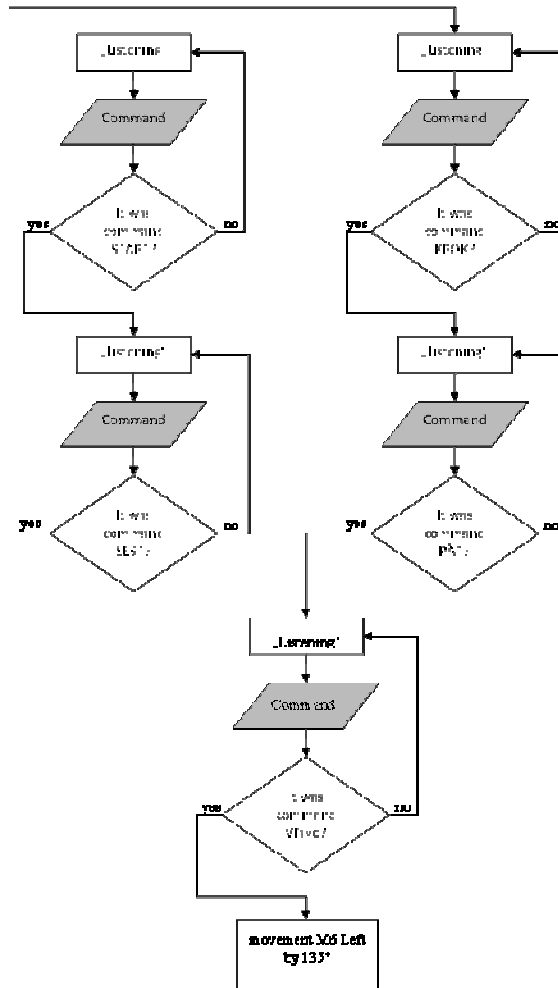


Figure 2 – Algorithm of M6 step motor movement about 135° left

Conclusion. The speech control of the mechatronic system Teach-Robot is suitable, despite its restrictions, even by embedded system with low computing power, because this mechatronic system doesn't require hard time control.

ACKNOWLEDGMENT

The paper has been prepared by the support of Slovak grant projects KEGA No. 005TUKE-4/2012.



Volkswagen Slovakia Foundation, grant no. 041/13_RT – Fast charger for electromobiles based upon the principle of directed energy transfer by air.

REFERENCES

1. Manual Teach-Robot with Studio version 01-06-2005.
2. Vince, T.: Teach-robot control system via Internet, OWD 2010 : 12 International PhD Workshop : 23–26 October 2010. – Gliwice : Silesian University of Technology, 2010 , ISBN 83-922242-7-2.
3. Bučko, R., Success rate of isolated words recognition by embedded system, In: Proceeding of scientific and student's works in the field of Industrial Electrical Engineering, SSIEE - 2013, Vol. 2, Part 1, Technická univerzita v Košiciach, 2013, pp. 97-100, ISBN 978-80-553-1425-9.

РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ З ДИСЦИПЛІНИ «СУЧАСНА ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ»

О. С. Шишковська, студ., І. С. Молодика, ас.

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна, e-mail: Sashyla@i.ua*

Вступ. Однією з дисциплін вивчення сучасних підходів при підготовці бакалаврів з напрямку «Системна інженерія» є дисципліна «Сучасна теорія автоматичного керування». Дисципліна ґрунтується на теорії, методах та засобах побудови сучасних систем керування промисловими, побутовими та транспортними об'єктами.

При вивченні даної дисципліни, студент повинен знати проблеми, пов'язані з дослідженням, проектуванням та керуванням складними технічними об'єктами, загальні методи сучасної теорії управління, питання керованості та спостережуваності, методи модального керування, оптимальне оцінювання станів, перспективи подальших досліджень. А також вміти застосовувати методи модального керування для синтезу систем з повною та неповною інформацією, виконувати аналіз та синтез систем управління з оптимальним оцінюванням станів у прикладних математичних пакетах, виконувати синтез спостережувальних пристроїв.

Мета роботи. Розробка і структури навчально-лабораторного комплексу з курсу «Сучасна теорія автоматичного керування» (СТАК), побудованого на сучасних принципах організації та проведення навчального процесу.

Матеріал і результати дослідження Навчально-лабораторний комплекс спрямований на освоєння методів і прийомів, що дозволяють проводити аналіз сучасних систем управління промисловими установками, формувати структуру перспективних систем управління, проводити їх розрахунок, моделювання та налагодження. Навчально-лабораторний комплекс призначений також для дистанційного навчання. Використання для дистанційного навчання забезпечує принципово новий рівень доступності якісної освіти, виключаючи територіальні бар'єри, а також підвищення якості навчання, дозволяє розвивати нові сучасні методи навчання і створювати та адаптувати освітні матеріали в якісно нових формах.

Навчально-лабораторний комплекс з курсу СТАК має наступну структуру: лекційний матеріал, що складається з двох змістових модулів, лабораторні роботи, навчальна та робоча навчальна програми, завдання для самостійної роботи, питання до заліку (рис.1). Тематика лекцій: загальні положення теорії та методів побудови сучасних систем керування технічними об'єктами, векторно-матрична форма опису об'єктів керування, критерії повної спостережуваності та керованості систем, питання оцінювання стану об'єкта керування, порядок синтезу систем керування технічними об'єктами з неповною інформацією про змінні стану, питання оптимального оцінювання станів. Після закінчення змістовного модуля здійснюється перевірка знань студентів за допомогою тестів. По закінченню курсу проводиться підсумковий вид контролю у вигляді заліку.

Лабораторні роботи проводяться з використанням програмного комплексу MatLab. Дисципліна передбачає виконання лабораторних робіт, метою проведення яких є закріплення студентами теоретичних знань та придбання практичних навичок по застосуванню сучасних програмних засобів для дослідження та синтезу сучасних систем керування технічними об'єктами на основі принципів модального керування, керування зі спостерігачами, оптимального керування.



Рисунок 1 – Структура навчальної дисципліни

У першій лабораторній роботі розглядається питання представлення моделей систем регулювання в пакеті Matlab. Метою даної роботи є вивчення можливостей Matlab зі створення і перетворення моделей лінійних

систем, набуття практичних навичок зі створення і перетворення моделей лінійних систем та визначення реакції типових ланок на гармонійні дії. Дослідження систем автоматичного керування починається із створення математичної моделі. У пакеті CST лінійні моделі можуть бути представлені в чотирьох виглядах: передавальна функція (tf); нулі, полюси і коефіцієнт підсилення (zpk); простір стану (ss); частотні характеристики (frd). На рис. 2 зображено схему, що показує зв'язки між математичними моделями, представленими в пакеті CST.

Використовуючи команду zpk перетворити передавальні функції, утворені з'єднанням ланок, представлені формою tf, у форму zpk (рис. 3).

$h1 = tf([10],[4,6,1])$ задання моделі у вигляді tf;

$h2 = zpk(h1)$ перехід від вигляду tf до вигляду zpk.

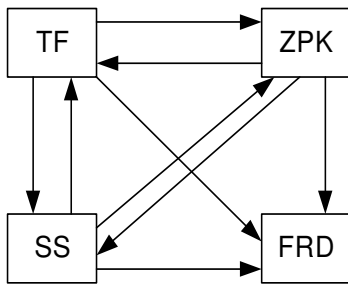


Рисунок 2 – Схема перетворення в пакеті CST

```
>> Untitled
h1 =
      10
-----
 4 s^2 + 6 s + 1
Continuous-time transfer function.
h2 =
      2.5
-----
(s+1.309) (s+0.191)
```

Рисунок 3 – Перехід передавальної функції до вигляду у формі zpk

Висновки. Навчально-лабораторний комплекс призначений для надання допомоги у вивченні та систематизації теоретичних знань, формуванні практичних навичок роботи як в предметній області, так і в системі дистанційної освіти або в традиційній освітній системі з використанням інформаційних технологій. Комплекс містить не тільки теоретичний матеріал, а й практичні завдання, тести, що дають можливість здійснення самоконтролю.

Використання навчально-лабораторного комплексу забезпечує підвищення динамічності та гнучкості навчального процесу, сприяє спільній навчальній та науковій діяльності студентів і викладачів, допомагає вивченню теоретичних основ побудови сучасних систем керування технічними об'єктами та придбання навичок щодо використання сучасних засобів для аналізу та синтезу систем керування складними технічними об'єктами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Д. Сю. Современная теория автоматического управления и ее применение / Д. Сю, А. Мейер. – М.: Машиностроение, 1972. – 594 с.
2. Чаки Ф. Современная теория управления / Ф. Чаки. – М.: Мир, 1975. – 420 с.
3. Эйкхофф П. Основы идентификация систем упарвления / П. Эйкхофф. – М.: Мир, 1974. – 680 с.
4. Андриевский Б.Р. Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке Matlab / Б.Р. Андриевский, А.Л. Фрадков. СПб: Наука, 2000. – 475 с.
5. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в Matlab. Учебный курс / Ю. Лазарев. – СПб.:Изд-я гр. BHV, 2005. – 512 с.
6. Солодовников В.В. Основы теории и элементов систем автоматического регулирования / В.В. Солодовников. – М.: Машиностроение, 1985. – 510 с.
7. В.М. Перельмутер Пакеты расширения Matlab. Control System Toolbox и Robust Control Toolbox / В.М. Перельмутер. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 224 с.
8. Филлипс Ч. Системы управления с обратной связью / Ч. Филлипс, Р. Харбор. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. – 616 с.

**УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ЛАБОРАТОРИЙ ПУТЕМ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОСНОВАННОЙ ФИТОСРЕДЫ***

В. Ю. Ноженко, асп., Л. Г. Бойко, асс., Г. Г. Юдина, ст. преп.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, e-mail: viktoriya_nozhenko@mail.ru

Введение. В настоящее время жизнь в цивилизованном обществе становится все опаснее, поскольку большую часть своего времени, 22 часа из 24, современный человек проводит в закрытом помещении, построенном из современных материалов и оснащенном различным техническим оборудованием, что, в свою очередь, выделяет вредные для организма химические вещества и элементы, электромагнитные излучения и т.д. Также следует отметить, что воздух в помещении грязнее в 4–6 раз наружного, токсичнее в 8–9 раз и содержит 0,7 % углекислоты, что в 23 раза больше, чем на открытом воздухе. Поэтому воздушная среда закрытых помещений, в которой обнаружено более 1000 вредных веществ, в том числе 250 высокотоксичных и 15 канцерогенных, не является комфортной для человека, снижает жизненный потенциал и способствуют развитию многих заболеваний [1–5].

Согласно современным исследованиям, самым простым и эффективным способом улучшения воздуха учебных помещений является выращивание комнатных растений, поскольку они обладают широким спектром полезных для человека свойств, а даже самые современные технические средства не всегда обеспечивают здоровую воздушную среду. Необходимо учесть также тот факт, что эстетическое оформление учебных лабораторий с помощью комнатных растений, придающее комфорт, уют и красоту, влияет не только на хорошее самочувствие и работоспособность студентов, но и на отношения между ними.

Цель работы. Практическое решение вопросов повышения качества воздушной среды для сотрудников за счет научного обоснованного состава комнатных растений.

Материал и результаты исследования. В ходе многих исследований были определены свойства комнатных растений, приносящих пользу здоровью и жизнедеятельности человека, к которым относятся: выработка кислорода; увлажнение воздуха; очищение воздуха от пыли, грязи, токсических веществ; поглощение шума в помещении; повышение производительности и безопасности труда; снижение количества вирусов, бактерий, различных микробов в составе воздуха; оживление пространства, заполнение пустоты и создание уюта в помещении.

Учеными доказано, что растения потребляют всего лишь 1–2 % кислорода, который производят. Они испаряют до 98 % воды, полученной при поливе. Кроме этого, растения ионизируют воздух, что очень важно для здоровья. Доказано, что выделяемые ими летучие фитоорганические вещества уже в концентрации 0,5 мг/м³ способствуют образованию легких ионов и одновременному снижению концентрации тяжелых металлов, т.к. отрицательные легкие ионы, которых не хватает в загрязненном воздухе (в 1 см³ воздуха закрытых помещений содержится 50–80 легких ионов, когда должно содержаться не меньше 3000), регулируют активность дыхательных ферментов, влияют положительно на обменные процессы человека, снижают артериальное давление, улучшают показатели крови, повышают мышечную активность и выносливость организма к неблагоприятным факторам среды [6].

В современной практике используются методы медико-экологического фитодизайна (МЭФ) с учетом функционального назначения помещений, здоровья, психологического статуса и эстетических предпочтений работников [7]. Так, фитодизайнеры проектируют композиции из растений, имеющих определенные функциональные особенности, а именно: увеличивающие влажность воздуха, бактерицидные, противовирусные, фунгицидные, обладающие лечебными и стимулирующими свойствами, очищающие воздух от посторонних примесей и газов, а также универсальные.

Как известно из [7] многокомпонентный состав растительных выделений способен оказывать терапевтическое воздействие. У людей, находящихся в атмосфере, богатой растительными активными веществами, увеличиваются защитные силы организма, нормализуются процессы возбуждения и торможения в коре больших полушарий головного мозга, повышаются работоспособность и выносливость при физических нагрузках.

Поэтому при выборе растений неправильно руководствоваться только их декоративными качествами и пренебрегать эколого-биологическими особенностями, которые во многом определяют устойчивость растений к тем или иным неблагоприятным факторам среды.

Так, для учебно-научных лабораторий в связи с как постоянным, так и временным режимом пребывания сотрудников характерны изменения температуры и влажности в пространстве помещения. Воздушная среда содержит повышенное количество болезнетворных бактерий, поскольку в лабораториях находится большое количество людей, занятых умственным трудом, перерабатывающих большие объемы информации, требующих мобилизации памяти и внимания.

В состав фитокомпозиции для таких помещений должны быть включены комнатные растения, приведенные в работе [8], а именно: хлорофитум, циперус, мирт обыкновенный, сансивьера, традесканция, лавр благородный и др.

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

С целью повышения качества микроклимата научных и учебных лабораторий за счет комнатных растений в аудиториях кафедры «Системы автоматического управления и электропривод» Кременчугского национального университета (КрНУ) имени Михаила Остроградского проведен анализ видов растений. Все растения аудиторий были условно разделены на пять групп в зависимости от воздействия комнатные растения на окружающую среду (рис. 1): увлажняющие воздух, нейтрализующие химические вещества и вредные газы, уменьшающие бактериальную обсемененность воздуха, обладающие лечебными свойствами, улучшающие атмосферу помещений. Следует отметить, что одно и то же растение может входить в несколько групп одновременно.



Рисунок 1 – Распределение комнатных растений по воздействию на окружающую среду

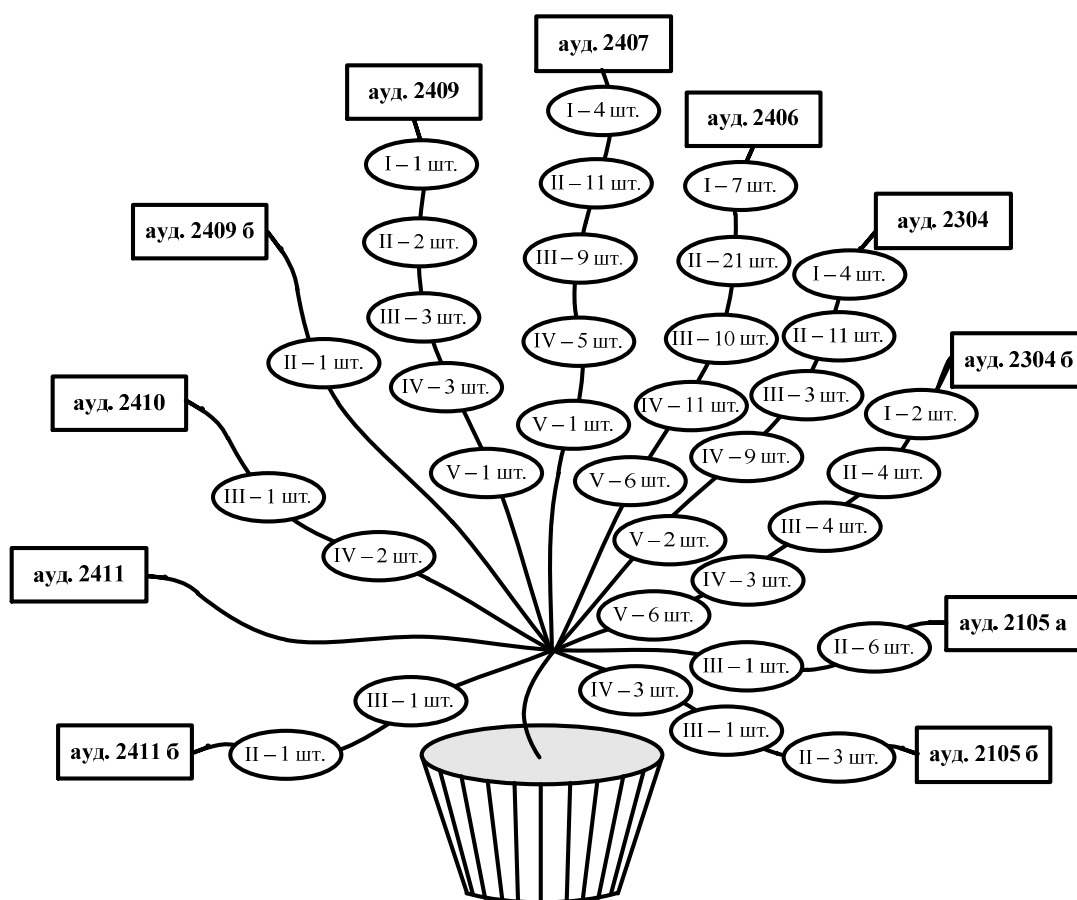


Рисунок 2 – Наличие комнатных растений в научных и учебных лабораториях кафедры

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Родькина Д.И.

Согласно сформированным группам комнатных растений на рис. 2 приведено, сколько цветов, какой группы имеется в аудитории. Как видно из рисунка наиболее распространенными являются представители II и III групп.

В небольших помещениях, где нет возможности выращивать много комнатных растений рекомендуется подобрать несколько таких, которые обладают всеми вышеперечисленными свойствами воздействия на окружающую среду закрытых помещений. Например, фитокомпозиция из трех растений – спатифиллум, эписпремум, окалис, или шеффлера, каланхоэ, калатея.

Необходимо также учитывать то, что комнатные растения позволяют повысить комфортность условий работы сотрудников и учащихся учебно-научных помещений только при обеспечении правильного ухода за ними. Гораздо правильнее и полезнее иметь в помещении всего несколько горшков с ухоженными растениями, поскольку фитонцидные свойства в полной мере проявляются только у хорошо развитых, здоровых экземпляров.

Согласно [10], если с растений регулярно смывать пыль, то воздух в помещении в среднем на 40 % становится чище, чем в таком же помещении без растений. Увлажненные листья поглощают газ в 2–3 раза интенсивнее сухих.

В [3] исследовано влияние озеленения на внутреннюю среду помещений и установлено, что выращивание растений способствует увеличению влажности воздуха на 10 %, снижается уровень общей бактериальной обсемененности воздуха на 60 %; изменяется химический состав воздуха, визуальная среда помещений из гомогенной переходит в комфортную.

Выводы. Начатый эксперимент в помещениях кафедры направленный на улучшение воздушной среды указывает на возрастающий интерес к начинанию сотрудников, постоянно работающих в лабораториях. Только за год число растений увеличилось на 28 %. Научного обоснованного набора комнатных растений пока не существует.

Авторы считают целесообразным в плане развития исследований по данному вопросу осуществлять периодическое измерение параметров воздушной среды помещений, более точное обоснование набора цветов и их количества для достижения благоприятного эффекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Польза от комнатных растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://otkrytaya-jemchujina.ru/polza.htm>.
2. Кисляков П.А. Формирование экологически безопасной образовательной среды вуза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sisp.nkras.ru/issues/2011/4/kislyakov.pdf>.
3. Крестинина Н.В., Сорокопудов В.Н., Сорокопудова О.А. Исследование влияния озеленения на параметры внутренней среды помещений // Современные проблемы науки и образования, 2012. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.science-education.ru/101-5295.
4. Кузьмина-Медова Е.Л. Растения в интерьере // Проблемы зеленого строительства садово-паркового хозяйства. – Новосибирск, 1972. – С. 115–117.
5. Сулейманова З.Н. Использование тропических и субтропических растений для улучшения качества воздуха в жилых помещениях // Вестник Оренбургского государственного университета, 2009. – № 6. – С. 519–522.
6. Казаринова Н.В., Ткаченко К.Г. Здоровье дарят комнатные растения. – СПб.: Издательский дом «Нева», 2003. – 128 с.
7. Некрасова М.А., Крестинина Н.В. Методы экологического управления. Медико-экологический фитодизайн: методическое пособие. – М., 2004. – 174 с.
8. Ноженко В.Ю., Бойко Л.Г., Юдина Г.Г. О целесообразности использования комнатных растений в учебных и научных лабораториях // Інженерні та освітні технології в електротехнічних і комп'ютерних системах, 2013. – №2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eetecs.kdu.edu.ua>.
9. Домашов И.А., Коротенко В.А., Кириленко А.В., Постнова Е.А. Бытовая экология. – Бишкек, 2004. – 300 с.

ДО 200-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ Т.Г. ШЕВЧЕНКА*

«У всякого своя доля і свій шлях широкий...»

Н. О. Гордієнко, навч. майстер, Ю. О. Алексєєва, ас.

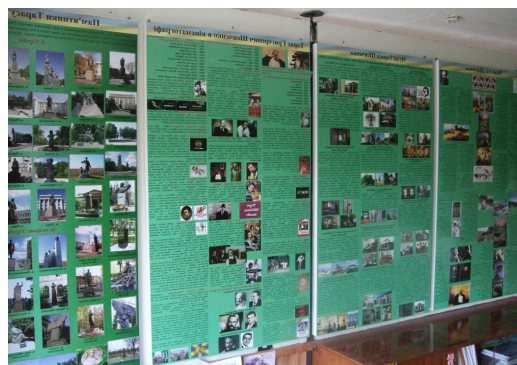
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: saue1@kdu.edu.ua

Вступ. 9 березня 2014 року виповнилося 200 років від дня народження славного сина українського народу, видатного поета, художника, громадського діяча Т.Г. Шевченка. Безперечно, це одна з найграндіозніших постатей нашого народу, чия літературна спадщина вважається основою української літератури й багато в чому літературної української мови. Ми щиро захоплюємося високим образом Кобзаря, його громадянською принциповістю й моральною чистотою, відданістю правді та свободі. Важко переоцінити значення творчості Тараса Шевченка для української літератури. Це усвідомлює кожен українець, кожен житель України й всього світу, тому що він зробив неоціненний вклад у духовну скарбницю людства й у своїй творчості сягнув на світовий рівень. Цей національний поет глибоко розкрив душевне багатство українського народу, осмислив минуле, сучасне й майбутнє України. Воістину Тарас Григорович Шевченко – великий поет, геній українського народу.

Мета роботи. Показати, як кафедра «Системи автоматичного управління та електропривод» (САУЕ) КрНУ включилась у підготовку до святкування 200-річчя від дня народження Т.Г. Шевченка, підкреслити, що на суто технічній кафедрі можливе проведення заходів гуманітарної спрямованості, що, безсумнівно, сприяє розширенню кругозору співробітників кафедри, студентів, розвитку почуття патріотизму, гордості за свою країну.

Матеріал и результати дослідження. Оголошення 2014 року Роком Тараса Шевченка свідчить про пріоритетність Шевченківської ідеї в національному гуманітарному просторі. Вся країна, весь світ готувались відзначити цей славетний ювілей. Не залишилась осторонь від підготовки до ювілею і кафедра «Системи автоматичного управління та електропривод». Силами кафедри, її ентузіастів, шанувальників творчості Шевченка був підготовлений невеликий музей, об'єднаний однією назвою «Дорогами Кобзаря». Музей включає в себе вісім планшетів, на яких знайшов відображення життєвий і творчий шлях Тараса Григоровича. З матеріалу, наданого на планшетах, відвідувачі можуть дізнатися про Шевченка-поета, художника, про його зв'язки з Полтавщиною, висловлювання про нього видатних людей, музеї та пам'ятники, якими народ увічнив пам'ять про велетня вітчизняної культури.



Музей Т.Г. Шевченка на кафедрі «Системи автоматичного управління та електропривод».

Тематичні планшети: «Т.Г. Шевченко. У всякого своя доля і свій шлях широкий», «Шевченко-художник», «Вислови відомих людей про Шевченка», «Шевченко і Полтавщина», «Поезія Т.Г. Шевченка», «Музеї Тараса Шевченка», «Пам'ятники Тараса Шевченку», «Т.Г. Шевченко в кінематографі»

Перший стенд, і основний, присвячено біографії Шевченка, його життєвому й творчому шляху [1]. Він має підзаголовок «У всякого своя доля і свій шлях широкий», який свідчить про неповторність кожної особистості, і творчої особливо. Із цього стенду ми дізнаємося про етапи життя поета: обставини його народження, життя у поміщика Енгельгардта, про його переїзд до Петербурга, знайомство з художником К. Брюлловим і поетом В.А. Жуковським, про зарахування його учнем Академії мистецтв, перші великі літературні твори, подорожі в Україну, вступ до Кирило-Мефодіївського братства, арешт, багаторічне заслання і, нарешті, повернення до Петербурга. Другий плакат розповідає нам про Шевченка-художника [2]. На ньому ми бачимо періодизацію творчості Шевченка, де представлені перші роботи доакадемічного часу й до заслання, твори років заслання та роботи, виконані після повернення аж до смерті художника. Дивлячись на малюнки, портрети, пейзажі Тараса Григоровича, ми ще раз переконуємося в тому, наскільки видатним художником була ця геніальна людина.

Багато відвідувачів музею з подивом дізнаються, що Шевченка, крім наших співвітчизників, класиків української культури і літератури, високо цінували такі письменники та мислителі, як О.І. Герцен, М.О. Добролюбов, І.С. Тургенєв, Б.Л. Пастернак, Дж. Кеннеді й багато, багато інших. Для багатьох буде відкриттям,

*Робота виконана під керівництвом д.т.н., проф. Родькіна Д.Й.

як тісно пов'язаний Шевченко з Полтавщиною, де він відвідав безліч міст і сіл: Пирятин, Лубни, Решетилівку, Ромни, Хорол, Миргород, Старі Санжари, Прилуки й безліч інших місць.

А як дбайливо зберігають пам'ять про Шевченка його нащадки, відкривши 16 музеїв, пов'язаних із його життям і творчістю! Причому в Україні розташовано 10 музеїв, решта – далеко за її межами [3].

Представляє величезний інтерес Музей-квартира Т.Г. Шевченка в Санкт-Петербурзі, відкритий 1964 р. у будівлі Академії мистецтв. Саме тут Шевченко працював в останній період свого життя, з 1858 по 1861 рр., створив свої найкращі гравюри. Експозиція знайомить з історією життя й творчістю українського художника та поета. У виставковому залі відтворено обстановку майстерні художника. Серед експонатів – справжні твори графіки Шевченка, копії та репродукції творів живопису всіх періодів творчості, ранні видання його поезії, книги про його життя і творчість. Всього більше ніж 1100 експонатів [4].

Вражає нашу уяву Музей Т.Г. Шевченка, розташований у місті Торонто, що знаходиться у власності та під управлінням Фонду музеїв і меморіальних парків (Taras Shevchenko Museum and Memorial Park Foundation). Фонд є некомерційною організацією, заснованою Асоціацією об'єднань українців Канади (Association of United Ukrainian Canadians), з метою популяризації життя та діяльності Кобзаря. У центрі уваги музею знаходяться експонати, присвячені мистецтву, життю й літературній спадщині засновника сучасної української мови. В експозиції можна побачити численні видання «Кобзаря», яких у колекції музею нараховується більше 100.

Один зі стендів присвячено пам'ятникам Т.Г. Шевченку, що встановлено в усіх обласних центрах України, багатьох містах і селах держави, а також у численних столицях і містах за кордоном (у тому числі в пострадянських державах). Загалом в Україні й світі понад 1100 пам'ятників поету.



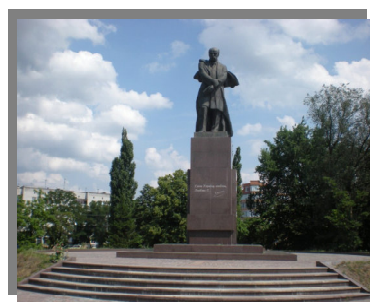
м. Харків



м. Київ



м. Полтава

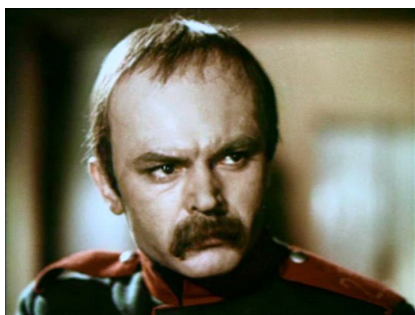


м. Кременчук

Абсолютно унікальним є матеріал про образ Шевченка, екранізацію його творів у кінематографі. Ми дізнаємося, що за творами Тараса Шевченка поставлено такі фільми, як «Катерина», «Злива», «Коліївщина», «Прометей», «Назар Стодоля», «Лілея», «Наймичка», «Капітанша», образ Шевченка створено на екрані в кінокартинах «Маленький Тарас», «Тарас Шевченко», «Сторінка життя», «Сон», «Тарас Шевченко. Заповіт», «Поет і княжна», «Братство», а образ Шевченка втілили на екрані видатні актори Бучма Амвросій Максиміліанович, Бондарчук Сергій Федорович, Миколайчук Іван Васильович.



А.М. Бучма



С.Ф. Бондарчук



І.В. Миколайчук

Висновки. Сподіваємося, цей музей розширить знання про великого Кобзаря студентів нашого університету, викладачів, абітурієнтів та гостей кафедри. Відвідавши його, не можна не згадати слова видатного українського письменника Івана Франка про велич Тараса Шевченка в історії України: «Він був селянський син і став князем в царстві духа. Він був кріпак і став великою силою в громаді людських культур... Доля переслідувала його ціле життя та не покрила іржею золота його душі, не обернула його любові до людства в ненависть, ані його віри – в розпуку. Та найкращий, найцінніший дар доля дала йому лише по смерті – невмирущу славу і вічну нову насолоду, яку дають його твори мільйонам людських сердець».

ЛІТЕРАТУРА

1. Дзюба І. Тарас Шевченко. Життя і творчість. – К., 2008. – С. 25–29.
2. Яцюк В. Малярство і графіка Тараса Шевченка. – К., 2003. – С. 33–38.
3. Національний музей Тараса Шевченка: альбом. – К., 2002. – С. 51–68.
4. Шляхами Великого Кобзаря: атлас / За ред. Н.О. Крижова. – К.: ДНВП «Картографія», 2014. – 87 с.

*Робота виконана під керівництвом д.т.н., проф. Родькіна Д.Й.

ТЕРМОСТАТ НА ЕЛЕМЕНТАХ ПЕЛЬТЬЄ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З ДИСЦИПЛІНИ „НЕТРАДИЦІЙНА ЕНЕРГЕТИКА ТА АКУМУЛЮВАННЯ”

О. В. Андропова, к.т.н., доц., В. В. Курак, к.т.н., доц., С. І. Борохович, студ.

Херсонський національний технічний університет

Бериславське шосе, 24, 73008, м. Херсон, Україна, e-mail: ea_77@mail.ru

Вступ. „Нетрадиційна енергетика та акумулювання” є вибірковою дисципліною навчального плану бакалаврів напряму „Електротехніка та електротехнології”, підготовка яких здійснюється у Херсонському національному технічному університеті. В рамках змістовного модуля „Електрохімічні накопичувачі енергії” вивчаються первинні і вторинні хімічні джерела струму (ХДС). Тому постановка лабораторних робіт з дослідження параметрів ХДС є важливим елементом пізнавальної діяльності студентів під час вивчення дисципліни. Одним з основних параметрів ХДС є його ємність, яка суттєво залежить від зовнішніх умов експлуатації, режиму розряду та ін. Для дослідження залежності ємності ХДС від температури необхідним є використання термостатів, здатних підтримувати температуру як нижчу, так і вищу за кімнатну, компактних, з відносно низькою холодопродуктивністю. Дані вимоги цілком може задовільнити термостат на основі елементів Пельтьє [1].

Мета роботи. Розробка термостату на елементах Пельтьє з робочим діапазоном температур від 0°C до 60°C для лабораторної установки з дослідження ємності малогабаритних ХДС.

Матеріал і результати дослідження. Розрахунок термостату проводився за методикою [2] і полягав у виборі термоізоляції об’єму, що термостатується, стандартних термоелектричних модулів та систем тепловідводу на гарячому та холодному боці модуля.

Об’єм камери термостату обирався, виходячи з потреб охолодження та нагрівання ХДС типорозмірів від R03 до R20. Камера являла собою алюмінієву ємність циліндричної форми діаметром 5,5 см та висотою 8,8 см. У якості термоізоляційного матеріалу камери було обрано пінополістирол товщиною 1,5 см. Час виходу термостату на режим приймався таким, що дорівнює 25 хв.

Для режиму охолодження розраховано теплове навантаження, що складається з теплопритоку з оточуючого середовища крізь теплоізоляцію та тепловиділення в робочому об’ємі об’єктів, що підлягають охолодженню, яке для ХДС типорозміру R20 склало 4 Вт.

Вибір модуля проводився з урахуванням роботи модуля Пельтьє в режимі максимального холодильного коефіцієнту. Аналіз результатів проведеного розрахунку показав, що модуль Пельтьє TEC1-04904 забезпечує необхідні режимні параметри термостату за умов реалізації ефективного тепловідводу. Згідно [3] при потужності, що виділяється на гарячому боці модуля, меншій за 35 Вт, ефективний тепловідвід забезпечується ребристим радіатором з природньо-конвекційним теплообміном. Згідно розрахункам максимальна площа поверхні теплообміну радіатора складає 2200 см².

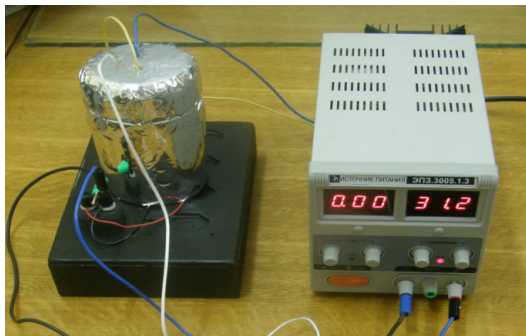


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд термостату

залежностей параметрів малогабаритних ХДС.

Висновки. Розроблений та виготовлений термостат на основі елементів Пельтьє дозволяє забезпечити вимірювання характеристик ХДС типорозмірів від R03 до R20 в температурному інтервалі від 0°C до 60°C. Низька споживана потужність, порівняно малі габарити, достатня точність стабілізації температури, можливість роботи як в режимі нагрівання, так і охолодження, висока надійність, обумовлена відсутністю рухомих частин, дозволили впровадити термостат в навчальний процес Херсонського національного технічного університету в якості складової навчального лабораторного стенду „Визначення ємності хімічних джерел струму”.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шостаковский П. Современные решения термоэлектрического охлаждения для радиоэлектронной, медицинской, промышленной и бытовой техники // Компоненты и технологии. – 2009. – №12. – С. 120–126.
2. Коленко Е.А. Термоэлектрические охлаждающие приборы. – Л.: Наука, 1967. – 283 с.
3. Шостаковский П. Современные решения термоэлектрического охлаждения для радиоэлектронной, медицинской, промышленной и бытовой техники // Компоненты и технологии. – 2010. – №1. – С. 102–109.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗАСВОЄННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ТЕХНІЧНИХ ФАХІВЦІВ*

А. С. Лісняк, магістр.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна, e-mail: lebedeva_nastya@mail.ru

Т. П. Коваль

ЗОШ №41 м. Кривого Рогу,

вул. Співдружності, 44а, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: tetianakoval@i.ua

Вступ. Питання формування графіку навчального процесу, і особливо розкладу навчальних занять, є одним з актуальних задач в системі вищої освіти. Зрозуміло, що від своєчасного подання інформації, організації лабораторних практикумів, практичних занять або семінарів залежить і рівень засвоєння інформації, рівень навченості. При вирішенні питання формування графіків навчального процесу керуються відомими принципами, які і застосовуються при складанні розкладів, наприклад, забезпеченість самостійної та науково-дослідної роботи передбачає чергування пар різного змісту та різних типів, розмежування лекцій з однієї і тієї дисципліни не менше, ніж на один-два дні (дві пари одного предмета або навіть пари двох близьких предметів швидше викличуть втому, ніж ті ж пари, але розділені парами іншого предмета, не близького до них), забезпечення між семінарськими чи лабораторними заняттями інтервалів не менше ніж тиждень, планування на один день не більше двох практичних занять з трудомісткою підготовкою [1, 2]. Звісно такий підхід встановлює лише загальні вимоги до формування навчального процесу і не враховує індивідуальні психофізичні особливості і рівень професійної підготовки студентів окремої академічної групи, особливості викладання навчальних дисциплін, наприклад, технічних спеціальностей.

Мета роботи. Синтез таких методів і підходів до формування розкладу занять, а саме часу проведення консультацій і індивідуальних занять, які забезпечать підвищення ефективності засвоєння інформації з урахуванням психофізіологічних особливостей студентів.

Матеріал і результати досліджень. Прикладом підходу, який дозволяє врахувати психофізіологічні особливості студентів є запропонована кібернетична динамічна модель швидкості засвоєння потоку інформації у вигляді неоднорідного диференціального рівняння другого порядку [3].

Слід зазначити, що вибір кібернетичної моделі як моделі для оцінювання ефективності дозволяє на основі аналогій фізичних явищ і технічних систем, з одного боку, врахувати поточну зміну зовнішніх впливів та збурень, а з іншого – поточні зміни характеристик системи, наприклад, збільшення значення коефіцієнта умовиводу c за рахунок консультацій та самостійної роботи.

Як правило [4], вважають, що коефіцієнти моделі є сталими параметрами. Однак в загальному випадку вони залежать від психофізіологічних параметрів суб'єктів навчання. Наприклад, коефіцієнт забування інформації є функцією часу. Класичними у цьому напрямі вважаються праці Еббінгауза [5], у яких емпіричним шляхом виявлено залежність частки збереження інформації від проміжку часу. Криві забування Еббінгауза мають вигляд, наведений на рис. 1, і можуть бути записані як:

$$Z = z_1 + z_2 e^{-t/T},$$

де Z – відсоток збереженої інформації, z_1, z_2, T – коефіцієнти та стала часу моделі забування. Значення коефіцієнтів приведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Параметри моделей забування Еббінгауза

Модель Еббінгауза	z_1	z_2	T
Для беззмистовного матеріалу	0,058	0,942	0,33
При логічній обробці	0,178	0,806	1,57
При повторенні	0,514	0,486	1,72

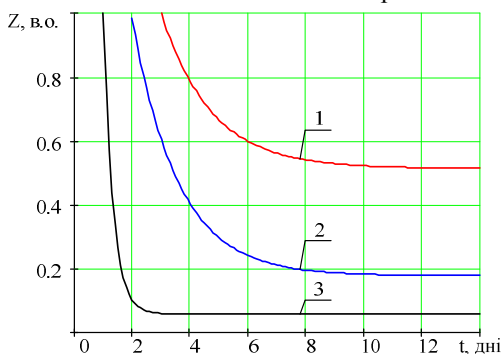


Рисунок 1 – Криві забування Еббінгауза:

1 – при повторенні, 2 – логічна обробка,

3 – беззмистовний матеріал

Крива 3, рис. 1 є справедливою для одноразового отримання та сприйняття інформації. А враховуючи те, що закріплення лекційного матеріалу здійснюється на лабораторних роботах, практичних заняттях тощо, більш доцільним буде використання кривої Еббінгауза з повтореннями – крива 1. Як видно, процес забування активно відбувається в перші 2–4 години, коли людина забуває більше 60 % отриманої інформації. Далі процес уповільнюється, і, в результаті, 20–30 % інформації, що залишились, зберігаються в пам'яті протягом тривалого часу. Видно, що при повторенні інформації в пам'яті на тривалий час залишається близько 50 % інформації. А на проміжку часу у 5–10 днів при повторенні зберігається 50–60 % інформації. Ураховуючи це, вважається, що за контрольний проміжок часу, який становить один тиждень, у пам'яті зберігається в середньому 55 % інформації.

*Робота виконана під керівництвом д.т.н., проф. Чорного О.П.

Розрахуємо процес засвоєння інформації з урахуванням забування на основі [6]. За врахування психофізіологічних параметрів збереження-забування інформації, без додаткової самостійної роботи, розрахунки кривої засвоєння інформації показують досить низькі результати (рис. 2).

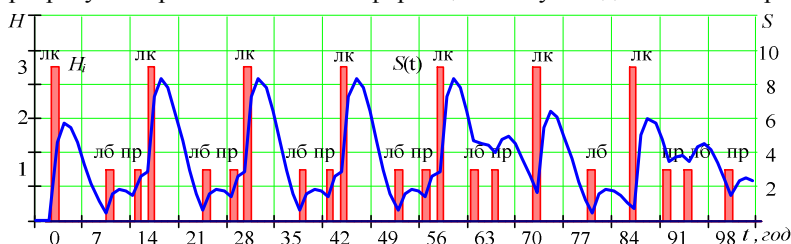


Рисунок 2 – Розрахунковий процес засвоєння інформації з урахуванням забування

Характеристики процесу засвоєння інформації не суперечать психофізіологічним параметрам, що покладені в основу моделей забування: середнє значення $S_{сер}$ та суму квадратів відхилень миттєвих значень кривої засвоєння інформації від середнього значення ΔS на інтервалі повторюваності. Зазначені характеристики показані в табл. 2.

Таблиця 2 – Характеристики процесу засвоєння інформації

Характеристики процесу засвоєння інформації	$S_{сер}$	ΔS
Без врахування забування	7,46	3,48
З врахуванням забування	3,84	6,75
З врахуванням забування і встановленими консультаційними заняттями перед лабораторною роботою і практичним заняттям	7,24	6,78

Для вирішення задачі забезпечення підвищення ефективності засвоєння інформації, з урахуванням психофізіологічних особливостей студентів до розкладу занять, введемо консультаційні заняття, але дату проведення яких будемо визначати шляхом вирішення оптимізаційної задачі знаходження $\Delta S \rightarrow \min$ на основі пошукових алгоритмів, наприклад, послідовного наближення, покоординатного спуску, золотого перерізу тощо, на періоді повторюваності.

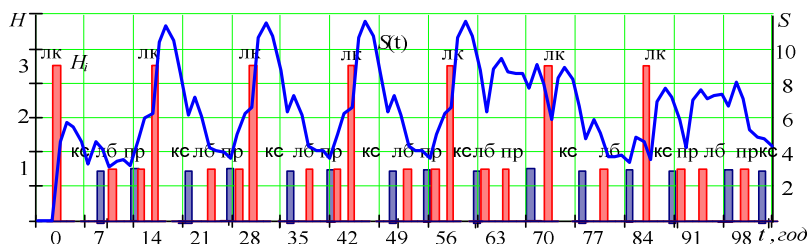


Рисунок 3 – Розрахунковий процес засвоєння інформації з урахуванням забування при додатковому встановленні консультаційних занять перед лабораторною роботою і перед практичним заняттям

Як приклад, розрахуємо процес засвоєння інформації за моделлю при додатковому встановленні консультаційних занять перед лабораторною роботою і перед практичним заняттям (рис. 3). Характеристики процесу засвоєння інформації з встановленими консультаційними заняттями показані в табл. 2.

Висновки. В роботі розвинені методи організації навчального процесу. Шляхом поєднання традиційних методів організації навчального процесу та інформаційно-комунікаційних технологій забезпечується підвищення ефективності засвоєння інформації студентами, яка полягає у цілеспрямованому формуванні їх аудиторної, самостійної й індивідуальної роботи на основі результатів розрахунку неоднорідного диференційного рівняння динамічної моделі швидкості засвоєння потоку інформації протягом семестру і виділення на ній інтервалу повторюваності, визначення дати проведення консультаційних або індивідуальних занять, яка забезпечить найменше значення суми квадратів відхилень від середнього значення, до розкладу занять, на періоді повторюваності. Практичне значення роботи полягає у можливості виконувати кількісне оцінювання якості процесу навчання, розрахунку засвоєння інформації з урахуванням розкладу занять та психофізіологічних особливостей студентів, можливості оптимізації розкладу занять.

ЛІТЕРАТУРА

1. Блістов О.М. Формування розкладу навчальних занять у ВНЗ як одна з передумов ефективного планування підготовки фахівців / О.М. Блістов. – Наукові записки НДУ ім. Гоголя. Психолого-педагогічні науки. – 2011. - №1. – С. 62–64.
2. Гончаров С.М. Основи педагогічної праці / С.М. Гончаров. – Рівне: РДТУ, 2001. – С. 51–52.
3. Касярум С.О. Математичні моделі процесу навчання у вищій школі // Вісник Черкаського національного університету. Серія «Педагогічні науки». – Черкаси, 2009. – Вип. 147. – С. 146–150.
4. Моделирование кинетики усвоения учебного материала / Н.А. Василенко, В.Н. Евтеев, В.В. Петров // Складні системи і процеси. – 2005. – № 2. – С. 75–82.
5. Адаптированные автоматизированные системы обучения. Модель обучаемого – Режим доступа: <http://sites.google.com/site/adaptivnyeobucausiesistemy/model-obucaemogo>
6. Чорний О.П. Моделирование процесса засвоения информации при подготовке технических фахівців / О. П. Чорний, М. В. Загірняк, Ю. В. Лашко, Т. П. Коваль Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 2/2012 (18). – С. 105–112.

*Робота виконана під керівництвом д.т.н., проф. Чорного О.П.

СТРУКТУРА ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ З ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

С. С. Романенко, асист., В. О. Озарь, к.т.н., доц.

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: svetrom@list.ru*

Вступ. Перехід стану розвитку суспільства (від індустріального до інформаційного) супроводжується: по-перше, збільшенням відсотку населення із вищою освітою; по-друге, змінами вимог до освіти взагалі. Скорочення «періоду життя» технологій, як виробничих, так і соціальних, призвели до кризи традиційної технічної вищої освіти, якій була притаманна вузька спеціалізація – що вважалося ознакою професіоналізму. Виходом із цієї кризи стала «фундаменталізація» технічної освіти і перетворення технічних інститутів на технічні університети. Глибокі фундаментальні знання стали невід’ємною складовою інженерної освіти у задачах підготовки фахівців широкого профілю [1, 2].

З метою адаптації до конкретних видів діяльності була створена система перепідготовки та перекваліфікації фахівців, яка згодом перетворилася у складові компоненти вищої освіти – безперервну освіту, яка відбувається упродовж усього активного життя людини. У сучасній системі, для полегшення адаптації до швидкозмінних виробничих вимог і нових видів діяльності, які передбачають як «донавчання», так і «перенавчання», робиться акцент на оволодінні технологіями навчання і самонавчання у всіх ланцюгах базової освіти, починаючи із розвитку творчих здібностей, оволодіння теорією вирішення творчих (винахідницьких) задач та теорією прийняття рішень і закінчуючи засвоєнням засобів наукового пізнання, сучасних інформаційно-комунікаційних технологій.

З урахуванням вищезазначеного, підготовку магістрів, особливо технічних спеціальностей, необхідно розглядати як складову безперервної системи освіти у рамках сучасної вищої освіти.

Мета роботи полягає у розробці узагальненої структури підготовки магістрів з технічних спеціальностей на базі системи підготовки магістрів в Інституті електромеханіки, енергозбереження і систем управління (ІЕЕСУ) Кременчуцького національного університету імені М. Остроградського (КрНУ).

Матеріал і результати дослідження. Для успішної організації навчального процесу та реалізації системи безперервного навчання, студенти ІЕЕСУ вже на першому курсі залучаються до наукової роботи. Процес залучення студентів чітко регламентується та керується кафедрами та інститутом.

На підставі аналізу підготовки магістрів-електромеханіків ІЕЕСУ, була сформована узагальнена структура (рис. 1), яка складається із трьох етапів і включає складові, передбачені навчальним планом, та додаткові заходи. У структурі на кожному етапі відображені результати, отримані у процесі підготовки студентів, та показники, які дозволяють оцінити якість підготовки. Наведена структура є підґрунтям для реалізації безперервного процесу підготовки магістрів – як наукових працівників.

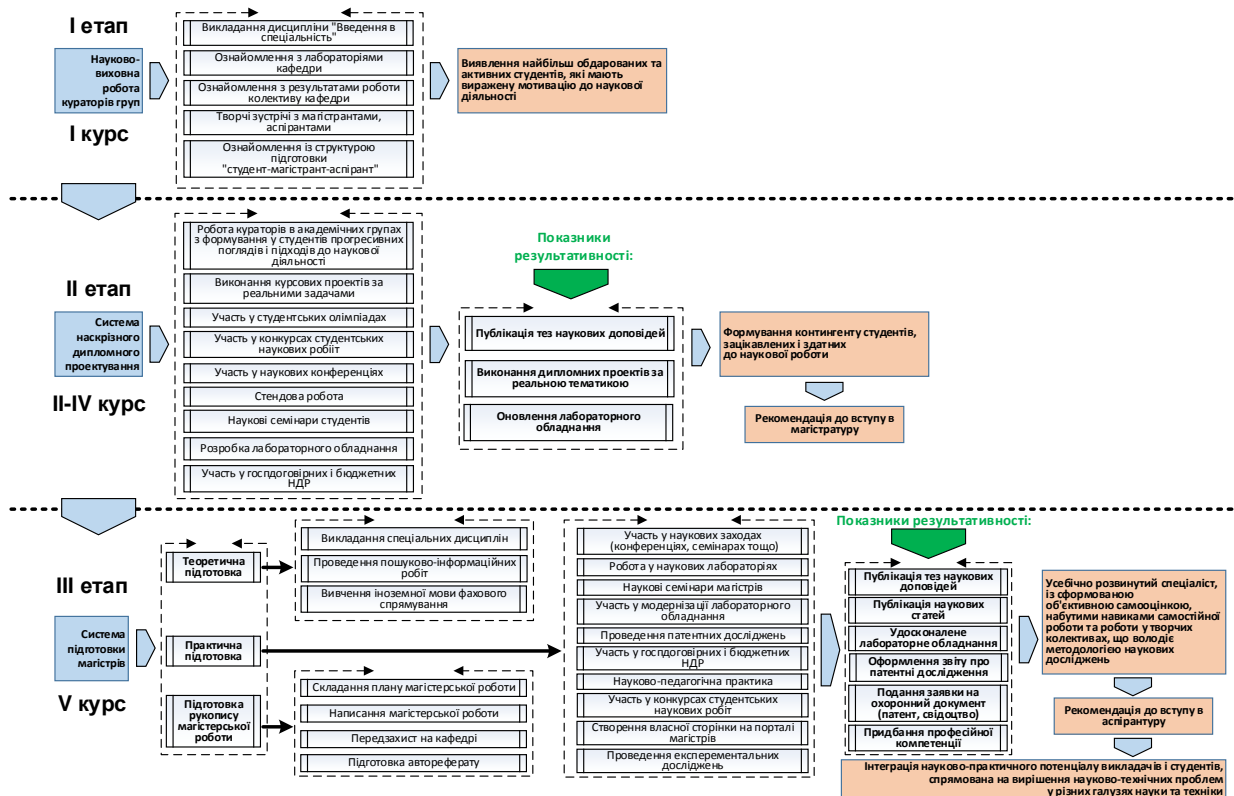


Рисунок 1 – Структура підготовки магістрів-електромеханік

Так зване «входження в науку» на кафедрах ІЕЕСУ починається на першому курсі і завершується на п'ятому. Даний процес включає чітко регламентовані дії кураторів навчальних груп, як посередників між студентами та науковими колективами кафедр (рис. 1, I етап). На них покладена відповідальність виявляти обдарованих студентів, що здатні активно займатися творчою працею, ефективно оволодівати методами дослідницької роботи, які мають виражену мотивацію до наукової діяльності.

На наступному етапі застосовується методика наскрізного курсового та дипломного проектування, що зарекомендувала себе як ефективний метод підготовки студентів до наукової творчості (рис. 1, II етап). Для кафедр ІЕЕСУ це дає змогу сформувати контингент студентів, зацікавлених у науковій роботі, і здатних навчатися за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістра. Згідно даного підходу тематика наукової роботи студента визначається на 1-2 курсах, і може бути пов'язана з їх подальшою професійною діяльністю. Інститут при цьому бере не себе зобов'язання забезпечити студентів, насамперед, можливістю набуття теоретичних знань та практичних навиків роботи із обладнанням, яке використовується на конкретних підприємствах, а також надає можливість отримати робочу професію, завдяки проходженню додаткових курсів професійної підготовки.

На завершальному етапі (рис. 1, III етап) здійснюється науково-орієнтована підготовка магістрів. Під час навчання у магістратурі профільні кафедри створюють умови для виконання магістрантом у повному обсязі завдань, передбачених індивідуальним планом, можливості індивідуального росту і самореалізації. У подальшому це дає змогу спрямувати отримані знання і навички на вирішення науково-практичних задач у різних галузях промисловості.

Висновки. Запропонована структура підготовки магістрів з технічних спеціальностей є складовою державної системи вищої освіти. Дана структура дозволить підвищити рівень професійної компетентності магістрів з технічних спеціальностей та сприятиме реалізації безперервної системи освіти при підготовці наукових працівників вищої школи та наукових установ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про вищу освіту»[електронний ресурс] /Верховна Рада України; Закон від 17.01.2002 № 2984-III. – Режим доступу:<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2984-14>
2. Про освітньо-кваліфікаційні рівні[електронний ресурс] / Кабінет Міністрів України; Постанова, 20.01.98р. № 65. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua>.

**PROGRAM ANALYSES FOR READING VALUES OF THE MEASURING DEVICE
USING WEB CAMERA**

Hocko P., Bc., student, Vince T., Ass. Prof., Ing, PhD.

Dept. of Theoretical and Industrial Electrical Engineering, FEI TU of Košice

Park Komenského 3, 04200 Košice, Slovak Republic, e-mail: pavol.hocko@student.tuke.sk , tibor.vince@tuke.sk

Introduction. Measurement is defined as the sum of operations (collection, transmission and processing), by laying down the values of measured quantities. Measurement serves as a source of information for continuous improvement of scientific and technological advances. In all sectors of society is to measure a full and credible source of information on which we can streamline the decision-making of our further development [1].

In many industries are still using analog measuring devices, especially in places where the exchange for digital devices would be ineffective (whether because of the financial or because of bad access to the machine). Sometimes it is necessary to transform obtained values into digital form. One of the ways this process is the design the program, which will be using web cameras to record pointer of analog device, and on the basis of its position determines the resulting value.

Aim of the research. Web-camera based software development for recognition values of measuring devices.

Experimental part and result obtained.

Analogue Measuring Device. Analogue instruments register a value to be measured and show it on an analogue display, usually by a pointer on a scale. So the value is displayed in a steeples and continuous way. In opposition to digital displays, instabilities and tendencies of a value can be recognized faster and more intuitively on an analogue display. On the other hand at analogue displays exact numerical values are more difficult to read compared to a digital instrument (reading error).

The principle of the analog device is based in the balance of forces acting on a rotating part of the measuring device. One force caused by measured quantities produces called system moment M_s and the second power called directional, creating a directional moment M_d , which counteracts to M_s . M_s increases with increasing value of the measured quantities. M_d increases with increasing deflection. Graphical representation of the situation is shown in Figure 1 [2]. Example of analogue device is shown in Figure 2.

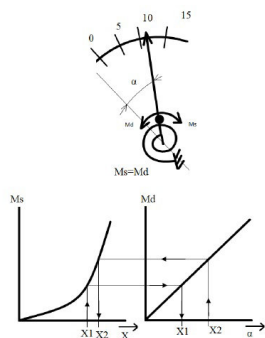


Figure 1 – Principle of the analog device

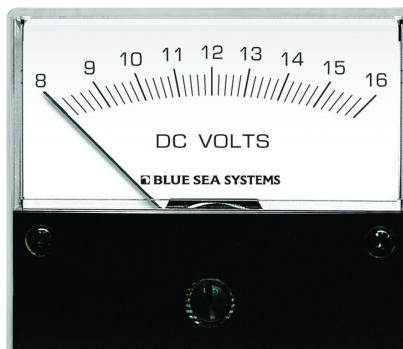


Figure 2 – Analogue measuring device

Program Draft. Many programming languages exist today: C, C++, Microsoft Visual Basic®, COBOL, C#, Java, and so on. With so many languages, how does a software engineer decide which one to use for a project? Sometimes, a language is chosen because the developers like it or know it, which may be reasonable. Sometimes a language is used because it is the latest and greatest, and this becomes a marketing tool to generate more public-relations interest in a product, which may not be reasonable in and of itself. In an ideal world, a programming language should be chosen based on its strengths for performing a certain task—the problem to solve should determine the language to use.

We decided to use the C # programming language. For programming in that language is used Visual Studio, which will be described in the chapter 3 B. To edit a picture from webcam, object tracking and shape recognition we chose AForge.NET framework, which we describe in next chapter.

Aforge.NET. AForge.NET is an open source C# framework designed for developers and researchers in the fields of Computer Vision and Artificial Intelligence - image processing, neural networks, genetic algorithms, fuzzy logic, machine learning, robotics, etc.

The framework is comprised by the set of libraries and sample applications, which demonstrate their features: AForge.Imaging - library with image processing routines and filters, AForge.Vision - computer vision library, AForge.Video - set of libraries for video processing, AForge.Neuro - neural networks computation library, AForge.Genetic - evolution programming library, AForge.Fuzzy - fuzzy computations library, AForge.Robotics - library providing support of some robotics kits, AForge.MachineLearning - machine learning library, etc. [5].

AForge.NET is commonly used in many tasks such as detecting some simple shapes in images or Glyphs' recognition and so on. Doing image processing and especially blob analysis it is often required to check some objects' shape and depending on it perform further processing of a particular object or not. For example, some applications may require finding only circles from all the detected objects, or quadrilaterals, rectangles, etc. [6]. Algorithm for optical glyph recognition is the first step towards all the applications based on optical glyphs. For some applications it may be the first and the only step, since recognition is the only thing which may be required. But for others, like 3D augmented reality, it will be just a beginning [7]. Detecting simple shapes in image example is shown in Figure 3. Glyphs' recognition example is shown in Figure 4.

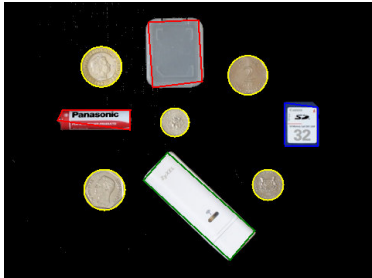


Figure 3 – Detecting simple shapes

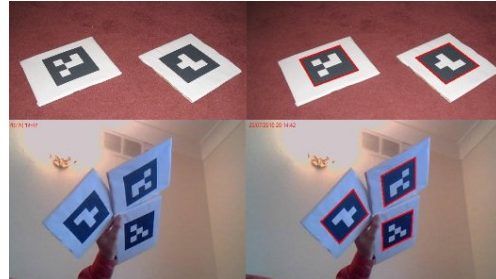


Figure 4 – Glyphs' recognition

Program Description. The web camera will scan the measuring device from above. It's not necessary for the camera to be directed only to the device, it can also scan the surrounding area. It can also scan several measuring devices at the same time. It's advised to put colorful marks at the beginning, end and the pointer of the scale for better recognition. The marks should differ either in shape or in color. These marks will exactly pinpoint the beginning and end of the scale, thus ensuring exact measurement even with the device in shifted position. The program must recognize used marks, therefore we have to use color filters for picture editing, which can be found in AForge.NET libraries.

The program should set filters in case the picture contains more than just desired marks. This task is more challenging to automatize, since the program won't know the exact size of the marks (the distance of the measuring device may vary) neither the exact shade of the marks (the lighting will be changing). One possible solution is to design the program to recognize every mark separately, in which case at least approximate shade can be set. Following that, the program will be setting color filters until there is only one „blob“, that is, our color mark. This will be performed for every mark separately and then joined into one picture shown as Figure 5.

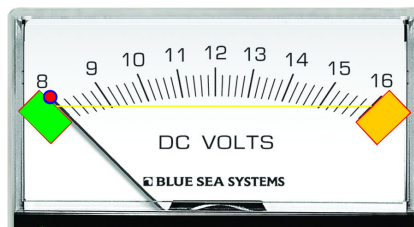


Figure 3 – Detecting simple shapes

In the picture, the marks are connected with a line, which sets the scale of the measuring device. The program finds out where the pointer mark is located and evaluates in which percentage of the scale it is.

Conclusions. The article describes the theoretical description of the program, which captures one or more measuring devices using a web camera and subsequently finds out the value the device is displaying. The article should serve as a guide for creating a real program.

ACKNOWLEDGMENT.

The paper has been prepared under support of Slovak grant project KEGA No. 005TUKÉ-4/2012.[]

REFERENCES

1. Petrik, J.: Metrologia skripta, online: https://portal2.tuke.sk/hf-kim/inzinier/predmety-ing-1/i.-rocnik/metrologia-v-riadeni-kvality/podklady/Metrologia%20skripta.pdf/at_download/file
2. Mojžíš, M., Molnar, J.: Elektrotechnické praktikum. Košice: TUKE, 2004. ISBN 978-80-553-0259-1
3. ECMA international: C# Language Specification, online: <http://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/Ecma-334.pdf>
4. Microsoft: Visual Studio, online: [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms269115\(v=vs.80\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms269115(v=vs.80).aspx)
5. AForge.NET Framework: homepage, online: <https://code.google.com/p/aforge/>
6. Kirillov, A.: Detecting some simple shapes in images, online: http://www.aforgenet.com/aforge/articles/shape_checker/
7. Kirillov, A.: Glyphs' recognition, , online: http://www.aforgenet.com/aforge/articles/glyph_recognition/ >

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЦИФРОВОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ SMT-ТЕХНОЛОГІЇ

О. М. Бирик, студ., Л. Б. Карасва, ст. викл.

Світловодський політехнічний коледж Кіровоградського національного технічного університету
вул. Єгорова, 15, 27501, м. Світловодськ, Україна, e-mail: svet-koledg@ukr.net

Вступ. Розробка сучасної радіоелектронної апаратури заснована не тільки на використанні новітніх схемотехнічних рішень, але й на конструктивній реалізації цінних рішень з використанням сучасної елементної бази. Сучасний розвиток проектування і конструювання радіоелектронних пристроїв направлений на спрощення технологічного процесу, мініатюризацію та стандартизацію. Всього цього можливо досягти завдяки застосуванню технології поверхневого монтажу (ТПМ).

Мета роботи. Ознайомлення з SMT технологією. Розробка конструкції друкованої плати для схеми цифрового вимірювального пристрою – ампервольтметра, із застосуванням сучасної елементної бази – SMT технології. (SurfaceMountTechnology – технологія монтажу на поверхню) [2].

Матеріал і результати роботи. Розробка конструкції проводилась для цифрового ампервольтметра. Схемотехніка цифрового ампервольтметра базується на основі мікроконтролера фірми Microchip PIC16F690. Індикація напруги і струму відбувається одночасно за допомогою двох світлодіодних індикаторів. В якості датчика струму використовується зовнішній шунт, для підвищення лінійності вимірювання малих струмів застосовується дводіапазонне вимірювання з автоматичним перемиканням діапазонів. Схема зображена на рис.1.

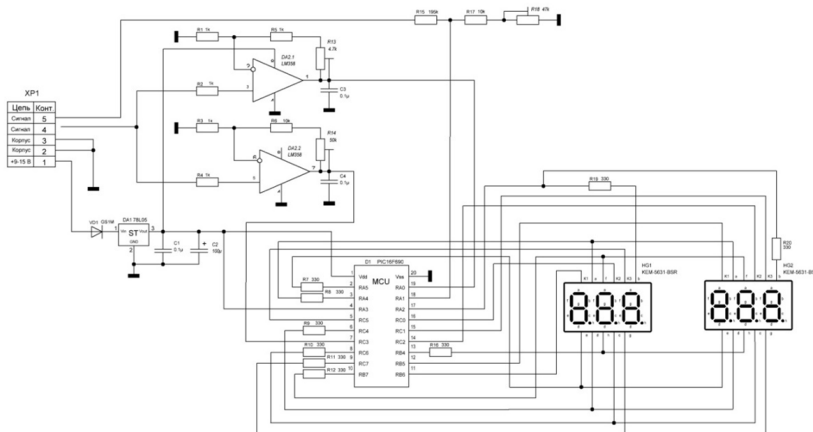
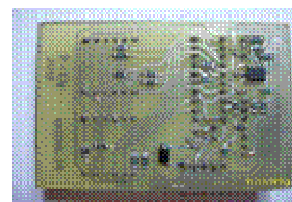
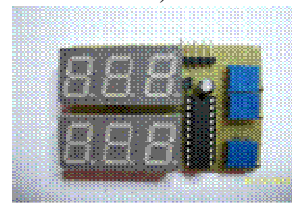


Рисунок 1 – Ампервольтметр цифровий



а)



б)

Рисунок 2 – Фото дослідного зразка

При розробці печатної плати було застосовано змішано-рознесену компоновку радіоелектронних компонентів, були застосовані як SMD компоненти (surfacemounteddevice – пристрій монтований на поверхню) так і традиційні компоненти, які монтуються в отвори. На стороні провідників встановлюються SMD компоненти, а на верхній – традиційні компоненти, які монтуються в отвори [3].

Монтаж SMD компонентів проводиться повністю на автоматичних лініях з застосування оптичної інспекції якості пайки і установки компонентів. Пайку SMD компонентів можна виконувати декількома методами групової, пайка оплавленням, і пайка двійною хвилею припою [2]. Традиційні компоненти встановлюються в напівавтоматичних лініях, пайка проводиться як груповим методом разом із SMD компонентами двійною хвилею припою [1], так і селективним методом (вибір компонента і пайка його мініхвилею припою).

Завдяки такій компоновці було отримано велику щільність установки компонентів і невеликі розміри конструкції, короткий технологічний процес за рахунок майже відсутньої формовки виводів і зменшення кількості отворів, можливість групової пайки компонентів.

Було виготовлено дослідний зразок конструкції, фото зображено на рис. 2.

Висновок. На даний час SMT технологія є найпоширенішою і застосовується в усіх галузях конструювання радіоелектронної і обчислювальної техніки. Дана технологія дозволяє досягти збільшення об'єму виробництва і навіть зменшення вартості. Це досягається завдяки автоматизації процесів зменшенням розмірів SMD компонентів, уніфікації процесів і зниження трудоемності. При всіх мінусах, ефективний результат даної технології без сумнівів говорить про перспективність і потребу в даній технології.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грачов А.О., Лега Ю.Г., Мельник А.А., Панов Л.І. Конструювання електронно-обчислювальної апаратури на основі поверхневого монтажу: Навч. посібник. - К: Кондор, 2005. – 384 с»
2. Лескин В.Ф. Лысенко А.Н. Захарченко Т.Л. Министерство образования и науки Украины Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
3. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств Москва: Техносфера, 2007. – 256с.
4. Сускин В.В. Основы технологии поверхностного монтажа: - Рязань, Изд-во Узорочье, 2001. – 160 с., ил.

**ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ПРИ ОЦЕНКЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СЕРВИСА**

Н. С. Бугро, асп.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: kanc@bsuir.by*

Введение. В настоящее время в области образовательных услуг высших учебных заведений большое влияние приобретает стремительно развивающаяся конкуренция. Различные образовательные учреждения по всему миру предлагают свои услуги, используя новаторские, творческие подходы к удовлетворению потребностей и предпочтений студентов. Возможность определения уровня предоставляемого образования и степени удовлетворенности им студентов является одним из ключевых факторов для обеспечения конкурентоспособных услуг в области высшего образования, позволяя оценить существующие учреждения образования, выявить их слабые стороны и разработать стратегию эффективного повышения качества образовательных услуг.

В данной ситуации техника репертуарных решеток [1] позволяет разработать технику интервьюирования, которая способствует более глубокому анализу характеристик образовательного сервиса и получению более полной и точной информации от респондентов. Разработка репертуарной решетки представлена в работе [2]. Результатом ее применения является таблица оценок, в которой строки обозначают выбранные характеристики образовательного сервиса (инфраструктура, учебная программа, техническое обеспечение и т.д.), а столбцы – личностные конструкты, с точки зрения которых оцениваются характеристики (интересный – скучный, современный – устаревший и т.д.).

Цель работы. Исследование результатов применения техники репертуарных решеток методом кластерного анализа.

Материал и результаты исследования. Кластерный анализ позволяет упорядочить объекты в сравнительно однородные группы на основе степени их близости. Данная техника может применяться к различным наборам данных и базироваться на различных методологиях. Наиболее широко используемым методом кластерного анализа является метод К-средних [MacQueen 1967]. На первом шаге этого метода определяется количество кластеров k и k центров масс. Каждый вектор связывается с ближайшим центром масс и каждый центр масс с привязанными векторами образует кластер. Основываясь на связанных векторах, обновляется центр масс. Далее процедура повторяется, основываясь на новых центрах масс. Процесс прекращается, когда кластеры перестают изменяться, что эквивалентно тому, что перестают изменяться центры масс [Berry 1997].

Основным элементом описанного выше подхода является мера близости, которая и определяет численное расстояние между элементами. В качестве меры расстояния могут использоваться различные меры расстояния: Евклидово расстояние, расстояние городских кварталов, расстояние Минковского, расстояние Чебышева и др. Данные расстояния можно описать следующей обобщенно формулой ($p=1$ для расстояния городских кварталов, $p=2$ для Евклидова расстояния):

$$D_M(X_i, X_j) = \sqrt[p]{\sum_{k=1}^n |x_{ik} - x_{jk}|^p}.$$

Применение данной методики при оценке качества образовательного сервиса позволяет определить, что элементы “учебная программа” и “соответствие программы рынку труда” весьма близки. Вероятно, это вызвано весьма близкой природой этих элементов, что вносит дублирование в структуру репертуарной решетки. Другой найденной парой близких элементов являются “преподавательский состав” и “организация обучения”. Вероятно, их близость можно объяснить тем, что один элемент является подмножеством второго.

Выводы. Таким образом, кластерный анализ позволяет произвести обработку данных, полученных в результате применения метода репертуарных решеток, оценить степень близости характеристик и конструктов друг к другу, степень взаимного влияния оценок и, как результат, получить более глубокое представление как о оцениваемом учреждении образования, так и о выбранных параметрах самой решетки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Edwards, M. The repertory grid technique/ M.Edwards, S.McDonald, M.Young – Information and Software Technology, 2009. – Vol. 51, PP. 785-798.
2. Бугро, Н. Применение техники репертуарных решеток для задачи оценки качества образовательных сервисов // ИТС 2013: Материалы международной научной конференции, Минск, 23 октября 2013 / БГУИР. – Минск, 2013. –156 с.
3. MacQueen, J. B. Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observation. // Proceedings of 5-th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Berkeley, University of California Press, No.1, PP. 281–297.
4. Berry, M.J.A., Linoff, G. Data Mining Techniques for Marketing, Sales and Customer Support, Wiley&Sons, Ltd, USA, 1997.

**ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
ПРИТОЧНОЮ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ**

О. В. Гинькут, студ., І. С. Конох, к.т.н., ст. викл.

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: ginkut_olga@ro.ru*

Вступ. З розвитком науки та техніки виникають нові засоби та можливості при підготовці майбутніх спеціалістів. Широкий перелік практичних питань вимагає великої кількості дорогого лабораторного обладнання. Найбільш прийнятним для технічних спеціальностей є створення і впровадження в навчальний процес віртуальних комплексів, які коректно відображають процеси, які відбуваються в об'єктах та системах керування, містять засоби візуалізації та аналізу якості керування і дозволяють підвищити ефективність навчання студентів.

В останнє десятиріччя в області автоматичного керування різними технічними пристроями, а зокрема у виробах побутової техніки, отримали розвиток системи, засновані на так званій “нечіткій логіці” (FuzzyLogic). Областю впровадження алгоритмів нечіткої логіки є експертні системи, у тому числі: нелінійний контроль за виробничими процесами; дослідження ризикових і критичних ситуацій; розпізнавання образів та ін. Нечітка логіка дозволяє описати систему на основі вхідних та вихідних лінгвістичних визначень, які розглядаються як змінні при формуванні бази правил у системах нечіткого виводу. При цьому нечіткі експертні системи містять знання експертів, що дозволяє підвищити ефективність керування та усувають невизначеності [1].

Мета роботи. Розробка інструментального програмного забезпечення для вивчення особливостей керування вентиляцією на основі нечітких експертних систем.

Матеріал і результати дослідження. Вентиляція забезпечує санітарно-гігієнічні умови (температуру, відносну вологість, швидкість руху повітря і вміст вуглекислого газу) повітряного середовища в приміщенні, сприятливі для здоров'я і самопочуття людини, що відповідають вимогам санітарних норм, технологічних процесів. Вхідними параметрами для моделі приміщення є параметри зовнішнього повітря, початкові параметри системи, а також витрати повітря.

Зовнішнє повітря, яке поступає через приточну вентиляцію, має параметри, що відрізняється від параметрів внутрішнього повітря приміщення, яке витісняється за допомогою витяжки. Існує залежність, яка враховує витрату припливного і витяжного повітря, а також максимальну продуктивність встановленого вентилятора. Чим більша швидкість заміни внутрішнього повітря зовнішнім, тим швидше змінюються параметри температури, вологості та вмісту вуглекислого газу в приміщенні.

Включення нечіткої експертної системи показано на рис. 1. До нечіткого контролера надходять оброблені сигнали з датчиків кліматичних параметрів. З нечіткого контролера на перетворювач частоти (ПЧ) подається керуючий сигнал, що регламентує частоту обертання вентилятора.

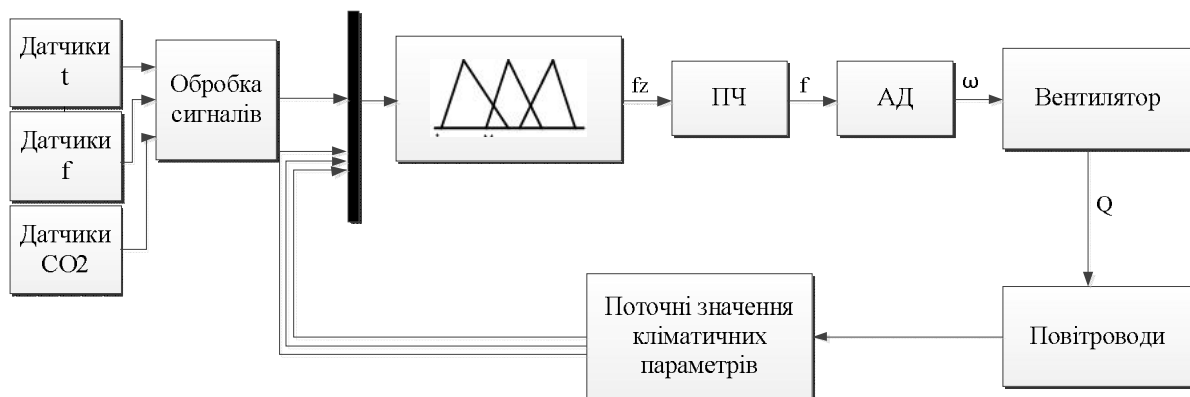


Рисунок 1 – Структурна схема включення нечіткої експертної системи в контур

Програмне забезпечення було розроблено в середовищі LabView 10.X на мові G з використанням додаткових модулів, таких як Control Design and Simulation Module та PID and Fuzzy Logic Toolkit [2].

Структура інтерфейсу користувача (рис. 2) містить 2 основні панелі:

- панель “Керування”;
- панель “Характеристика параметрів вентиляції”.

Використання програми починається з натискання кнопки “ПУСК”. Перевіряємо вибраний режим керування. Якщо “Автоматичний” – перевірити панель вибору fis-структури.

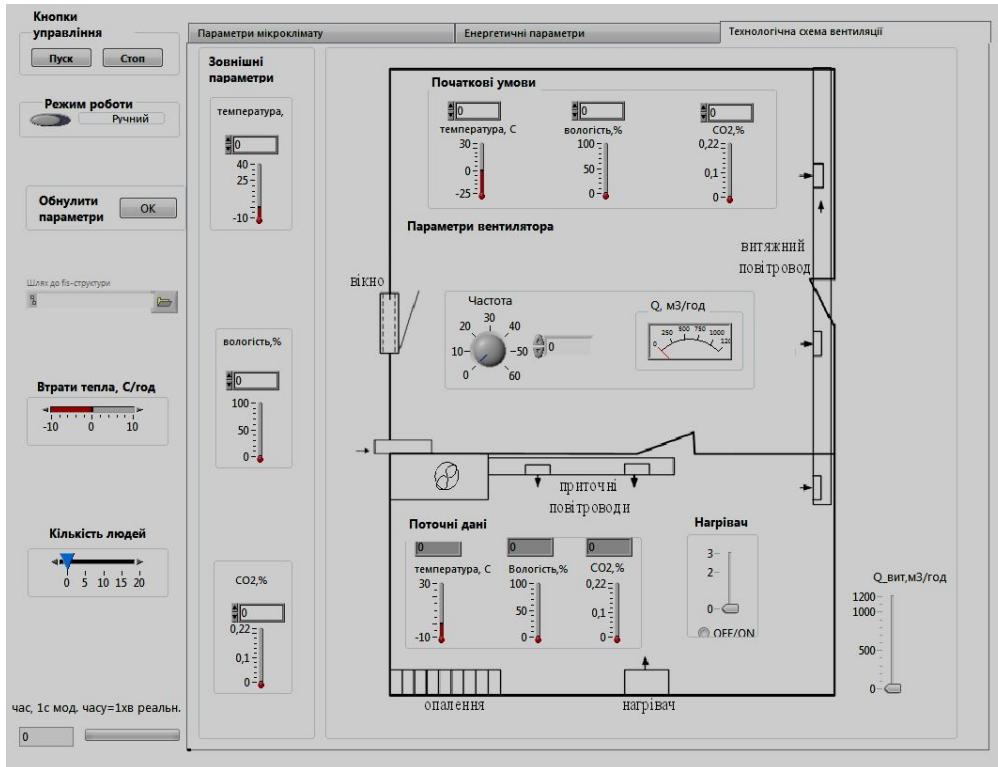


Рисунок 2 – Графічний інтерфейс користувача

На початковому етапі заносяться зовнішні та початкові кліматичні параметри, задається режим роботи нагрівача, втрати тепла та кількість людей у вентильованому приміщенні, частота обертання АД та значення продуктивності витяжки. Після чого відбувається цикл основної програми. Виконується інтегрування вхідного сигналу.

Користувач може спостерігати зміну поточних параметрів системи.

Для створення віртуальних приладів для нечітких систем

використовується додаток FuzzyLogicControlDesign. По результатам системного аналізу було виділено 8 вхідних та 1 вихідну змінну.

База правил систем нечіткого виводу призначена для формального представлення емпіричних знань експертів в тій чи іншій предметній області [3]. На основі проаналізованих можливих випадків клімату створена база правил нечіткого регулятора для системи керування вентиляцією, яка наведена в табл. 1.

Таблиця 1– Частина правил для нечіткого регулятора

№	CO2	T_IN	T_OUT	FI_IN	FI_OUT	WINDOW	DOOR	EXHAUST	F
1	NORM	NOT NORM	NORM						F1
2	NORM			MIN	NOT MIN				
3	HIGHT					OPEN	OPEN		

В результаті створення та налаштування бази правил, побудовано модуль нечіткого керування, який дозволяє обирати оптимальну частоту обертання вентилятора в залежності від кліматичних параметрів зовнішнього та внутрішнього повітря.

Висновки. Розроблено програмне забезпечення в якому отримала подальший розвиток інформаційна технологія для дослідження процесів керування вентиляцією, що дозволяє моделювати вентиляцію окремо взятого приміщення. Математична модель містить в своєму складі опис динаміки зміни кліматичних показників в залежності відпочаткових й зовнішніх умов. В програмі реалізовано експериментальну залежність виділення вуглекислого газу в залежності від кількості людей у приміщенні, виділення додаткового тепла від обігрівачів, тепловитрати в залежності від зовнішніх температурних умов.

Програмне забезпечення є завершеним продуктом, який можна застосовувати в якості учбового віртуального комплексу для дослідження і налаштування нечітких систем керування. Дозволяє ознайомити студентів з процесами, які відбуваються в реальному обладнанні перед безпосереднім знайомленням з ним, що знижує вартість навчання та підвищує його ефективність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Деменков Н. Нечеткое управление в технических системах / Н. Деменков – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 200 с.
2. Блюм П. LabView. Стилль программирования / П. Блюм. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 400 с.
3. Митюшкин Ю. SoftComputing: Идентификация закономерностей нечеткими базами знаний / Ю. Митюшкин. Б. Мокин, А. Ротштейн. – Винница: ВДТУ «УНІВЕРСУМ - Вінниця», 2002. – 147 с.

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОННОГО СВІТЛОДІОДНОГО ІНДІКАТОРА З ЗАСТОСУВАННЯМ SMT-ТЕХНОЛОГІЇ

С. В. Маліновський, студ., Л. Б. Караєва, ст. викл.

Світловодський політехнічний коледж Кіровоградського національного технічного університету
вул. Єгорова, 15, 27501, м. Світловодськ, Україна, e-mail: svet-koledg@ukr.net

Вступ. Розробка сучасної радіоелектронної апаратури заснована не тільки на використанні новітніх схемо- технічних рішень, але й на конструктивній реалізації цінних рішень з використанням сучасної елементної бази. Сучасний розвиток проектування і конструювання радіоелектронних пристроїв направлений на спрощення технологічного процесу, мініатюризації та стандартизації. Всього цього можливо досягти завдяки застосуванню технології поверхневого монтажу (ТПМ).

Мета роботи. Ознайомлення з SMT технологією. Розробка конструкції друкованої плати для схеми електронного світлодіодного серця, із застосування сучасної елементної бази – SMT технології. (SurfaceMountTechnology – технологія монтажу на поверхню).

Матеріали і результат роботи. Електронне світлодіодне серце може стати чудовим подарунком на день закоханих чи день народження. Також відмінною його характеристикою є те, що в ньому є можливість самостійно створювати різні світлові ефекти за допомогою створення власної прошивки. Схемотехніка електронного серця базується на мікропроцесорі Atmega88 фірми Atmel. Використовуються імпорتنі світло діоди червоного кольору, які працюють від напруги 3 В та струму 20 мА. Керує всією схемою мікропроцесор, який попередньо програмується за допомогою програматора USBASP. Прошивка створюється в програмному комплексі AtmelStudio 6.0. Схема електронного серця зображена на рис. 1.

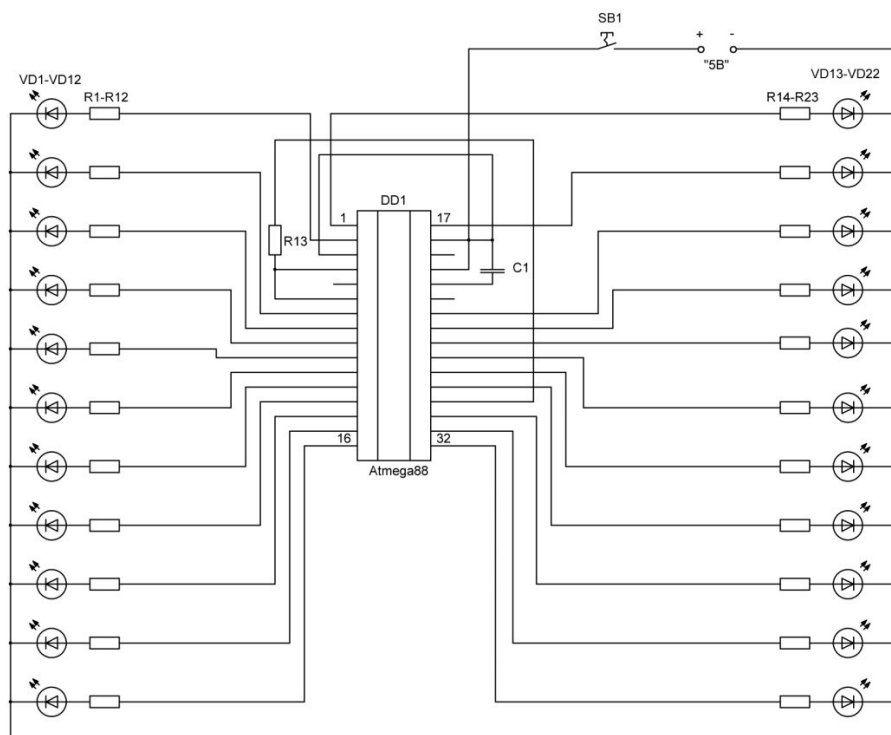


Рисунок 1 – Схема електрична принципова електронного серця

Друкована плата була розроблена саме для технології SMT. Були застосовані SMD компоненти (surfacemounteddevice – пристрій монтований на поверхню) з яких світлодіоди VD1-VD22, резистори R1-R23 та конденсатор C1 мають типорозмір корпусу 0603, розміри контактної площадки яких складають 0,8x0,8 мм з відступом одна від одної 0,7 мм. Програматор також побудований на SMD компонентах.

Монтаж SMD компонентів проводиться повністю на автоматичних лініях з застосування оптичної інспекції якості пайки і установки компонентів. Пайку SMD компонентів можна виконувати декількома методами групової, пайка оплавленням, і пайка двійною хвилею припою. Завдяки такій технології електронне серце має досить невеликі розміри 50x60 мм. Технологічний процес за рахунок відсутньої формовки виводів і зменшення кількості отворів дає можливість більш швидко та з меншими затратами виготовляти такі пристрої.

В наш час майже в кожного є персональний комп'ютер, який має декілька портів USB. Напруга в ньому складає 5 В, а максимальний струм 500 мА. Це дало змогу зробити можливим підключення серця до

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ВИРОБНИЦТВІ, ЛАБОРАТОРНЕ ОБЛАДНАННЯ

персонального комп'ютера в якості джерела живлення. Також для підвищення мобільності та підтримання працездатності без стаціонарного живлення використовується батарейка типу Крона, напруга якої складає 9В та через стабілізатор LM7805 підключається до електронного серця.

Для покращення зовнішнього вигляду друкована плата виготовляється розміром 100x150 мм з подальшою метою використання звичайної фото рамки в якості корпусу виробу. Оскільки вільного місця залишається багато і потрібно витравлювати значну кількість міді – вільне місце можна заповнити різноманітними написами чи візерунками.

Щоб перевірити працездатність пристрою було виготовлено дослідний зразок з спеціально виведеним роз'ємом для швидкого підключення програматора. Фото цього зразка представлено на рис. 2.

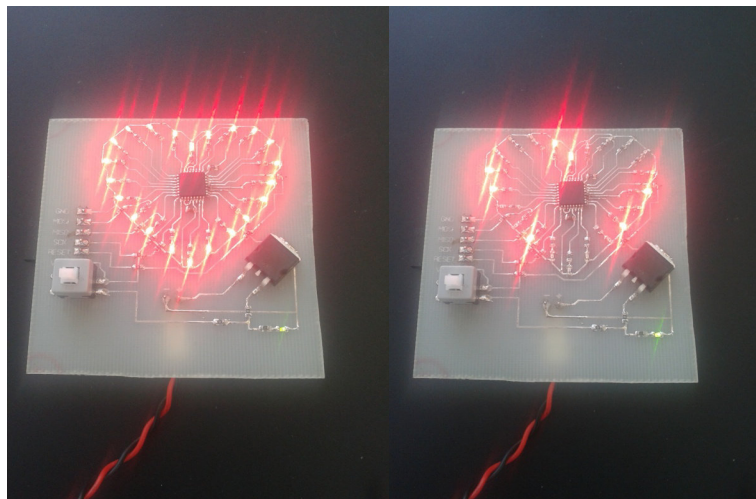


Рисунок 2 – Фото дослідного зразка.

Висновки. На даний час SMT технологія є досить поширеною і застосовується в усіх галузях конструювання радіоелектронної і обчислювальної техніки. Така технологія дозволяє досягти збільшення об'єму виробництва із зменшенням вартості. Це досягається завдяки автоматизації процесів, зменшення розмірів SMD компонентів, і зниження трудоемності. Ефективний результат даної технології без сумнівів говорить про перспективи розвитку і потребу в такій технології.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грачов А.О., Лега Ю.Г., Мельник А.А., ПановЛ.І. Конструювання електронно-обчислювальної апаратури на основі поверхневого монтажу: Навч. посібник. – К: Кондор, 2005. – 384 с»
2. Лескин В.Ф. Лысенко А.Н. Захарченко Т.Л. Министерство образования и науки Украины Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
3. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств Москва: Техносфера, 2007. – 256с.
4. Сускин В.В. Основы технологии поверхностного монтажа: - Рязань, Изд-во Узорочье, 2001. – 160 с., ил.

**КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПУСКОВИХ РЕЖИМІВ
РОБОТИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ**

О. О. Тищенко, магістр.

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна, e-mail: alexbios@mail.ru*

Вступ. В даний час двигуни змінного струму є найбільшими споживачами електричної енергії [1]. Проте в процесі експлуатації з різних причин можуть виникати ушкодження елементів двигуна, що, в свою чергу, призводить до передчасного виходу його з ладу. Своєчасно виявити виникаючі несправності допомагає періодична діагностика стану двигуна.

Найбільш вдалим підходом є використання програмно-апаратного комплексу, що складається з комп'ютера і вимірної системи. Переваги цього підходу полягають у можливості зберігати на комп'ютері великі бази даних з інформацією про досліджувані двигуни та використовувати сучасні методи обробки інформації.

Мета роботи. Розробка апаратно-програмного комплексу для дослідження пускових режимів роботи асинхронного двигуна. Отримані з допомогою даного апаратного забезпечення дані можуть бути використані в ряді методів з діагностування електродвигунів.

Матеріал і результати дослідження. Методи випробувань, що зазначені в ГОСТ 7217-87, дозволяють визначити електромагнітні параметри асинхронних двигунів. Але ці методи не враховують зміни параметрів електричної машини, які виникають при експлуатації, а особливо після ремонтних робіт [2].

На сьогоднішній день існує велика кількість методів, спрямованих на визначення електромагнітних параметрів асинхронних двигунів, вони широко використовуються, проте підлягають більш детальному вивченню, кожен з яких має ряд переваг і недоліків. Найбільш ефективними є методи [3], в основі яких лежить використання математичних моделей, в які можуть бути включені нелінійності і додаткові елементи для урахування зміни характеристик двигуна після ремонту.

Метод визначення електромагнітних параметрів при живленні АД від полігармонічного джерела [4, 5] дозволяє вирішувати широкий спектр завдань, пов'язаних з випробуванням електричних машин. Суть методу полягає в наступному: на одну з обмоток статора подається полігармонічна випробувальна напруга і фіксуються криві миттєвих значень струму і напруги статора, отримані криві піддаються розкладанню в гармонічний ряд, визначаються складові миттєвої потужності для різних гармонік. За допомогою отриманих даних визначаються параметри схеми заміщення. Недоліком цієї групи методів є необхідність наявності полігармонічного джерела живлення.

Метод визначення електромагнітних параметрів АД при різночастотному живленні [6] дозволяє отримати точніші, по відношенню до інших методів, результати. Суть методу: для визначення частотних характеристик здійснюється живлення обмоток машини синусоїдною напругою змінної частоти, вимірюються напруги і струми за фазами. Недоліком методу є необхідність формування випробувальної напруги синусоїдної форми регульованої частоти.

Представлені методи мають загальний недолік: необхідність використання додаткового обладнання (полігармонічного джерела напруги, джерела синусоїдної напруги регульованої частоти), що ускладнює їх використання.

В роботі запропоновано використання підходу визначення електромагнітних параметрів АД під час пуску двигуна. Суть підходу: при різних умовах пуску фіксуються криві миттєвих значень струму і напруги за фазами. На основі отриманих даних визначаються пускові моменти двигуна. За допомогою отриманих даних розраховуються параметри схеми заміщення. Послідовність виконання дій зображена на рис. 1.

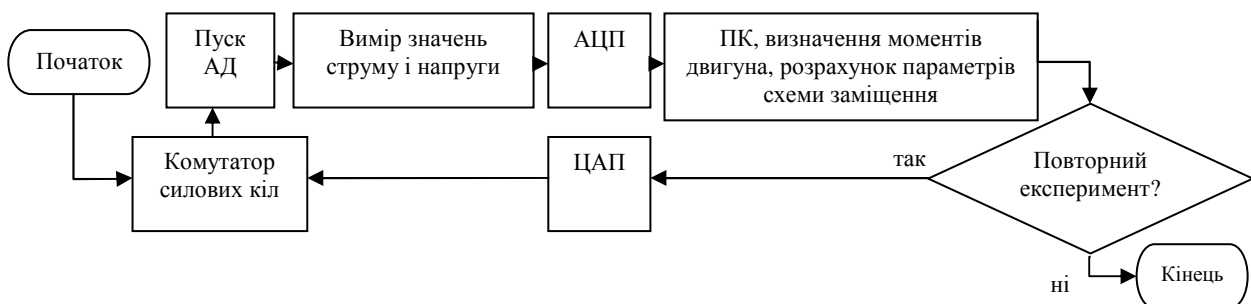


Рисунок 1 – Алгоритм процесу використання комплексу для дослідження пускових режимів АД

Для реалізації даного підходу необхідне використання комплексу для дослідження пускових режимів АД. Структурна схема запропонованого комплексу зображена на рис.2.

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ВИРОБНИЦТВІ, ЛАБОРАТОРНЕ ОБЛАДНАННЯ

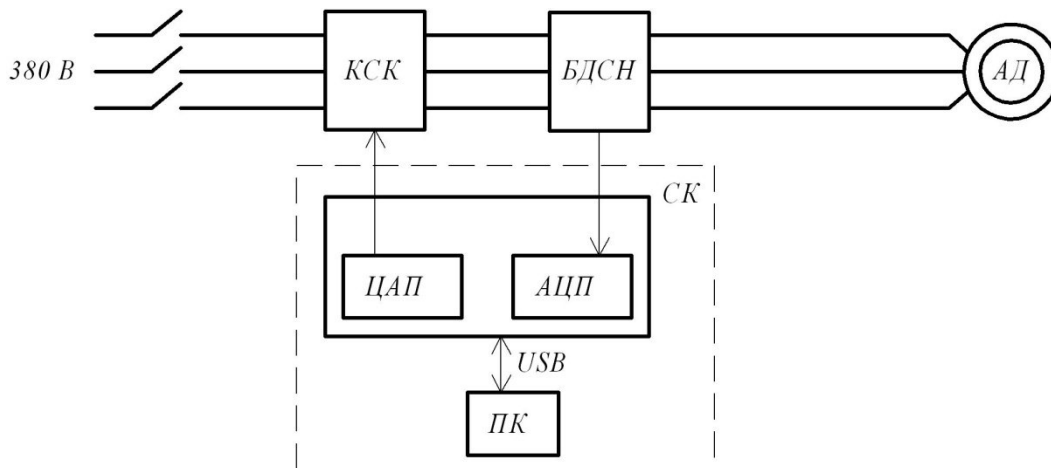


Рисунок 2 – Структурна схема комплексу для дослідження пускових режимів роботи АД

На рис.2 прийняті наступні позначення: КСК – комутатор силових кіл, БДСН – блок датчиків струму і напруги, АЦП – аналого-цифровий перетворювач, ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач, СК – система керування, ПК – персональний комп'ютер, АД – асинхронний двигун.

Комутатор силових кіл складається з керованих магнітних пускачів, що дозволяє створити різні умови та режими пуску АД [7]. Вимірювання миттєвих значень струму і напруги здійснює БДСН, що складається з трьох датчиків напруги і трьох датчиків струму.

Комп'ютеризована система для дослідження пускових режимів роботи АД включає в себе систему збору даних, до якої висуваються наступні вимоги: висока частота дискретизації, необхідна для підключення датчиків та системи керування, кількість каналів вводу/виводу, з'єднання з ПК за допомогою інтерфейсу зв'язку USB.

Використання такого комплексу дає змогу створити різні умови та режими пуску АД (завдяки керованому комутатору силових кіл) та проводити вимірювання значень струму і напруги за фазами, на основі отриманих даних здійснювати необхідні розрахунки.

Висновки. Використання запропонованого підходу дозволить уточнити визначення електромагнітних параметрів АД, так як під час запуску двигуна можливо діагностувати зміни параметрів АД, які не проявляються в інших режимах. В результаті роботи було розроблено структурну схему для комп'ютеризованої системи дослідження пускових режимів АД.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ключев В.И. Теория электропривода: Учеб. для вузов. – М.: Техноперспектива, 2001. – 704 с.
2. Родькин Д.И. Системы динамического нагружения и диагностики электродвигателей при послеремонтных испытаниях. – М.: Недра, 1992. – 236 с.
3. Ромашихин Ю.В. Классификация и эффективность методов определения электромагнитных параметров машин переменного тока // Электромеханичні і енергозберігаючі системи. Зб. наук. праць КДПУ. – Вип. 3-4 (44).– Кременчук: КДПУ, 2008. – С. 130–136.
4. Родькин Д.И., Калинов А.П., Ромашихин Ю.В. Эффективность метода энергодиагностики параметров двигателей переменного тока // Электроприводы переменного тока: Труды международной 14 НТК. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2007, С. 273–278.
5. Ромашихин Ю.В., Родькин Д.И., Калинов А.П. Энергетический метод идентификации параметров асинхронных двигателей // Вісник КДПУ. Зб. наук. праць КДПУ. – Вип. 3 (44).– Кременчук: КДПУ, 2007. – С. 130–136.
6. Резник Д.В., Родькин Д.И., Ромашихин Ю.В. Особенности определения электромагнитных параметров асинхронных двигателей при использовании низкочастотного испытательного напряжения // Электроприводы переменного тока: Труды международной 14 НТК. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2007, С. 279–284.
7. Петров И.И., Мейстель А.М. Специальные режимы работы асинхронного электропривода. – М.: Энергия, 1968. – 264 с.

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИЙ ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ НЕПРЯМОГО ПУСКУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

М. О. Ганжа, студ., А. М. Артеменко, ст. викл.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: scenter@kdu.edu.ua

Вступ. В даний час найбільш розповсюдженим є прямий пуск асинхронного двигуна (АД), а для синхронного двигуна (СД) - прямий асинхронний пуск. За впливом на мережу прямий пуск допускається за умови, що напруга на шинах джерела живлення не буде нижче межі, обумовленої відповідними нормами [1]. Однак для широкого ряду типорозмірів високовольних двигунів такий вид пуску неприйнятний. Зазначені задачі можуть бути вирішені з використанням пускових систем, що забезпечують розгін двигуна, обмеження струмових, механічних і теплових навантажень. Тому актуальною задачею є створення відповідного лабораторного обладнання для ознайомлення студентів з системами непрямого пуску двигунів змінного струму.

Мета роботи. Дослідження роботи системи непрямого пуску асинхронного двигуна на експериментальній установці.

Матеріал і результати дослідження. Лабораторний стенд для дослідження роботи системи непрямого пуску асинхронного двигуна складається з типового корпусу з лицьовою панеллю, на якій розміщені вимірювальні прилади й органи керування та електромашинного агрегату «асинхронний двигун-машина постійного струму» (АД-МПС). Зовнішній вигляд та принципова схема лабораторного стенда показані на рис. 1 і 2.

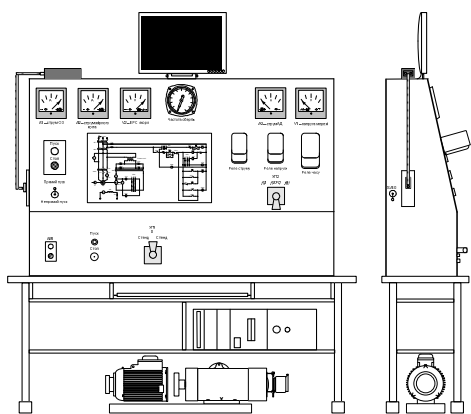


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд лабораторного стенда

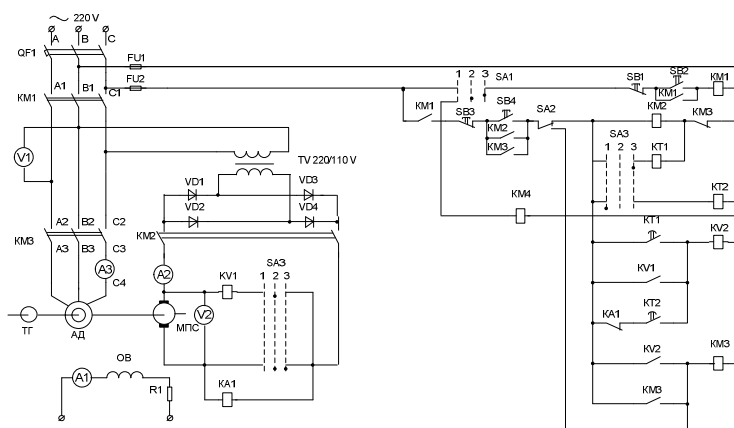


Рисунок 2 – Схема електрична принципова лабораторного стенда системи непрямого пуску АД

У двомашинному агрегаті «асинхронний двигун-машина постійного струму» АД жорстко з'єднаний за допомогою муфти з вихідним валом машини постійного струму, а з іншого боку – з тахогенератором.

Параметри електричних машин наведені в табл. 1 і 2.

Таблиця 1 – Технічні параметри АД 4АХБ2П100М

$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, А	$n_{ном}$, об/хв	η , %	$\cos\phi$	$S_{ном}$, %	$M_{max}/M_{ном}$	$M_{п}/M_{ном}$	$I_{п}/I_{ном}$
4	220/380	15/8,7	1420	84	0,84	5,3	2,2	2	6

Таблиця 2 – Технічні параметри машини постійного струму типу 2ПНБ 100 МУХЛ 4

P_n , кВт	U_n , В	n_n , об/хв	n_{max} , об/хв	η , %	R_r , Ом	$R_{дп}$, Ом	$R_{об}$, Ом	L_r , мГн	J , кг·м ²
0,37	110	1000	4000	66	1,99	1,22	595	78	0,011

Комутація електричних машин лабораторного стенда з трифазною мережею живлення змінного струму напругою 220 В здійснюється автоматичним вимикачем QF1, а електрообладнання кіл керування – через запобіжники FU1 і FU2.

Реалізацію непрямого пуску АД може бути здійснено у функції часу, струму і електрорушійної сили (ЕРС). Режим вибирають за допомогою універсального перемикача SA1. Під час непрямого пуску котушка магнітного пускача KM2 одержує живлення через замкнений блок-контакт KM1, нормально замкнений контакт кнопки SB3, натиснуту кнопку SB4, тумблер SA2, поставлений у положення непрямого пуску, і нормально замкнений

блок-контакт КМ3. Під час спрацьовування КМ2 блокує своїм нормально розімкнутим блок-контактом кнопку SB4, а своїми силовими контактами в ланцюзі постійного струму подає напругу на МПС. Під час реалізації непрямого пуску АД у функції часу, одночасно з КМ2 через SA3 одержить живлення котушка реле часу КТ1, яка з певною затримкою, необхідною для розгону МПС до заданої частоти обертання, замкне свій контакт у ланцюзі живлення котушки проміжного реле KV2. В результаті проміжне реле KV2 замкне свій контакт у ланцюзі живлення котушки магнітного пускача КМ3, який подасть живлення на АД і зашунтує кнопку SB4 та знеструмить своїм нормально замкненим контактом котушку магнітного пускача КМ2, що, у свою чергу, приведе до знеструмлення МПС.

Для виміру і контролю електричних параметрів АД і МПС передбачено встановлення вимірювальних приладів. Напругу мережі вимірюють вольтметром V1, встановленим на виході магнітного пускача нульового захисту КМ1. Для виміру струму статора АД у фазовий провід після магнітного пускача КМ3 встановлено амперметр А3. Для контролю напруги якоря МПС, паралельно підключено вольтметр V2. Амперметром А2 проводять вимір струму якорного ланцюга. Струм, що протікає через обмотку збудження ГПС, вимірюють амперметром А1.

Реалізація прямого пуску АД здійснюється під час постановки тумблера вибору режимів пуску в положення «Прямий пуск» (рис. 1) і натискання пускової кнопки кнопкового поста керування. Струм статора АД показує амперметр А3, швидкість обертання визначають за тахометром. Для зупинки АД необхідно натиснути «стопову» (червоного кольору) кнопку кнопкового поста керування.

На лабораторному стенді було проведено низку експериментальних досліджень режимів роботи системи електропривода. Для вимірювання та фіксації сигналів струмів, напруг та частот обертання використовувався блок датчиків струму і напруги, модуль ЦАП-АЦП mDAQ [2]. Структурну схему вимірювального комплексу показано на рис. 3.

При обробці отриманих значень на комп'ютеризованому комплексі були побудовані характеристики, що відображають перехідні процеси системи електропривода (рис. 4-5).

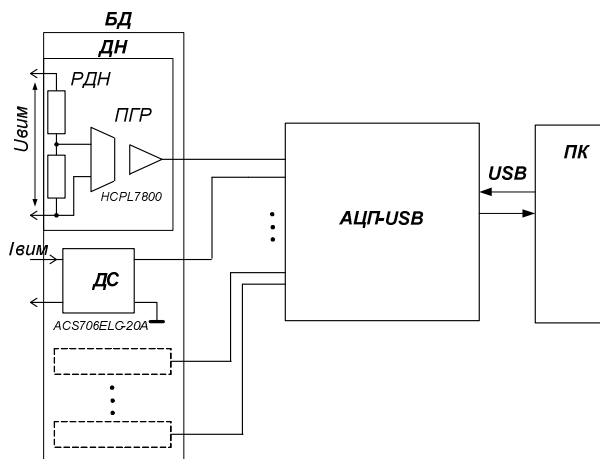


Рисунок 3 – Структурна схема вимірювального комплексу:

- БД – блок датчиків; ДН – датчик напруги;
- РДН – резистивний дільник напруги;
- ПГР – підсилювач з гальванічною розв'язкою;
- ДС – датчик струму; ПК – персональний комп'ютер; USB – шина ПК

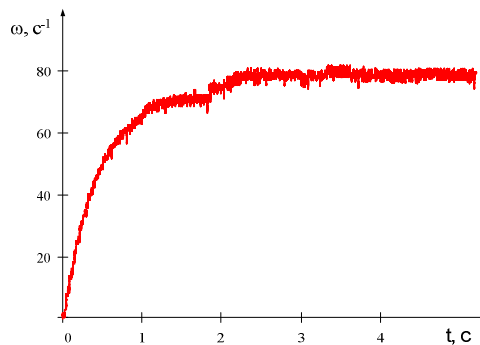


Рисунок 4 – Графік зміни кутової швидкості системи непрямого пуску АД

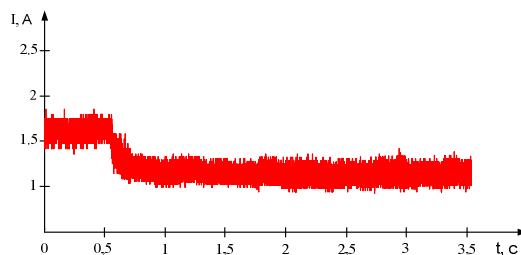


Рисунок 5 – Графік зміни струму якоря МПС при непрямому пуску АД

Висновки. Пускові системи являють собою новий клас енергозберігаючого устаткування. Багато задач енергозбереження можуть бути вирішені з використанням пускових систем, що забезпечують розгін двигуна, обмеження струмових, механічних і теплових навантажень. Отримані в результаті виконаної роботи дані дозволяють обґрунтувати доцільність та перспективи використання даної системи в навчальному процесі та наукових дослідженнях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пусковые системы нерегулируемых электроприводов / А.П. Черный, Д.И. Родькин, А.И. Гладырь, Ю.Г. Осадчук, А.Н. Вошун. – Кременчук, 2005. – 272 с.
2. Калінов А.П. Комп'ютеризований лабораторний комплекс для дослідження електромеханічних трансмісій транспортних систем / А.П. Калінов, В.О. Мельников, А.М. Артеменко // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КДУ, 2010. – Вип. 1/2010 (9). – С. 50–53.

ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ*

*І. О. Нестеров, студ., Р. Ю. Кабаковський, студ., Я. В. Сиротін, студ.
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Перотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: nester25@meta.ua*

Вступ. Випробування асинхронних двигунів (АД) розділяються на промислові та дослідницькі. Перші проводяться з метою підтвердження встановлених в стандартах і технічних умовах характеристик електричних машин; непрямого контролю за правильним веденням технологічного процесу виготовлення електричної машини та експериментального визначення кількісних показників надійності електричних машин. Дослідницькі випробування дозволяють уточнити фізичні процеси, що відбуваються в машині, і відповідні їм фізичні та математичні моделі.

Мета роботи. Розробка стенду для проведення широкого спектру дослідницьких випробувань асинхронних двигунів.

Матеріал і результати дослідження. Для розв'язання завдання реалізації випробувань АД був розроблений лабораторний стенд, функціональна схема силової частини якого показана на рис. 1.

Лабораторний стенд дає можливість здійснювати випробування АД при використанні різних джерел живлення:

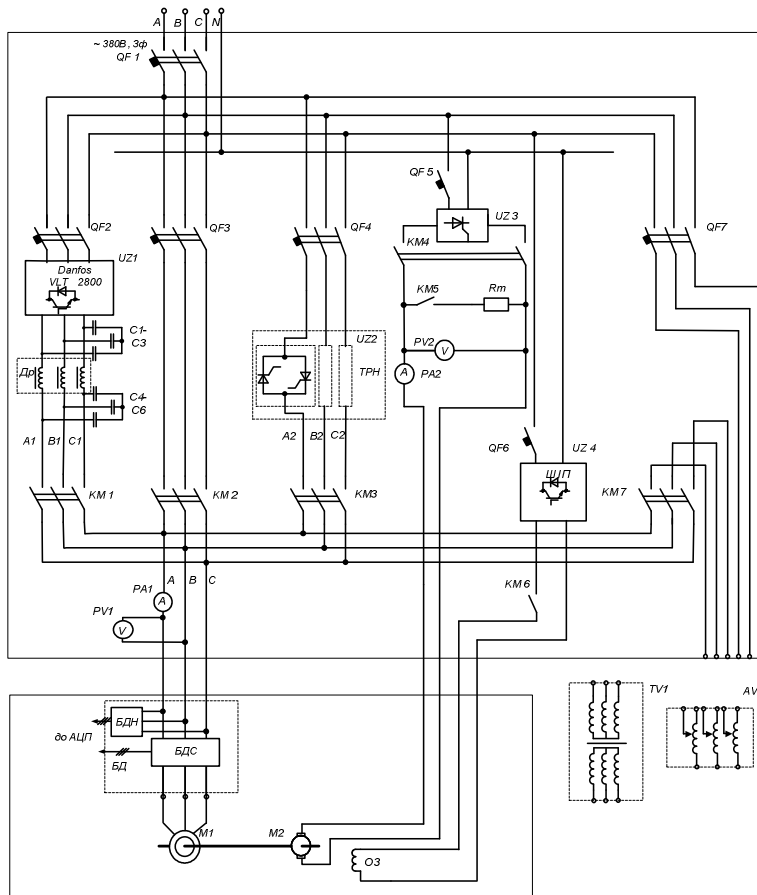


Рисунок 1 – Функціональна схема силової частини лабораторного стенду

1. Джерело зі змінною напругою та частотою реалізується із використанням перетворювача частоти (ПЧ) UZ1 з трифазним входом Danfoss VLT 2800 та П-подібним С-Л-С фільтром вищих гармонік. Використання фільтра вищих гармонік дозволяє здійснювати живлення АД від джерела номінальної напруги та частоти з низьким коефіцієнтом викривлення синусоїдності кривої напруги ($K_U < 0,5\%$), що не забезпечується при живленні від промислової мережі 0,4 кВ. Використання функцій ПЧ дозволяє проводити дослід неробочого ходу [1, 2] для визначення складових втрат потужності АД та реалізацію навантажувальних випробувань методом еквівалентного навантаження (методом модуляції частоти) [3]. Для реалізації дослід неробочого ходу можливо використання функції завдання співвідношення частоти і напруги ПЧ за

5-точковою залежністю.

2. Джерело живлення з незмінним номінальним значенням частоти та напруги. Реалізується прямим підключенням (QF3, KM2) до лабораторної мережі живлення 0,4 кВ. Зазначене джерело характеризується значенням $K_U > 4\%$, що є більшим за значення, які вимагаються при реалізації випробувань [2].

3. Джерело із номінальною частотою та змінним значенням діючої напруги фаз.

3.1. Реалізується за допомогою тиристорного регулятора напруги (ТРН) UZ2. Використання ТРН дозволяє досліджувати режими плавного пуску та способи визначення втрат у сталі при полігармонічному живленні.

3.2. Реалізується із використанням трифазного автотрансформатора AV1. Схема з трифазним автотрансформатором дозволяє змінювати фазну напругу у діапазоні 0–250 В. Конструктивно три однофазних

*Робота виконана під керівництвом к.т.н., доц. Калінова А.П.

автотрансформатори сполучені спільною обертовою віссю, яку приводить у дію однофазний малопотужний реверсивний мотор-редуктор. Керування мотор-редуктором здійснюється з пульта керування.

Стенд дозволяє проводити випробування АД як у режимі неробочого ходу, так і під навантаженням. Навантаження на валу випробуваного двигуна може бути здійснено безпосередньо навантажувальним генератором постійного струму (ГПС) $M2$, так і непрямо, за допомогою керованого джерела живлення АД, в якості якого виступає перетворювач частоти $UZ1$.

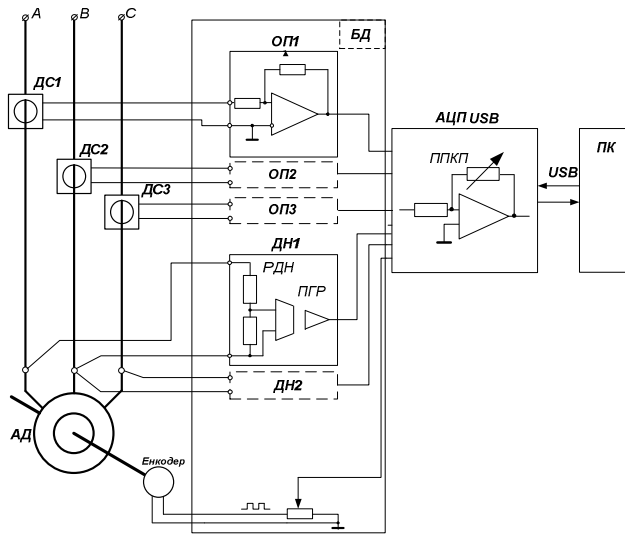


Рисунок 2 – Структурна схема вимірювального комплексу: БД – блок датчиків; ДН – датчик напруги; РДН – резистивний дільник напруги; ПГР – підсилювач з гальванічною розв'язкою; ДС – датчик струму (струмові кліщі-адаптери АТА 2504); ОП – операційний підсилювач; АД – асинхронний двигун; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; ППКП – підсилювач з програмованим коефіцієнтом посилення; ПК – персональний комп'ютер; USB – шина ПК

При реалізації навантаження АД за допомогою ГПС енергія може розсіюватись у вигляді тепла на опорі R_m або віддаватись у мережу живлення за допомогою однофазного тиристорного інвертора напруги $UZ3$.

Для реалізації вимірювань використано мобільний вимірювальний комплекс, рис. 2. Відмінностями вимірювального комплексу від вимірювальних систем, які застосовуються у лабораторіях кафедри САУЕ [4], є застосування струмових кліщів-адаптерів із аналоговим виходом типу АТА-2504 та вимірюванням частоти обертання за допомогою енкодера. Використання струмових кліщів-адаптерів дозволяє здійснювати вимірювання без розриву силових кіл живлення АД, а використання енкодера, навіть із невеликою кількістю імпульсів на оберт (100 імп/об), із відповідним блоком програмної обробки дозволяє

отримати кращі дані вимірювання миттєвих значень частоти обертання у порівнянні із тахогенераторами типу ТГП.

У якості прикладів реалізації вимірювань та обробки вимірних даних наведено перехідні процеси за струмом фази А, векторами струму та напруги при пуску АД без навантаження (рис. 3) та перехідні процеси за електромагнітним моментом та кутовою частотою обертання (рис. 4).

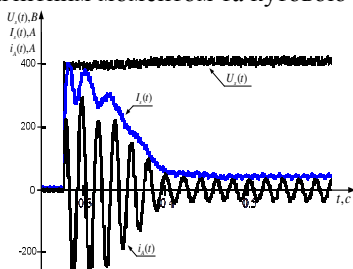


Рисунок 4 – Перехідні процеси за струмом фази А, векторами струму та напруги при пуску АД без навантаження

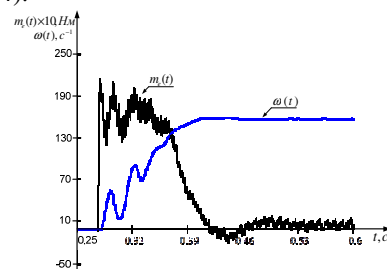


Рисунок 5 – Перехідні процеси за електромагнітним моментом та кутовою частотою обертання

Висновки. Представлений лабораторний стенд дозволяє реалізовувати широкий спектр промислових та дослідницьких випробувань АД.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гольдберг О. Д. Испытания электрических машин. Учеб. для вузов. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2000. – 255 с.: ил.
2. ГОСТ 7217-87 (СТ СЭВ 168-85) Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные. Методы испытаний. – М., 1987.
3. ГОСТ 25941-83 (СТ СЭВ 3243-81) Машины электрические вращающиеся. Методы определения потерь и коэффициента полезного действия. – М., 1983.
4. Калина А.П., Гладырь А.И. Универсальное учебно-исследовательское оборудование для электромеханических лабораторий // Щоквартальний науково-виробничий журнал Електромеханічні і енергозберігаючі системи. - Вип. 1. – Кременчук: КДПУ, 2007. – С. 14-19.

*Робота виконана під керівництвом к.т.н., доц. Калінова А.П.

**EXPERIMENTAL SMALL-SIZED RASPBERRY PI BASED MODEL
OF THE RADIO CONTROLLED CAR WITH DC MOTOR CONTROL SYSTEM**

M. A. Usenko, stud., O. S. Kravchenko, stud.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyy National University

Pershotravneva str., 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine, e-mail: scenter@kdu.edu.ua

Introduction. In everyday life the electric drive is constantly upgraded and finds the increasing application in various branches of production, including automotive industry, where its main purpose is to drive vehicle. Thus, there is a task of training electromechanical students in principles of creation automated controlled electric drive systems for driving vehicles. This task could be solved via creation small-sized electric car model with its control system on the basis of modern automation and controlling facilities aimed to teach students basic principles of development such systems.

Aim of the research. Development and creation of a control system for the electric drive of the electric car model basing on Raspberry Pi.

Experimental part and obtained results. As a platform for development of an experimental sample the following equipment were chosen:

- single-board Raspberry Pi computer [1];
- DC motor Maxon 273688 [2];
- mechanical part of the toy electric car with complete mechanics.

The Raspberry Pi is a credit card-sized single-board microcomputer became known thanks in part to its computing power, size, and price (Fig. 1). This low-cost device allows studying programming bases, carries out a wide range of programming tasks, allows controlling peripheral devices, and has wide possibilities of connecting different type sensor. The Raspberry Pi is based on the Broadcom BCM2835 embedded multimedia applications processor. It comes equipped with multiple connection ports and can be easily operated by plugging into a television or monitor and a USB keyboard. It is also compatible with many operating systems; however, Raspbian, a version of Linux adapted for the Raspberry Pi, is one of the most common operating systems in use.

The Raspberry Pi has a Broadcom BCM2835 system on a chip (SoC), which includes an ARM1176JZF-S 700 MHz processor, VideoCore IV GPU, and was originally shipped with 256 megabytes of RAM, later upgraded to 512 MB. It does not include a built-in hard disk or solid-state drive, but uses an SD card for booting and persistent storage [1].

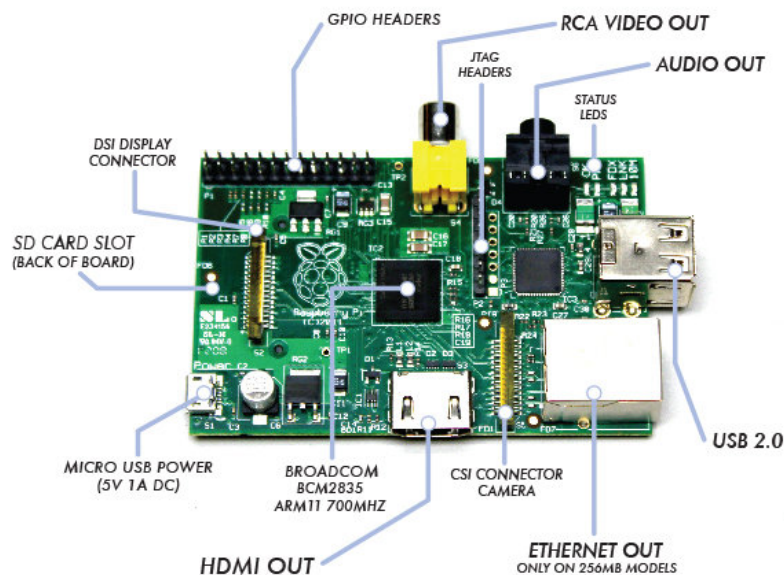


Figure 1 – General view of the single-board computer Raspberry Pi

Raspberry Pi allows creation a simple DC motor control system using its GPIO pins. GPIO pins could be configured as digital inputs or outputs, and also are able to control PWM signal. PWM is used for controlling a variety of devices – motor speed, servo positions and other things. In this project we use PWM to control DC motor velocity and as sequence, control a vehicle speed. Most motors need to run at a higher voltage than the Raspberry Pi's 3.3V offers, and a higher current than the GPIO ports can cope with [3, 4]. So we need a way of being able to switch a higher voltage with the 3V3 from a GPIO port. For this purpose we used ULN2003A – seven pairs of transistors that allow this

*Work is done under the guidance of Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof. D. G. Mamchur

switching in a safe way. The other nice thing this chip does is protect Raspberry Pi's GPIO port from the voltage spike that can occur when an inductive load (a relay, solenoid, motor etc.) is switched off. It has built-in freewheeling diodes that give the required protection. Using this chip a motor control board was created.

In this project DC motor Maxon 273688 (1.2 Watt, 11000 rpm, 0.35 mNm) was used. Also this motor contains gear unit with planetary gearhead and rated torque of 0.2 Nm, and a sensor unit with two-channel and 16 pulses per channel encoder. Thus, basing on this equipment, we can create close-looped speed-controlled system. Encoder outputs could be connected to Raspberry Pi GPIOs with I2C interface to collect motor velocity data. Basing on these data special software for calculation PID output and creation shape of PWM signal was created on Raspberry Pi using Python programming language. A functional diagram of proposed system is shown in Fig. 2.

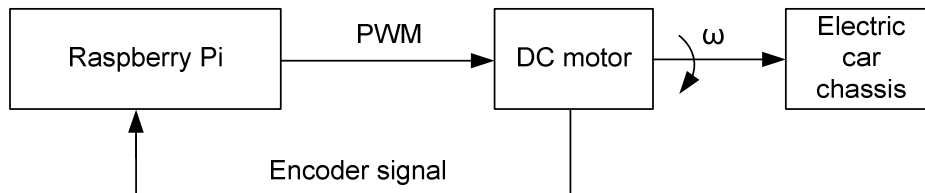


Figure 2 – Functional diagram of the device

To imply possibility of car steering control, it was used another two GPIO pins configured as digital outputs. Steering unit was used from the base chassis of a car model. The photo of the developed model is presented in Fig. 3.

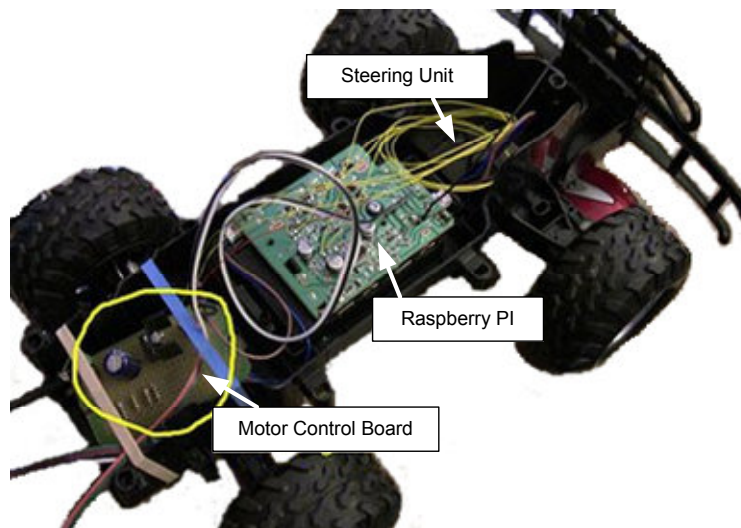


Figure 3 – Photo of developed electric driven car model

Developed model is controlled by Raspberry Pi script written using Python language. This script allows control car movement (forward, backward, left, right) and also vehicle speed via PWM shape. Additionally developed script allows calculate PID signal basing on desired speed value and real speed, derived from encoder signal.

Conclusions. The project of experimental model of the electric car was developed. This model uses PWC-DC system developed on the basis of Raspberry PI. Such system could be used as a basis for training electromechanical student in skills of development hardware and electronics for automated control systems. Moreover, the simplicity of developed programming solutions could be used as a base for students in creation their own software for automated electric drive control systems in any branch of electromechanical duty.

REFERENCES

1. Internet source: www.raspberrypi.org
2. Internet source: www.maxonmotor.com
3. Internet source: <http://raspi.tv/2013/rpi-gpio-0-5-2a-now-has-software-pwm-how-to-use-it>
4. Internet source: www.embedded-computing.com/guest-blogs/pwm-control-with-the-raspberrypi

*Work is done under the guidance of Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof. D. G. Mamchur

РОЗРАХУНОК РЕГУЛЯТОРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА В MATLAB

*М. М. Мошноріз, к.т.н., доц., Д. В. Базалійський, студ.
Вінницький національний технічний університет
Хмельницьке шосе, 95, 21021, м. Вінниця, E-mail: moshnoriz@gmail.com*

Вступ. Під час розрахунку системи електропривода необхідно знайти параметри регуляторів. Для складних математичних моделей об'єкта керування це потребує виконання непростих структурних перетворень, перенесення вузлів чи блоків тощо. Віднайти параметри регуляторів, не вдаючись до складних математичних розрахунків, дозволяє пакет прикладних програм Matlab, а точніше Nonlinear Control Design Blockset (NCD Blockset). Питання полягає у тому, чи дозволяє цей інструмент досягти таких самих результатів, як і перевірений часом спосіб.

Мета роботи. Проаналізувати можливості NCD Blockset та з'ясувати переваги і недоліки такого способу розрахунку регуляторів системи електропривода.

Матеріал і результати дослідження. Припустимо електропривод побудований на асинхронному двигуні з короткозамкненим ротором. Двигун живиться від перетворювача частоти і обладнаний контурами зворотнього зв'язку за струмом та швидкістю обертання. Для моделювання скористаємося лінійною моделлю асинхронного двигуна та представленням перетворювача частоти у вигляді аперіодичної ланки першого порядку [1]. Комп'ютерна модель системи з асинхронним двигуном потужністю 0,55 кВт, швидкістю обертання 1440 об/хв,

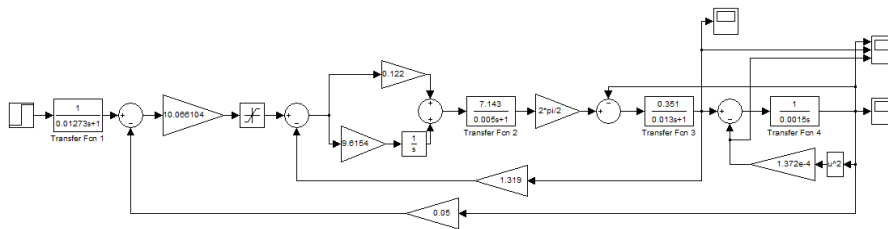


Рисунок 1 – Комп'ютерна модель системи електропривода

перевантажувальною здатністю 2,5 та контурами зворотнього зв'язку, які налаштовані на модульний критерій оптимальності, зображена на рис. 1.

Двигун представляється елементами Fcn 3 та 4, перетворювач частоти – Transfer Fcn 2. Регулятор

струму (моменту) має пропорційно-інтегральну структуру, а регулятор швидкості – пропорційну. У контурах зворотнього зв'язку не враховано затримку на фільтрах сенсорів та нормуючих перетворювачів контрольованих параметрів. На вхід моделі задаючий сигнал подається через фільтр Transfer Fcn 1. На двигун подається навантаження вентиляторного типу.

Графіки кутової швидкості та струму (момента) двигуна, отримані при таких налаштуваннях регуляторів, зображено на рис. 2.

Для визначення параметрів регуляторів скористаємося інструментом NCD Blockset. Для цього до виходу контрольованого параметру(кутова швидкість або струм) потрібно підключити елемент NCD Output (бібліотека NCD Blockset).

Розглянемо різні випадки:

1. У якості контрольованого параметру обираємо кутову швидкість двигуна. Регулятор струму (моменту) пропорційно-інтегральний, а регулятор швидкості – пропорційний. Значення пропорційної та інтегральної складових регуляторів потрібно задати як змінні оптимізації у параметрах елемента NCD Output. Далі у вікні NCD Output потрібно встановити обмеження на перехідний процес контрольованої величини (у даному випадку кутової швидкості). Вікно параметрів NCD Output зображено на рис. 3. Для виконання оптимізації необхідно вказати на початкові умови, тобто визначити у вікні Command Window початкові значення пропорційної та інтегральної складових регуляторів. Якщо натиснути на кнопку Start вікна NCD Output, то можна спостерігати за зміною характеристики контрольованого параметра при підстановці різних значень змінних оптимізації. У випадку, коли названа характеристика "увійде" у коридор, визначений обмеженнями на перехідний процес, підбір параметрів регуляторів завершено. Підставивши отримані параметри до комп'ютерної моделі системи електропривода, отримаємо графіки перехідних процесів швидкості та моменту двигуна, які зображені на рис. 4. Для наглядності на рис. 4 представлені також графіки, отримані в результаті розрахунку системи електропривода, виходячи з умов налаштування обох контурів на модульний критерій оптимальності.

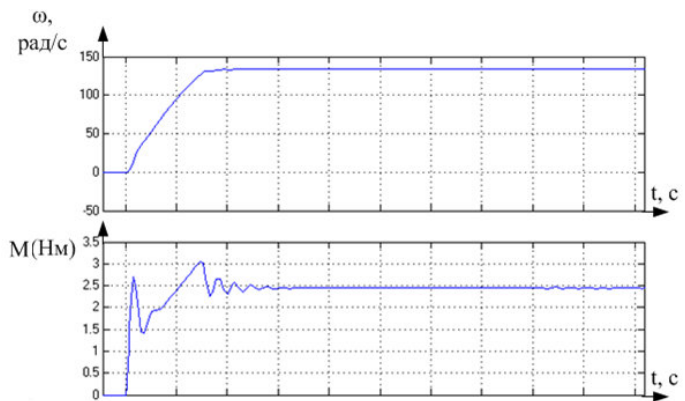


Рисунок 2 – Результати комп'ютерного моделювання

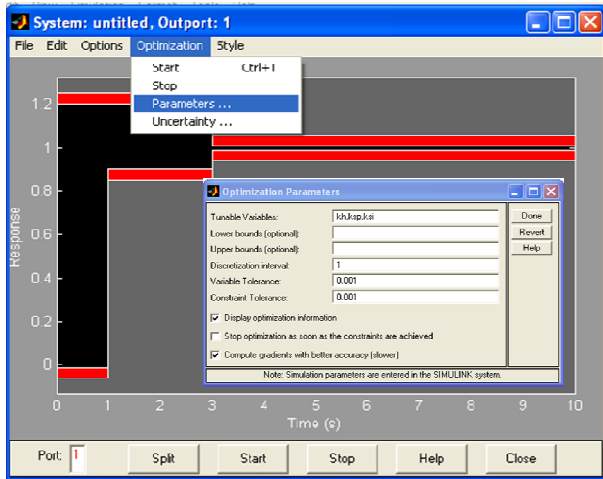


Рисунок 3 – Діалогове вікно параметрів NCD Output

2. Регулятор струму (моменту) пропорційно-інтегральний, а регулятор швидкості – пропорційний. Якщо оптимізацію спочатку виконати для внутрішнього контуру струму (моменту), а потім із заданими параметрами регулятора струму оптимізацію виконати для зовнішнього контуру швидкості, то отримуємо результати, представлені на рис. 5.

3. У якості контрольованого параметру обираємо швидкість двигуна. Регулятори струму (моменту) та швидкості обертання пропорційно-інтегральні. У результаті оптимізації отримуємо результати, представлені на рис. 6.

У результаті виконаних розрахунків і співставлення отриманих графіків перехідних процесів можна зробити висновки про особливості застосування пакету оптимізаційних розрахунків у



Рисунок 4 – Результати комп'ютерного моделювання для випадку 1

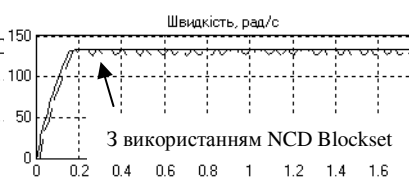


Рисунок 5 – Результати комп'ютерного моделювання для випадку 2



Рисунок 6 – Результати комп'ютерного моделювання для випадку 3

Matlab NCD Blockset для розрахунку системи електропривода:

- якщо система електропривода багатоконтурна, то кращі результати дає оптимізація всіх контурів разом (рис. 4, 5);
- для вибору регулятора системи електропривода потрібно розглянути всі можливі варіанти регуляторів, оскільки пропорційно-інтегральний характер регулятора (як більш вживаного) може "затягувати" перехідні процеси системи у часі.

Переваги використання пакету оптимізаційних розрахунків Matlab NCD Blockset для розрахунку параметрів регуляторів системи електропривода:

- висока швидкодія процесу розрахунку;
- простота реалізації;
- гнучкість та наглядність у налаштуванні обмежень на перехідний процес контрольованого параметру.

Серед основних недоліків пакету оптимізаційних розрахунків Matlab NCD Blockset є наступні:

- гірші показники якості отриманих характеристик порівняно з результатами розрахунків при налагодженні системи на модульний чи симетричний оптимум;
- відсутня можливість з'ясувати тип регулятора, який забезпечуватиме краще графіки перехідних процесів;
- відсутня можливість з'ясувати вигляд коректуючої ланки для покращення показників якості та стійкості.

Висновки. Таким чином, для досягнення кращих показників якості регулювання системи електропривода потрібно користуватися класичними підходами до розрахунку регуляторів. У випадку, якщо відома форма регулятора, а об'єкт регулювання має складний вигляд, для спрощення процесу розрахунку доцільно скористатися можливостями пакету оптимізаційних розрахунків Matlab NCD Blockset.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чорний О. П. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / О. П. Чорний, А. В. Луговой, Д. Й. Родькін, Г. Ю. Сисюк. – Кременчук, 2001. – 410 с.
2. Голубь А. П. Системи управління електроприводами: Учебн. пособие / А. П. Голубь, Б. И. Кузнецов, И. А. Опрышко, В. П. Соляник. – К.: УМК ВО, 1992. – 376 с.

**МЕТОД ПОШУКУ КОНТРОЛЬНИХ ТОЧОК НА ЦИФРОВИХ ФОТОЗНІМКАХ ПРИ
ГЕНЕРАЦІЇ ПАНОРАМ**

Я. А. Пожар, студ., П. П. Костенко, к.т.н., ас.

Кременчуцький Національний Університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна, e-mail: grinboro@mail.ru

Вступ. Задача зіставлення зображень використовується в багатьох галузях науки. Досить часто виникає потреба перевірити наявність певного зображення в базі даних як в цілому, так і по його фрагменту, або в задачах створення фотопанорам необхідно провести склеювання двох фотознімків тощо. Основу для зіставлення складають контрольні точки (КТ) або так звані «особливі» точки. Аналізуючи всі оброблювані зображення, виділяють дескриптори КТ, потім при їх співпаданні виділяють відповідні точки, які використовуються на останньому етапі побудови моделі для перетворення зображення [1].

Мета роботи. Вдосконалення існуючих методів пошуку контрольних точок на цифрових фотознімках.

Матеріал та результати дослідження. Кожен вище описаний етап має ряд проблем та множину їх рішень, таким чином виключається можливість існування єдиного універсального методу, що розширює обмеження в пошуках кращих рішень. Для виявлення «особливих» точок одним з основних моментів є побудова піраміди Гауса.

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y),$$

де L – значення Гаусіану в точці з координатами (x, y) , σ – радіус розмиття, G – Гаусове ядро, I – значення початкового зображення, $*$ – операція згортки. Масштабованим простором зображення є набір будь-яких можливих, згладженим деяким фільтром, версій початкового зображення. Доведено, що Гаусовий масштабний простір є лінійним та інваріантним щодо зміщень, повороту, масштабу, не зміщує локальні екстремуми та володіє властивістю напівгруп [2]. Піраміда Гаусіанів має вигляд зображений на рис. 1.

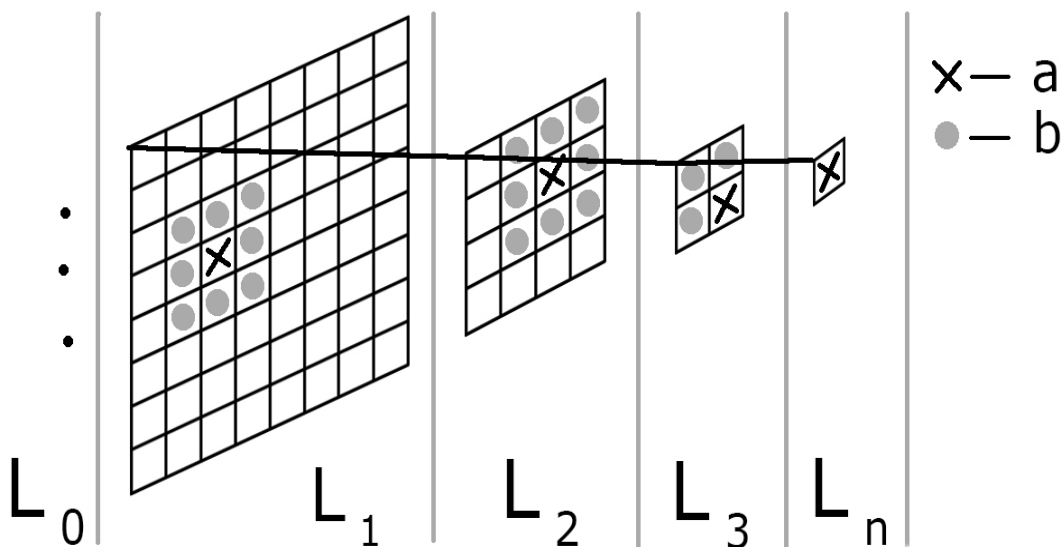


Рисунок 1 – Піраміда Гаусіанів: L_0 - L_n – рівні Гаусової піраміди; a – один піксель, b – сусідні пікселі для порівняння

Висновки. В роботі проведено аналіз існуючих методів, що базуються на побудові Гаусіанів. Виділено фундаментальні етапи побудови дескрипторів КТ та представлено поетапний процес. Запропоновано формування рівнів Гаусової піраміди і метаморфози дескрипторів контрольних точок в процесі переходу від основи до вершини піраміди. Зазначені в роботі підходи дозволяють визначити контрольні точки в умовах використання різкоконтрастних знімків. В подальшому планується вдосконалення методу для використання до фото зображень високої роздільної здатності зображень RAW формату (*.cr2, *.nef).

ЛІТЕРАТУРА

1. Кухаренко Б.Г. Алгоритмы анализа изображений для определения локальных особенностей и распознавания объектов и панорам: – М.: Информационные технологии, 2011. – 30 с.
2. Построение SIFT дескрипторов и задача сопоставления изображений, – 2010. — Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/106302/>.

**РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ
ТЕМПЕРАТУРИ ПРИМІЩЕННЯ НА БАЗІ ПЛАТФОРМИ ARDUINO**

С. А. Чабан, студ., В. В. Найда, ас.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна, e-mail: boom031@gmail.ru

Введення. У зв'язку з повсюдним використанням цифрових керуючих систем постійно зростає необхідність розробки та удосконалення їх.

Так, наприклад, важливим є слідкування за температурою приміщень для регулювання роботи опалювальних та вентиляційних систем. Якщо в будівлях відсутня можливість додатково прокласти кабелі для виміральної мережі, але наявна мережа Інтернет, можна використовувати пристрої з мережевими інтерфейсами. Актуальною задачею є створення мікроконтролерних систем слідкування на основі контролерів, що дозволяють передавати дані мережею Інтернет.

Мета роботи. Підвищення якості вимірювання температур шляхом створення апаратного і програмного забезпечення для слідкування за температурою приміщень і передачі отриманих даних локальній мережі.

Матеріали та результати дослідження. Розроблено систему моніторингу на датчиках температури з однопровідним інтерфейсом 1-Wire, які є недорогими, простими в експлуатації. Також мережа цього типу підтримує велику кількість датчиків, і дозволяє робити підключення на одну лінію різнорідних датчиків.

Контролер виступає в ролі ведучого пристрою для 1-Wire мережі. Після аналізу різних систем було обрано саме цей варіант.

Спрощення експлуатації досягається за рахунок готової плати фірми Arduino Mega 2560 та плати розширення ENC28j60. Вони недорогі, тому їх легко замінити у випадку неполадок.

Більшість функціональних блоків в мікросхемі ENC28j60 реалізовано апаратно. До них відноситься фільтр вхідних пакетів, обчислювач контрольної суми, внутрішній канал DMA і т.д.

Для зняття даних з температурного датчика додатково використовується бібліотека 1-Wire. Бібліотека Etherscard дозволяє реалізувати клієнт-серверну архітектуру системи, а також підключати контролер до мережі в режимі автоматичного отримання адреси.

У режимі клієнта пристрій як master в мережі 1-Wire буде по черзі проводити опитування датчиків та здійснює передачу інформації на сервер. Сервер обробляє інформацію і записує її в текстовий файл (рис. 1), який в подальшому можна використовувати для аналізу температурних режимів.

На основі даних про порядок взаємодії у мережі 1-Wire, було розроблено алгоритм і реалізовано код збору і обробки температурних показників і занесення їх у масив для подальшої передачі через мережу (рис. 2). Програму реалізовано у середовищі Arduino IDE мовою Processing.

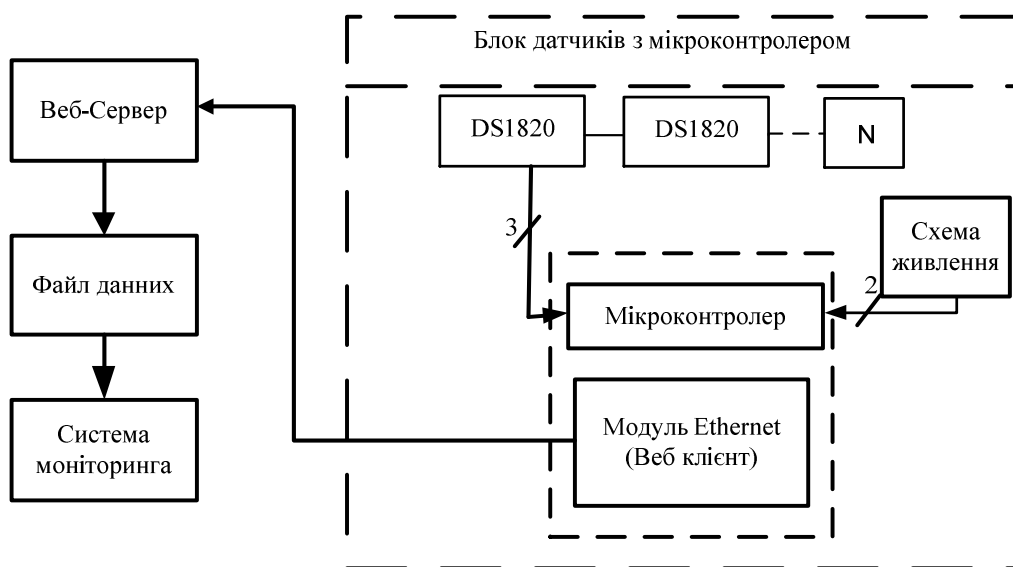


Рисунок 1 – Функціональна схема комплексу збору температурних показників та їх передачі на сервер

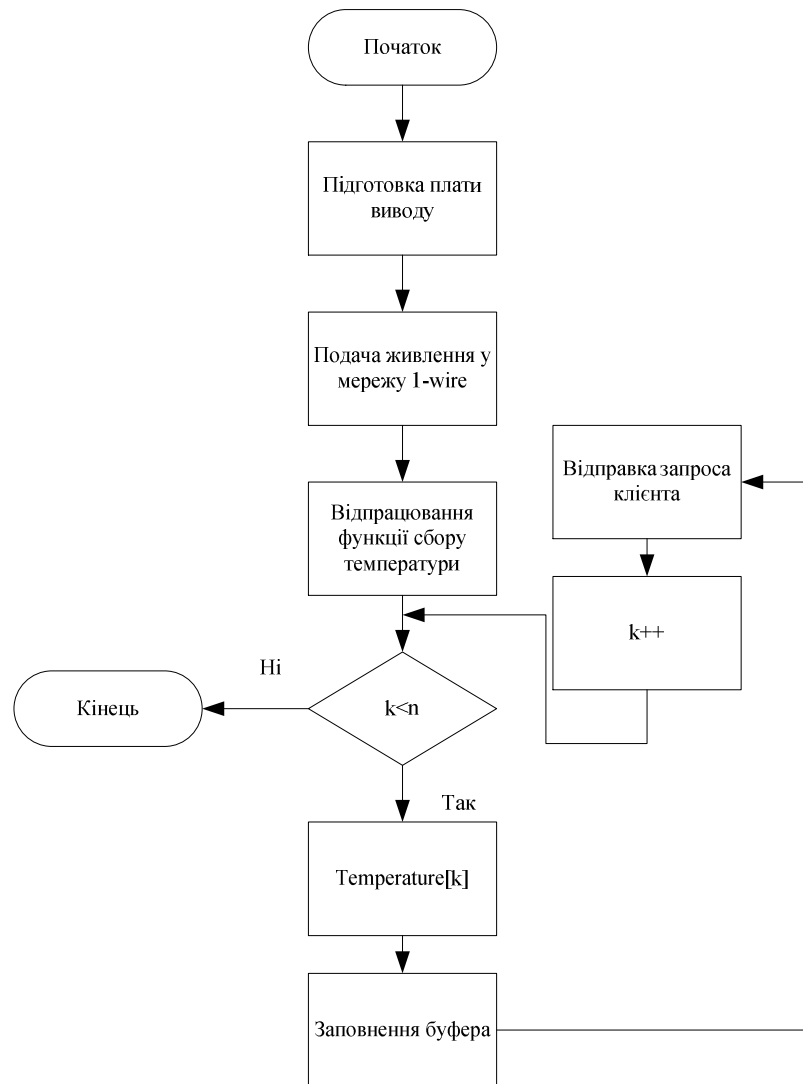


Рисунок 2 – Алгоритм передачі даних серверу.

Висновки. Розроблено систему віддаленого моніторингу через мережу Інтернет на базі плати Arduino, та мікроконтролера ENC28J60. Розроблено апаратне та програмне забезпечення для отримання температурних даних та їх віддаленої передачі через мережу Інтернет за допомогою протоколу TCP/IP. Даний пристрій володіє широким діапазоном вимірювання температури, простою конструкцією та може одночасно опрацьовувати до 10 сенсорів температури без підключення додаткового джерела живлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Офіційний сайт фірми National Instruments: Режим доступу www.ni.com/russia, www.ni.com/labview.
2. Климентьев К.Е. Основы графического программирования в среде LabVIEW: Учеб. пособие. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. - Самара, 2002 – 65 с.
3. Вальпа О. Современная среда разработки mikroC для программирования микроконтроллеров на языке высокого уровня Си. Современная электроника. 2010. № 6. – С. 64.

НАВЧАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ТЕОРІЇ ЦИФРОВИХ АВТОМАТІВ

М. С. Москаленко, студ., О. А. Рєзнік, ас.

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Україна, 39600*

Вступ. Активний розвиток нових технологій вимагає підвищувати вимоги до підготовки спеціалістів у галузі інформаційних систем та обчислювальної техніки. Очевидно, що підготовка розробників програмно-технічних засобів обчислювальної техніки (системотехніків) потребує більш глибокого вивчення процесів і явищ, що має місце безпосередньо в інформаційних системах, мережах, окремих дискретних автоматах. До таких предметів належить фундаментальна дисципліна «Основи теорії цифрових автоматів», яка фактично є одним із перших спецкурсів, який формує сутність і зміст напрямку 6.050211 «Системна інженерія». Цей предмет забезпечує теоретичну базу для подальшого виконання таких дисциплін «Основи функціонування обчислювальних машин», «Комп'ютерна електроніка» тощо, є продовження попередніх математичних розділів, зокрема «Дискретна математика» і має на меті ознайомлювати студентів з прикладними задачами розробки і функціонування цифрових автоматів різного типу і призначення. У різні періоди розвитку технологій змінювався характер технічних рішень, змінювалися акценти в теорії проектування цифрових автоматів. Так, сьогодні все більшого значення набувають нечітко сформульовані проблеми, які виникають у процесі поділу схем на блоки, просторового компонування схем тощо. Усе це потребує постійного розвитку і вдосконалення логічних методів проектування цифрових автоматів. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: роль і місце обчислювальної техніки в системах автоматизації і автоматизованого управління, інформаційні основи цифрових пристроїв, арифметичні і логічні основи побудови і роботи цифрових автоматів, способи завдання цифрових автоматів, принципи побудови і алгоритми роботи операційних і управляючих блоків цифрових автоматів; уміти: розробляти структури систем автоматичного і автоматизованого керування з використанням обчислювальних машин та цифрових автоматів іншого типу, вибирати цифровий автомат потрібного типу, а також необхідне програмне забезпечення для реалізації алгоритмів обробки інформації і керування в реальному масштабі часу, синтезувати структуру цифрового автомату згідно заданого алгоритму керування [1 – 3].

Мета роботи. Аналіз вимог та розробка структури комп'ютерної навчальної системи з дисципліни «Основи теорії цифрових автоматів».

Матеріал та результати дослідження. В даний час активно розробляються комп'ютерні інструментальні засоби для ведення навчальних курсів. Практично в усіх напрямках навчальних дисциплін створюються електронні підручники і самовчителі. Проте створення та організація навчальних курсів з використанням електронних навчальних засобів, особливо на базі Інтернет-технологій, є непростим технологічним та методичним завданням. У зв'язку з цим актуальною є розробка адекватних сучасним ідеям розвитку освіти концепції побудови і використання комп'ютерних навчальних засобів, зокрема електронних підручників. На рис. 1 представлена структура навчально-методичного комплексу з дисципліни «Основи теорії цифрових автоматів» [4, 5].

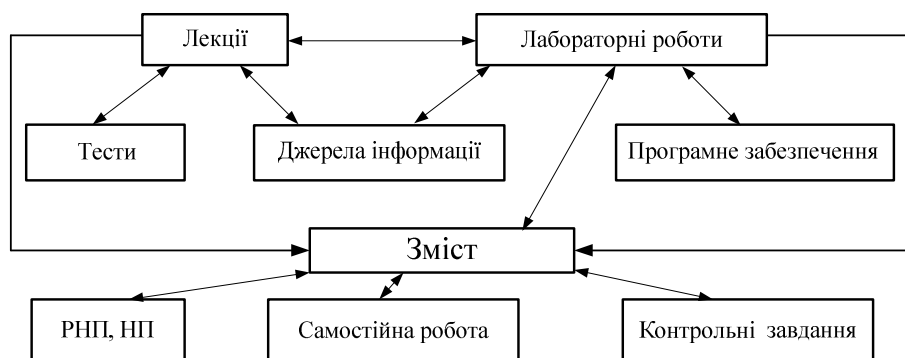


Рисунок 1 – Структура навчально-методичного комплексу з дисципліни

Задачами проведення лекцій є вивчення основних аспектів і принципів розробки цифрових автоматів. Відповідно до навчального плану дисципліни курс лекцій охоплює наступні теми: Вступ. Поняття про цифрові автомати, Представлення числової інформації в цифрових автоматах, Арифметичні дії з двійковими числами, Логічні основи ЦА, Аналіз і синтез комбінаційних схем, Схемотехніка цифрових автоматів, Способи подання ЦА, Синхронізація і забезпечення стійкості цифрового автомата, Структурний синтез цифрового автомата, Мікропрограмний автомат. Проводиться 7 лабораторних робіт: Дослідження булевих функцій двох змінних, Доведення основних законів алгебри логіки, Синтез комбінаційних схем, Дослідження і побудова керуючого

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ВИРОБНИЦТВІ, ЛАБОРАТОРНЕ ОБЛАДНАННЯ

алгоритму на основі спостереження за роботою системи, Синтез циклічних алгоритмів на прикладі роботи МП-9 (МП-11), Проектування цифрових автоматів з пам'яттю, Побудова мікропрограмного автомата на практичному прикладі.

Існує невелика кількість програмних пакетів, які можна використовувати для вивчення та дослідження цифрових автоматів. Наприклад, це програми CircuitMaker, Electronics Workbench, NI Multisim. Лабораторні роботи розроблені під програмний пакет Electronics Workbench, так як даний продукт являється одним з найвідоміших пакетів схематичного моделювання цифрових, аналогових та аналого-цифрових електронних схем високої складності. Electronics Workbench містить інструменти для моделювання, редагування, аналізу і тестування електричних схем. Програма має простий інтерфейс і ідеально підходить для початкового навчання електроніці. Бібліотеки пропонують величезний набір моделей радіоелектронних пристроїв найбільш відомих іноземних виробників з широким діапазоном значень параметрів. Крім цього, є можливість створення власних компонентів. Активні елементи можуть бути показані як ідеальні, так і реальними моделями. Всілякі прилади (мультиметри, осцилографи, вольтметри, амперметри, частотні графобудівники, динаміки, світлодіоди, лампи розжарювання, логічні аналізатори, сегментні індикатори) дозволяють проводити вимірювання будь-яких величин, будувати графіки. Electronics Workbench може провести аналіз ланцюга по постійному і змінному струмам, досліджувати перехідні процеси при будь-якому зовнішньому впливі за допомогою генераторів сигналу різної форми. Для більш детального аналізу програмний пакет який може працювати з PSpice і Micro-Cap. Electronics Workbench, дозволяє експортувати результати робіт у трасувальники Танго, Orcad, Protel, Орел і Layo1 [6].

В якості прикладу розглянемо доведення основних законів алгебри логіки в Electronics Workbench. Метою проведення лабораторної роботи є вивчення основних законів алгебри логіки та їх доведення з використанням логічних елементів І, АБО, НЕ. Досліджуємо закон асоціативності $x \cdot (y \cdot z) = (x \cdot y) \cdot z$, за допомогою логічного елемента І. Використовуючи програму Electronics Workbench, складемо схему лівої та правої частин закону.

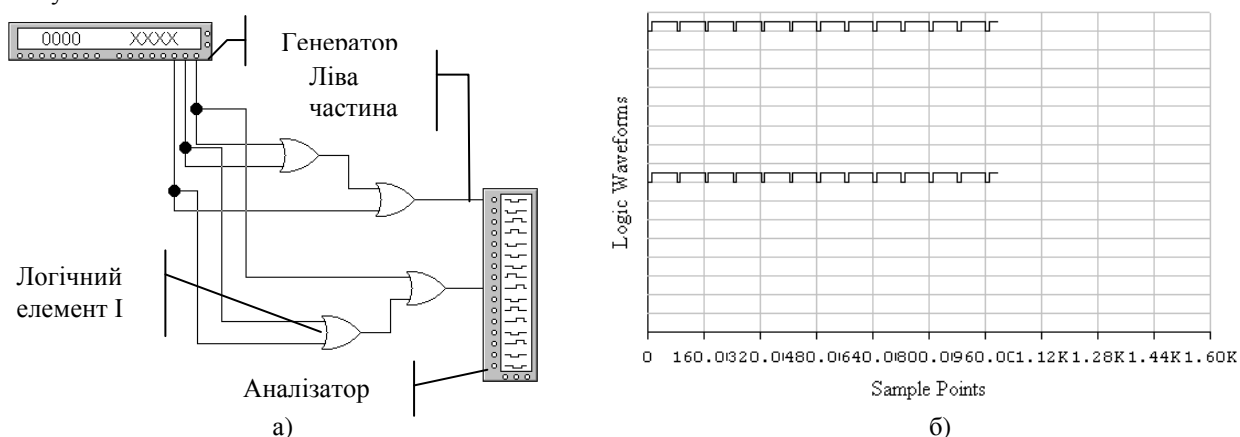


Рисунок 2 – Дослідження закону асоціативності:
а) Схема в Electronics Workbench, б) Часові діаграми закону асоціативності

На рис. 2, а представлена операція логічного множення (кон'юнкція), де входи логічних елементів І підключенні до генератора, а виходи до аналізатора, натиснувши на нього двічі лівою кнопкою миші ми можемо простежити роботу зібраної схеми, графік якої виведений на рис. 2, б. На графіку чітко простежується робота лівої та правої частин закону асоціативності, з якого видно, що закон алгебри-логіки доведений.

Висновки. Розглянуті питання стосовно самої дисципліни, а саме її мету та місце в навчальному процесі, структуру дисципліни, тематику курсу лекцій, лабораторних занять, самостійну роботу студентів, систему контролю знань студентів. Проведено аналіз програмних забезпечень для вивчення та дослідження цифрових автоматів. Розроблено приклад лабораторної роботи для дослідження законів алгебри логіки в програмному пакеті Electronics Workbench. У подальшому основним завданням буде розробка комп'ютеризованого навчально-методичного комплексу по вивченню дисципліни «Основи теорії цифрових автоматів».

ЛІТЕРАТУРА

1. Баранов С.И. Синтез микропрограммных автоматов. – Л.: Энергия, 1979. – 232 с.
2. Биков М.М. та ін. Операційні пристрої обчислювальних машин та систем. – К.: НМК ВО, 1991. – 200 с.
3. Биков М.М. Основи теорії цифрових автоматів. Електронний варіант. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 256 с.
4. Аванесов В.С. Научные основы тестового контроля знаний. М.: Исследовательский центр, 1994. – 135 с.
5. Аванесов В.С. Композиция тестовых заданий. Учебная книга для преподавателей вузов, учителей школ, аспирантов и студентов педвузов. М.: Адепт, 1998. – 217 с.
6. Карлашук В.И. Электронная лаборатория. Программа Electronics Workbench и ее применение – Солон-Р, 1999 – 506 с.

**ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ПО ІСЛЕДОВАНИЮ ХАРАКТЕРИСТИК СИНХРОННИХ
ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОСТОЯННИМИ МАГНИТАМИ ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАТЧИКА
ПОЛОЖЕНИЯ РОТОРА**

*А. В. Торопов, к.т.н., ст. преп., С. С. Великий, студ., А. С. Романенко, студ.
Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
пр. Победы, 37, 03056, г. Киев, Украина, e-mail: askpify@ukr.net*

Введение. В настоящее время для различных отраслей производства все большее распространение получают электроприводы на базе синхронных двигателей с постоянными магнитами. К их несомненным преимуществам относятся хорошие массогабаритные показатели, высокий коэффициент полезного действия (КПД) и абсолютная жесткость характеристики при регулировании скорости. Развитие в последнее время преобразователей частоты с векторным управлением позволило в этих приводах избавиться от одного из главных недостатков синхронных двигателей – необходимости использования датчика положения ротора. Благодаря этому, синхронный двигатель с постоянными магнитами стал одним из самых перспективных решений для большинства отраслей современной промышленности. Так, например, наметилась тенденция замены асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором синхронными в приводах лифтовых установок, конвейеров, насосов [1]. Соответственно, при подготовке специалистов по направлению «Электромеханика» возникает необходимость создания лабораторных стендов для изучения такого перспективного вида электропривода.

Цель работы. Анализ функциональных возможностей лабораторного стенда по исследованию синхронного двигателя с постоянными магнитами, работающего от серийного преобразователя частоты.

Материал и результаты исследования. На данный момент существует большое количество стендов по исследованию синхронных двигателей. Большинство из этих двигателей работает в режиме регулирования положения, скорости или крутящего момента с использованием датчика обратной связи по скорости [2, 3]. При этом студенты в первую очередь исследуют динамические характеристики электропривода, влияние коэффициентов регуляторов тока и скорости, а также анализируют преимущества применения более сложных алгоритмов управления.

Представленный лабораторный стенд создан в первую очередь для исследования статических характеристик синхронного двигателя при работе от преобразователя частоты. Внешний вид лабораторного стенда представлен на рис. 1.

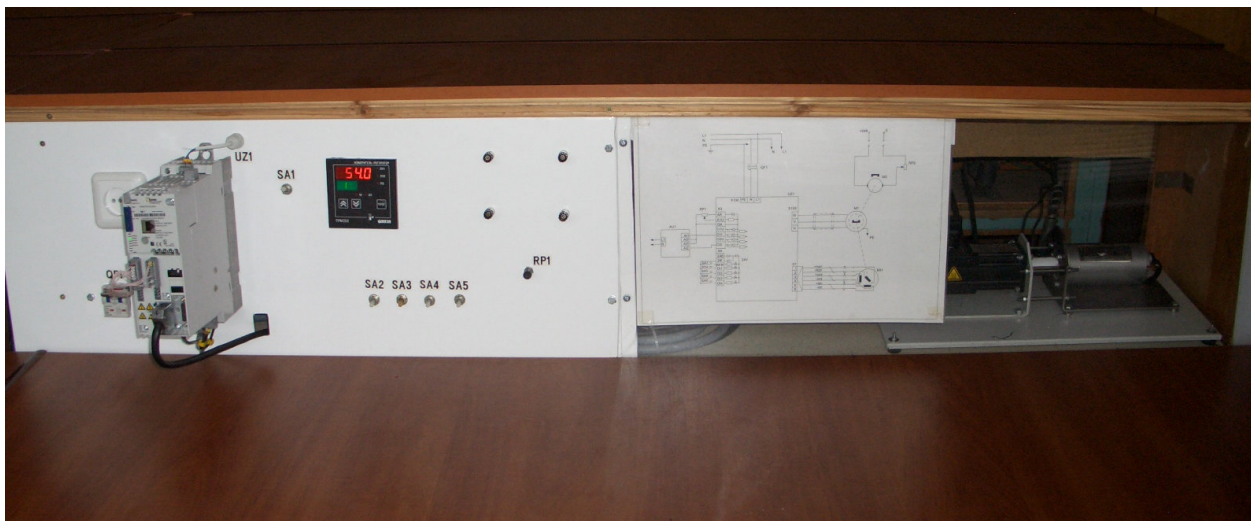


Рисунок 1 – Внешний вид лабораторного стенда с синхронным двигателем

Стенд состоит из панели управления и электромеханической системы, состоящей из синхронного двигателя с постоянными магнитами Lenze серии MCS и двигателя постоянного тока TRANSTECNO. В качестве датчика скорости используется синусно-косинусный вращающийся трансформатор (резольвер), установленный на валу синхронного двигателя. Для управления скоростью используется серийный преобразователь частоты LENZE 8400 Vector Topline. Этот преобразователь предназначен для управления асинхронными и синхронными трехфазными электродвигателями, причем как с датчиками обратной связи, так и без них. На представленном лабораторном стенде преобразователь частоты запрограммирован на режим бездатчикового управления синхронным двигателем с активированной конфигурацией табличного позиционирования. Для визуализации нагрузки двигателя и скорости его вращения используется двухканальный измеритель универсальных сигналов

TRM202 ОВЕН. При этом сигнал по скорости передается с резольвера вначале на преобразователь частоты, затем программно масштабируется и с помощью аналогового выхода 0..10 В уже передается на измеритель универсальных сигналов. Для формирования задания скорости на панели управления используется потенциометр PR1, переключатели SA1,...,SA5 служат для переключения режимов работы преобразователя частоты.

Особенностью преобразователя частоты 8400 Vector Topline является то, что при запуске синхронного двигателя без датчика положения ротора он работает в режиме стабилизации тока статора на низких частотах. На средних и высоких частотах активизируется внешний контур регулирования скорости, где скорость вычисляется с помощью математической модели двигателя, заложенной в память преобразователя. Таким образом, преобразователем формируется «экскаваторная» характеристика, которую студенты снимают при выполнении работы. Нагрузка изменяется с помощью реостата, включенного в цепь якоря двигателя постоянного тока, работающего в режиме электродинамического торможения.

Помимо этого, представленный лабораторный стенд позволяет исследовать работу позиционного электропривода, причем как с датчиком обратной связи, так и без него. Режимы работы 8400 Vector Topline переключаются с помощью тумблеров SA2,...,SA5, в частности:

- режим управления скоростью;
- режим поиска ноль-метки;
- режим ручного управления положением;
- режим позиционирования по заданному профилю.

Особое внимание уделяется анализу поведения электропривода при различных алгоритмах поиска ноль-метки. На лабораторном стенде могут быть реализованы следующие алгоритмы поиска:

- поиск сигнала стробирующего импульса (моделируется срабатыванием тумблера SA4, а после реверса электропривода – его отключением);
- поиск сигнала концевого выключателя (моделируется срабатыванием тумблера SA5).

При анализе режима позиционирования по заданному профилю студенты наблюдают за поведением и точностью отработки положения при перемещении с заданными ускорением и замедлением, а также активированной функцией «дотягивания» к опорной точке.

Настройки каждого из режимов могут быть изменены студентом с ноутбука, на котором установлено программное обеспечение «L-force Engineer». Подключение преобразователя частоты к ноутбуку осуществляется с помощью адаптера E94ZACUS USB/RS422, используемого для диагностики и программирования. Следует отметить, что при подключении к ноутбуку становится возможным исследование динамических характеристик при отработке профиля перемещения, пуске и остановке двигателя, поскольку в «L-force Engineer» имеется встроенная функция осциллографа. Помимо этого, у студентов появляется возможность корректировать параметры пропорционально-интегрального (ПИ) регулятора скорости, в частности, исследовать их влияние на жесткость механической характеристики электропривода, а также качество переходных процессов.

Выводы. Разработанный лабораторный стенд позволяет исследовать статические характеристики перспективной системы электропривода «преобразователь частоты – синхронный двигатель с постоянными магнитами»; проводить оценку работы двигателя в режимах регулирования скорости и стабилизации тока, а также поведения привода при переключении режимов. При использовании ноутбука появляется возможность снятия и анализа динамических характеристик электропривода при позиционировании. В дальнейшем планируется реализовать программное переключение преобразователя частоты из режима бездатчикового управления в серворежим для наглядной демонстрации преимуществ замкнутых систем управления синхронными двигателями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Solutions for lift industry drive packages, inverter drives, accessories [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://www.yaskawa.eu.com/ru/drives-motion/lift-motors/brochures.html?eID=dam_frontend_push&docID=2386
2. А. В. Торопов, С. А. Баранов, К. А. Черняев, М. А. Гуменюк. Лабораторный стенд по исследованию электромеханических систем с двигателями переменного тока // Электромеханические и энергетические системы, методы моделирования и оптимизации. X Международная научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов. Кременчуг, 28 – 29 марта 2012 г. – Кременчуг: КрНУ, 2012. – С. 176–177.
3. Полилов Е.В. Практическая реализация разрывных алгоритмов в системах управления синхронными электродвигателями /Е.В. Полилов, А.М. Батрак, Е.С. Руднев // Вісник КДУ імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДУ імені Михайла Остроградського, 2010. – Вип. 3/2010 (62). – Ч.1. – С.30–36.

ANALOGUE PULSE GENERATOR FOR MULTI-LEG BOOST CONVERTER

J. Perduľak, Ing., D. Kováč, Prof.

Dept. of Theoretical and Industrial Electrical Engineering, Technical University in Košice,

Katedra teoretickej a priemyselnej elektrotechniky, FEI TUKE, Park Komenského 3, 042 00 Košicy, Slovakia

e-mail: jan.perdulak@tuke.sk, dobroslav.kovac@tuke.sk

Introduction. This article deals with design control for novel concept of multi-leg boost converter. This new concept allows effective utilization of energy from input source. The effective utilization of input energy is ensured by adding five parallel legs to the conventional single-leg boost converter. Appropriate algorithm of switches control allows converter to take the input source energy one of these six parallel legs in every moment. The simulation and experimental models were built and measured to verify the theoretical properties of design control and correct function of multi-leg boost converter.

Aim of the research. Development of multi-leg boost converter control structure with high efficiency of energy conversion.

Experimental part and result obtained. This paper presents the novel concept of control of multi-leg boost converter (MLBC) with high efficiency of energy conversion shown in Figure 1. The high efficiency of energy conversion is ensured by adding five parallel legs to the conventional single-leg boost converter. The suitable algorithm of switches control in particular legs ensures that the almost whole input source energy to the converter is effective utilized.

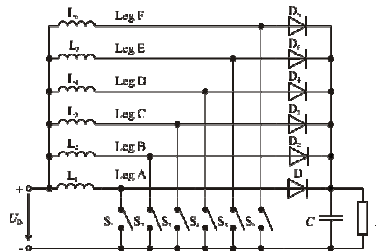


Figure 1 – Proposed topology of MLBC

The correct function of MLBC is ensured by suitable algorithm of design control which allows effective utilization of converter input energy. The main idea of design control is to create the six time-shifted pulses to cover the whole period T of delivering the converter input energy to the load Z . The proposed control structure is shown in Figure 2.

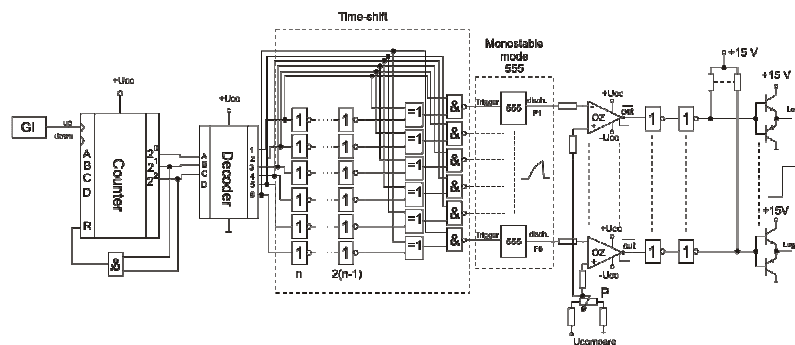


Figure 2 – Proposed control structure of MLBC

Pulse generator signal is connected to the input of counter. The counting of counter is limited to six because six legs of MLBC. The switching frequency of MLBC is set to $f_s = 50$ kHz so the frequency of pulse generator signal has to be set at $f_{PG} = 300$ kHz.

The counter output signal enters to the BCD (**B**inary **C**oded **D**ecimal) to decimal decoder. The decoder ensures six output signals to control six legs of MLBC. The correct time-shift is ensured by means of basic logical operation executing by basic logic elements in block Time-shift. The time-shifted signals enter to the 555 timer which works in monostable mode. Triangle signal is taken from discharge pin of 555 timer and enters to the operational amplifier (OA) which works as comparator. OA compares the triangle signal with voltage $U_{compare}$. The voltage level $U_{compare}$ is sets by means of potentiometer P and thus the different values of duty cycle z can be set.

The simulation model of proposed control structure of MLBC converter, shown in Figure 3, was created in simulation environment OrCAD Capture CSI to verify its theoretical properties.

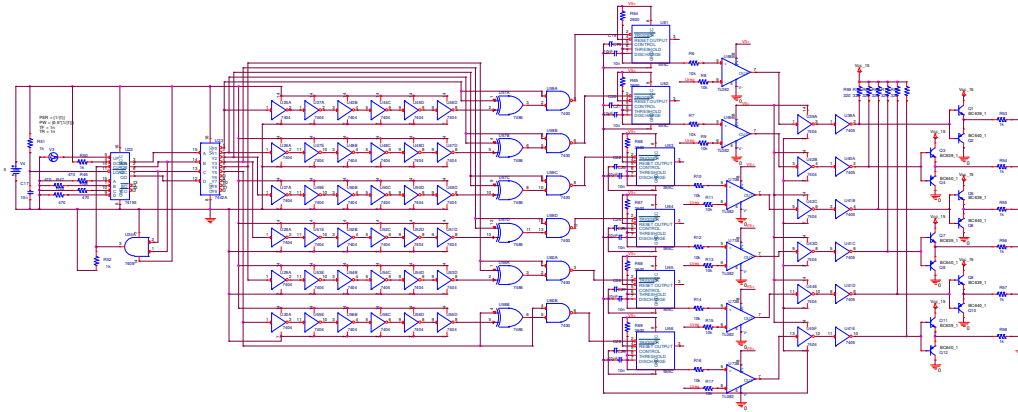


Figure 3 – Simulation model of proposed control structure

Pulse generator output enters to the simulation model (input UP) of counter IO 74 193. The counting of counter is limited to six. Outputs ($Q_1 - Q_3$) of IO 74 193 enter to the inputs of simulation model of DCB to decimal decoder IO 7442. Figure 4 a) shows all six legs shifted short negative pulses entering to the trigger input of timer 555 and the triangle output signals are taken from discharge (Disch.) pin of timer 555. OA compares the triangle output signal with voltage $U_{compare}$ and the output of OA is set to desired level to control the switches in particular legs of MLBC as is shown in Figure 4 b). All six control signals are shown in Figure 4 c).

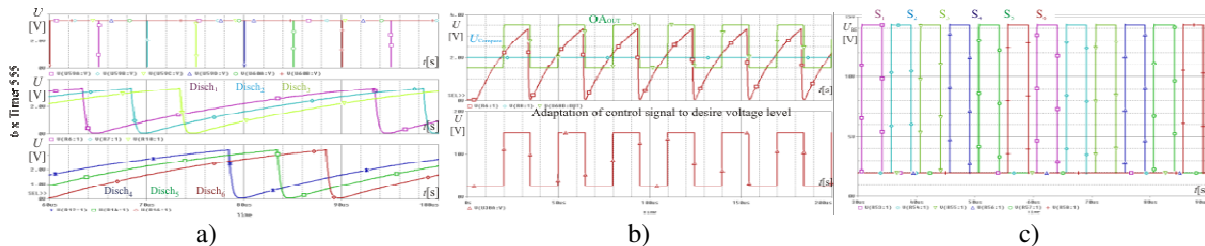


Figure 4 – Simulation results

The laboratory model of control structure was built and tested to verify the principle of the operation. The following oscillograms fully confirm the theoretical and simulation assumes and thus only the particular oscillograms shown in Figure 5 are placed in this part.

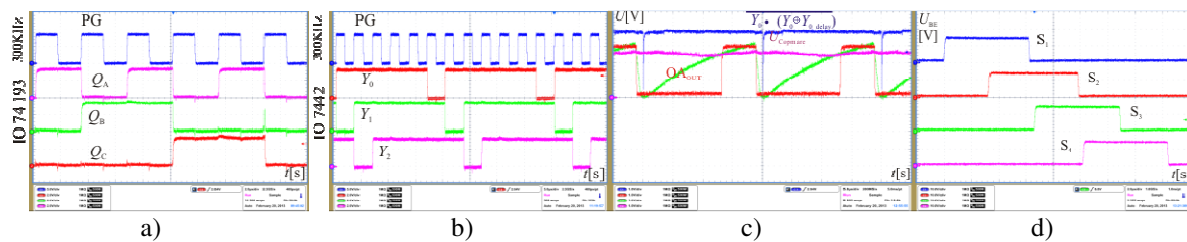


Figure 5 – Experimental results

Conclusions. The designed control structure ensures that the MLBC works with high efficiency of energy conversion in compare with SLBC. The MLBC continually delivers the input source energy to the load Z using six parallel legs. In this case, the time interval when the output energy is equal to zero is removed.

ACKNOWLEDGMENT

The paper has been prepared under support of Slovak grant project KEGA No. 005TUK-4/2012.

Volkswagen Slovakia Foundation, grant no. 041/13_RT – Fast charger for electromobles based upon the principle of directed energy transfer by air.



REFERENCES

1. Kazimierczuk, K.M.: Pulse-width Modulated DC-DC power Converters. New York, USA: John Wiley & Sons, Ltd, 2008. s. 810. ISBN 978-0-470-77301.
2. Kováč, D., Kováčová, I. – Patent application No.00150-2010 titled as „Multiphase boost DC/DC converter“.
3. Kováč, D., Kováčová, I., Perduľak, J., Vince, T., Molnár, J. – Patent application No.00097-2011 titled as „Control pulse generator for multiphase DC/DC boost converter.“

**ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПОШУКУ ДІЙНОГО МАКСИМУМУ
ІНТЕНСИВНОСТІ ФЛЮОРЕСЦЕНТНОГО СИГНАЛУ**

О. М. Халімовський, к.т.н., доц.

Національний технічний університет України «КПІ»

Проспект Перемоги 37, 03056, м. Київ, Україна, e-mail: o.khalimovsky@ukr.net

О. І. Афійчук, студ.

Вступ. Для тестування структур біологічних матеріалів за допомогою оптичних методів дослідження [1, 2], визначення максимуму інтенсивності флюоресценції розчину барвника при різних кутах падіння лазерного випромінювання можливо забезпечити використанням системи, що розроблена в роботах [3, 4]. При цьому алгоритм функціонування системи автоматичного пошуку максимуму інтенсивності флюоресцентного сигналу повинен забезпечити задану точність визначення максимуму інтенсивності шляхом зміни положення валу п'єзоелектричного двигуна (ПЕД). “Задана” точність визначення максимуму інтенсивності флюоресцентного сигналу залежить від властивостей матеріалу, що досліджується. У кроковому режимі роботи ПЕД відпрацювання кута повороту валу в межах 0.1° такої системи для заданої точності вимірювання інтенсивності дозволяє отримати її умовний максимум. Визначення дійсного значення максимуму передбачає вимірювання сигналу інтенсивності флюоресценції при умові відсутності обмежень тривалості часу експозиції та можливості відпрацювання кутового кроку валу двигуна з мінімальною кількістю періодів збудження ПЕД.

Мета роботи. Розробити структуру системи пошуку екстремуму та принципи побудови алгоритму її функціонування для забезпечення визначення дійсного значення максимуму інтенсивності флюоресцентного сигналу.

Матеріал та результати досліджень. Використання ПЕД для пошуку екстремуму сигналу інтенсивності флюоресценції дозволяє забезпечити необхідний напрямок дії променя лазера та зміну його напрямку в процесі сканування. Величина кутового кроку ПЕД залежить від кількості періодів його збудження. В системах з підвищеною точністю позиціонування, необхідно враховувати різні значення кутових кроків для однакових за тривалістю імпульсів збудження при прямому та зворотньому напрямку руху валу двигуна. Кількість кутових кроків та шпаруватість імпульсів, необхідно, також корегувати з урахуванням швидкості руху. Така корекція визначається наявністю залежності помилки відпрацювання заданого кута повороту від швидкості $\omega_{об}$ ПЕД. Умова

$$\omega_{об} \leq \frac{\varphi_{поз}}{k} \quad (1)$$

при відпрацюванні положення $\varphi_{поз}$ валу двигуна у кроковому режимі забезпечить “задану” точність його позиціонування. Коефіцієнт k визначає ступінь залежності $\varphi_{поз} = f(\omega_{об})$ та має різні значення при зміні напрямку обертання двигуна. При розробці алгоритму функціонування системи пошуку екстремуму з заданою величиною помилки вимірювання інтенсивності флюоресцентного сигналу, треба враховувати можливу похибку відпрацювання кута повороту валу при різних швидкостях руху. Розбіжність відпрацювання заданого кута повороту для двигуна РМ-20R у кроковому режимі роботи знаходиться в межах від 30 до 120 кутових секунд на один оберт [5]. Необхідне положення валу ПЕД, в процесі вимірювання інтенсивності з заданою величиною похибки, можливо забезпечити формуванням сигналу керування з різною частотою слідування імпульсів живлення та їх шпаруватістю. Визначення сигналу керування ПЕД для кожного наступного кутового кроку відбувається після відпрацювання заданого кута повороту валу двигуна та оцінки відхилення значення інтенсивності флюоресценції, що вимірюється, від її величини, обрахованої за відомим виразом $I = f(\varphi_{поз.})$. В результаті роботи системи [5] визначається максимум інтенсивності флюоресцентного сигналу з похибкою, меншою за задану – так званий її умовний максимум.

Для системи [3, 4] точність визначення максимуму інтенсивності обмежена показниками якості підсистеми позиціонування. У разі необхідності підвищення точності визначення дійсного максимуму сигналу флюоресценції в межах розбіжності відпрацювання заданого кута повороту валу двигуна пропонується застосування системи пошуку екстремуму зі структурою, що представлена на рисунку 1.

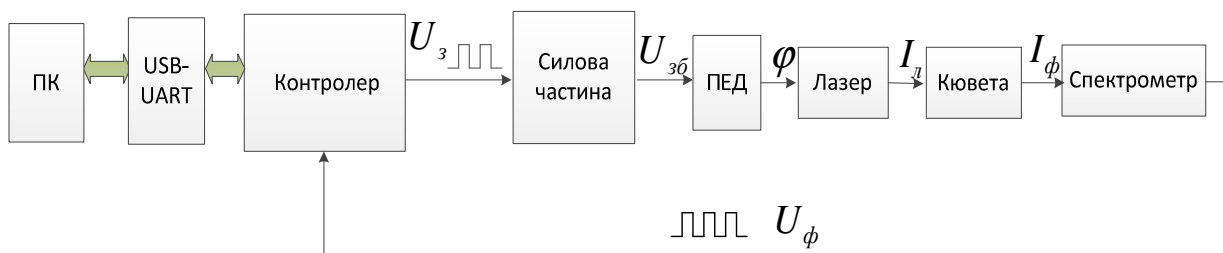


Рисунок 1- Функціональна схема системи

Перевагою структури системи (рис.1), порівняно зі структурою системи, що розглянута в роботах [3, 4], є відсутність підсистеми позиціонування з контуром положення. Така структура системи спрощує алгоритм її функціонування. Формування сигналу керування ПЕД відбувається після оцінки похибки визначення інтенсивності флюоресцентного сигналу та обрахування характеру та тривалості наступного періоду збудження імпульсу живлення. Для двигунів типу РМ-20R та РМ-22R за даними роботи [5] тривалість таких імпульсів може складати 3-10 періодів збудження. Статистична розбіжність, що існує при відпрацюванні кута повороту валу при різних швидкостях руху ПЕД [5], не дозволяє аналітично, в межах діапазону цих розбіжностей, попередньо оцінити точність відпрацювання кутового положення валу та сформувати сигнал керування двигуном. Тому свідоме наближення до значення умовного максимуму інтенсивності флюоресценції обмежено величиною статистичної розбіжності відпрацювання кутового переміщення.

В системі, що розробляється, для визначення “дійсного” значення екстремуму в межах помилки, меншої за “задану”, пошук екстремуму продовжується з урахуванням характеру зміни інтенсивності, що визначається на останніх кутових кроках. Залежність відносної погрішності вимірювання сигналу інтенсивності флюоресценції I від часу експозиції має гіперболічний характер. Для тривалості часу експозиції 100мс, величина відносної погрішності складає приблизно 1% [3]. При необхідності, визначення “дійсного” значення екстремуму відбувається при збільшенні тривалості часу експозиції $t_{ексн.} > 100$ мс. Згідно з алгоритмом функціонування системи, формування сигналу завдання та подальший напрямок руху визначаються при зміні знаку та величини Δ . Знак та, необхідне для подальшого розрахунку, чисельне значення величини Δ обраховуються за виразом:

$$\Delta = \frac{I_n - I_{n+1}}{\varphi_n - \varphi_{n+1}}, \quad (2)$$

де: $I_n, I_{n+1}, \varphi_n, \varphi_{n+1}$ – інтенсивність флюоресцентного сигналу і кут обертання валу на n -ому, та $n+1$ кроці завдання сигналу керування ПЕД. Якщо знак величини Δ , при наближенні до величини дійсного значення максимуму інтенсивності I , змінюється з “+” на “-”, система оцінює відхилення вимірної інтенсивності I_n сигналу флюоресценції від максимуму її обрахованого значення, визначає напрямок подальшого руху валу двигуна та формує наступний сигнал керування ПЕД для відпрацювання відповідного кутового кроку.

Як відомо [5], в діапазоні від 3 до 5 періодів збудження мінімальний крок кутового переміщення валу ПЕД наближається до 2 кутових секунд. При такому кроці кутового переміщення можна значно підвищити точність визначення максимуму інтенсивності флюоресцентного сигналу з помилкою, меншою за задану в межах чутливості приладів вимірювання інтенсивності I . Для мінімізації часу пошуку максимуму інтенсивності, кількість періодів збудження розраховується з урахуванням точності вимірювання I . Після визначення “дійсного” максимуму інтенсивності флюоресцентного сигналу корегується алгоритм роботи системи.

Висновки. Для визначення максимуму інтенсивності флюоресцентного сигналу розроблено структуру системи (рис. 1). Особливістю структури системи є відсутність, наявної в структурі системи пошуку екстремуму [3, 4], підсистеми позиціонування. При застосуванні ПЕД для відпрацювання необхідного кутового кроку сформульовані принципи побудови алгоритму функціонування системи. Сигнал “дійсного” максимуму флюоресценції можливо отримати при умові відсутності обмежень тривалості часу експозиції вимірювання сигналу інтенсивності ($t_{ексн.} > 100$ мс).

Враховуючи можливість позиціонування валу ПЕД з мінімальним кроком кутового переміщення, що наближається до 2 кутових секунд, при умові відсутності обмежень по часу вимірювання сигналу інтенсивності, викрестання запропонованого алгоритму функціонування системи дозволить визначити дійсний максимум інтенсивності флюоресцентного сигналу при тестуванні властивостей біологічних матеріалів та наноструктур в автоматичному режимі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Riehemann K. Nanomedicine – challenge and perspectives / K. Riehemann, S. W. Schneider, T. A. Luger [et al.] // *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.* – 2009. – Vol. 48, № 5. – P. 872–897.
2. Lakowicz J. R. Plasmon-controlled fluorescence: a new paradigm in fluorescence spectroscopy / J. R. Lakowicz, K. Ray, M. Chowdhury [et al.] // *Analyst.* – 2008. – Vol. 133. – P. 1308–1346.
3. Халімовський О.М., Чегель В. І., Литвин В. К., Лопатинський А. М. Розробка системи пошуку максимуму інтенсивності флюоресцентного сигналу при тестуванні структур біологічних матеріалів. // *Оптико-електричні інформаційно енергетичні технології*. ВНТУ. Том 26, №2 (2013) с.72-74.
4. Халімовський О.М., Чегель В. І., Литвин В. К., Лопатинський А. М. Автоматизація процесу тестування властивостей біологічних матеріалів та наноструктур. // *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Серія: «Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика (спеціальний випуск)». – 2013. – № 36 (1009). – С. 514–515.
5. Белова А. В., Петренко С.Ф. Исследование характеристик пьезоэлектрического двигателя в системах позиционирования. // *Вісник НТУУ-«КПІ»*, Серія приладобудування. – 2008. – Вип. 35. – С. 69-76.

СПИСОК АВТОРІВ

A	
Artemenko A.	71
B	
Bačko M.	144
Boško L.	215
Bučko R.	259
D	
Dziak J.	15
H	
Hocko P.	273
Hodulíková A.	146
K	
Kováč D.	17, 298
Koval I.	206
Kovtun A.	67
Kravchenko O.	287
Kuksa O.	257
M	
Mako R.	146
Mosiundz A.	243
Mosyundz D.	177
O	
Ocilka M.	17
P	
Perduľak J.	298
R	
Romashykhin Yu.	130, 142, 215
Rosenko Zh.	71
Rudenko N.	130, 142
T	
Tomčíková I.	15
Tkachenko Y.	215
U	
Usenko O.	287
V	
Vince T.	273
Y	
Yukhimenko M.	67
A	
Аксенов В. П.	73, 266
Алексеева Ю. А.	132
Андропова О.В.	268
Антоневич О. О.	223
Антоневич Я. К.	223

Артеменко А. М.	283
Афійчук О. І.	300
Б	
Бабенко В. О.	65
Баганов Є. О.	171
Базалійський Д. В.	289
Базилшин М. Ю.	19
Бауліна М. А.	183
Бердай Абдельмажид	29
Бибик О. М.	275
Богодист Ф. Є.	163
Богусевський В. С.	197, 210, 223, 225
Боднар Д. О.	134
Бойко Л. Г.	148, 263
Бойко М. Б.	77
Бойко С. Н.	21
Бондаренко Є. К.	202
Бондаренко Ю. О.	233
Борохович С. І.	268
Босак А. В.	23
Браташ О. В.	128
Бугро Н. С.	276
Бур'ян С. О.	69, 134
В	
Великий С.С.	296
Власенко Р. В.	227
Волжан М.Н.	150, 172
Г	
Ганжа М. О.	283
Герасименко Р. В.	169
Гинькут О.В.	277
Гладир А. І.	93, 95, 190, 229, 231
Годунко М. О.	213
Гончар А. С.	85
Гордієнко Н.О.	266
Горкунов Б. М.	199
Горкунова И. Б.	199
Грабівський К. П.	204
Гуденко А. Е.	148
Гудь В.М.	235
Гула А. С.	81
Д	
Джаманбаев М.А.	59, 112

СПИСОК АВТОРІВ

Дорошенко А.Л.	25
Доценко О.Б.	61
Дяченко В.А.	21
Довбиш А. О.	192
Є	
Ємець В. І.	249
Ж	
Жук С. В.	200, 202, 204
З	
Забайрацький М. І.	197
Загорулько В. В.	190
Затирка Ю. И.	61
Зачепа Ю. В.	153, 161
Зубова К. М.	225
І	
Істоміна Н. М.	136
К	
Кабаковський Р. Ю.	285
Калінов А. П.	27, 33, 47, 79, 128, 184
Калмыкова А. И.	181
Камєнцев Б. Б.	33
Капусняк О. О.	202
Карасєва Л. Б.	35, 45, 275, 279
Карайбіда Т. В.	150, 165
Качалка В. Ю.	169
Кобилянський М. А.	208
Коваленко О. І.	29
Коваль Т. П.	269
Ковальчук А. І.	251
Ковальчук В. Г.	114, 186
Коека Т. Н.	153
Козакевич І. А.	75, 83, 237
Колот М. А.	219
Колотило І. А.	239
Конох І. С.	31, 140, 277
Коренькова Т. В.	77, 89, 91, 114, 186
Коротков А. В.	219
Костенко П. П.	291
Кравець М. В.	35
Кравець О. М.	33, 77, 89, 91
Красильникова Д. Ю.	89, 91
Кулагін Д. О.	37
Кулинич І. С.	31

Курак В. В.	268
Курись Л. В.	155
Л	
Лазаренко Н.Г.	157
Лєвшов А. В.	219
Лециук О. Ю.	93, 95, 190, 229, 231
Лисютенко І. Ю.	75
Лісняк А. С.	269
Ломонос А. І.	39, 159, 188
Лосіна К. І.	253
Львов С. Г.	199
М	
Маліновський С. В.	279
Малякова М. С.	41
Мамчур Д. Г.	93
Манько Р. М.	221
Масливець А. В.	195
Мельников В. О.	27, 79
Микитенко Н. М.	188
Миколаєнко Ю.О.	43
Минко А. Н.	241, 247
Мірошніченко В. А.	208, 255
Мокрий А. Ю.	77
Молодика І. С.	192, 261
Москаленко М. С.	294
Мосюндз Д. А.	39, 174
Мошковський В.Ю.	116
Мошноріз М. М.	289
Н	
Нагуляк С. А.	45
Найда В. В.	140, 292
Наумов О. Е.	181
Наумчук Л. М.	69
Нестеров І. О.	47, 285
Нетесанный А. П.	161
Нечитайло Є. В.	39
Нікітіна А. В.	163
Ноженко В. Ю.	97, 100, 263
Носач Е. В.	255
Носуль Р. В.	49
О	
Овчаренко М. В.	171
Оганєсян В. О.	151

СПИСОК АВТОРІВ

Огарь В. О.	102, 107, 271
П	
Павленко І. І.	213
Перекрест А. Л.	109, 150, 195
Петриченко А.А.	118
Петрученко А.О.	23
Пожар Я. А.	291
Поленок В.В.	51
Попова Е.А.	23
Потапов А.Л.	120, 122
Приймак Б.І.	124
Приходько В. О.	253
Р	
Резник Д. В.	138
Резнік О. А.	294
Романенко А. С.	296
Романенко С. С.	165, 172, 217
Романець Д. В.	179
Романов В. Ю.	29
Романченко Ю. А.	245
Романчук Ю. І.	251
Ромашихин Ю. В.	116, 120, 138
С	
Самарай Р. В.	210
Саприкін Є. Д.	237
Сергеева К. О.	212
Сергієнко С. А.	53, 184
Сердюк А. А.	77, 186
Синчук О. Н.	105
Сиротін Я. В.	285
Скачок О. Е.	197
Слободенюк Д. В.	55
Сменова Л. В.	126
Стецик А. І.	204
Сукач С. В.	208
Сулим А. О.	159, 188
Сухенко В. Ю.	197
Сухоніс Т. Ю.	57
Т	
Тіщенко О. О.	199, 281

Токенов Н. П.	59, 112
Торопов А. В.	296
Ф	
Федоров А. Ю.	167
Федорова Я. В.	63
Х	
Хай В. М.	251
Ханкишиєва М. С.	63
Харитонов А. А.	105
Хребтова О. А.	221
Хребтова Т. О.	184
Христовий Б. А.	221
Худяев А. А.	51
Халімовський О. М.	300
Ч	
Чабан С. А.	292
Ченчевой В. В.	87, 102, 107
Чермалых А. В.	61
Черная В. О.	63
Чистяков П. Р.	109
Ш	
Шаповал І.А.	25
Шведчикова І.А.	245
Шевченко В. В.	241
Шейнога О.В.	53, 184
Шеремет А. И.	73
Шиманська А. А.	249
Шимко О.Є.	124
Шишков С.Ю.	33
Шишковська О.С.	261
Шокарьов Д. А.	81
Шокур В. О.	190
Ю	
Юдина Г. Г.	263
Юхименко М. Ю.	65
Юшко Д. С.	217
Я	
Ялова О. М.	183
Яровий С.С.	33

<p><i>Дж. Дзяк, І. Томчікова</i> Аналіз моделей статичних діодів для задач моделювання електричних кіл Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 15–16. Розглянуто можливі варіанти побудови статичних моделей діодів з огляду на можливість їх симуляції та аналізу за допомогою табличних методів.</p>	<p><i>J. Dziak, I. Tomčíková</i> Overview of static diode model for circuit simulation Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 15–16. The suitable static diode models for circuit simulation using Sparse Tableau Analysis are analyzed in this article.</p>
<p><i>Д. Ковач, М. Оцилка</i> Перевірка діелектричної проникності з використанням середовища COMSOL Multiphysics Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 17–18. У статті наведено результати експериментальної перевірки діелектричної проникності з використанням розробленої у середовищі COMSOL Multiphysics вимірювальної системи. Дана вимірювальна система може використовуватися у навчальному процесі для пояснення студентам принципів електромагнітних явищ та для виконання практичних експериментів.</p>	<p><i>D. Kováč, M. Ocilka</i> Verification of dielectric constant using COMSOL Multiphysics Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 17–18. An experimental verification of dielectric constant using developed measurement system in COMSOL Multiphysics environment was done. This measurement system could be used in educational process for students to better understand the phenomenon of electromagnetism and for practical experiments.</p>
<p><i>М. Ю. Базишин</i> Використання засобів автоматизації для ідентифікації параметрів асинхронних двигунів енергетичним методом Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 19–20. В роботі проведені дослідження щодо автоматизації параметрів асинхронного двигуна. Розглянуто енергетичний метод як один з найбільш перспективних в автоматизованому визначенні параметрів асинхронного двигуна. Запропоновано альтернативний метод автоматизованого визначення параметрів. Розглянуті апаратні та програмні модулі ідентифікаційного комплексу.</p>	<p><i>M. Bazyshyn</i> The usage of automation methods for identification of induction motors parameters by energy method Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 19–20. The paper deals with the research of automation of induction motors parameters. The energy method has been analyzed as one of the most promising methods for automated determination of induction motors parameters. An alternative method for the parameters automated determination has been offered. Hard- and software modules of identification complex have been considered.</p>
<p><i>С. Н. Бойко, В. А. Дяченко</i> К вопросу использования возобновляемых источников энергии для электроснабжения пассажирских вагонов Енергетика та енергетичні системи. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 21–22. Обоснована возможность использования возобновляемых источников энергии для электроснабжения пассажирских вагонов.</p>	<p><i>S. Boiko, V. Diachenko</i> To the question of the use renewable energy sources for elektrosnabzhenyya of passenger carriages Energetics and energetic systems. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 21–22. Possibility of the use is grounded renewable sources of energy for elektrosnabzhenyya of passenger carriages.</p>

<p><i>А. В. Босак, А. О. Петрученко, Е. А. Попова</i> Управление позиционным электроприводом с системой нечеткой коррекцией скорости Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчуці 10 – 11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 23–24. Рассмотрен способ построения структурной схемы и компьютерное моделирование позиционной системы управления асинхронным частотно-регулируемым электроприводом с использованием ПИД – регулятора с нечеткой коррекцией.</p>	<p><i>A. Bosak, A. Petruchenko, Ye. Popova</i> Positional electric control with variable displacement given fuzzy correction rate Electromechanical and energy systems, simulation and optimization techniques. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10 – 11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 23–24. A method for constructing the block diagram and computer modeling positional control system AC variable frequency electric drive using PID - controller with fuzzy correction is described above.</p>
<p><i>А. Л. Дорошенко, І. А. Шаповал</i> Дослідження алгоритмів керування електромагнітним моментом машини подвійного живлення Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10 – 11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014 – С. 25–26. В даній роботі проведено дослідження алгоритмів керування електромагнітним моментом машини подвійного живлення. Запропоновано методи керування електромагнітним моментом шляхом регулювання струмів статора та/або струмів ротора.</p>	<p><i>A. Doroshenko, I. Shapoval</i> The study of a doubly fed induction machine electromagnetic torque control algorithms Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10 – 11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 25–26. In this paper the study of a DFIM electromagnetic torque control algorithms have been carried out. The control methods of electromagnetic torque by regulating stator and/or rotor currents have been proposed.</p>
<p><i>А. П. Калінов, В. О. Мельников</i> Идентификация параметров асинхронного двигателя у передпусковом периоде у складі електропривода з векторним керуванням Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 27–28. Представлено метод визначення електромагнітних параметрів асинхронного двигуна у складі електропривода з векторним керуванням шляхом задання у передпусковому періоді тестових впливів на обмотки статора у вигляді синусоїдних напруг низької частоти та визначення міжфазних параметрів схеми заміщення. Подальша процедура перерахунку з між фазних в фазні параметри двигунів дозволяє врахувати несиметрію обмоток при налагодженні системи керування регульованого електропривода.</p>	<p><i>A. Kalinov, V. Melnykov</i> Identification of the parameters of vector-controlled induction motor in preoperational mode Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 27–28. A method for determining the electromagnetic parameters of induction motor as a part of vector-controlled electric drive by means of sinusoidal low-voltage testing influences on stator windings and determining equivalent circuit interphase parameters is presented. A recalculation of interphase motor parameters into phase motor parameters allows to take into account windings asymmetry in tasks of adjusting the electric drive control system.</p>
<p><i>О. І. Коваленко, В. Ю. Романов, Бердай Абдельмажид</i> Дослідження процесів вирівнювання навантаження дводвигунного електроприводу з синхронними двигунами Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 29–30.</p>	<p><i>O. Kovalenko, O. Romanov, Berdai Abdelmajid</i> Research of processes of load balancing two-engine electric-drive with synchronous motors Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 29–30. In this work the study of load balancing between synchronous motors consisting of a twin-engine electric drive torque on the shaft and the stator currents. The</p>

<p>В роботі розглянуті дослідження системи вирівнювання навантаження між синхронними двигунами у складі дводвигунного електроприводу за моментом на валу та струмами статора. Розроблені системи дозволяють вирівняти нерівномірність механічного навантаження та покращити тепловий режим обмоток двигунів, підвищити надійність роботи електроприводу та збільшити ресурс його роботи, що в цілому вирішує одну з складових загальної проблеми енергоресурсозбереження.</p>	<p>developed system allows to align uneven mechanical loading and improve thermal conditions of motor windings, improve the reliability of electric-drive resources, and increase its work generally addresses one of the components of the general problem of energy saving.</p>
<p><i>I. С. Кулинич, I. С. Конох</i> Моделювання роботи екстремальної системи регулювання диференціального типу в пакеті MATLAB Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 31–32. В дослідженні реалізовано спосіб використання екстремальних систем управління диференціального типу для пошуку оптимальних налаштувань ПІД-регулятора за послідовністю перехідних процесів. Складено імітаційну модель системи. Розроблено алгоритм та програмно реалізовано М-функцію для логічного керування процесом в системі MATLAB.</p>	<p><i>I. Kulinich, I. Konoh</i> Differential extreme control system modeling by MATLAB Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 31–32. The research method is implemented using extreme control systems of differential type to find the optimal settings of PID-controller for consistency transients. Compiled simulation model of the system. The algorithm and program implemented M-function for logical process control system in MATLAB.</p>
<p><i>A. М. Кравець, А. П. Калинов, С. Ю. Шишков, С. С. Яровой, Б. Б. Каменцев</i> Цифровое устройство измерения параметров сигналов регулируемых электроприводов постоянного и переменного токов Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 33–34. В работе приведено описание разработанного цифровое устройство измерения параметров сигналов регулируемых электроприводов постоянного и переменного токов. Устройство позволяет измерять сигналы переменного тока при широком диапазоне изменения частоты, сигналы постоянного тока и импульсные сигналы, что позволяет реализовывать измерения интегральных величин параметров электрических цепей большинства лабораторных стендов по исследованию систем электроприводов.</p>	<p><i>A. Kravets, A. Kalinov, S. Shishkov, S. Yarovoy, B. Kamentsev</i> Digital device for measuring signals of regulated electric DC and AC current motors Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 33–34. The paper describes the developed digital signal parameters measuring device regulated electric DC and AC currents motors. The device allows measure AC signals with a wide range of frequencies, DC signals and pulse signals, which allows to realize measurements of integral values of the parameters of electrical circuits of most laboratory stands on the study of systems of electric drives.</p>
<p><i>М. В. Кравець, Л. Б. Караєва</i> Модернізація та програмне моделювання работоздатності схеми блока живлення для радіоприймачів Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 35–36. При розробці радіоелектронної апаратури часто виникає необхідність живлення малопотужних схем</p>	<p><i>M Kravets, L Karaeva</i> Modernization and software modeling rabotozdatnosti circuit power supply for radio Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 35–36. With the development of electronic equipment often need to supply low-power circuits for their validation performance. Upgraded power supply has better characteristics: higher maximum current greater range of</p>

<p>для їх перевірки на працездатність. Модернізований блок живлення має кращі характеристики: більший максимальний струм, більший діапазон вихідних напруг, нижче рівень відхилення вихідної напруги від номіналу і меншу кількість радіоелементів. Зберігши принципи роботи старої схеми завдяки застосуванню сучасної елементної бази та схемотехнічних рішень вдалося забезпечити кращі електричні та експлуатаційні показники схеми, та спростити її, також було виконано розрахунок елементів конструкції трансформатора в програмі evtrans 3.0</p>	<p>output voltages below the level of deviation from the nominal output voltage and a smaller number of radio . Keeping the principles of the old scheme through the use of modern components and circuit solutions could provide better electrical performance and operational schemes and to simplify it , was also performed calculations of structural elements of the transformer in the program evtrans 3.0</p>
<p><i>Д. О. Кулагін</i> Топологічні моделі побудови систем керування перетворювачів тягових електропередач змінного струму Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 37–38. В роботі проведено аналіз топологічних підходів щодо побудови систем керування тягових електропередач змінного струму. Показано, що функціональні завдання, які покладено на тягову електропередачу, вимоги що пред'являються до її техніко-економічних, екологічних, ергономічних та інших показників, приводять до необхідності створення систем тягових електропередач, в складі яких, окрім основного компоненту - електромеханічного перетворювача - повинні бути різноманітні перетворювачі енергії, пристрої контролю, керування, захисту, побудовані на основі сучасних електронно-інформаційних систем та комплексів.</p>	<p><i>D. Kulagin</i> Topological model of building management systems converters for traction power AC Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 37–38. This paper analyzes a topological approach to build control systems of traction power AC. It is shown that functional tasks are assigned to the traction electricity demands placed on its technical, economic, environmental, ergonomic and other factors , led to the need for traction power systems , consisting of , in addition to the main component - the electromechanical transducer - should be different energy converters , machines , management , protection, built on the basis of modern electronic information systems and facilities.</p>
<p><i>Є. В. Нечитайло, А. І. Ломонос, Д. А. Мосюндз</i> Віртуальний прилад «Система взаємного навантаження машин постійного струму» Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2013. – С. 39–40. Проаналізовано структуру та режими роботи системи взаємного навантаження машин постійного струму без механічного з'єднання валів. Розроблено UML-діаграму стану роботи з віртуальним приладом. Розроблено віртуальний прилад. Оцінено можливості його застосування під час дослідження системи взаємного навантаження машин постійного струму.</p>	<p><i>E. Nechytailo, A. Lomonos, D. Mosyundz</i> Virtual appliance «System load mutual DC machines» Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 10th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2013. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 39–40. The structure and modes of mutual load dc machines without mechanical connection shafts. A UML- diagram work state of the virtual appliance. A virtual appliance. Reviewed possibility of its application in the study of relative load dc machines.</p>
<p><i>М. С. Малякова</i> Аналіз електричних кіл з напівпровідниковими перетворювачами з використанням методу малого параметра в частотній області Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. –</p>	<p><i>M. Maliakova</i> Analysis of electric circuits with semiconductor converters, using small parameter method in frequency domain Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2013. – PP. 41–42.</p>

<p>С. 41–42. Для аналітичного аналізу електричних кіл з напівпровідниковими перетворювачами запропоновано використання методу малого параметра в частотній області. Аналітичні та чисельні розрахунки кола з діодом при активно-індуктивному навантаженні показали ефективність і достатню точність запропонованого методу. Показано, що реалізація розрахунків в частотній області дозволяє істотно спростити процес аналізу.</p>	<p>The use of small parameter method in frequency domain is proposed for the analytical analysis of electric circuits with semiconductor converters. Analytical and numerical calculations of the circuit with a diode at active-inductive load demonstrated efficiency and sufficient accuracy of the proposed method. It is shown that realization of calculation in frequency domain allows considerable simplifying the analysis process.</p>
<p><i>Ю. О. Миколаєнко</i> Енергетичні процеси в системі з векторним регулюванням асинхронного тягового двигуна в режимі рекуперативного гальмування Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 43–44. Зроблений аналіз електроенергетичних процесів в системі з векторним регулюванням асинхронного тягового двигуна в режимі рекуперативного гальмування та знайдені шляхи підвищення ефективності електроспоживання.</p>	<p><i>Ju. Mikolaenko</i> Energy processes in the system of regulation of asynchronous traction vector engine is regenerative braking Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 43–44. The analysis of electric power processes in the system of regulation of asynchronous traction vector engine is regenerative braking and found ways to improve the efficiency of power consumption.</p>
<p><i>С. А. Нагуляк, Л. Б. Караєва</i> Моделювання та розробка конструкції графічного еквалайзера Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 45–46. В роботі наведено принципи роботи графічних еквалайзерів, який складається з певної кількості спайдерів додаючих і що вирізають різні частотні діапазони звуку. Завдяки тому що він виконаний у вигляді "движкових" регуляторів, положення ручок якби відображає АЧХ пристрою в графічному вигляді, звідки і пішла назва графічного еквалайзера. Кількість і ширина фільтрів залежить від області застосування. Розроблена конструкції друкованої плати для схеми із застосуванням монтажу в отвори, при використанні сучасні технології що дозволяють застосовувати поверхневий монтаж елементів, таким чином зменшить габарити плати, вартість і швидкість збірки.</p>	<p><i>S. Nahulyak, L. Karaeva</i> Modeling and design development graphic equalizer Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 45–46. In this paper the principles of graphic equalizers , which consists of a number of Spider dodayuschyh and cut different frequency ranges of sound. Because it is designed as a " dvyzhkovykh " regulators position handle if the unit displays the frequency response graphically , hence the name of the graphic equalizer. The number and width of filters depends on the application . The design of the PCB for the circuit using the mounting holes in modern technology used in the application of surface mounting elements, thus reduce the dimensions of the board , the cost and speed of assembly.</p>
<p><i>І. О. Нестеров, А. П. Калінов</i> Експериментальне визначення енергетичних показників асинхронних двигунів без вилучення їх із технологічного процесу Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. –С. 47–48. Представлено метод визначення складових витрат потужності та потужності на валу асинхронного двигуна без вилучення із технологічного процесу при</p>	<p><i>I. Nesterov, A. Kalinov</i> Experimental determination of energy performance of induction motors without exception of them from technological process Electromechanical and energy systems, methods of modeling and optimization. Proceedings of the XII International Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Specialists in Kremenchuk 10–11 April 2014 – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 47–48. The method of determining the components of the cost of power and shaft power induction motor without removing from the process by using measuring systems.</p>

<p>використанні вимірювальних комплексів. Реалізація експериментальних досліджень методу показала, що похибка визначення потужності на валу досліджуваного асинхронного двигуна не перевищує 2 %.</p>	<p>The implementation of the method of experimental research has shown that the error of the shaft power investigated the induction motor is less than 2 %.</p>
<p><i>Р. В. Носуль</i> Обладнання для дослідження пускових режимів асинхронних двигунів Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 49–50. Запропонована блок-схема обладнання, приведені вимоги до обладнання та розроблений комплекс з метою дослідження пускових режимів АД.</p>	<p><i>R. Nosul</i> Equipment for the study of starting asynchronous motors Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 49–50. The proposed block scheme of equipment, given hardware requirements and designed the complex to research starting modes of induction motor.</p>
<p><i>В. В. Поленок, А. А. Худяев</i> Исследование двухканального дифференциального электропривода подачи с типовой настройкой каналов Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 51–52. Рассмотрены кинематическая схема и математическая модель механической части, функциональная и структурно-алгоритмическая схемы квазиитерационной двухканальной системы управления дифференциального электропривода с типовой настройкой каналов для механизма подачи рабочего органа крупного металлорежущего станка модели ИР800ПМФ4. Приведены результаты компьютерного моделирования электродинамических и точностных характеристик.</p>	<p><i>V. Polenok, A. Khudyaev</i> Research of the two channel differential electric drive of feed with typical configuration of channels Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 51–52. The mechanics' kinematical diagram and mathematical model, control system functional and block diagrams of the quasi iterative two channel differential electric drive with typical configuration of channels for ИР800ПМФ4 type high-precision metal-cutting machine tool workpiece feeding mechanism are considered. Electrical dynamics and accuracy characteristics computer simulation results for investigated two-channel servosystem as compared with standard one-channel feeding mechanism servodrive efficiency estimation are provided.</p>
<p><i>С. А. Сергієнко, О. В. Шейнога</i> Аналіз теорій миттєвої потужності для задач компенсації неактивних складових трифазних мереж живлення Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10-11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 53–54. Аналіз теорій миттєвої потужності для задач компенсації неактивних складових трифазних мереж живлення дозволив виявити їх основні відмінності, які полягають в їх ефективності при компенсації струмів у нульовому проводі при несинусоїдних та несиметричних напругах мережі.</p>	<p><i>S. Serhiyenko, O. Sheynoga</i> The analysis of instantaneous power theories for the tasks of compensation the non-active components in three-phase mains Electromechanical and energy systems, methods of modeling and optimization. Proceedings of the XII International Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Specialists in Kremenchuk 10–11 April 2014 – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 53–54. The analysis of instantaneous power theories for the tasks of compensation the non-active components in three-phase mains allowed to detect their main differences which influences on their effectiveness for compensation the currents in the neutral wire at non-sinusoidal and unsymmetrical voltages.</p>
<p><i>Д. В. Слободенюк</i> Модель обмотки збудження синхронного двигуна в динамічних режимах Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. –</p>	<p><i>D. Slobodeniuk</i> Regulation system excitation synchronous motor in dynamic mode Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 55–56.</p>

<p>C. 55–56. В роботі проаналізовано системи регулювання струму збудження, їх вплив на статичну та динамічну стійкість синхронного двигуна. Проаналізовано можливість та ефективність застосування емнісних накопичувачів в контурі збудження та запропоновано систему збудження в динамічних режимах з емнісним накопичувачем.</p>	<p>This paper analyzes the system of regulation field current, its influence on the static and dynamic stability of the synchronous motor. The possibility and efficiency of storage capacitance in the circuit excitation and the system of excitation in dynamic mode with a capacitor.</p>
<p><i>Т. Ю. Сухоніс</i> Структура панелі управління електротехнічного комплексу рудникового електровозу Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 57–58. Розглянуто необхідність вдосконалення складових систем управління, контролю та індикації панелі керування рудникового електровозу. Обґрунтовано вибір структури панелі управління тягового електротехнічного комплексу рудникового електровозу.</p>	<p><i>T. Sukhonis</i> The structure of the control panel electrical mine complex electric Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 57–58. The main discussed the need to improve the components of control systems. The choice of the control and display panel firedamp elektrovozom.vybor structure paneltraction electrical complex mine electric locomotive.</p>
<p><i>Н.П. Токенов, М.А. Джаманбаев</i> Математическое моделирование движения проводов воздушных ЛЭП Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2013. – С. 59–60. Работа посвящена разработке математической модели пляски расщепленной фазы ВЛ анкерного типа, позволяющей при заданных условиях определить параметры пляски.</p>	<p><i>N. Tokenov, M. Dzhamanbayev</i> Mathematical modeling of motion conductors overhead transmission lines Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2013. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 59–60. Article is devoted to the development of mathematical models galloping bundled phase overhead lines an anchor type, allowing for the given conditions to determine the parameters galloping</p>
<p><i>А. В Чермалых, Ю. И. Затирка, О. Б. Доценко</i> Определение параметров насосной установки при изменении угловой скорости с помощью структурной модели Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 61–62. В работе проведен синтез структурной модели, реализующей математические выражения для вычисления параметров и энергетических характеристик насосов при изменении угловой скорости рабочего органа. Выполненные исследования позволяют состыковать предложенную модель со структурными моделями систем электропривода с выходной координатой по угловой скорости, что дает возможность проводить исследования функционирования насосных станций в различных технологических режимах.</p>	<p><i>A. Chermalykh, Y. Zatirka, O. Dotsenko</i> Defining the parameters of the pumping unit when the angular velocity using the structural model Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 61–62. In this paper, the synthesis of the structural model that implements mathematical expressions for calculating the parameters and energy characteristics of the pump when the angular velocity of working organ. The studies allow the dock proposed model with structural models of electric drive systems with an output coordinate in the angular velocity, which makes it possible to conduct research operation of pumping stations in various technological modes.</p>
<p><i>В. О. Черная, Я. В. Федорова, М. С. Ханкишиева</i> Анализ способов контроля и защиты тяговых электрических двигателей шахтных электровозов от превышения температуры</p>	<p><i>V. Chernaja, J. Fedorova, M. Hankishieva</i> Analysis of the methods of control and protection of traction electric motors mine electric from exceeding temperature</p>

<p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 63–64.</p> <p>Рассмотрены существующие способы контроля температуры тяговых электрических двигателей. Приведены преимущества и недостатки используемых способов контроля температурных режимов двигателей. Предложен способ бесконтактного контроля и защиты тягового электрического двигателя от недопустимого превышения уровня температуры в его элементах.</p>	<p>Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 63–64.</p> <p>The existing methods of temperature control traction electric motors. The advantages and disadvantages of methods used temperature control engines. Provides a method for contactless control and protection of electric traction motor from impermissible temperature level in its elements.</p>
<p><i>В. О. Бабенко, М. Ю. Юхименко</i> Концепція програмного забезпечення для аналізу енергетичних характеристик систем електропривода змінного струму Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 65–66.</p> <p>В роботі розглядається актуальність автоматизованого розрахунку та аналізу енергетичних параметрів електроприводів. Сформувано вимоги до програмного забезпечення. Запропоновано концепцію програмного забезпечення, що дозволяє розрахувати енергетичні характеристики електроприводів змінного струму при різних способах управління.</p>	<p><i>V. Babenko, M. Yukhimenko</i> Concept of software for analysis of energy characteristics AC Drives Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 65–66.</p> <p>In the article considers the relevance of automated calculation and analysis of electric power parameters. Formed software requirements. The concept of software that allows to calculate the energy characteristics of electric drives at different control ways.</p>
<p><i>А. В. Ковтун, М. Ю. Юхименко</i> Розробка та впровадження трифазного силового перетворювача для використання в пристроях силової електроніки та електроприводі Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 67–68.</p> <p>Розглянуто питання розробки й реалізації трифазного силового перетворювача змінної напруги. Схема перетворювача реалізує перетворення трифазної вхідної напруги 400 В за номінальної потужності 500 Вт на постійну за допомогою трифазного діодного випрямляча мостової схеми, і ємнісний фільтр, який допомагає в стабілізації вихідної напруги ланки постійного струму. Після цього система видає сигнал запуску драйвера, для формування широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) ключів інвертора, що живить асинхронний двигун. Сигнал широтно-імпульсної модуляції генерується з використанням блока збору даних пакету MATLAB. Трифазний MOSFET інвертор перетворює напругу постійного струму, що подається трьох-фазного випрямного моста й сигналів управління для отримання збалансованого трифазної синусоїдальної вихідної напруги, яка живить асинхронний двигун.</p>	<p><i>A. Kovtun, M. Yukhimenko</i> The design and implementation of a three-phase power converter in the power electronics and electric drives Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 67–68.</p> <p>This paper describes the design and implementation of a three-phase Power Converter (AC/DC/AC). The system implemented converts a three phase input voltage of 400 V rms at a power rating of 500 W to DC by using a three phase diode bridge rectifier, and a Capacitive filter which assists in stabilizing the output DC voltage produced. After that, the system provides the gate drive signal to a three-phase pulse width modulated (PWM) inverter driving an induction motor. The pulse width modulation signal is generated by MATLAB using the Data Acquisition. The three-phase MOSFET inverter uses the DC voltage supplied from the 3 phase bridge and the gate drive signals to produce a balanced three-phase sinusoidal output which drives the induction motor.</p>

<p><i>С. О. Бур'ян, Л.М. Наумчук</i> Дослідження енергоефективності електромеханічної системи автоматизації конвеєрної установки при варіаціях моменту навантаження Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 69–70. У роботі розроблена математична модель електромеханічної системи конвеєрної установки. Приведена структурна схема систем з оптимальним регулятором напруги. Одержані графіки перехідних процесів ККД та сумарних втрат двигуна свідчать про підвищення енергоефективності системи.</p>	<p><i>S. Buryan, L. Naumchuk</i> Research of energy efficiency of automation conveyor installation electromechanical system with the loading variations Electromechanical systems, modeling and optimization. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 69–70. In this paper the mathematical model of the conveyor installation electromechanical system is developed. A system block diagram with optimal voltage regulator is shown. The transients of efficiency and total losses of the engine are presented, showing the energy efficiency of the system.</p>
<p><i>Ж. Г. Росенко, А. М. Артеменко</i> Вплив нерівномірності параметрів на характеристики тягового електропривода електрорухомого складу Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 71–72. Отримані статичні характеристики системи електропривода при зміні параметрів тягових двигунів.</p>	<p><i>Zh. Rosenko, A. Artemenko</i> The influence of parameters irregularity on the characteristics of the traction electric drive of the rolling stock Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk april 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 71–72. These static characteristics of the system when changing the electric traction motors.</p>
<p><i>В. П. Аксенов, А. И. Шеремет</i> Моделирование устройства плавного пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором гидронасоса Электромеханические и энергетические системы, методы моделирования и оптимизации. Сборник научных трудов XII Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов в городе Кременчуг 10–11 апреля 2014 г. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 73–74. Представлен метод построения модели устройства плавного пуска, а также ее исследование с целью определения оптимальных настроек начального пускового напряжения и времени его нарастания. В качестве исследуемого объекта было выбрано устройство плавного пуска фирмы Siemens 3RW4073. Модель асинхронного двигателя из пакета SimPowerSystems. Нагрузкой асинхронного двигателя служит гидравлический насос, модель которого построена при помощи пакета SimHydraulics. Определены оптимальные настройки устройства плавного пуска обеспечивающие минимизацию бросков тока и момента АД..</p>	<p><i>V. P. Aksonov, A. I. Sheremet</i> Simulation of the soft starter induction motor with squirrel-cage rotor with pump Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 73–74. Presented a method to construct a model of the soft starter, as well as her research on the subject of the search for optimal settings of the acceleration voltage and the time of its rise. As a test object was selected the soft starter Siemens 3RW4073. The model of the induction motor from package SimPowerSystems. Load induction motor is a hydraulic pump, a model which is built using the package SimHydraulics. Identified the optimal configuration of the soft starter.</p>
<p><i>І.А. Козакевич, І.Ю. Лисютенко</i> Спосіб керування модульним багаторівневим інвертором при роботі з низькою вихідною частотою Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції</p>	<p><i>I. Kozakevich, I. Lisutenko</i> Control method for modular multilevel inverter for low frequency operation Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. –</p>

<p>молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 75–76. Проаналізовано існуючі топології високовольтних перетворювачів частоти. Виявлено, що існуючі схеми безтрансформаторних перетворювачів мають суттєві проблеми при роботі з низькою вихідною частотою. Представлено спосіб вирішення основної проблеми, що перешкоджає широкому застосуванню модульного інвертора у складі частотно-керованого асинхронного приводу для двигунів з номінальними напругами 6-10 кВ. Перевагою запропонованого способу є можливість балансування часткових напруг при відсутності жодного впливу на вихідну напругу перетворювача..</p>	<p>Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 75–76. The existing high-voltage frequency converter topologies were analyzed. Proved that the existing scheme of transformerless converters have significant problems when operate with low output frequency . The way to solve the underlying problem that prevents widespread use of modular inverter in frequency- controlled induction drives with rated voltage 6-10 kV. The advantage of the proposed method is the possibility of voltage balancing in the absence of any effect on the output voltage of the converter.</p>
<p><i>Т. В. Коренькова, А. М. Кравец, А. А. Сердюк, М. Б. Бойко, А. Ю. Мокрий</i> Структура енергонаблюдателя в составе физической модели электрогидравлического комплекса Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 77–78. Предложена структура енергонаблюдателя в составе контрольно-измерительного блока физической модели электрогидравлического комплекса. Показана возможность формирования и частотного анализа сигналов мгновенной мощности различной физической природы. Доказана универсальность метода аппроксимации кривых энергетического режима в форме тригонометрических рядов.</p>	<p><i>T. Korenkova, A. Kravets, O. Serduk, M. Boyko, A. Mokryy</i> Structure of power observer in composition the physical model of electro-hydraulic complex Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 77–78. The structure of power observer in composition the control and measuring block of physical model electro-hydraulic complex is offer. Possibility of forming and frequency analysis of instantaneous power signals with different physical nature is shown. Universality of method approximation of curves the power mode is well-proven in form trigonometric rows.</p>
<p><i>А. П. Калінов, В. О. Мельников</i> Компенсация влияния несимметрии обмоток асинхронного двигателя на характеристики электропривода с векторным управлением Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 79–80. В роботі показано можливість компенсації впливу несиметрії обмоток статора асинхронного двигуна на динамічні та енергетичні характеристики електропривода з векторним керуванням. На основі аналізу ортогональних складових електромагнітного моменту двигуна показано, що позитивний ефект досягається шляхом зменшення сигналів поточкозчеплення несиметричної фази електродвигуна.</p>	<p><i>A. Kalinov, V. Melnykov</i> A compensataion of induction motor windings asymmetry influence on vector-controlled electric drive parameters Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 79–80. A possibility of compensation the induction motor stator asymmetry influence on vector-controlled electric drive energy and dynamic parametersis showed in the paper. Basing on the analysis of orthogonal components of motor electromagnetic torque it was shown that positive effect could be reached by decreasing the value of flux linkage in unsymmetrical motor phase.</p>
<p><i>Д.А. Шокар'ов, А. С. Гула</i> Метод керування електричним режимом трьохфазної дугової печі Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 81–82. В роботі розроблено метод керування електричним режимом трьохфазної дугової печі, за рахунок</p>	<p><i>Shokarov, A. Gula</i> Control method of three-phase electric arc furnace mode Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 81–82. In this paper, a method for control of three-phase electric arc furnace mode, by switching the voltage of the</p>

<p>перемикання ступенів напруги пічного трансформатора та/або зміни технологічних параметрів за допомогою переміщення електродів. Даний метод дозволяє покращити якість керування електричним режимом, підвищити стабільність режиму плавлення, зменшити рівень пульсацій силового струму.</p>	<p>furnace transformer and / or changes in process parameters by moving the electrodes. This method allows a better control of electric modes, increase the stability of fusion, reduce the level of fluctuation of the power supply.</p>
<p><i>І.А. Козакевич</i> Дослідження системи бездатчикового керування асинхронними двигунами з використанням їх анізотропних властивостей Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 83–84. Представлено варіант реалізації системи бездатчикового векторного керування асинхронними двигунами, що не містить недоліку, який полягає у залежності від точності визначення параметрів схеми заміщення двигуна, що змінюються під час роботи. Визначення положення ротора машини або вектора потокозчеплення базується на використанні наявних у машині анізотропних властивостей. Проведене дискретно-польове моделювання системи доводить його працездатність при роботі на низьких частотах обертання, навіть у тому діапазоні, де працездатність класичних методів не гарантується.</p>	<p><i>I. Kozakevich</i> Research of the sensorless vector control system of the induction motor with high-frequency injection Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 83–84. A variant of the realization of the induction motor sensorless vector control system is introduced that doesn't have the main imperfection of such systems lying in the dependence on the accuracy of the estimation of the motor parameters that change during the operation. The determination of the position of the rotor of the machine or of the linkage flux vector is based on the use of the anisotropic properties of the machine. The discrete-field modelling of the system proves its efficiency during the operation at low speed, even at the range where the efficiency of the traditional identification methods isn't guaranteed.</p>
<p><i>А. С. Гончар</i> Выбор типа электропривода лабораторного образца электромобиля для учебных задач и научных исследований Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 85–86. В работе проведен анализ существующих типов электроприводов электромобилей. На основе анализа произведен выбор типа привода для лабораторного образца электромобиля кафедры «АЭМС».</p>	<p><i>O. Gonchar</i> An electric drive type for laboratory sample of battery car for education tasks and scientific research selection Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 85–86. The existing types of electric drive for battery car has been analyzed in this article. Based on this analysis the type of electric drive for laboratory sample of battery car has been selected for “AEMS” department.</p>
<p><i>В.В. Ченчевой</i> Определение максимальной нагрузочной способности асинхронного генератора с учетом потерь в стали Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Сборник научных трудов XII Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов в городе Кременчуг 10–11 апреля 2014 г. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 87–88. Рассмотрен вывод соотношений, позволяющих осуществить прямой аналитический учет потерь в стали при необходимости получения уточненных характеристик асинхронного генератора в режиме торможения.</p>	<p><i>V. Chenchevoy</i> Determination of the maximum load capacity of the induction generator for the losses in the steel Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 87–88. Having considered the conclusions of relations allows direct analytical accounting losses in the steel if you need an updated characteristics of asynchronous generator during braking.</p>
<p><i>Д. Ю. Красильникова, А. М. Кравец, Т. В. Коренькова</i> Автоматизированный модуль энергетического анализа систем с полигармоническими сигналами Електромеханічні та енергетичні системи, методи</p>	<p><i>D. Krasilnikova, A. Kravets, T. Korenkova</i> Automated energy analysis module systems polyharmonic signals Electromechanical and energy systems, modeling and</p>

<p>модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 89–90.</p> <p>Разработан автоматизированный программный модуль энергетического анализа систем с полигармоническими сигналами тока и напряжения. Показана возможность формирования в автоматическом режиме сигнала мгновенной мощности и представление его в виде ортогональных составляющих тока и напряжения. Получен комплекс показателей процессов энергопреобразования на базе эффективных значений мгновенной мощности и ее компонент.</p>	<p>optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 15–16, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 89–90.</p> <p>Developed automated software module energy analysis systems polyharmonic current and voltage signals. The possibility of the formation of automatic instantaneous power signal and its presentation in the form of orthogonal components of current and voltage. Obtained a set of indicators of energy conversion processes on the basis of the effective values of the instantaneous power and its components.</p>
<p><i>Д. Ю. Красильникова, А. М. Кравец, Т. В. Коренькова</i> Формирование энергетических моделей электрических схем замещения средствами виртуального конструктора</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 91–92.</p> <p>Разработан виртуальный конструктор для исследования энергопроцессов в электрических схемах замещения с различной структурой канала преобразования мощности от источника к потребителю. Показана возможность создания энергетических моделей электрических схем замещения на базе уравнений энергобаланса составляющих мгновенной мощности.</p>	<p><i>D. Krasilnikova, A. Kravets, T. Korenkova</i> Formation of electrical energy equivalent circuit models in the virtual constructor</p> <p>Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 91–92.</p> <p>Developed a virtual constructor for the study of power processes in the electrical equivalent circuits with different structures channel power conversion from the source to the consumer. The possibility of producing electrical energy equivalent circuit model based on energy balance equations of the components of the instantaneous power.</p>
<p><i>О. Ю. Лещук, А. І. Гладир, Д. Г. Мамчур</i> Система керування технологічним процесом виготовлення скловолоконної арматури</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 93–94.</p> <p>Розроблено електромеханічну систему, яка автоматично розраховує сигнал завдання роботи електроприводів технологічного обладнання з виготовлення скло волоконної арматури.</p>	<p><i>A. Leshchuk, A. Gladyr, D. Mamchur</i> The process control system of manufacturing fiberglass reinforcement</p> <p>Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 93–94.</p> <p>Created by electromechanical system, which automatically calculates the reference signal of electric drives technological equipment for the production of glass fiber reinforcement.</p>
<p><i>О. Ю. Лещук, А. І. Гладир</i> Аналіз можливості модернізації електропривода тракового механізму пултрузійного обладнання</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 95–96.</p> <p>Проведено аналіз можливості заміни системи тиристорний перетворювач-двигун постійного струму тракового механізму виготовлення скловолоконної продукції на частотно-регульований електропривод із загальнопромисловим асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором.</p>	<p><i>O. Leshchuk, A. Gladyr</i> Analysis of the possibility of upgrading the drive mechanism of track pultrusion equipment</p> <p>Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 95–96.</p> <p>The analysis of the possibility of replacing the system thyristor converter-DC motor mechanism Track manufacture fiberglass products on VFD with general industrial induction motor with squirrel-cage rotor.</p>

<p><i>В. Ю. Ноженко</i> Параметры вынуждающей силы двухвального дебалансного вибровозбудителя вибрационной площадки Электромеханические и энергетические системы, методы моделирования и оптимизации. Сборник научных работ XII Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов в городе Кременчуг 10–11 апреля 2014 г. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 97–99. Проведены исследования изменения амплитуды и направления результирующей вынуждающей силы при вращении дебалансов в одном направлении и в разных с постоянной разностью начальных фаз и различной. Проанализировано изменение результирующей вынуждающей силы при вращении дебалансов с различными скоростями.</p>	<p><i>V. Nozhenko</i> Parameters of the driving force of a two shaft unbalance exciter vibration platform Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 97–99. Researches changes in the amplitude and direction of the resultant of the driving forces of the unbalanced masses during rotation in one direction and different from the initial phase difference constant and varying. The change of the resultant driving force while rotating eccentric weight at different rates.</p>
<p><i>В. Ю. Ноженко</i> Управление процессом виброуплотнения бетонной смеси Электромеханические и энергетические системы, методы моделирования и оптимизации. Сборник научных работ XII Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов в городе Кременчуг 10–11 апреля 2014 г. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 100–101. Рассмотрено влияние изменения начального фазового сдвига дебалансов на характер колебаний вибрационной площадки.</p>	<p><i>V. Nozhenko</i> Process control vibrocompaction concrete mixture Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 100–101. The influence of the change in the initial phase shift unbalance the nature of the vibrating-tion site.</p>
<p><i>В. В. Ченчевой, В. О. Огарь</i> Способ описания роста потерь в стали асинхронной машины в режиме глубокого насыщения Электромеханические и энергетические системы, методы моделирования и оптимизации. Сборник научных трудов XII Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов в городе Кременчуг 10–11 апреля 2014 г. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 102–104. Разработан способ определения потерь в стали, основанный на реальных физических процессах, происходящих в ферромагнитном материале в режиме глубокого насыщения.</p>	<p><i>V. Chencheyov, V. Ogar</i> Way of describing the rising casualty steel asynchronous mode machines deep saturation Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 102–104. A method of determining the losses in the steel, based on real physical processes occurring in the ferromagnetic material in the deep saturation mode.</p>
<p><i>О. Н. Синчук, А. А. Харитонов</i> Проблемы электробезопасности в условиях железорудных шахт Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчуг 10–11 квітня 2014. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 105–106. В работе рассмотрены вопросы безопасности вообще и электробезопасности в частности, которые обрели статус проблемы подлежащей решению. Решением данной проблемы является разработка методов оценки состояния безопасности при применении электрической энергии на горных предприятиях и превентивная оценка состояния электротравматизма в железо-рудной промышленности. Результаты исследований позволят разработать мероприятия по</p>	<p><i>O. Sinchuk, A. Kharitonov</i> Electrical problems in the iron-mines Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 105–106. The paper deals with security issues in general and in particular electrical , which acquired the status of a problem to be solved . Solution to this problem is to develop methods to assess the state of security in the application of electrical energy in mines and preventive assessment elektrotravmatizma in iron- ore industry . Research results will help to develop measures to improve the safety of electrical systems and systems of mining enterprises , and in this case specifically in iron mines.</p>

<p>повышению безопасности электротехнических комплексов и систем горных предприятий, а в данном случае конкретно в железорудных шахтах.</p>	
<p><i>В. О. Огарь, В. В. Ченчевой</i> Модель формирования потерь мощности в стали асинхронной машины Электромеханические и энергетические системы, методы моделирования и оптимизации. Сборник научных трудов XII Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов в городе Кременчуг 10–11 апреля 2014 г. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 107–108. Разработана математическая модель гистерезиса, реально отражающая процессы, происходящие в стали с насыщением.</p>	<p><i>V. Chenchevoy, V. Ogar</i> Model for the formation of power losses in the steel of the asynchronous machine Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 107–108. A mathematical model of hysteresis, really reflecting the processes in steel with saturation</p>
<p><i>П. Р. Чистяков, А. Л. Перекрест</i> Создание сайтов научных журналов с использованием платформы WordPress Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 109–111. В работе на основании изученных основных принципов работы поисковых систем и анализа популярных CMS были разработаны веб-сайты научно-производственного и Реферативного журналов на основе CMS WordPress. Использование электронных версий изданий позволяет пользователям оперативно и регулярно получать доступ к регулярно обновляемой тематической информации, а также повышает эффективность всеобщего ознакомления с трудами учёных.</p>	<p><i>P. Chistyakov, A. Perekrast</i> Design Websites of scientific journals using WordPress platform Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 109–111. We have been working on study the basic principles of search engines and analyze popular CMS came up with developing web sites of Scientific and Refereed journal, which based on CMS WordPress. The use of electronic versions of publications allows users to rapidly and regularly receive access to regularly updated thematic information as well as increases the efficiency of the public with the works of scholars.</p>
<p><i>Н. П. Токенов, М. А. Джаманбаев</i> Математическое моделирование для оценки динамических нагрузок на провода при пляске воздушных линий Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2013. – С. 112–113. В работе исследуется инженерная методика оценки динамических нагрузок на провода воздушных линии при пляске и влияние дополнительных нагрузок колебаний на прочность линии электропередачи в анкерных пролетах.</p>	<p><i>N. Tokenov, M. Dzhamanbayev</i> Mathematical modeling to estimates the dynamic loads on the wire at the galloping overhead lines Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 112–113. Researched in this work engineering method estimates the dynamic loads on the wires overhead lines at a galloping and the effect of additional loads fluctuations in the strength of the power transmission line in the anchor spans.</p>
<p><i>В. Г. Ковальчук, Т. В. Коренькова</i> Математическое описание энергетических процессов в электрогидравлическом комплексе Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 114–115. Показано, что представление электрогидравлического комплекса методом</p>	<p><i>V. Kovalchuk, T. Korenkova</i> Mathematical description of energy processes in electrohydraulic complex Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 114–115. It has been shown that the electrohydraulic complex representation with four-terminal method to determine the pressure, flow, hydraulic power at any point in the</p>

<p>четырёхполюсников позволяет определить напор, расход, гидравлическую мощность в любой точке системы при переменных параметрах потребителя и частотном регулировании производительности насоса. При формировании синусоидального тестового воздействия предоставляется возможность составления уравнений энергобаланса для постоянной и гармонических составляющих гидравлической мощности на всех элементах энергетического канала. Отмечено, что решение полученной системы идентификационных уравнений позволяет определить параметры электрогидравлического комплекса, соответствующие режиму его эксплуатации.</p>	<p>system with variable consumer parameters and frequency regulation pump performance. Forming a sinusoidal test action given the opportunity to set up the energy balance equations for hydraulic power constant and harmonic components of all energy channel elements. It has been noted that the solution of the resulting equations system to determine the identity of the parameters electrohydraulic complex corresponding to its operation mode.</p>
<p><i>В. Ю. Мошковский, Ю. В. Ромашихин</i> Формирования идентификационных уравнений по разложениям сигналов напряжения и тока на произвольном участке Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 116–117. В работе разработан математический аппарат для расчета псевдополигармонических сигналов. Показана эффективность их использования в энергетическом методе при идентификации электромагнитных параметров асинхронных двигателей.</p>	<p><i>V. Moshkovskiy, Y. Romashihin</i> Forming of identification equations for expansions of voltage and current signals on an arbitrary site Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 116–117. In this paper, the mathematical apparatus for calculating pseudopoligarmonicheskikh signals. The efficiency of energy use in the method for identification of parameters of electromagnetic induction motors.</p>
<p><i>А. А. Петриченко</i> Дослідження стану ізоляції електричних мереж шахт Криворізького залізорудного басейну Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 118–119. В статті представлені результати дослідження стану ізоляції електричних мереж шахт Криворізького залізорудного басейну. Отримані дані дозволяють оцінити стан електричних параметрів мереж та фідерів та повинні бути прийняті в якості початкових даних при розробці експлуатаційно-технічних вимог до захисного відключення.</p>	<p><i>A. Petrychenko</i> Electrical networks insulation research in Kryvyi Rihore-mining mines Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 118–119. This article presents the results of research the electrical networks insulation in Kryvyi Rih ore-mining mines. These data allow us to estimate the state of the electrical networks and feeders and should be taken as the initial data in the development of operational and technical requirements for a safety shutdown.</p>
<p><i>А. Л. Потапов, Ю. В. Ромашихин</i> Возможность идентификации электромагнитных параметров асинхронных двигателей с использованием псевдосигналов напряжения и тока Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 120–121. В работе показана возможность и эффективность использования фиктивного источника питания асинхронного двигателя при идентификации электромагнитных параметров асинхронного двигателя.</p>	<p><i>A. Potapov, Yu. Romashykhin</i> Use efficiency when identifying PP-signals of electromagnetic parameters of induction motors Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 120–121. The paper shows the the feasibility and effectiveness the use of fictitious supply the induction motor with electromagnetic parameters identification.</p>

<p><i>А. Л. Потанов, Ю. В. Ромашихин</i> Эффективность использования ПП-сигналов при идентификации электромагнитных параметров асинхронных двигателей Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 122–123. В работе показана возможность идентификации электромагнитных параметров асинхронных двигателей с использованием энергетического метода при питании от синусоидального источника напряжения и обоснована эффективность использования псевдополигармонических сигналов тока и напряжения</p>	<p><i>A. Potapov, Yu. Romashykhin</i> Use efficiency when identifying PP-signals of electromagnetic parameters of induction motors Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 122–123. The paper shows the possibility identifying the electromagnetic parameters of induction motor teley using energy method when powered by a sinusoidal voltage source and reasonable efficiency pseudopoliharmonic current and voltage signals</p>
<p><i>Б. І. Приймак, О. Є. Шимко</i> Система комбінованої оптимізації вхідної потужності в асинхронному електроприводі Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 124–125. В статті розглядається задача поєднання двох способів оптимізації втрат потужності у векторно-керованому АЕП: безпошукової та пошукової оптимізації. Для безпошукової оптимізації застосована нейронна мережа, входами якої є моментна складова струму статора та швидкість обертання ротора двигуна. Пошукова оптимізація реалізована на основі використання алгоритму Розенброка. Для можливості коректного вибору варіанту оптимізації розроблено відповідний детектор. Шляхом математичного моделювання проведено дослідження запропонованої системи, які підтвердили високу швидкодію та точність процесів оптимізації втрат.</p>	<p><i>B. Pryymak, O. Shymko</i> System of combined optimization of induction motor drive input power Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 124–125. This article deals with the problem of combining two ways of power losses optimization in vector- controlled AED : method of searchless and search optimization. For searchless optimization neural network been applied, inputs are the torque component of the stator current and rotor speed of the engine. Search optimization is realized through the use of the Rozenbrok algorithm . To enable the correct choice of optimization way, the detector was designed. Through mathematical modeling studied the proposed system, which confirmed the high performance and accuracy of the losses optimization process.</p>
<p><i>Л. В. Сменова</i> Идентификация электрических параметров тягового асинхронного двигателя шахтного электровоза Электромеханические и энергетические системы, методы моделирования и оптимизации. Сборник научных работ XII Международной научно-технической конференции молодых учённых и специалистовв городе Кременчуг 10–11 апреля 2014 г. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 126–127. В работе представлен обоснованный и рекомендуемый для эксплуатации на шахтных электровозах обобщенный алгоритм диагностики и идентификации параметров тяговых асинхронных электрических двигателей. При реализации в практику, приведенный алгоритм даст возможность повысить эффективность и надёжность функционирования тяговых асинхронных двигателей.</p>	<p><i>L. Smenova</i> Authentication of electric parameters of hauling asynchronous engine of mine electric locomotive Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 126–127. The reasonable generalized algorithm of diagnostics and authentication of parameters of hauling asynchronous electric engines is presented in the article. An author recommends it for exploitation on mine electric locomotives . An algorithm that over is brought here will give an opportunity to promote efficiency and reliability of functioning of hauling asynchronous engines at his practical use.</p>
<p><i>О. В. Браташ, А. П. Калинов</i> Диагностика асинхронных двигателей с применением вибромощности</p>	<p><i>O. Bratash, A. Kalinov</i> Diagnosis of induction motors using vibration power Electromechanical and energy systems, modelling and</p>

<p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10 – 11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 128–129.</p> <p>Проведен расчет вибромощности на основе гармонического состава виброскорости для трех наиболее часто встречающихся дефектов асинхронных двигателей. Показано, что при одинаковом уровне виброскорости уровень вибромощности значительно отличается. Это, в отличие от определения состояния асинхронных двигателей по анализу вибромощности, может приводить к неверному диагностированию при использовании параметров виброскорости.</p>	<p>optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 128–129.</p> <p>Calculation of vibration power on the basis of harmonic composition of vibration velocity is made for three most common defects of induction motors. It is shown that, when the level of vibration velocity is the same, the level of vibration power significantly differs. It may result in wrong diagnostics, when vibration velocity parameters are used, unlike the determination of induction motors condition on the basis of vibration power analysis.</p>
<p><i>Н. А. Руденко, Ю. В. Ромашихин</i></p> <p>Возможности применения энергетического метода при идентификации электромагнитных параметров двухклеточных асинхронных двигателей</p> <p>Электромеханические и энергетические системы, методы моделирования и оптимизации. Сборник научных трудов XII Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов в городе Кременчуге 10-11 апреля 2014 г. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 130-131.</p> <p>В работе обоснована возможность применения энергетического метода при идентификации электромагнитных параметров двухклеточных асинхронных двигателей.</p>	<p><i>N. Rudenko, Yu. Romashihin</i></p> <p>The possibilities of energy method application for identification of the electromagnetic parameters of double squirrel cage rotor induction motors</p> <p>Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 130–131.</p> <p>In this paper it is substantiated the possibility of applying the energy method for identification of the electromagnetic parameters of double squirrel cage rotor induction motors.</p>
<p><i>Ю. А. Алексеева</i></p> <p>Оценка эффективности насосных комплексов при переменном графике нагрузки</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10 – 11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 132–133.</p> <p>Обоснована целесообразность оценки энергоэффективности насосного комплекса при переменном графике нагрузки по показателю удельных суммарных потерь мощности на единицу перекачиваемого продукта. Предложенный показатель может быть использован при анализе вариантов систем автоматического управления насосным комплексом при стабилизации технологического параметра.</p>	<p><i>Yu. Alekseeva</i></p> <p>Estimation energy efficiency of pumping systems under variable load diagram</p> <p>Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 132–133.</p> <p>It has been grounded expediency evaluation pumping complex energy efficiency at variable load diagram in terms of the specific total power loss per unit of product being pumped. The proposed measure can be used in the options analysis for automatic control systems at the pump complex stabilization process variable.</p>
<p><i>С. О. Бур'ян, Д.О. Боднар</i></p> <p>До питання визначення коефіцієнта корисної дії насосу</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 134–135.</p> <p>У роботі проведений аналіз існуючих способів визначення ККД насосу. Представлені каталожні статичні характеристики насосу та їх апроксимовані</p>	<p><i>S. Buryan, D. Bodnar</i></p> <p>To the issue of definition pump efficiency</p> <p>Electromechanical systems, modeling and optimization. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10 – 11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 134–135.</p> <p>The paper analyzes the existing methods of determining the efficiency of the pump. Catalogue static characteristics of the pump and approximated options are presented. The expressions that approximate these as well is defined. The mathematical model block diagram of the pumping unit including approximated efficiency is</p>

<p>варіанти. Визначені вирази, що апроксимують ці залежності. Наведена структурна схема математичної моделі насосної установки з врахуванням апроксимованого ККД.</p>	<p>shown.</p>
<p><i>Н. М. Істоміна</i> Застосування методу миттєвої потужності до визначення втрат вентильно-індукторного двигуна Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 15–16 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 136–137. Проведений аналіз енергетичних процесів вентильно-індукторного двигуна. Визначені підходи до визначення втрат у такому двигуні методом миттєвої потужності.</p>	<p><i>N. Istomina</i> Application of instantaneous power method at power loss determination of switched reluctance motor Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 15–16, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 136–137. The analysis of switched reluctance motor energy processes is carrying out. Approaches for power loss determination by instantaneous power method are received.</p>
<p><i>Д. В. Резник, Ю. В. Ромашихин</i> Определение электромагнитных параметров асинхронных двигателей энергетическим методом с использованием низкочастотного псевдисточника Электромеханические и энергетические системы, методы моделирования и оптимизации. Сборник научных трудов XII Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов в городе Кременчуге 10-11 апреля 2014 г. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 138–139. Указаны пределы частот и амплитуды питающего напряжения для энергетического метода по определению электромагнитных параметров асинхронного двигателя при использовании низкочастотного питающего напряжения от псевдисточника.</p>	<p><i>D. V. Reznik, Yu. V. Romashihin</i> Determination of the electromagnetic parameters of induction motors by the energy method using a low frequency pseudosource Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 138–139. Limits of frequencies and amplitude of the voltage supply are specified for the energy method to determine the electromagnetic parameters of the induction motor by using a low-frequency voltage from pseudosource.</p>
<p><i>І. С. Конох, В. В. Найдя</i> Ідентифікація об'єкту управління по експериментальним даним за допомогою нечіткої системи зі збереженням форми вихідних сигналів Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 140–141. В роботі запропоновано метод відтворення поведінки об'єкту керування, який базується на визначенні найближчих експериментальних послідовностей і інтерполяції результатів нечіткою експертною системою. Відмітною особливістю методу є збереження частотних характеристик і форми вихідного сигналу, ідентичних експериментальним даним. Проаналізована якість роботи методу на прикладі реальних експериментальних сигналів швидкості, отриманих в системі перетворювач частоти – асинхронний двигун із статичним навантаженням екскаваторного типу.</p>	<p><i>I. Konoh, V. Nayda</i> Identification of the control object to the experimental data using fuzzy system while preserving Output Waveform Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 140–141. The paper presents a method for reproducing the behavior of control object, based on the determination of the next experimental sequences and interpolation results of fuzzy expert system. A distinctive feature of the method is to keep the frequency characteristics and shape of the output signal identical to the experimental data. Analyzed the quality of the method on an example of real experimental velocity signals obtained in system FC–AD with static loading excavator type.</p>
<p><i>Н. А. Руденко, Ю. В. Ромашихин</i> Методы определения электромагнитных параметров двухклеточных асинхронных</p>	<p><i>N. A. Rudenko, Yu. V. Romashihin</i> Electromagnetic parameters determination methods for double cage induction motors</p>

<p>двигателей Электромеханические и энергетические системы, методы моделирования и оптимизации. Сборник научных трудов XII Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов в городе Кременчуге 10-11 апреля 2014 г. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 142–143. Проведен анализ методов идентификации ЭМП АД сложных конструкций, в результате которого были выявлены недостатки каждого из рассмотренных методов и на основе этого был выбран наиболее целесообразный метод.</p>	<p>Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 142–143. The methods for identification EMP of IM with complex constructions were analyzed, resulting in the identified shortcomings of each of the method and on this basis were chosen the most appropriate method.</p>
<p><i>М. Бачко</i> Вітрова енергія у Кошицькому регіоні – вимірювання та оцінювання Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 144–145. У статті представлено аналіз можливості використання вітрової енергії у Кошицькому регіоні. Аналіз показав, що для використання повітряної енергії в даному регіоні необхідно виготовити турбіни, здатні працювати при менших швидкостях вітру, ніж традиційно.</p>	<p><i>M. Bačko</i> Wind energy in Košice region – measurement and evaluation Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 144–145. The analysis of possibility to utilize wind energy in the region of Košice was done. It showed necessity to produce the turbine with lower nominal wind speed requirement in order to utilize wind energy in considered region.</p>
<p><i>А. Ходулікова, Р. Мако</i> Нанотехнології в електротехніці Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 146–147. У статті виконано аналіз можливостей застосування нанотехнологій для задач електротехніки.</p>	<p><i>A. Hodulíková, R. Mako</i> Nanotechnology in electrotechnics Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 146–147. The possibilities of utilization nanotechnology for tasks of electrotechnics were analyzed in this paper.</p>
<p><i>Л. Г. Бойко, А. Е. Гуденко</i> К задаче создания топочного агрегата с возобновляемым источником энергии Электромеханические и энергетические системы, методы моделирования и оптимизации. XII Международная научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов в городе Кременчуг 10–11 апреля 2014г. – Кременчуг: КрНУ имени Михаила Остроградского, 2014. – С. 148–149. Разработана система комплекса при использовании альтернативных источников энергии: солнечных батарей и установок с использованием энергии ветра в качестве элементов, обеспечивающих запуск котлоагрегата.</p>	<p><i>L. Boyko, A Gudenko</i> On the problem of creating a fuel assembly with a renewable energy source Electromechanical and power systems, modeling and optimization. The 12th International scientific and technical conference of young scientists and specialists in Kremenchug 10–11 April 2014. – Kremenchug: KrNU, 2014. – PP. 148–149. A system using a complex of alternative energy sources: solar panels and plants using wind energy as elements providing launch of boiler.</p>
<p><i>Т. В. Карайбида, А. Л. Перекрест, М. Н. Волжан</i> К математическому описанию процессов в системах теплоснабжения общественных зданий Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 150–152.</p>	<p><i>T. Karaybida, A. Perekrest, M. Voljan</i> To the mathematical description the processes in heating public buildings Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 150–152. Considered the problem of determining the mathematical</p>

<p>Рассмотрена задача определения математического описания процессов в системе отопления здания. С помощью пакета System Identification Toolbox MATLAB рассчитаны параметры различных передаточных функций по различным каналам регулирования. По минимуму критериев качества выбрана модель системы отопления в виде последовательного соединения аperiodического звена второго порядка и звена запаздывания.</p>	<p>description of the processes in the heating system of the building. With this package, System Identification Toolbox MATLAB calculated parameters of the different transfer functions through various channels of regulation. By minimum of quality criteria is selected model of the heating system in the form of serial communication aperiodic link second-order and delay link.</p>
<p><i>Т. Н. Коека, Ю. В. Зачепа</i> Условия гарантированного возбуждения асинхронного генератора автономной дизель-генераторной установки Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 153–154. В работе получена аналитическая зависимость перегрузочной способности асинхронного генератора в функции параметров приводного дизельного двигателя, емкостного возбуждения и потребителя. Полученное выражение позволяет определить минимально-допустимое значение скорости вращения дизеля, которое должен обеспечить регулятор частоты вращения, для предотвращения срыва генерации при подключении нагрузки.</p>	<p><i>T. Koeka, Yu. Zachepa</i> Terms of guaranteed asynchronous generator excitation autonomous diesel generator installation Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 153–154. In this paper, an analytical dependence of the overload capacity of asynchronous generator as a function of the driving parameters of the diesel engine, the capacitive excitation and consumer. The resulting expression is to determine the minimum value allowed rotational speed diesel, which should provide a speed controller, to prevent the generation breakdown on load.</p>
<p><i>Л. В. Курись</i> Математична модель тягового комплексу магістрального електровозу Електромеханічні системи, моделювання та оптимізація. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 155–156. Розроблено модель для дослідження розподілу електричної енергії в системі контактна мережа змінного струму – тяговий комплекс магістрального електровозу, яка дозволяє реалізацію режимів розгону, сталого руху та гальмування електровоза, а також визначення енергетичних параметрів електроспоживання електровоза в часі за умов дії визначеного параметра управління.</p>	<p><i>L. Kurys</i> Mathematical model of tractive complex electric locomotive Electromechanical systems, modeling and optimization. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 155–156. Developed a model for research of the distribution electrical energy in the system contact AC power – main electric locomotives traction complex, which allows the implementation of regimes of acceleration, braking and sustainable movement of electric power as well as determining the parameters of electric power consumption time under the conditions specified action parameter control.</p>
<p><i>Н. Г. Лазаренко, В. О. Оганесян</i> Аналіз структур газопоршневих когенераційних установок середньої потужності Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 157–158. Робота присвячена аналізу структур газопоршневих когенераційних установок середньої потужності. Розглянуто структуру газопоршневого електроагрегату, систему регулювання частоти обертання, систему збудження генератора. Для регулювання кількості виробництва тепла,</p>	<p><i>N. Lazarenko, V. Oganesyanyan</i> Analysis of the structure of gas-piston cogeneration system average power Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 157–158. Paper analyzes structures of gas- cogeneration units the average power. The structure of gas- Electrical, speed control system, the system of the generator. To control the amount of heat, electricity and quality control using several types of gas engines Electrical adjustment: speed control, voltage control in a power system, regulating the composition of the gas mixture.</p>

<p>електроенергії та контролю їх якості використовують декілька видів регулювання газопоршневим електроагрегатом: регулювання частоти обертання, регулювання напруги в енергосистемі, регулювання складу газоповітряної суміші.</p>	
<p><i>А. О. Сулим, А. І. Ломонос</i> Порядок розрахунку енергоємності накопичувача при виникненні аварійних режимів в системі енергозабезпечення метрополітену Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 159–160. У роботі розглянуто послідовність дій, що дозволяє визначити енергоємність ємнісного накопичувача під час заданого аварійного руху поїзда метрополітену до найближчої станції та заданого профілю шляху. Виконано розрахунок необхідної енергоємності накопичувача згідно наведеного порядку.</p>	<p><i>A. Sulym, A. Lomonos</i> The procedure for calculating the energy content during storage of emergency regimes in power system underground Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 159–160. The paper describes a sequence of actions, which allows determining the energy storage capacitor during a given emergency train to the nearest metro station and setting the profile path. The calculation of the required power consumption of the drive according to the above procedure.</p>
<p><i>А. П. Нетесаньий, Ю. В. Зачепа</i> Математическая модель дизель-генераторной установки с асинхронным генератором Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 161–162. Разработана математическая модель дизель-генераторной установки, позволяющая определить условия гарантированного возбуждения асинхронного генератора при подключении различного рода потребителей.</p>	<p><i>A. Netesanny, Yu. Zachepa</i> Mathematical model of a diesel-generator set with asynchronous generator Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 161–162. In this paper, a mathematical model of a diesel generator set, which allows to determine the conditions of guaranteed asynchronous generator excitation when connecting different kinds of consumers.</p>
<p><i>А. В. Никитина, Ф. Е. Богодист</i> Возможность создания механизма расчета платы за электроэнергию по показателям мгновенной мощности Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2013 р. – Кременчук: КрНУ, 2013. – С. 163–164. Получена расчетная зависимость, с помощью которой можно реализовать расчетный механизм по двуставочному тарифу с учетом всех составляющих компонент мгновенной мощности.</p>	<p><i>A. Nikitina, F. Bohodyst</i> The possibility of development the mechanism for electric energy fee calculation basing on instantaneous power indicators Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 163–164. A calculated dependency for calculation the electric energy fee basing on binary tariff system taking into account all instantaneous power components were given.</p>
<p><i>С. С. Романенко, Т. В. Карайбіда</i> Анализ тепловых витрат через оконные огорождавательные конструкции административной будівлі Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 165–166. Порівняльний аналіз теплових витрат через віконні огорожувальні конструкції адміністративної будівлі</p>	<p><i>S. Romanenko, T. Karaybida</i> Analysis of the heat loss through the window barrage constructions of administrative building Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 165–166. Comparative analysis of the heat loss through the window barrage constructions of the administrative building is performed according to current regulations and thermal images of barrage constructions.</p>

<p>проводиться розрахунковим способом по діючим нормам та тепловізійним знімкам огорожувальних конструкцій.</p>	
<p><i>А. Ю. Федоров</i> Модель распределительной сети с децентрализованными источниками энергии и концепция системы защит Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 167–168. Рассмотрен вопрос создания математической модели распределительной сети НН с децентрализованными источниками энергии (ДИЭ) и виртуального блока максимальной токовой защиты. На основании существующих блоков в библиотеке Matlab/Simulink/SimPowerSystem, а также вновь разработанных блоков по известным аналитическим и математическим описаниям была создана распределительная сеть. На базе созданной модели проведены исследования и разработана концепция новой системы защит для сетей подобного типа.</p>	<p><i>A. Fedorov</i> Model of the distribution network with decentralized energy sources and protection concept Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. Proceedings of the 11th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 167–168. The question of creating a mathematical model of the LV distribution network with decentralized energy sources (DER) and the virtual block of overcurrent protection. On the basis of the existing units in the library Matlab/Simulink/SimPowerSystem, as well as new blocks, which developed based on the known analytical and mathematical description was created the distribution network. Based on established models and conducted research developed the concept of a new system of protection for networks of this type.</p>
<p><i>В. Ю. Качалка, Р. В. Герасименко</i> Дослідження можливості застосування силового активного фільтра для мінімізації потужності несиметрії Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 169–170. Досліджено силовий активний фільтр при роботі у мережі з трифазним різкозмінним нелінійним та різкозмінним нелінійним несиметричним навантаженнями.</p>	<p><i>V. Kachalka, R. Gerasymenko</i> Study the possibility of using the APF to minimize unbalancing power Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 169–170. Researched the shunt active power filter when working in a network with three-phase non-linear and unbalancing loads.</p>
<p><i>С. О. Баганов, М. В. Овчаренко</i> Моделювання роботи ґрунтового теплового акумулятора та сонячних колекторів у системі опалення будівлі Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 171. В роботі проведено моделювання функціонування системи сонячні колектори-сезонний ґрунтовий акумулятор у системі опалення будівлі. Показано, що при підтримці мікроклімату у будівлі можлива ситуація, яка обов'язково потребує використання додаткового джерела енергії. Виявлено, що кінець опалювального сезону характеризується потенційною нестабільністю роботи системи.</p>	<p><i>Ye. Baganov, M. Ovcharenko</i> Simulation of functioning of heat storage in the ground and solar heat collectors as a part of the building heating system Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 171. In present work the simulation of functioning of a system with solar heat collectors and heat storage in the ground as a part of the building heating system is carried out. It was shown that building microclimate supporting can lead to the situation when use of addition power source is necessary. It was demonstrated that the final stages of heating is characterized by potential instability of the system functioning.</p>
<p><i>М. Н. Волжан</i> Оценка эффективности дополнительной тепловой изоляции здания Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Сборник научных трудов XII Международной научно-</p>	<p><i>M. Volzhan</i> Performance evaluation additional thermal insulation of buildings Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk april</p>

<p>технической конференции молодых ученых и специалистов в городе Кременчуг 10–11 апреля 2014 г. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 172-173.</p> <p>Выполнен анализ теплоизоляции зданий и показана эффективность проведения дополнительного утепления здания..</p>	<p>10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 172-173.</p> <p>The analysis of the thermal insulation of buildings and demonstrate the effectiveness of the additional insulation of the building</p>
<p><i>Д. А. Мосюндз</i></p> <p>Идентификация параметров типовых нелинейностей энергетическим методом</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 174–176.</p> <p>Выполнен анализ существующих методов описания нелинейностей и получения их аналитических выражений. Показано, что результат анализа в значительной степени зависит от выбранного подхода. Получено, что для анализа и идентификации энергетических процессов электромеханических систем наиболее эффективным является разложение исходных данных в ряд Фурье.</p>	<p><i>D. Mosyundz</i></p> <p>Parameters identification of the typical nonlinearities by the energy method</p> <p>Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 174–176.</p> <p>Analysis of existing methods of describing nonlinearities and obtain their analytic expressions has been made. It has been shown that the result of the analysis greatly depends on the chosen approach. It was found that for the analysis and identification of energy processes of electromechanical systems is the most efficient decomposition of the initial data in a Fourier series.</p>
<p><i>Д. А. Мосюндз</i></p> <p>Идентификация нелинейностей энергетическим методом</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 апреля 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 177–178.</p> <p>Рассмотрены возможности применения энергетического метода в задаче идентификации параметров нелинейностей. Показано, что подход на основе баланса составляющих мгновенной мощности источника и потребителя по каждой гармонике позволяет получить необходимое количество уравнений для определения искомых параметров. Рассмотрены возможности энергетического метода в задачах анализа энергопроцессов в нелинейных цепях.</p>	<p><i>D. Mosyundz</i></p> <p>Identification of nonlinearities by power method</p> <p>Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 177–178.</p> <p>The possibilities of application of power method to the problem of nonlinearities parameters identification are considered. It is shown that the approach based on the balance of source and consumer instantaneous power components of each harmonic enables obtaining the necessary number of equations for determination of the required parameters. The possibilities of power method in the problems of nonlinear circuits power processes analysis are considered.</p>
<p><i>Д. В Романец</i></p> <p>Технологическая очистка водосборников карьера как резерв повышения энергоэффективности</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10 – 11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014 – С. 179–180.</p> <p>Рассмотрены вопросы технологической очистки водосборников карьера. Работа насосного оборудования и его энергоэффективность в режимах работы за сутки при разных тарифных стоимостях электроэнергии на предприятии.</p>	<p><i>D. Romanets</i></p> <p>Tecnological cleaning headers career as reserve energy efficiency</p> <p>Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researches in Kremenchuk April 10 – 11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 179–180.</p> <p>The questions about the cleaning process headers career. Work of pumping equipment and its energy efficiency in the operating modes for the night with different tariff fares Energy consumption in the enterprise.</p>
<p><i>А. И. Калмыкова, О. Е. Наумов</i></p> <p>Соотношения между величинами токов при различных видах коротких замыканий в высоковольтной электрической системе</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи</p>	<p><i>A. Kalmykova, O. Naumov</i></p> <p>Correlations between current values at different short-circuit types in high voltage electric power system</p> <p>Electromechanical and energy systems, modelling and</p>

<p>модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 181–182.</p> <p>В работе приведены зависимости, позволяющие на основе известного отношения сопротивлений прямой и нулевой последовательностей выполнить сравнение токов при различных видах коротких замыканий. Результаты исследования дают возможность быстро оценить наиболее тяжелый и наиболее легкий виды короткого замыкания для любой точки высоковольтной электрической системы.</p>	<p>optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 181–182.</p> <p>In paper dependences are given for current comparison under different types of short-circuits based on known value of zero sequence and positive sequence reactance ratio. Investigation results allow quick estimation of the most heavy and most light type of short-circuit for any node of high voltage electric power system.</p>
<p><i>О. М. Ялова, М. А. Бауліна</i> Формування інтегрального показника споживання електричної енергії на залізрудних підприємствах Електромеханічні та енергетичні системи, методи модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 березня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 183.</p> <p>В статті представлено аналіз абсолютних та відносних показників діяльності підприємства, що формують інтегральний показник споживання електричної енергії. Приведена методика визначення інтегрального показника та доведена доцільність його застосування в процесі управління енергопостачанням залізрудних підприємств.</p>	<p><i>A. Yalovaya, M. Baulina</i> Forming of integral index of consumption of electric energy is on iron-ore enterprises Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 183.</p> <p>The analysis of absolute and relative performance of enterprise indicators is presented in the article. They form the integral index of consumption of electric energy. The methodology of determination of integral index is presented. The expediency of its application in the process of management the energy supply of iron-ore enterprises is well-proven.</p>
<p><i>А. П. Калінов, С. А. Сергієнко, Т. О. Хребтова, О. В. Шейнога</i> Аналіз шляхів поліпшення показників якості електричної енергії Електромеханічні та енергетичні системи, методи модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10-11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 184–185.</p> <p>У роботі проведено експериментальні дослідження та аналіз показників якості електричної енергії. Крім регламентованих ГОСТом показників здійснено аналіз додаткових факторів, які впливають на режими роботи мережі живлення. Здійснено оцінку додаткового нагріву обмоток трансформаторів від вищих гармонік струму, сформульовано рекомендації щодо покращення якості енергії живлення.</p>	<p><i>A. Kalinov, S. Serhiyenko, T. Khrebtova, O. Sheynoha</i> Analysis of ways of improvement of indicators of quality of electric Electromechanical and energy systems, methods of modeling and optimization. Proceedings of the 12th International Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Specialists in Kremenchuk 10–11 April 2014 – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 184–185.</p> <p>In work researches and the analysis of indicators of quality of electric energy. Besides performance, regulated state standard specification analysis were analyzed additional factors affecting network operation. Was carried out the assessment of additional heating of windings of transformers from the highest harmonicas of current, were formulated recommendations about improvement of quality of energy.</p>
<p><i>Т. В. Коренькова, А. А. Сердюк, В. Г. Ковальчук</i> Оценка энергоэффективности электрогидравлического комплекса при развитии нелинейных процессов в трубопроводной сети Електромеханічні та енергетичні системи, методи модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 186–187.</p> <p>Обоснована необходимость учета нелинейных</p>	<p><i>T. Korenkova, O. Serduk, V. Kovalchuk</i> Estimation of electrohydraulic complex energy efficiency during the development pipeline network nonlinear processes Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 186–187.</p> <p>It has been substantiated necessity of taking into account nonlinear hydrodynamic processes in the pipeline for</p>

<p>гидродинамических процессов в трубопроводе при оценке энергетических режимов в электрогидравлическом комплексе. Получено, что развитие кавитационных автоколебаний в системе приводит к росту непроизводительных потерь гидравлической мощности, увеличению переменных составляющих мощности, снижению энергоэффективности всей электротехнической системы.</p>	<p>estimation electrohydraulic complex energy mode. It has been found that the development of cavitation self-oscillations in the system leads to an increase in unnecessary loss of hydraulic power, increases the capacity of the variable components, reduce energy efficiency throughout the electrical system.</p>
<p><i>Н. М. Микитенко, А. І. Ломонос, А. О. Сулим</i> Оптимізація руху електропотягу метрополітену за критерієм мінімальних витрат електроенергії із мережі Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 188–189. Проведено аналіз питань формування закону керування електропотягом. Обґрунтовано метод вирішення оптимізаційної задачі, а саме метод динамічного програмування. Розроблено комп'ютеризовану програму побудови оптимальної траєкторії руху електропотягу.</p>	<p><i>N. Mykytenko, A. Lomonos, A. Sulym</i> Optimization of underground electric train traffic on the criterion of minimum power consumption of the network Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 188–189. Analysis on the train formation control law. The method solving the optimization problem, a method of dynamic programming. A computerized program of constructing an optimal trajectory of the train.</p>
<p><i>О. Ю. Лецук, В. В. Загоруйко, А. І. Гладир, В. О. Шокур</i> Комп'ютеризований комплекс для дослідження характеристик світлодіодних освітлювальних ламп Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 190–191. Розроблено комп'ютеризований стенд для дослідження основних параметрів роботи імпульсного блоку живлення сучасного світлодіодного обладнання.</p>	<p><i>A. Leshchuk, V. Zahorulko, A. Gladyr, V. Shokur</i> Computerized complex for research performance led lighting lamps Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 190–191. Developed a computerized booth to explore the basic parameters of the switching power supply of modern LED equipment.</p>
<p><i>А.О. Довбиш, І.С. Молодика</i> Розробка та дослідження пристрою рекуперативного перерозподілу повітряних потоків Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 192–194. У роботі розглянуто питання використання в системі вентиляції пристрою перерозподілу повітряних потоків. Результати аналізу системи керування показують, що використання пристрою перерозподілу повітряних потоків в системі вентиляції дозволить регулювати встановлення оптимальних мікрокліматичних параметрів в навчальному приміщенні.</p>	<p><i>A. Dovbysh, I. Molodyka</i> Development and research unit regenerative reallocation of airflow Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk april 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 192–194. This paper investigates question the use of ventilation unit regenerative reallocation of airflow. The analysis control system indicate that use of the unit regenerative reallocation of airflow in the ventilation system will adjust the setting of optimal microclimatic parameters in the training room.</p>
<p><i>А.В. Масливец, А.Л. Перекрест</i> Мониторинг состояния тепловых систем отдаленных зданий Електромеханічні та енергетичні системи, методи</p>	<p><i>A. Misko, M. Yukhimenko</i> Monitoring the status of remote heating systems of buildings Electromechanical and energy systems, modelling and</p>

<p>модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2013. – Кременчук: КрНУ, 2013. – С. 195–196..</p> <p>В работе представлены требования к информационному обеспечению для оперативного контроля состояния тепловых систем группы потребителей с использованием общедоступной сети Интернет. Были реализованы структурные схемы администраторской и пользовательской частей системы мониторинга, которые позволяют вносить изменения в работу системы и контролировать сам процесс управления теплоснабжением группы зданий с использованием сети Интернет.</p>	<p>optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk april 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2013. – PP. 195–196..</p> <p>The paper presents the requirements for information support for operational monitoring of thermal systems group of consumers using the public Internet. Were implemented structural scheme administrator and user parts monitoring systems that allow you to make changes to the system and to control the process heat demand control group of buildings using the Internet.</p>
<p><i>В. С. Богусhevський, О. Е. Скачок, В. Ю. Сухенко, М. І. Забайрацький</i></p> <p>Параметри теплової роботи водоохолоджувального устаткування як джерело інформації про хід конвертерного процесу</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10-11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 197–198.</p> <p>Розглянуто зв'язок між параметрами роботи водоохолоджувального устаткування конвертера й основними процесами, що проходять у ванні: швидкості зневуглицювання, температури і шлакоутворення з метою управління процесом.</p>	<p><i>V. Bogushevskyy, O. Skachok, V. Sukhenko, M. Zabayratskyy</i></p> <p>Parameters thermal work of equipment with water-cooled as a source of information on the progress of bof process</p> <p>Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10-11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 197–198.</p> <p>The relations between parameters work of cooled equipment of the convertor and main processes of metal bath had been considered. Main processes of metal bath were speed of decarbonization, temperature and slag formation. The influences had been considered for better manage of process.</p>
<p><i>Б. М. Горкунов, С. Г. Львов, А. А. Тищенко, И. Б. Горкунова</i></p> <p>Автоматизация промышленного вихретокового контроля цилиндрических изделий</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 199.</p> <p>В работе предложен метод вихретокового контроля физико-механического состояния поверхности цилиндрических изделий. Данный метод позволяет создать автоматизированные микропроцессорные вихретоковые устройства и проводить контроль в режиме реального времени.</p>	<p><i>B. Gorkunov, S. Lvov, A. Tyshchenko, I. Gorkunova</i></p> <p>Automation of industrial eddy current control of cylindrical products</p> <p>Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 199.</p> <p>The method of eddy current control of physical and mechanical condition of the surface of cylindrical products is offered. This method allows creating the automated microprocessor eddy current devices and control of objects in the real time.</p>
<p><i>С. В. Жук</i></p> <p>АСУ киснево-конвертерним процесом виробництва сталі у замкненому режимі</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 200–201.</p> <p>В роботі наведені результати розробки дворівневої автоматизованої системи управління кисневим конвертером, яка дозволяє здійснювати керування у замкненому режимі. Представлені технічні засоби та програмні модулі, які дозволяють реалізувати</p>	<p><i>S. Zhuk</i></p> <p>ASU BOF steelmaking process in the closed mode</p> <p>Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 11th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 200–201.</p> <p>This paper presents results of a two-level development of the automated system of basic oxygen furnace, which allows for control in closed mode. The presented technical means and software modules that allow you to implement the system.</p>

<p>функціонування системи.</p> <p><i>С. В. Жук, О. О. Капусняк, Є. К. Бондаренко</i> Формування сигналів періодів киснево-конвертерної плавки Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 202–203. В роботі наведений спосіб формування сигналів періодів киснево-конвертерної плавки, який дозволяє точно визначити початок/кінець наступного періоду і виключити людський фактор із системи прийняття рішень.</p>	<p><i>S. Zhuk, O. Kapusniak, E. Bondarenko</i> Formation of the signals periods BOF Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 11th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 202–203. The paper describes the method of forming signals of periods BOF melting that allows accurately determine the start / end of the next period and to exclude the human factor from the decision-making system.</p>
<p><i>С. В. Жук, К. П. Грабівський, А. І. Стецик</i> Методика розрахунку температури конвертерної ванни Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 204–205. В роботі наведена методика розрахунку і контролю температури киснево-конвертерної ванни для отримання заданих значень по температурі та хімічному складі марок сталей, які виплавляються, що є основою алгоритму управління і контролю температури. Наведені результати дослідження роботи алгоритму в промислових умовах.</p>	<p><i>S. Zhuk, K. Grabivskyi A. Stetsyk</i> The method describes of calculation of converter temperature bath Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 11th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 204–205. The paper describes the method for calculating and control the temperature of BOF bath to obtain a set of values for temperature and chemical composition of the steels that are smelted, which is the basis of the control algorithm and control the temperature. The results of the research work the algorithm in the industrial conditions.</p>
<p><i>І. С. Коваль</i> Розробка дослідницького комплексу для вивчення принципів автоматизації виробничого процесу з використанням SCADA-системи Zenon Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 206–207. У роботі приведено систему електроприводу для автоматизованого виготовлення сколоволоконних труб з використанням сучасного обладнання та сучасних принципів автоматизації на основі SCADA-системи Zenon та програмованого логічного контролера Vipa-214SER. Розроблена система, технічні рішення та програмне забезпечення можуть використовуватися при підготовці студентів-електромеханіків.</p>	<p><i>I. Koval</i> Development of research complex for study the principles of manufacturing process automation using Zenon SCADA system Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 206–207. An electric drive system for automated manufacturing of fiber-glass pipes using modern equipment and basing on modern automation principles, basing on SCADA Zenon and PLC Vipa-214SER are presented in this paper. The developed system, with its technology and software, could be used for electrical engineers training.</p>
<p><i>С. В. Сукач, М. А. Кобилянський, В. А. Мірошніченко</i> Інтеграція технічних пристроїв, засобів виміру й системи диспетчеризації в сучасний вентиляційний комплекс Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 208–209. Запропоновано інтеграція технічних пристроїв,</p>	<p><i>S. Sukach, M. Kobilyanskiy, V. Miroshnichenko</i> Integration of technical devices, facilities of measuring and system of the control centralized traffic in a modern vent complex Electromechanicals systems, modeling and optimization method. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 208–209. Solution is offered from integration of technical devices, facilities of measuring and system of the control centralized traffic, in a general vent complex, that</p>

<p>вимірювальних засобів та системи диспетчизації в сучасний вентиляційний комплекс, який забезпечує як створення комфортного та безпечного повітряного середовища в приміщенні лабораторного комплексу, так і ефективне проведення лабораторного практикуму та наукових досліджень автоматизованих систем управління технологічним процесом.</p>	<p>provide both creation of comfort and safe air environment in the apartments of laboratory complex and effective leadthrough of laboratory practical work and scientific researches of CASS of technological process control.</p>
<p><i>В. С. Богусhevський, Р. В. Самарай</i> Нечеткая логика при регулировании температуры пресс-формы Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 210–211. Рассмотрено возможность использования в системе регулирования температуры литейной формы нечеткого регулятора, что позволяет повысить качество регулирования и уменьшает энергопотребление процесса ЛПД.</p>	<p><i>V. Bogushevsky, R. Samaray</i> Fuzzy logic temperature control molds Electromechanicals systems, modeling and optimization method. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 210–211. The possibility of using the system temperature control mold fuzzy controller that can improve the quality of regulation and reduces power consumption LPD process.</p>
<p><i>К. О. Сергеева</i> Регуливання параметрів дуття в двох'ярусних фурмах Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 212. Переробка металобрухту є найактуальнішою економічною проблемою у виробництві сталі. В роботі досліджений вплив параметрів дуття на допалювання СО в порожнині конвертера. Даний метод є енергозберігаючим, так як зберігається тепло в конвертері за рахунок допалювання гаху. Для цього регулювали параметри інтенсивності дуття на другому ярусі фурм. Таким чином, підвищувалась ефективність переробки металобрухту в порожнині конвертера.</p>	<p><i>K. Sergeieva</i> Regulation of parameters blast in the bunk lance Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 10th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 212. Recycling scrap metal is the most urgent economic problem in the production of steel. In this work the influence of parameters on the post-combustion CO blast cavity converter. This method is energy-efficient, as heat is stored in the converter due to the combustion gas. To do this, the parameters governing the intensity of the blast on the second floor lance. Thus, increased efficiency of recycling scrap metal in the cavity of the converter.</p>
<p><i>І. І. Павленко, М. О. Годунко</i> Вплив параметрів захватних пристроїв роботів на умови захоплення деталей Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 213–214. В роботі проведені дослідження впливу конструктивних параметрів захватних пристроїв промислових роботів на продуктивність роботи верстатного комплексу. Виконаний комплекс досліджень дозволяє покращити якісні показники роботи верстатного комплексу за рахунок максимальної концентрації заготовок (деталей) у допоміжних пристроях, що забезпечується конструктивними особливостями виконання захватних пристроїв роботів.</p>	<p><i>I. Pavlenko, M. Godunko</i> Influence of parameters of robot grippers conditions capture the details Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 11th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 213–214. In this paper we investigated the effect of design parameters of grippers for industrial robots productivity machining complex. A complex research helps to improve quality performance machine complex due to the maximum concentration of blanks (details) assistive devices provided by the design of the robots perform grippers.</p>
<p><i>Ю. В. Ткаченко, Л. Г. Бойко</i> Розробка автоматизованого комплексу стабілізації температури опалення житлового приміщення</p>	<p><i>Yu. Tkachenko, L. Boyko</i> Development of an automated complex of temperature stabilization heating in the dwelling Electromechanical and energy systems, modelling and</p>

<p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 215–216.</p> <p>У роботі приведені дослідження зміни енергетичних показників системи при зміні параметрів напруги живлення електронагрівача. Розроблено фізичну модель системи стабілізації температури, яка дозволяє аналізувати процеси нагріву та охолодження. Розроблений комплекс програмного забезпечення дозволяє досліджувати процес стабілізації температури опалення житлового приміщення з метою покращення якості вивчення принципів розробки сучасного програмного забезпечення систем автоматизації типових промислових механізмів.</p>	<p>optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 215–216.</p> <p>This paper contains changes in the energy parameters of voltage of electric heater. Designed physical model of a temperature system stabilization allows you to analyze the processes of heating and cooling. Designed software complex allows you to explore process of stabilizing the temperature of heating the dwelling to improve the quality of study design principles of modern software systems automate common mechanisms.</p>
<p><i>С. С. Романенко, Д. С. Юшко</i> Автоматизація теплового пункту адміністративної будівлі на базі програмно логічного контролера Segnetics Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 217–218. Запропоновано структуру, апаратне та програмне забезпечення системи керування опалювальним обладнанням цивільної будівлі.</p>	<p><i>S. Romanenko, D. Yushko</i> Automation of heat supply station of office building on the basis of logic controller Segnetics Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk april 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 217–218. Structure, hardware and software management of system of civil buildings heating equipment are proposed.</p>
<p><i>М. А. Колот, А. В. Левшов, А. В. Коротков</i> Алгоритм управління источниками и потребителями электроэнергии интеллектуального здания Электромеханические и энергетические системы, методы моделирования и оптимизации. Сборник научных трудов XII Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов в Кременчуге 10-11 апреля 2014 г. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 219–220. В работе предложен алгоритм управления источниками и потребителями электрической энергии для интеллектуального здания в системе микрогрид. Алгоритм может использоваться для уменьшения оплаты за электроэнергию при соблюдении комфорта обитателей здания.</p>	<p><i>M. Kolot, A. Levshov, A. Korotkov</i> Control algorithm for sources and consumers of intelligent building Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 219–220. This paper introduces control algorithm for sources and consumers of electrical energy for intelligent building in the microgrid. The algorithm can be used to reduce payments for electricity in compliance with the comfort of building occupants.</p>
<p><i>О. А. Хребтова, Р. М. Манько, Б. А. Христовий</i> Розробка алгоритму рушання механізму підймання затвору зливної греблі Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 221–222. У роботі розроблен алгоритм рушання, пуску та переміщення затвору по напрямному карману зливної греблі засобами частотно-регульованого електропривода в замкненій системі з датчиками струму, напруги та оптичними датчиками</p>	<p><i>O. Khrebtova, R. Manko, B. Christovy</i> Mathematical model of energy efficiency induction motor load changes and voltage supply Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 221–222. In this paper pick- developed algorithms , and start moving the gate by directing pocket drainage weir means variable frequency drives in a closed system with a sensor current, voltage and optical position sensors . Established that implementation of the algorithm and pick- moving means of frequency- controlled electric</p>

<p>положення. Встановлено, що реалізація алгоритму рушання й переміщення засобами ЧРЕП для механізму підйому затвору зливної греблі дозволяє підвищити безпеку робіт і значно збільшити робочий ресурс устаткування, а також з'являється можливість сит підвищення енергоефективності розглянутого об'єкта.</p>	<p>gate lifting mechanism for draining the dam can improve the safety of operations and greatly increase the working life of equipment , and there may sieves increase efficiency of the object .</p>
<p><i>В. С. Богусhevський, Я. К. Антонеvич, О. О. Антонеvич</i> Система керування машиною лиття під тиском Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 223–224. Розроблено систему автоматичного керування машиною ЛПТ, яка відрізняється тим, що вирішуються не тільки окремі аспекти автоматизації такі як контроль окремих параметрів та керування найбільш важливими операціями, але і проблеми керування якістю виливків в цілому. Весь технологічний цикл розбивається на такти, переміщення для рухомих механізмів контролюється кінцевими вимикачами, а в інших випадках - за часом (наприклад , тривалості кристалізації). Наведено та описано блок-схему системи, її принцип роботи та структуру. Випробування системи управління машиною ЛПД показали, що використання системи дозволяє здійснювати регулювання з вищою точністю, що знижує повернення виливків на 15 % та збільшує вихід придатного на 0,5 %.</p>	<p><i>V. Bogushevsky, Ya. Antonevich, O. Antonevich</i> System of die casting machine control Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 223–224. A system of die-casting machine automatic control developed, wherein solved not only automate some aspects such as the control of individual parameters and control the most important operations, but also the problem of quality control of castings in general. The entire production cycle is divided into times, passage for moving mechanisms controlled by limit switches, and other happenings - in time (for example, the duration of crystallization). Shows and describes the block diagram of the system and its working principle and structure. Tests of die-casting machine control showed that the system using allows regulation with higher accuracy, decrease casts return by 15% and increase the yield by 0.5 %.</p>
<p><i>В. С. Богусhevський, К. М. Зубова</i> Управління киснево-конвертерного процесу нечітким регулятором в режимі енергозберігаючої технології Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 225–226. Встановлено, що найбільш ефективною ідеєю ресурсозбереження є підвищення частки брукту у шихті за рахунок допалювання СО до СО₂, шляхом регулювання відстані фурми. Визначено, що процес допалювання є інерційним, що і зумовило використовувати саме регулятор нечіткої логіки. При дослідженні системи виявлено, що регулятор нечіткої логіки забезпечує чітке управління з найменшою помилкою неузгодженості.</p>	<p><i>V. Bohushevsky, K. Zubova</i> Control of the BOF process uses fuzzy regulator in the behavior energy saving technology Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 225–226. Found that the most effective idea is to increase the resource saving share of scrap in the charge through the combustion of CO to CO₂ by regulating distance of the lance. The combustion process is inertia, which led it to use fuzzy logic controller. In the study of the system revealed that the fuzzy logic controller provides accurate control with the smallest error mismatch.</p>
<p><i>Р. В. Власенко</i> Адаптивне управління релейним регулятором струму однофазного силового активного фільтру Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 227–228.</p>	<p><i>R. Vlasenko</i> Adaptive control relay regulator current of single-phase active power filter Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 227–228. In the paper proposes the use of an adaptive controller</p>

<p>В роботі пропонується застосування адаптивного контролера з визначеною зоною гістерезису і сталою частотою комутації вентилів перетворювача для однофазного силового активного фільтру з релейним регулятором струму на основі біполярної модуляції. В програмному забезпеченні була створена математична модель однофазного силового активного фільтру з адаптивним контролером та без нього, і в ході роботи було проведено порівняння роботи моделі з двома різними системами управління. Так як в даній роботі пропонується зробити частоту комутації сталою, то був розрахований фільтр вищих гармонік на визначену частоту.</p>	<p>with defined hysteresis band and constant switching frequency of the converter for single-phase active power filter with relay regulator current from the bipolar modulation. In the software was created mathematical model of single-phase active power filter with an adaptive controller and without it, and in the study was the comparison of the model with two different management systems. Since in this paper proposed make constant switching frequency, was designed filter higher harmonics on specified frequency.</p>
<p><i>А. Ю. Лещук, А. И. Гладырь</i> Способы повышения качества изготовления труб на основе композиционных материалов Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 229–230. Проведен аналіз технологічного процесу виготовлення труб на основі композиційних матеріалів. Предложена структурная схема модернизации оборудования, что позволит повысить качество продукции совершенствуя алгоритмы управления с учетом особенностей оборудования.</p>	<p><i>A. Leshchuk, A. Gladyr</i> Ways to improve the manufacture of pipes based on composite materials Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 229–230. The analysis of the process of manufacture of pipes based on composite materials. The structural scheme of modernization of equipment that will improve the quality of products improving control algorithms taking into account the features of the equipment.</p>
<p><i>А. Ю. Лещук, А. И. Гладырь</i> Алгоритмы автоматической корректировки геометрических параметров изделия при модернизации установки для изготовления стеклопластиковых труб Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 231–232. Разработан алгоритм позволяющий повысить качество производства труб на основе композиционных материалов оптимизируя величину технологического выстоя раскличика на краях изделия.</p>	<p><i>A. Leshchuk, A. Gladyr</i> Algorithms for automatic correction of the geometric parameters of the product when the modernization systems for manufacturing of fiberglass pipes Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 231–232. e algorithm can improve the quality of pipe production based on composite materials by optimizing the value of technological dwell of the carriage on the edges of the product.</p>
<p><i>Ю. О. Бондаренко</i> Система керування вітрогенеруючим електротехнічним комплексом з векторним регулюванням Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10-11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 233–234. Проведено аналіз системи керування вітрогенеруючим електротехнічним комплексом з векторним регулюванням асинхронного генератора з короткозамкненим ротором, та розглянутий принцип роботи даного комплексу.</p>	<p><i>Yu. Bondarenko</i> Control systems of wind power electrotechnical complex vector regulation Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10-11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 233–234. Analysis of system management wind energy electrotechnical complex vector regulation of the asynchronous generator with squirrel-cage rotor, and the principle of work of the given complex</p>

<p><i>В. М. Гудь</i> Магнітна система барабанного сепаратора з рівномірним магнітним полем на поверхні обичайки Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 235–236. Розроблено математичну модель магнітної системи сепаратора. Проведено порівняльний аналіз магнітних систем сепаратора барабанного типу змінної висоти полюсів. Визначено оптимальну форму полюсів постійних Nd-Fe-B-магнітів, які забезпечують рівномірне поле на поверхні обичайки сепаратора.</p>	<p><i>V. Hud'</i> Magnetic system drum separator with a uniform magnetic field on the surface of shell Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 235–236. A mathematical model of the magnetic separator developed. A comparative analysis of magnetic drum separator variable height poles conducted. The optimum shape of the poles of permanent Nd-Fe-B-magnets defined that provide a uniform field at the surface of the shell separator.</p>
<p><i>І. А. Козакевич, Є. Д. Сапрынкін</i> Аналіз можливості використання струму нульової послідовності для діагностики асинхронних двигунів Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 237–238. Представлено спосіб виявлення основних типів несправностей асинхронних двигунів, до яких відносяться пошкодження стержнів та кінцевих кілець ротора, міжвиткові замикання статорних обмоток та ексцентриситет ротора. Запропоновано використання струму нульової послідовності для визначення наявності пошкоджень та ідентифікації їх типу. Перевагою даного способу перед класичним, що передбачає аналіз спектру струму статора, полягає у скороченні кількості вимірювальних каналів системи, спрощенні процедури діагностики. Шляхом математичного моделювання доведена можливість визначення типу пошкодження.</p>	<p><i>I. Kozakevich, E. Saprykin</i> Analysis of possibility of zero sequence current using for induction motor diagnostic Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 237–238. A way to identify the main types of failures of induction motors is introduced, which include broken rotor bars and end rings, interturn faults of stator windings and the rotor eccentricity. The use of zero sequence current to determine the presence of failures and identify their type. The advantage over classical method with current spectrum analyzing is to reduce the number of channels the system, simplifying procedures for diagnosis. Through mathematical modeling proved the possibility of determining the type of failure.</p>
<p><i>І. А. Колотило</i> Особливості процесу підключення асинхронного двигуна до мережі живлення Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 239–240. Розглянуто процеси, які протікають під час підключення асинхронного двигуна до мережі живлення, проаналізовано способи підключення до мережі живлення, показано яким чином результуючий момент пуску розкладається на складові.</p>	<p><i>I. Kolotylo</i> Approaches to determining the time brake system with electromechanical drive type Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 239–240. The processes that occur during an asynchronous connection to the engine power, analyzed ways to connect to the mains, it is shown how the resulting start-up time can be decomposed into components.</p>
<p><i>А. Н. Минко, В. В. Шевченко</i> Оценка предложенных методов оптимизации массогабаритных параметров конструкций турбогенераторов Електромеханічні та енергетичні системи, методи</p>	<p><i>A. Minko, V. Shevchenko</i> The evaluation results of the proposed methods optimize weight and size parameters the designs turbine generators Electromechanical and energy systems, modeling and</p>

<p>модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 241–242.</p> <p>Сформулирован подход проведения оценки результатов предложенных методов оптимизации массогабаритных параметров неактивной части турбогенераторов. Расчет проведен на примере приставных коробов.</p>	<p>optimization methods. The collection of proceedings 11-th International conference of students and young researchers in Kremenchug, 10–11 April, 2014. – Kremenchug: KrNU, 2014. – PP. 241–242.</p> <p>The approach to evaluation the proposed techniques optimization of mass and size parameters inactive part of turbogenerators was formulate. Calculation was carried out on the example of attached boxes.</p>
<p><i>А. А. Мосюндз</i> Розробка мотор-генератора для високоефективної системи накопичення енергії на базі супермаховика Електромеханічні та енергетичні системи, методи модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 243–244.</p> <p>У роботі було обрано оптимальну конструкцію системи накопичення енергії на базі супермаховика і, відповідно до неї, обґрунтовано використання вентильного двигуна з постійними магнітами у якості приводного мотор-генератора. Виконано модельовання даної електричної машини у програмному пакеті Ansoft Maxwell, отримано характеристики спроектованого двигуна та визначено їх відповідність вимогам системи.</p>	<p><i>A. Mosiundz</i> Development of motor-generator for a high-effective flywheel energy storage system Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 243–244.</p> <p>This paper contains selection optimum design of flywheel energy storage system, and according to it, justified using brushless DC motor as a drive machine. The model of this electric machine was developed in Ansoft Maxwell software, characteristics of the machine were received and defined their compliance with the requirements of the system.</p>
<p><i>І. А. Шведчикова, Ю. А. Романченко</i> Анализ структурного разнообразия полиградиентных магнитных сепараторов Електромеханічні та енергетичні системи, методи модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 245–246.</p> <p>В работе проведен анализ информационных источников, на основании которого определены основные конструктивные разновидности полиградиентных магнитных сепараторов. Установлены характерные особенности и предложена классификация наиболее распространенных гетерогенных сред, применяемых в полиградиентных магнитных сепараторах.</p>	<p><i>I. Shvedchikova, Yu. Romanchenko</i> Analysis of structural diversity of polygradient magnetic separators Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 245–246.</p> <p>Main design variety of polygradient magnetic separators based on analysis of information sources are shown in research. The characteristic features and classification of most common heterogeneous media used in polygradient magnetic separators are set.</p>
<p><i>А. Н. Минко</i> Определение геометрических параметров наружного маслоуловителя для турбогенераторов Електромеханічні та енергетичні системи, методи модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 247–248.</p> <p>Предложены критерии выбора эффективных геометрических параметров наружного маслоуловителя для турбогенераторов. Выполнено математическое моделирование системы отвода масла из камер маслоуловителя, с учетом геометрии сливных отверстий и их количества.</p>	<p><i>A. Minko</i> Determination of geometrical parameters of the outer oil trap for turbogenerator Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The collection of proceedings 12th International conference of students and young researchers in Kremenchug, 10–11 April, 2014. – Kremenchug: KrNU, 2014. – PP. 247–248.</p> <p>The criteria of selection of effective geometrical parameters of the external oil trap for turbogenerator. The mathematical modeling of the oil discharge from oil trap cameras, taking into account the geometry of the discharge openings and their quantity.</p>

<p><i>В. И. Емец, А. А. Шиманская</i> Область существования класса универсальных коллекторных двигателей для перфораторов Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 249–250. В работе определена область существования класса универсальных коллекторных двигателей, реализующих вращательное движение вторичной части, для перфораторов. Анализ области существования исследуемого класса двигателей, состоящей из двух подобластей (16 базовых и 24 Вида-близнеца), раскрывает информацию про известное и потенциально возможное структурное разнообразие, а также является основой для направленного синтеза новых разновидностей коллекторных двигателей по перспективным направлениям структурно-функциональной адаптации класса.</p>	<p><i>V. Yemets, A. Shymanska</i> Punchers universal collector engines existence area Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 249–250. In this paper punchers universal collector engines with rotate movie character existence area was determined. Existence area consists two under-areas (16 basic and 24 twin Species) and it's analysis shows information about known and potentially possible structural variety, and makes basis for direct synthesis new collector engines at perspective ways of structural and functional class adaptation.</p>
<p><i>А. І. Ковальчук, Ю. І. Романчук, В. М. Хай</i> Система керування кроковим двигуном з використанням мікрокрокового драйвера та мікроконтролера Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 251–252. Синтезовано систему керування кроковим двигуном з використанням мікрокрокового драйвера та мікроконтролера, що має низьку вартість. Програмування мікроконтролера відбувається мовою низького рівня Асемблер в залежності від необхідної для технологічного процесу тахограми руху.</p>	<p><i>A. Kovalchuk, Yu. Romanchuk, V. Khai</i> The control system of stepper motor using microstepper driver and microcontroller Electromechanics and power systems, methods of design and optimization. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2013. – Kremenchuk: KRNU, 2014. – PP. 251–252. Synthesized control system of stepper motor using microstepper driver and microcontroller that has a low cost. Microcontroller programming language is a low level Assembler, depending on the required for technology process tahogram of movement.</p>
<p><i>В. О. Приходько, К. І. Лосіна</i> Система управління тяговим електротехнічним комплексом за мінімумом споживання електроенергії Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 253–254. Досліджено режими роботи двигуна постійного струму з імпульсною системою керування. Визначено передавальні функції елементів тягового електротехнічного комплексу тролейбуса, проведено моделювання ДПС з імпульсною системою керування при різних керуючих сигналах. Оцінено характеристики двигуна та енергоспоживання системи в цілому в момент пуску та у встановленому режимі роботи.</p>	<p><i>V. Prykhodko, K. Losina</i> Traction control system electro technical complex for minimum power consumption Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 253–254. Investigated regimes of operation of the DC motor with pulse control system. Defined the transfer functions of the elements of the traction electrical engineering complex of the trolley-bus, modeling of the DC motor with pulse control system by a variety of control signals. Evaluated the performance of the engine and power consumption of the whole system in the moment of start-up and in the established mode.</p>
<p><i>Е. В. Носач, В. А. Мирошніченко</i> Модель нечеткого управления охлаждением электрических машин Електромеханічні та енергетичні системи, методи</p>	<p><i>E. Nosach, V. Miroshnichenko</i> Fuzzy control model of cooled electrical machines Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th</p>

<p>модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 255–256.</p> <p>Рассмотрено причины уменьшения надежности электрических машин, вызываемые тепловыми процессами в двигателе. Сформулированы требования к системам управляемого охлаждения.</p> <p>Предложена схема модели системы охлаждения электрических машин с нечетким контроллером. Определена структура нечеткого контроллера.</p>	<p>International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 255–256.</p> <p>Reasons considered reducing the reliability of electric machines caused by thermal processes in the motor. The requirements for controlled cooling systems. Proposed a scheme the model of the cooling system of electric machines with fuzzy controller. Determined the structure of fuzzy controller.</p>
<p><i>О. О. Кукса</i> Дослідження параметрів електромагнітів модифікованих структур в системі магнітного підвісу</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 257–258.</p> <p>У роботі був проведений аналіз запропонованих форм електромагніта. Також, всі вони були промодельовані в програмному пакеті Ansoft Maxwell. На основі отриманих даних були розроблені рекомендації щодо проектування магнітних підвісів.</p>	<p><i>O. Kuksa</i> Study the parameters of electromagnets modified structures in the magnetic suspension</p> <p>Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 257–258.</p> <p>In this paper, an analysis of the proposed form of the electromagnet. Also, they were modeled in the software package Ansoft Maxwell. Based on the data developed recommendations for the design of magnetic suspensions.</p>
<p><i>Р. Бучко</i> Мехатронна система teach-robot та алгоритм її вербального керування</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 259–260.</p> <p>У статті описано розроблену систему вербально-керованої мехатронної системи на прикладі обладнання Teach-Robot.</p>	<p><i>R. Bučko</i> Teach-Robot mechatronic system and algorithm for its control by speech</p> <p>Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 259–260.</p> <p>This article shows an example of speech-controlled mechatronic system developed basing on Teach-Robot equipment.</p>
<p><i>О. С. Шишковська, І. С. Молодика</i> Розробка навчального комплексу з дисципліни «Сучасна теорія автоматичного керування»</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи модельовання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 261–262.</p> <p>Представлено опис розробки вимог навчального комплексу для студентів і викладачів, побудованого на сучасних принципах організації та проведення навчального процесу. Розглянуто та обґрунтовано структуру комплексу. Охарактеризовано використання для забезпечення дистанційного навчання. Наведено приклад представлення моделей систем регулювання в пакеті Matlab.</p>	<p><i>O. Shyshkovska, I. Molodyka</i> Elaboration of educational complex with discipline "Modern theory of automatic control"</p> <p>Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 261–262.</p> <p>Presents a description of the elaboration requirements of the educational complex for students and teachers, based on modern principles of organizing and conducting the educational process. Considered and justified the structure of the complex. Characterized use for distance learning. Shows the example of the representation of models of regulatory systems in the Matlab package.</p>
<p><i>В. Ю. Ноженко, Л. Г. Бойко, Г. Г. Юдина</i> Улучшение качества воздушной среды лабораторий путем использования обоснованной фитосреды</p>	<p><i>V. Nozhenko, L. Boyko, G. Yudina</i> Improving air quality laboratories through the use of phyto-based environment</p> <p>Electromechanical and energy systems, modeling and</p>

<p>Электромеханические и энергетические системы, методы моделирования и оптимизации. Сборник научных работ XII Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов в городе Кременчуг 10–11 апреля 2014 г. – Кременчуг: КрНУ, 2014. – С. 263–265.</p> <p>Предложены группы комнатных растений в зависимости от воздействия их на окружающую среду закрытых помещений.</p>	<p>optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 263–265.</p> <p>Proposed group houseplants depending on their impact on the environment indoors.</p>
<p><i>Н. О. Гордієнко, Ю. О. Алексєєва</i> До 200-річчя від дня народження Т.Г. Шевченка Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 року. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 266–267.</p> <p>Показано, як кафедра «Системи автоматичного управління та електропривод» включилась у підготовку до святкування 200-річчя від дня народження Т.Г. Шевченка. Підкреслено, що на суто технічній кафедрі можливе проведення заходів гуманітарної спрямованості, що сприяє розширенню кругозору співробітників кафедри, студентів, розвитку почуття патріотизму, гордості за свою країну.</p>	<p><i>N. Gordienko, Yu. Alekseyeva</i> By the 200th anniversary of the birth of T. Shevchenka Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 266–267.</p> <p>Shown as the chair of "Automatic Control and Electric" joined at WCU prepare for the celebration of the 200th anniversary of the birth of TG Shevchenko. Emphasized that the purely technical department may conduct activities of a humanitarian nature that promotes outlook department staff, students, development of a sense of patriotism and pride in their country.</p>
<p><i>О.В. Андронова, В.В. Курак, С.І. Борохович</i> Термостат на елементах Пельтье для лабораторного практикуму з дисципліни „Нетрадиційна енергетика та акумулявання” Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 268.</p> <p>В роботі представлено параметри термостата на основі елементів Пельтье, розробленого для проведення лабораторних досліджень характеристик хімічних джерел струму типорозмірів від R03 до R20 в температурному інтервалі від 0°C до 60°C. Описано основні етапи проектування та технічні характеристики приладу.</p>	<p><i>O. Andronova, V. Kurak, S. Borohovich</i> Peltier elements thermostat for laboratory training on alternative energetic and storage Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 268.</p> <p>Parameters of Peltier elements thermostat for laboratory investigation of characteristics of chemical current sources with standard size from R03 up to R20 in temperature range from 0°C to 60°C are presented in this paper. Basic stages of designing and technical characteristics of developed device are pointed out.</p>
<p><i>А.С. Лісняк, Т.П. Коваль</i> Моделювання процесу засвоєння інформації при підготовці технічних фахівців Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 269–270.</p> <p>В роботі розглянуто питання ефективності навчання студентів за допомогою поєднання традиційних методів організації навчального процесу та інформаційно-комунікаційних технологій, що дозволяє оцінювати ефективність засвоєння інформації студентами та цілеспрямовано формувати аудиторну, самостійну й індивідуальну роботу, а у подальшому навіть оптимізувати розклад занять. Застосування кібернетичних моделей дозволяє</p>	<p><i>A. Lisniak, T. Koval</i> Simulation of assimilation of information in the preparation of technical experts Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk april 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 269–270.</p> <p>The paper considers the effectiveness of student learning through a combination of traditional methods of learning process and information and communication technology, which allows to assess the effectiveness of the assimilation of information students and targeted form of classroom, independent and individual work, and even further optimize schedule. Application of cybernetic models can perform a quantitative evaluation of the quality of the learning process to improve learning and, consequently, the quality of teaching.</p>

<p>виконувати кількісне оцінювання якості процесу навчання для підвищення ефективності засвоєння навчального матеріалу і, як наслідок, якість навчання.</p>	
<p><i>С. С. Романенко, В. О. Огарь</i> Структура підготовки магістрів з технічних спеціальностей Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 271–272. Запропонована структура підготовки фахівців за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр» з технічних спеціальностей як складова безперервної системи освіти.</p>	<p><i>S. Romanenko, V. Ogar</i> Structure of Master engineering specialties preparation. Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 271–272. Proposed training structure for "Master" educational qualification level of technical specialties as part of continuing system education.</p>
<p><i>П. Хоцько, Т. Винце</i> Програмний аналіз для розпізнавання значень вимірювальних приладів за допомогою веб-камери Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 273–274. У статті описано підхід до розробки програм розпізнавання значень вимірювальних приладів з використанням веб-камери.</p>	<p><i>P. Hocko, T. Vince</i> Program analyses for reading values of the measuring device using web camera Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 273–274. A way for development the program for recognition values of measuring devices using web camera is described.</p>
<p><i>О. М. Бибик, Л. Б. Караева</i> Розробка конструкції цифрового вимірювального приладу з застосуванням SMT-технології Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 275. В роботі розроблена конструкція друкованої плати для схеми цифрового вимірювального пристрою – ампервольтметра, із застосування сучасної елементної бази – SMT технології. (SurfaceMountTechnology – технологія монтажу на поверхню). Дана технологія дозволяє досягти збільшення об'єму виробництва і навіть з зменшенням вартості. Це досягається завдяки автоматизації процесів зменшення розмірів SMD компонентів, уніфікації процесів і зниження трудоемності. При всіх мінусах, ефективний результат даної технології без сумнівів говорить про перспективність і потребу в даній технології.</p>	<p><i>M. Bybyk, L. Karaeva</i> Development of design digital measurement device using SMT-technology Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 275. The work of design pcb circuit for a digital measuring device - ampervoltmetra , using the current base - SMT technology. (SurfaceMountTechnology - surface mount technology). This technology can achieve an increase in production volume and even with cost reduction . This is achieved by automating the process of reducing the size of SMD components , standardization of processes and decreasing of . With all the cons , the effective result of this technology undoubtedly speaks about the viability and need for this technology .</p>
<p><i>Н. С. Бугро</i> Применение кластерного анализа при оценке образовательного сервиса Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 276.</p>	<p><i>N. Bugro</i> Use of cluster analysis in assessing the educational service Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 276. It is shown that the cluster analysis allows to make</p>

<p>В работе показано, что кластерный анализ позволяет произвести обработку данных, полученных в результате применения метода репертуарных решеток, оценить степень близости характеристик и конструкторов друг к другу, степень взаимного влияния оценок и, как результат, получить более глубокое представление как о оцениваемом учреждении образования, так и о выбранных параметрах самой решетки.</p>	<p>processing of data obtained as a result of applying the method of repertory grids to assess the degree of proximity characteristics and constructs to each other, the degree of mutual influence assessments and, as a result, gain a deeper understanding of the evaluated as an educational institution, so and selected parameters of the lattice itself.</p>
<p><i>О. В. Гинькут, І. С. Конох</i> Програма реалізації нечіткої системи керування приточною вентиляцією Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 277–278. Розглянуто методи автоматичного керування для побудови системи вентиляційної установки, теорії нечітких множин і нечітких систем для реалізації нечіткого логічного керування в лабораторному комплексі.</p>	<p><i>O. Ginkut, I. Konokh</i> Program of control system of forced ventilation with fuzzy expert system Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 277–278. In the article methods of automatic control system for bulding ventilation systems, fuzzy set theory and fuzzy systems to implement fuzzy logic control in the laboratory complex.</p>
<p><i>С. В. Маліновський, Л. Б. Караєва</i> Розробка конструкції електронного світлодіодного індикатора з застосуванням SMT-технології Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 279–280. Сучасний розвиток проектування і конструювання радіоелектронних пристроїв направлений на спрощення технологічного процесу, мініатюризації та стандартизації. Всього цього можливо досягти завдяки застосуванню технології поверхневого монтажу (ТПМ). Що розглянуто в роботі. На даний час SMT технологія є досить поширеною і застосовується в усіх галузях конструювання радіоелектронної і обчислювальної техніки. Тому розробка конструкції друкованої плати для схеми електронного світлодіодного серця, виконувалася на сучасній елементної бази – SMT технології. Ефективний результат даної технології без сумнівів говорить про перспективи розвитку і потребу в такій технології.</p>	<p><i>S. Malinowski, L. Karaeva</i> Development of design of electronic LED indikatora using SMT-technology Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 279–280. Modern development of design and construction of electronic devices aimed at simplifying the process, miniaturization and standardization. All this can be achieved through the use of surface mount technology (TPM). As discussed in the paper. Currently, SMT technology is fairly common and is used in all branches of design of electronic and computer technology. Therefore, design a printed circuit board design circuit for light-emitting diodes heart, performed on modern element base - SMT technology. The effective result of this technology undoubtedly suggests prospects for development and the need for such technology.</p>
<p><i>О. О. Тищенко</i> Комп'ютеризована система для дослідження пускових режимів роботи асинхронних двигунів Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 281–282. В роботі проведено розробку комплексу для дослідження пускових режимів роботи асинхронних двигунів. Запропонований комплекс дозволяє створити різні умови та режими пуску АД. У роботі запропонована структурна схема комплексу.</p>	<p><i>O. Tischenko</i> Computerised system for the study of starting modes of induction motors Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 11th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 281–282. The paper carried out development of a complex of starting modes to test of induction motors. Proposal of the complex allows you to create different conditions and modes of starting induction motors. The paper presents a block diagram of the complex.</p>

<p><i>М. О. Ганжа, А. М. Артеменко</i> Комп'ютеризований лабораторний стенд для дослідження роботи системи непрямого пуску асинхронного двигуна Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 283–284. Отримані динамічні характеристики системи непрямого пуску асинхронного двигуна на базі лабораторного стенду з використанням сучасного контрольно-вимірювального обладнання.</p>	<p><i>M. Hanzha, A. Artemenko</i> Computerized laboratory stand for investigation of indirect start induction motor Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk april 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 283–284. These dynamic characteristics of indirect start induction motor based on laboratory stand using modern test equipment.</p>
<p><i>І. О. Нестеров, Р. Ю. Кабаковський, Я. В. Сиротін</i> Лабораторний стенд для випробувань асинхронних двигунів Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 285–286. Розроблено лабораторний стенд, що дозволяє проводити широкий спектр промислових та дослідницьких випробувань АД. Для проведення випробувань запропоновано використання різних джерел живлення та ГПС, що виступає в ролі механічного навантаження на валу АД, та застосування в якості вимірювальної системи мобільний вимірювальний комплекс.</p>	<p><i>I. Nesterov, R. Kabakovski, Ya. Sirotin</i> Laboratory test bench for induction motors Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2013. – Kremenchuk: KrNU, 2013. – PP. 285–286. Developed test bench, which allows broad industrial and research tests of induction motors. For testing suggested the use of different sources of power and DC generator, which acts as a mechanical load on the shaft induction motor, and use as measurement system of mobile measuring complex.</p>
<p><i>М. А. Усенко, О. С. Кравченко</i> Експериментальна малогабаритна модель електромобіля з системою керування двигуном постійного струму на основі Raspberry Pi Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 287–288. Розроблено модель електромобіля з системою керування електроприводом на основі одноплатного мікрокомп'ютеру Raspberry Pi. Даний проект може бути використаний при навчанні студентів-електромеханіків навичкам розробки сучасних автоматизованих систем керування електроприводом.</p>	<p><i>M. Usenko, O. Kravchenko</i> Experimental small sized model of the electric car with a current motor control system on the basis of Raspberry Pi Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 287–288. The model of the electric car with an electric drive control system on the basis of an one-paid microcomputer Raspberry PI is developed. This project can be used in training of electromechanics students in skills of development modern computerized electric drive control systems.</p>
<p><i>М. М. Мошноріз, Д. В. Базалійський</i> Розрахунок регуляторів системи електропривода в MATLAB Електромеханічні системи, моделювання та оптимізація. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 289–290. Розглянуто можливість розрахунку регуляторів системи електропривода у ППП Matlab. Вказано на переваги та недоліки пакету оптимізаційних розрахунків NCD Blockset.</p>	<p><i>M. Moshnoriz, D. Bazaliysky</i> Calculation of electric regulators in MATLAB Electromechanical systems, modeling and optimization. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 289–290. The possibility of calculating the electric system regulators in Matlab. Specified on the advantages and disadvantages of package optimization calculations NCD Blockset</p>

<p><i>Я. А. Пожар, П. П. Костенко</i> Метод пошуку контрольних точок на цифрових фотознімках при генерації панорам Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 291. У роботі проводиться загальний опис алгоритму пошуку «особливих» точок зображення, побудова їх векторів та перетворення щодо геометричних властивостей зображення. Проводиться аналіз алгоритмів поширених методів для пошуку контрольних точок на зображеннях. Розглядаються їх математичні моделі та проводиться оптимізація шляхом введення дескрипторів зі збитковою інформацією.</p>	<p><i>Y. Pozhar, P. Kostenko</i> Searching method of control points on digital photos at panoramas generating Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – P. 291. The work deals with general description of searching algorithm of "special" image points, composition of their vectors and points transformation relatively to the geometric images properties. Algorithms analysis for widespread methods of searching control points in the images are conducted. Mathematical model are analyzed and optimization by introducing of descriptors with redundant information is conducted</p>
<p><i>С. А. Чабан, В. В. Найда</i> Розробка мікроконтролерної системи дистанційного вимірювання температури приміщення на базі платформи ARDUINO Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2013. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 292–293. Розроблено систему віддаленого моніторингу через мережу Інтернет на базі плати Arduino, та мікроконтролера ENC28J60. Розроблено апаратне та програмне забезпечення для отримання температурних даних та їх віддаленої передачі через мережу Інтернет за допомогою протоколу TCP/IP. Даний пристрій володіє широким діапазоном вимірювання температури, простою конструкцією та може одночасно опрацьовувати до 10 сенсорів температури без підключення додаткового джерела живлення.</p>	<p><i>S. Chaban, V. Naida</i> Development of distance measuring room temperature board on a platform ARDUINO Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–10, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2013. – PP. 292–293. A system for remote monitoring via Internet-based payment Arduino, and microcontroller ENC28J60. A hardware and software to obtain temperature data and remote transmission over the Internet using protocol TCP/IP. This device has a wide range of temperature measurement, a simple design and can simultaneously work out to 10 temperature sensors without connecting additional power supply.</p>
<p><i>М. С. Москаленко, О. А. Резнік</i> Навчальна система для вивчення теорії цифрових автоматів Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 294–295. Розроблена структура комп'ютеризованого навчально-методичного комплексу з дисципліни «Основи теорії цифрових автоматів»</p>	<p><i>M. Moskalenko, O. Reznik</i> The training system to study the theory of digital machines Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 294–295. The structure computerized teaching complex the discipline "Basic theory of digital machines"</p>
<p><i>А.В. Торопов, С.С. Великий, А.С. Романенко</i> Лабораторный стенд по исследованию характеристик синхронных двигателей с постоянными магнитами при отсутствии датчика положения ротора Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–</p>	<p><i>A. Toropov, S. Velikiy, A. Romanenko</i> Laboratory stand for investigation of behavior of PMSM without rotor position sensor Electromechanical and energy systems, modeling and optimization methods. The 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 296–297. A scheme of the laboratory stand to study synchronous</p>

<p>11 квітня 2014 р. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 296–297.</p> <p>Предложена схема построения лабораторного стенда по исследованию синхронных двигателей с постоянными магнитами. Описаны функциональные возможности стенда на базе преобразователя частоты Lenze 8400b Vector Topline.</p>	<p>motors with permanent magnets is proposed. The features of the stand on the basis of the frequency converter Lenze 8400b Vector Topline are described.</p>
<p><i>Я. Пердуляк, Д. Ковач</i></p> <p>Аналоговий генератор імпульсів для багатовивідного підвищую чого перетворювача</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 298–299.</p> <p>В статті запропоновано новітній підхід до створення багато вивідного підвищую чого перетворювача, який дозволяє ефективно використовувати енергію джерела. Лабораторна модель структури керування перетворювачем підтвердила теоретичні та модельні допущення.</p>	<p><i>J. Perduľak, D. Kováč</i></p> <p>Analogue pulse generator for multi-leg boost converter</p> <p>Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk April 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 298–299.</p> <p>A novel concept of multi-leg boost converter which allows effective utilization of energy from input source was proposed. The laboratory model of control structure confirmed the theoretical and simulation assumes.</p>
<p><i>О.М. Халімовський, О.В. Афіичук</i></p> <p>Особливості побудови системи пошуку дійсного максимуму інтенсивності флюоресцентного сигналу</p> <p>Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 10–11 квітня 2014. – Кременчук: КрНУ, 2014. – С. 300–301.</p> <p>Розроблена структура системи пошуку дійсного максимуму інтенсивності флюоресцентного сигналу. Особливістю структури системи є відсутність контуру положення валу п'єзоелектричного двигуна. Сформульовані принципи побудови алгоритму функціонування системи.</p>	<p><i>O. Khalimovsky, O. Afiihuk</i></p> <p>Features of design the search system of maximum actual intensity of fluorescent signal</p> <p>Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 12th International conference of students and young researchers in Kremenchuk april 10–11, 2014. – Kremenchuk: KrNU, 2014. – PP. 300–301.</p> <p>This paper presents the design of the system of search the maximum actual intensity of fluorescent signal. The absence of piezomotor's shaft position loop is the feature of the designed structure. The design principles of working algorithm of the system are specified.</p>

Коректор: Г. Г. Юдіна

Технічна верстка: М. С. Малякова, О. Ю. Лещук

Підписано до друку 03.04.14. Формат А4. Папір офсетний

Умов.друк.аркушів 40.0. Наклад 300 прим. Друк разопринтний. Зам. 34/14

Надруковано з готових оригіналів в друкарні ПП Щербатих О.В.

Кременчук, вул. 29 вересня, 11/19, тел. 79-63-38