



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА
ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**“ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ
В ПРОМИСЛОВOSTІ ТА СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ”**

21-22 жовтня 2015 року

Тези доповідей надруковано у авторській редакції.

Відповідальний за випуск: Переверзев І.О.

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**“ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ
В ПРОМИСЛОВOSTІ ТА СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ”**

21-22 жовтня 2015 року

Підписано до друку 15.10.2015
Ум друк.арк. 10,75. Тираж 100 прим.
©МОВ КНТУ, м. Кіровоград, пр. Університетський, 8.
Тел. 55-10-49

м. Кіровоград

Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві”. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – 172 с.

Рекомендовано до друку рішенням науково-технічної ради КНТУ (протокол № 8 від 24.09.2015 р.).
Затверджено рішенням засідання кафедри ЕТС та ЕМ (протокол № 3 від 22.09.2015 р.).

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Голова оргкомітету: Черновол М.І. – д.т.н., професор, ректор Кіровоградського національного технічного університету, м.Кіровоград

Заступники голови оргкомітету:

Левченко О.М. – д.е.н., професор, проректор з наукової роботи Кіровоградського національного технічного університету, м. Кіровоград;
Віхрова Л.Г. – к.т.н., професор, декан факультету «Автоматика та енергетика», Кіровоградській національній технічній університет, м. Кіровоград;
Плешков П.Г. – к.т.н., професор, завідувач кафедри «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент», Кіровоградській національній технічній університет, м. Кіровоград;
Осадчий С.І. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Автоматизація виробничих процесів», Кіровоградській національній технічній університет, м. Кіровоград;

Члени оргкомітету:

Мелоді Адегоке – професор, Federal University of Technology, Akure, Нігерія;
Коруба - д.т.н., професор, Kielce University of Technology, Kielce, Польща;
Jakub Siemek – професор, Гірничо-металургійна академія, м.Краків, Польща;
P.Bujok – професор, Політехнічний університет, м. Острава, Чехія ;
Розен В.П. – д.т.н. професор, ІЕЕ, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м.Київ;
Каліничук В.П. – к.т.н., доцент, ІЕЕ, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м.Київ;
Ладанок А.П. – д.т.н., професор, Національний університет харчових технологій, м. Київ;
Жежеленко І.В. – д.т.н., професор, Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь;
Саенко Ю.Л. – д.т.н., професор, Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь;
Кондратенко Ю.П. – д.т.н., професор, Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, м. Миколаїв;
Родькін Д.Й. – д.т.н., професор, Кременчуцький національний університет імені М.Остроградського, м. Кременчук;
Шкрабец Ф.П. – д.т.н., професор, Національний гірничий університет, м. Дніпропетровськ;
Щокін В.П. – д.т.н., професор, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг;
Сінчук О.М. – д.т.н., професор, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг;
Клименко В.В. – д.т.н., професор, Кіровоградській національній технічній університет, м. Кіровоград;
Орлович А.Ю. – к.т.н., професор, Кіровоградській національній технічній університет, м. Кіровоград;
Жук Г.В. – д.т.н., професор, Інститут Газу НАН України, м. Київ;
Скляр В.В. – д.т.н., професор, технічний директор ПАТ НВП “Радій”, м. Кіровоград;
Янішевський М.П. – технічний директор ПАТ “Кіровоградобленерго”, м. Кіровоград.

Відповідальний за випуск: Переверзев І.О.

Збірник містить тези доповідей за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві”, що відбулася 21-22 жовтня 2015 року на базі кафедри електротехнічних систем та енергетичного менеджменту Кіровоградського національного технічного університету.

Матеріали збірника опубліковано у авторській редакції.

© Колектив авторів, 2015

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| <i>И. О. Синчук, А. Н. Яловая, С. Н. Бойко</i> СПЕЦИФИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СРЕДЕ HOMER ENERGY С ЦЕЛЬЮ РЕАЛИЗАЦИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭЛЕКТРОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖЕЛЕЗНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ | 12 |
| <i>О.М.Сінчук, Ю.Б.Філіпп, І.О.Сінчук, М.М.Максимов</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СТАЦІОНАРНИХ УСТАНОВОК ЗАЛЗОРУДНИХ ШАХТ | 14 |
| <i>Martin Klempa, Petr Bujok, Michal Porzer, Nikola Janečkova</i> RESEARCH POLYGONS IN THE CAMPUS OF VSB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA (CZECH REPUBLIC) USED TO MONITORING OF ROCK MASS TEMPERATURE CHANGES DURING APPLICATION OF HEAT PUMPS | 16 |
| <i>М. Г. Цяпка</i> АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ СИСТМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ФОТОЕЛЕКТРИЧНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ | 17 |
| <i>Д.М.Нестерчук, С.О.Квітка</i> ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ | 19 |
| <i>Ю.П. Денисов, В.В. Клименко, В.П.Солдатенко</i> КОМБИНИРОВАННЫЕ УСТАНОВКИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ СОЛНЕЧНУЮ ЭНЕРГИЮ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ | 21 |
| <i>Ю.П. Денисов, В.В. Клименко</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОГИДРАТНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ | 23 |
| <i>С.М. Литвин, В.В.Клименко, В.Н. Манзюк</i> ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ГАЗОВИХ ПАЛИВ – ВАЖЛИВА СКЛАДОВА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ | 25 |
| <i>В.В. Клименко, В.П. Солдатенко, М.В. Кубкін, В.І. Кравченко</i> СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ГРУНТОВИМ ТЕПЛОАКУМУЛЯТОРОМ | 27 |
| <i>В.В. Клименко, І.О. Переверзев, Н.В. Ковальчук</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНЦЕНТРУВАННЯ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ВИМОРОЖУВАННЯМ | 29 |
| <i>В.В. Клименко, Т.В. Величко, А.О. Микитюк</i> ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ В ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ | 31 |
| <i>Литвин С.Н., Грабовенко А.И., Манзюк В.Н.</i> АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОВРЕЖДЕНИЯ БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ | 33 |

| | |
|--|----|
| <i>В.В. Клименко, В.В. Мартиненко, В.І. Гуцул</i> ГАЗОГІДРАТНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДГОТОВКИ БІОГАЗУ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ В АВТОНОМНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ..... | 35 |
| <i>В.В. Клименко, М. Масри</i> ПРИМЕНЕНИЕ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ..... | 37 |
| <i>В.В. Клименко, О.О. Микитюк, В.І. Гуцул</i> ГАЗОГІДРАТНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УТИЛІЗАЦІЇ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ, ЩО ВИДІЛЯЄТЬСЯ В ПРОЦЕСІ БРОДІННЯ ВИНОГРАДНОГО СУСЛА..... | 39 |
| <i>О.В. Скрипник, В.В. Клименко, А.А. Віхтоденко</i> УСТАНОВКА ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ ГАРЯЧОГО ГАЗОСТАТИЧНОГО ПЕРЕСУВАННЯ БЕЗПОРИСТИХ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГАЗОГІДРАТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ..... | 41 |
| <i>В.В. Клименко, М.В. Босий, М.В. Личук</i> АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДОТИСКУВАЧІВ ПАЛИВНОГО ГАЗУ ДЛЯ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК..... | 43 |
| <i>В.В. Клименко, В.І. Кравченко, Ю.П. Старостін</i> РЕЗУЛЬТАТИ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ ПЕЛЕТ З РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ..... | 45 |
| <i>С.В. Конончук, В.І. Кравченко, В.В. Клименко, О.В. Скрипник, І.В. Якименко</i> ПРОГРАМА РОЗРАХУНКУ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕАКЦІЙ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО ПРОЦЕСУ..... | 47 |
| <i>В.І. Кравченко, С.В. Конончук, В.В. Клименко, О.В. Скрипник, І.В. Якименко</i> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ ПАРАМЕТРАМИ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО ПРОЦЕСУ..... | 50 |
| <i>В.В. Клименко, М.В. Личук, О.В. Сидорук</i> АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСУ КОНВЕКТИВНОЇ СУШКИ МОЛОКА, ЩО ВРАХОВУЮТЬ ВПЛИВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ..... | 52 |
| <i>Д.В. Босенко, А.В. Снігір'єв, В.М. Ломакін</i> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПЛАВЛЕННЯ ДРІБНОЇ АЛЮМІНІЄВОЇ ШИХТИ В МГД-УСТАНОВЦІ..... | 54 |
| <i>Р.О. Хліста</i> МЕТОД ГЕНЕРАЦІЇ ГРАФА ІЗ ЗАДАНИМИ ПАРАМЕТРАМИ..... | 55 |
| <i>П.В. Сергєєв, В.С. Білецький</i> ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СЕЛЕКТИВНОЇ МАСЛЯНОЇ АГРЕГАЦІЇ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВУГІЛЛЯ..... | 56 |

| | |
|--|----|
| <i>О.А. Круть, В.С. Білецький, П.В. Сергєєв</i> ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНА ВОДОВУГІЛЬНА СУСПЕНЗІЯ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНЕ ШТУЧНЕ РІДКЕ ПАЛИВО..... | 58 |
| <i>В.В. Клименко, М.С. Якименко, М.В. Босий</i> ТЕПЛООБМІН ПРИ УТВОРЕННІ ГАЗОВОГО ГІДРАТУ НА БУЛЬБАШЦІ ГАЗУ В УМОВАХ СНАРЯДНОЇ ТЕЧІЇ..... | 60 |
| <i>В.В. Савченко, О.Ю. Сияєвський</i> ПЕРЕДПОСІВНА ОБРОБКА НАСІННЯ В МАГНІТНОМУ ПОЛІ..... | 62 |
| <i>В.О. Черная, А.Р. Бабаджанова</i> АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА ШАХТНЫХ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕКТРОВАЗОВ..... | 64 |
| <i>С.М. Усенко</i> ВИКОРИСТАННЯ СИЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ В ЗЕРНОВІЙ ГАЛУЗІ..... | 66 |
| <i>Ю.А. Папайка, О.В. Берковський</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИСТРОЇВ FACTS НА ПОТУЖНИХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ..... | 68 |
| <i>А.В. Виштібеев, Е.А. Марюшко</i> МЕТОДЫ ОПЕРАТИВНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В КРУЭ..... | 70 |
| <i>Д.А. Шокарев</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРМ КРИВЫХ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ СТРУКТУРЫ ИНВЕРТОР НАПРЯЖЕНИЯ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ..... | 72 |
| <i>О.А. Козловський, А.Ю. Орлович</i> ДІАГНОСТУВАННЯ ОБЛЕДЕНІННЯ ПРОВОДІВ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ..... | 74 |
| <i>А.І. Котиш, П.Г. Плешков, О.І. Сіріков, А.В. Некрасов</i> РОЗРОБКА ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІКСАТОРА КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ ДЛЯ ПОВІТРЯНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НАПРУГОЮ 110 – 150 кВ..... | 75 |
| <i>І.А. Куц</i> ВИЗНАЧЕННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ В ДВИГУНАХ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ МАЛОЇ ПОДУЖНОСТІ..... | 77 |
| <i>Ю.С. Сайчук, А.І. Замулко</i> РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАЛЬНИХ КОМПАНІЙ..... | 78 |
| <i>П.Г. Плешков, Савеленко І.В.</i> РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ З СДПМ..... | 79 |

| | |
|--|--|
| М.С. Тарануха, Р.В. Телота, В.В. Зінзура ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ РЕАКТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЗА УМОВ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГ РОЗПОДІЛЬЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ81 | |
| П.Г. Плешков, В.В. Зінзура, В.Д. Бочорішвілі ЗНИЖЕННЯ РІВНІВ УСТАЛЕНОГО ВІДХИЛЕННЯ ТА НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГ В РОЗПОДІЛЬЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ РЕГУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ85 | |
| А.П. Свірідов, Т.В. Величко, О.О. Архіпенко НЕСИМЕТРИЧНІ РЕЖИМИ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАДВИСОКОЇ НАПРУГИ89 | |
| А.П. Свірідов, Т.В. Величко ДОСЛІДЖЕННЯ НОРМАЛЬНИХ І ПІСЛЯАВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ ПРОТЯЖНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ З КЕРОВАНИМИ ПРИСТРОЯМИ КОМПЕНСАЦІЇ91 | |
| П.Г. Плешков, П.Г. Стець ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕПЛОАСОСНОЇ СИСТЕМИ НА ҐРУНТОВІ ТЕПЛООБМІННІ ПРОЦЕСИ У ДОБРОВЕЛИЧКІВСЬКОМУ РАЙОНІ93 | |
| І.О. Переверзєв, М.І. Демченко ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЕКСКОВАТОРА ЭКГ-5А96 | |
| П.Г. Плешков, І.В. Савеленко, Б.В. Стрижак АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З МОЖЛИВІСТЮ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В ТРИФАЗНИХ МЕРЕЖАХ 0,4 Кв.....97 | |
| В.П. Венгер ВПЛИВ ВНУТРІШНІХ ПЕРЕНАПРУГ МЕРЕЖІ НА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПРОЦЕСИ В ОБМОТКАХ ТРАНСФОРМАТОРА99 | |
| В.П. Венгер МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ В ОБМОТКАХ ТРАНСФОРМАТОРА ЗА ДІЇ ЗБУРЕНЬ ВИСОКОЇ ЧАСТОТИ101 | |
| А.З. Музичак МЕТОДИКА І ПРАКТИКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ ПІДПРИЄМСТВ КОМУНАЛЬНОЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ103 | |
| В.Ф. Ткаченко, К.Г. Петрова ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ ВИБОРУ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ105 | |
| В.П. Калінчик КОМПЛЕКСНЕ УПРАВЛІННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ106 | |

| | |
|--|--|
| С.І. Випанасенко УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯМ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ108 | |
| Н.С. Дрешпак ОЦІНКА ТОЧНОСТІ КОНТРОЛЮ РІВНЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ109 | |
| О.С. Дрешпак АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ВАПНЯКУ З НЕОДНОРІДНИХ КАРБОНАТНИХ РОДОВИЩ109 | |
| В.Б. Бондаренко, П.Г. Плешков, Д.М. Лужков, С.В. Серебренніков РЕГУЛЮВАННЯ ДОБОВОГО РЕЖИМУ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РЕСУРСУ110 | |
| В.Б. Бондаренко, А.Ю. Орлович, С.В. Серебренніков, О.І. Сіріков ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ДЕФЕКТОСКОПІЇ ОПОР ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ112 | |
| Н.Ю. Гарасьова, Т.В. Величко, С.І. Ставицький АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ З ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ114 | |
| А.О. Дудник ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ У ТЕПЛИЦЯХ115 | |
| С.О. Квітка, Д.М. Нестерчук, О.С. Квітка ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНА СИСТЕМА ДОЗУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ КОРМОВИХ СУМІШЕЙ117 | |
| Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда, А.В. Землянський, О.М. Даниленко НЕЧІТКА ОЦІНКА РІВНЯ СКЛАДНОСТІ ПОЛЬОТНОЇ СИТУАЦІЇ В ПРОЦЕСІ ТРЕНАЖЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ З ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО РУХУ118 | |
| О.М. Сапегин, Д.В. Бугаєв СИСТЕМА ОРИЕНТАЦІЇ НА БАЗЕ МАХ 21105.....120 | |
| В.А. Лісовський АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОБЛІКУ ПОВІТРЯНОГО РУХУ ТА РОЗРАХУНКУ АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ ЗБОРІВ122 | |
| І.А. Березюк, К.А. Недопьокін ШЛЯХИ СКОРОЧЕННЯ ЕНЕРГОСМНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПІЛЛОМАТЕРІАЛІВ124 | |
| В.В. Войтюк ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ТА СКЛАДУ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ РІДИН ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА В МАГНІТНОМУ ПОЛІ126 | |

| | |
|--|-----|
| <i>О.П. Голик, Т.О. Масловська</i> РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦУКЕРОК | 127 |
| <i>В.М. Каліч, О.К. Дідик, В.А. Бісюк</i> АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ НЕПЕРЕРВНО-ПОСЛІДОВНОМУ ІНДУКЦІЙНОМУ НАПЛАВЛЕННІ | 128 |
| <i>О.К. Дідик, Д.А. Вернигора</i> РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ МАСИ РУХОМОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ | 130 |
| <i>О.К. Дідик, А.О. Решетняк</i> РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ВИСОТИ ОЧІСЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ РИСОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ | 131 |
| <i>В.А. Зозуля, Р.Ю. Шарий</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА АВТОМАТИЧНОГО ПРИСТРОЮ КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ ПРИ ВІБРАЦІЙНОМУ ВПЛИВІ | 132 |
| <i>В.А. Зубенко, С.І. Осадчий</i> РАЗРАБОТКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ МЯГКОГО ДЕКОДИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ БЛОКОВЫХ КОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УПОРЯДОЧЕННЫХ ПОДМНОЖЕСТВ ПРОВЕРОЧНЫХ УРАВНЕНИЙ | 133 |
| <i>В.О. Кондратець, О.М. Сербул</i> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СПІВВІДНОШЕННЯ РУДА/ВОДА НА ВХОДІ КУЛЬОВОГО МЛИНА ОПТИМІЗАЦІЄЮ ВИБОРУ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ | 135 |
| <i>О.М. Криштафор, Р.В. Жесан</i> СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ У СПОРУДІ ПРОМИСЛОВОГО ПТАШНИКА | 137 |
| <i>С.П. Плешков</i> АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ | 138 |
| <i>Д.П. Савченко, С.І. Осадчий</i> СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПОЛОЖЕННЯМ ЖАТКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА | 139 |
| <i>Т.О. Семитківська</i> ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ НАФТОХІМІЇ | 140 |
| <i>О.С. Сербул, В.О. Хомич</i> АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ЦИЛІНДРАХ ЕКСТРУЗІЙНОГО АГРЕГАТУ | 141 |

| | |
|--|-----|
| <i>О.Д. Цабій, Жесан Р.В.</i> СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ ПРЯМОЛІНІЙНОГО РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ | 143 |
| <i>А.І. Вознюк, Н.І. Барау, В.В. Цісарж</i> СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ ТА НАВЕДЕННЯ ДЛЯ НАЗЕМНИХ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ НА БАЗІ АНRS | 145 |
| <i>А.М. Мацуї, О.В. Волошин</i> ОБґРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ КЕРУВАННЯ З ПРОГНОЗУЮЧИМИ МОДЕЛЯМИ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ ВИПАЛЮВАННЯ ОБКОТИШІВ | 146 |
| <i>М.О. Федотова, С.І. Осадчий</i> МЕТОДИКА ВИБОРУ ДАТЧИКА ВОЛОГОСТІ ПРИ НЕПОВНИХ ВИМІРЮВАННЯХ ВИХІДНИХ СИГНАЛІВ ЗЕРНОСУШАРКИ З КИПЛЯЧИМ ШАРОМ | 148 |
| <i>О.А. Стенін, О.М. Польшакова, С.О. Стенін</i> СИСТЕМНИЙ ПРИНЦИП ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНИХ НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМ | 150 |
| <i>О.П. Голик, Р.В. Жесан, М.О. Мешкова</i> НЕЙРОМЕРЕЖНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АДАПТИВНИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ | 152 |
| <i>Р.М. Минайленко</i> РОЗРОБКА ПРОГРАМНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗЕРНА СТРІЧКОВОЮ КОВШОВОЮ НОРІЄЮ | 154 |
| <i>Т.О. Прокопенко, М.С. Мірошніченко, В.О. Зубенко</i> ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ НЕЙРО- МЕРЕЖЕВОГО КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНИМ РЕЖИМОМ У ТЕПЛИЦІ | 155 |
| <i>О.С. Сербул, Г.С. Чабаненко</i> КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ В ТЕПЛИЦЯХ АНГАРНОГО ТИПУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ОВОЧІВ | 156 |
| <i>Р.П. Ткаченко, К.С. Шестопалов</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДИНАМІЧНОГО ЗВАЖУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ | 157 |
| <i>Д.В. Трушаков, С.Й. Рендзіняк</i> ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕВАГ ГІБРИДНОГО ПРАКТИКУМУ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З ПРОФІЛЮЮЧИХ ДИСЦИПЛІН АВТОМАТИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН | 158 |
| <i>В.О. Шалімов, С.В. Литвинов</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СЕРЕДОВИЩА ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ | 160 |

| | |
|--|-----|
| А.М. Мацуї, О.С. Ткаченко ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА ЗАВАНТАЖЕННЯ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ..... | 162 |
| В.В.Мелешко, С.Л. Лакоза, И.А.Лазарев ХАРАКТЕРИСТИКИ БИНС НА ГРУБЫХ ГИРОСКОПАХ..... | 164 |
| І.І. Павленко, Є.С. Костюк, О.А. Кислун ДОСЛІДЖЕННЯ РУХОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ МПС ПРИ ЗДІЙСНЕНІ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ ВИКОНАВЧОГО ОРГАНУ ПІД КУТОМ..... | 165 |
| В.О. Кондратець, А.М. Мацуї ДОСЛІДЖЕННЯ КУЛЬОВОГО МЛИНА ЯК БАГАТОВИМІРНОГО КЕРОВАНОГО ОБ'ЄКТА ЗА ПАРАМЕТРОМ ПЕРЕМІЩУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ..... | 168 |
| Л.Г. Віхрова, В.М. Каліч, Т.О. Прокопенко ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗБОРУ ТА КОНТРОЛЮ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦІ, ЯК БАЗА ЗНАНЬ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ..... | 170 |
| В.В. Лесюк, В.М. Неділько КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ПІДТРИМУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ У ВУЛИКАХ ПРОМИСЛОВОЇ ПАСІКИ..... | 172 |
| Ю.М. Пархоменко, А.В. Білоконь ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАДАЧІ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ТА ОСЬОВОГО ЗУСИЛЛЯ В ПРОЦЕСІ ФРИКЦІЙНОГО ФОРМУВАННЯ..... | 174 |
| Ю.М. Пархоменко, В.В. Босько, О.А. Шаповал АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ РЕЄСТРАЦІЇ ГАЗОВИХ СКЛАДОВИХ ОПТИЧНОГО ГАЗОВОГО АНАЛІЗАТОРА ПОБУДОВАНОГО НА ОСНОВІ ВНУТРІШНЬОРЕЗОНАНСНОЇ ЛАЗЕРНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ..... | 175 |
| Н.М. Колос ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ОБЛІКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ ВІДНОСИН ВЛАСНОСТІ В АГРАРНІЙ СФЕРІ..... | 176 |

УДК 621.311.4.031

**СПЕЦИФИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СРЕДЕ HOMER ENERGY С ЦЕЛЬЮ
РЕАЛИЗАЦИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ**

И.О. Синчук, к.т.н., А. Н. Яловая
ВГУЗ «Криворожский национальный университет»
С. Н. Бойко, к.т.н.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

Введение. Железорудная промышленность потребляет более 20 % электрической энергии, производимой на Украине, и нуждается в альтернативных источниках электрической энергии. Одними из таких могут быть автономные электростанции, использующие энергию ветра, которые могут функционировать как в подземных выработках шахт, та и в условиях ландшафта [1].

Постановка проблемы. Рациональное и эффективное, с экономической точки зрения, внедрение альтернативных источников энергии, особенно на предприятиях горнорудной отрасли, нуждается в детальном предыдущем анализе, который осуществляется с помощью специализированных программных пакетов (например, Homer Energy, Hybrid2, RETScreen и тому подобное). Программные пакеты, к сожалению, не способны учесть все аспекты, которые могут привести к неэффективной работе рассредоточенных систем энергоснабжения, однако они могут помочь в исполнении огромного объема работы. В связи с этим есть необходимость анализа функциональных возможностей программных пакетов перед их использованием на практике.

Решение проблемы. Программный комплекс Homer energy, который целесообразно широко использовать в Украине, для моделирования и расчетов систем на базе возобновляемых источников энергии, создан для предоставления помощи в разработке систем рассредоточенной генерации и для облегчения сравнения технологий производства электроэнергии в широком диапазоне использования [2].

Анализ и проектирование систем рассредоточенной генерации усложняется из-за возможного большого количества комбинаций относительно использования альтернативных источников энергии. Это существенно усложняет построение, в частности, из-за недостаточной исходной мощности или ее непостоянства, сезонности, отсутствия диспетчеризации. Такие трудности вместе с высокой ценой ставили под сомнение использование возобновляемых источников энергии. Пакет Homer energy и был разработан для преодоления этих проблем. Homer energy обеспечивает выполнение трех основных задач: моделирование; оптимизация; анализ чувствительности.

В ряде работ [3] рассматривается возможность использования энергий вентиляционных потоков условиях подземных выработок железорудных шахт (ЖРШ).

Особенностью работы ветроэнергетической установки (ВЭУ) в условиях ЖРШ, которую целесообразно размещать на участке сопряжения двух квершлагов, является то, что она есть нелинейным нестационарным объектом управления и находится под воздействием динамических ветровых нагрузок, энергия которых имеет стохастическую природу.

В результате было разработано структуру электромеханической части ВЭУ, основу которой составляет асинхронный генератор с короткозамкнутым ротором. С помощью регулирования частоты и выходного напряжения асинхронного генератора стабилизируется уровень электропотребления подключенных к нему потребителей. Большое значение в составе ВЭУ, для обеспечения бесперебойности электроснабжения потребителей при аварийных режимах работы и при выдачи генератором ВЭУ не номинального уровня напряжения и частоты, имеет аккумуляторная батарея.

В результате исследования аэродинамических характеристик воздушных потоков промышленных предприятий горно-добывающего комплекса был сделан вывод о том, что использования ВЭУ, которые используются как автономно так и в составе системы электроснабжения, является целесообразными и достаточно рентабельными [3].

Таким образом, в среде программы Homer energy было смоделировано ранее предложенную систему автономного электроснабжения на базе ВЭУ (рис. 1).

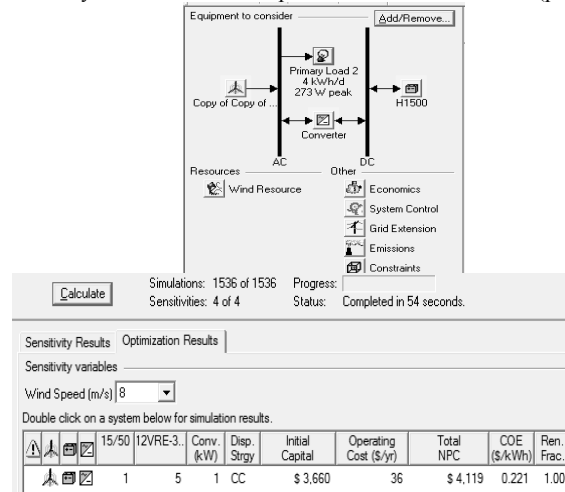


Рисунок 1 – Схема электроснабжения и оптимальное технико-экономическое решение элементов автономной энергетической системы в программе Homer energy

Принимая во внимание приведенные выше результаты исследований, и результаты исследований, полученные ранее [3], можно сделать вывод о том, что использование ВЭУ в условиях железорудных добывающих комплексов является реальным и для оценки возможности использования возобновляемых источников энергии можно использовать программный пакет Homer energy.

Выводы. 1. Разработка и реализация в практике работы на отечественных ЖРШ возобновляемых источников энергии, а именно ВЭУ, позволит осуществлять питание от них ряда приемников электрической энергии, что позволит уменьшить себестоимость добычи полезных ископаемых.

2. С целью проектирования и анализа возможности внедрения, возобновляемых источников энергии в условиях железорудных предприятий целесообразно использовать программный пакет Homer energy.

Список літератури

1. Азарян А.А. Комплекс ресурсо- и энергосберегающих геотехнологий добытку та переробки мінеральної сировини, технічних засобів їх моніторингу із системою управління і оптимізації

гірничорудних виробництв. / А. А. Азарян, Ю. Г. Вілкул та ін. // монографія – Кривий Ріг: Мінерал, 2006. – 219 с.

2. Сайт DigSILENT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://support.homerenergy.com>
3. Сінчук І.О. Відновлювані та альтернативні джерела енергії: навчальний посібник / І.О. Сінчук, С.М. Бойко, О.Є. Мельник // навчальний посібник – Кременчук: Видавництво ПП Щербатих О.В., 2015. – 270с.

УДК 621.316

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СТАЦІОНАРНИХ УСТАНОВОК ЗАЛІЗОРУДНИХ ШАХТ

**О.М.Сінчук, д.т.н., проф., Ю.Б.Філіпп, канд. техн. наук, доц.,
І.О.Сінчук, канд. техн. наук, доц., М.М.Максимов, канд. техн. наук, доц.
ДВНЗ «Криворізький національний університет»**

Вступ. Видобуток залізної руди на шахтах ПАТ «Кривбасзалізрудком» ведеться на глибинах 1250 – 1350 м. Балансові запаси залізної руди розвідані до 1900 м. Збільшення глибини видобутку впливає на потужність електроприводів стаціонарних установок (підйомних, вентиляційних, водовідливних і компресорних), від яких залежить надійність, безпека і енергоефективність роботи гірничого підприємства. Шахти ПАТ «Кривбасзалізрудком» є потужними споживачами електроенергії. Збільшення потужностей електроприводів стаціонарних установок впливає на собівартість залізної руди.

Постановка проблеми. З точки зору можливості підвищення енергоефективності роботи гірничого підприємства виникає проблема необхідності аналізу енергетичних режимів роботи стаціонарних установок шахт і вибору напрямків енергозберігаючого регулювання технологічними режимами їх роботи.

Розв'язання проблеми. При дослідженні енергоефективності роботи стаціонарних установок використовувались матеріали автоматизованої системи енергообліку ПАТ «Кривбасзалізрудком». Ця система дозволяє аналізувати добові, місячні графіки споживання електроенергії і розраховувати різні показники енергоефективності. В таблиці 1 наведені показники споживання електроенергії і її вартості у підрозділах ПАТ «Кривбасзалізрудком» за грудень 2014 р.

Таблиця 1 – Показники споживання електроенергії і її вартості у підрозділах ПАТ «Кривбасзалізрудком» за грудень 2014 р.

| Найменування підрозділу | Споживання електроенергії | Питома частка | Вартість електроенергії | Питома частка | Питома вартість |
|-------------------------|---------------------------|---------------|-------------------------|---------------|-----------------|
| | тис. кВт·г | % | тис. грн. | % | грн/кВт·г |
| ш.Жовтнева | 3871,095 | 14,40 | 3510,437 | 13,04 | 0,9068 3 |
| ш.Батьківщина | 6014,121 | 22,38 | 5541,670 | 20,59 | 0,9214 4 |
| ш.Гвардійська | 3919,249 | 14,58 | 4263,806 | 15,84 | 1,0879 1 |
| ш.ім.Леніна | 3522,988 | 13,11 | 3291,708 | 12,23 | 0,9343 5 |
| Енергоцех | 7554,571 | 28,11 | 8131,879 | 30,22 | 1,0764 2 |
| Інші споживачі | 1994,089 | 7,42 | 2172,935 | 8,08 | 1,08969 |

| | | | | | |
|--------|-----------|--------|-----------|--------|---------|
| Всього | 26876,113 | 100,00 | 26912,435 | 100,00 | 1,00135 |
|--------|-----------|--------|-----------|--------|---------|

Як видно з наведених матеріалів з таблиці 1, споживання електроенергії і її питома вартість відрізняються на окремих шахтах між собою. Це залежить від багатьох факторів: об'ємів видобутків у поточному місяці, глибини видобутку, об'ємів надходження ґрунтових вод, розгалуженості вироблень, класу електроенергії, що постачається, і так далі. На показники питомої вартості електроенергії крім зазначених факторів також впливають заходи, що пов'язані з багатотарифним обліком електроенергії і упорядкуванням режимів роботи установок впродовж доби.

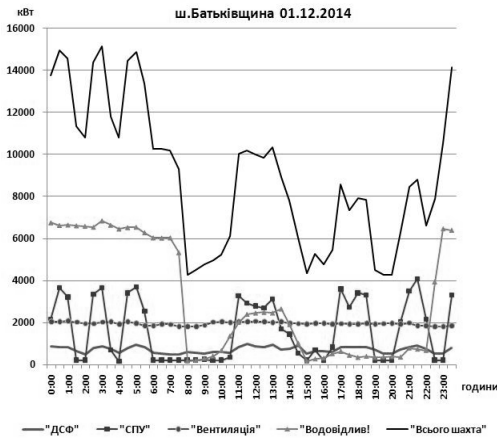


Рисунок 1 – Добові графіки ш.Батьківщина

відбувається робота скіпового підйому і в денний час. В часи «плік» вранці і ввечері скіповий підйом не працює через максимальні тарифи на електроенергію.

Водовідливні установки шахт також працюють не постійно, а включаються раз або кілька разів на добу для відкачування води. Коли водозбірники в шахті мають достатній об'єм для накопичення води, то відкачування води здійснюється повністю у нічний час. Коли цей об'єм не достатній для збору всієї води, то персонал вимушений включати водовідливні установки і в денний час.

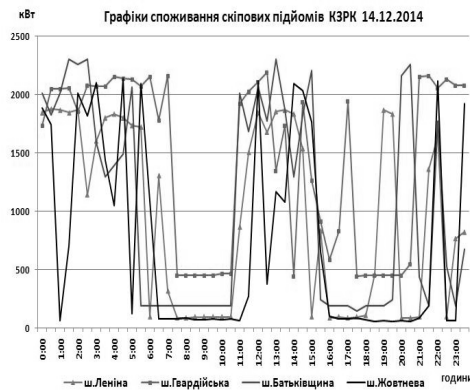


Рисунок 2 – Добові графіки підйомних установок шахт ПАТ «КЗРК»

Для зниження витрат на електроенергію і при наявності технологічних пауз в роботі стаціонарних установок персонал здійснює інтенсифікацію роботи підйомних і водовідливних установок в нічний пільговий інтервал часу. На рисунку 1 наведені графіки активної потужності стаціонарних установок шахти Батьківщина. Як видно з наведених графіків, з метою заощаджень на оплату електроенергії, пов'язаних з роботою електропривода скіпового підйому, в нічний час відбувається зростання інтенсивності його роботи. Коли необхідно підняти на поверхню значний об'єм гірничої маси,

на ш.Батьківщина і ш.Гвардійська працює скіповий підйом за схемою Г-Д з мережним синхронним двигуном. На ш. ім. Леніна і ш.Жовтнева, на яких здійснили модернізацію, працює скіповий підйом за схемою ПЧ-СД з перетворювачами частоти фірми АББ. На рисунку 2 наведені добові графіки потужності скіпових підйомів шахт ПАТ «Кривбасалізрудком». Як видно з наведених графіків, потужність холостого ходу для систем Г-Д шахт Гвардійська і Батьківщина складає 450 і 200 кВт, а для систем

ПЧ-СД шахт Леніна і Жовтнева – 100 кВт.

Як показують розрахунки, використання електропривода ПЧ-СД у порівнянні з системою Г-Д дозволяє зменшити витрати електроенергії на одну підйомну установку від 0,8 до 3 млн. кВт·год на рік.

Висновки. Питома частка і питома вартість електроенергії стаціонарних установок залежать від багатьох факторів і для зниження витрат на електроенергію необхідно здійснювати інтенсифікацію роботи підйомних і водовідливних установок в нічний пільговий інтервал часу. Модернізація електропривода підйомних установок із заміною системи Г-Д на ПЧ - СД дозволить зменшити витрати електроенергії на одну підйомну установку до 3 млн. кВт·год на рік.

RESEARCH POLYGONS IN THE CAMPUS OF VSB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA (CZECH REPUBLIC) USED TO MONITORING OF ROCK MASS TEMPERATURE CHANGES DURING APPLICATION OF HEAT PUMPS

Martin Klempa; Petr Bujok; Michal Porzer; Nikola Janečková
VSB – Technical University of Ostrava; Faculty of Mining and Geology;
17. listopadu 15, 708 00 Ostrava Poruba, Czech Republic

The largest been realized installations of heat pumps in the Czech Republic, where the primary collector of low-potential heat is formed deep wells, is heating complex building of new Auditorium and CIT in campus of VSB – Technical University of Ostrava. This building represents two independent functional units (Auditorium with side halls) with a total floor area of 9234 m². The original project planned compound heating using district heating as a primary source of heat. Heating the object itself is a combination of floor heating systems and hot-air heaters. During project preparation has changed the project heating and a modern, technically unique and highly cost-effective solution has been designed with heat pump (type rock-water). Currently building heats 10 heat pumps with a total output of 700 kW through 110 wells with a depth of 130 m each. To assess the proportions of individual internal and external sources to the overall heat balance, the verification of systems designed for long-term monitoring of the behaviour of the rock massive around the energy used wells and energy storage options have been proposed and gradually implemented two research measuring polygons. They are located in the area of energy utilized wells. Each of the monitoring wells is instrumented with sensors at a certain depth. This article discusses the implementation of research polygons on experience with the excavation of wells using temperature sensors, a data acquisition system and finally outlines the possibilities of evaluating the measurement data. This system is called Large research Polygon. Another researcher constructed a polygon is a Small Research Polygon which is also located on campus. Polygon has two operating wells and nine monitoring wells with a depth of 140 m each. The operating wells are connected to two heat pumps. All the wells are also fitted with apparatus temperature sensors appropriate depth intervals. In the campus is situated the third polygon (ie. Mini), which is provided with a single borehole for heat pump and it is connected with a system of solar panels. The system is reversible and lets in summer to use the waste heat for heating the rock mass.

Keywords: Research Polygons; Heat Pump; Borehole; Temperature Profile; Renewable Energy

АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ФОТОЕЛЕКТРИЧНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

М.Г. Цяпка, аспірант

Національний гірничий університет, м.Дніпропетровськ

Вступ. У зв'язку із вичерпанням запасів органічних видів палива, різким зростанням їх ціни та недосконалістю технологій використання зростає необхідність використання відновлювальних джерел, у тому числі сонячної енергії.

Актуальність теми. В Україні існують достатньо сприятливі умови для використання сонячної енергії. Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал сонячної енергії в Україні еквівалентний 6 млн.т.у.п., його використання дозволить замінити біля 5 млрд.м³ природного газу. Також середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що потрапляє на 1 м² поверхні, на території України знаходиться в межах від 1070 кВт·год/м² в її північній частині до 1400 кВт·год/м² і вище на півдні України, що є достатнім для використання фотоелектричних елементів на всій її території.

Проблемою для України є низькі темпи розповсюдження систем з використанням фотоелектричних елементів, особливо в комунально-побутовому господарстві. Причиною цього є великі капітальні вкладення та значні строки окупності.

Пропонується вирішувати цю проблему шляхом оптимізації структури системи електропостачання з сонячними фотоелектричними елементами. Як критерій оптимізації пропонується використовувати строк окупності системи.

Мета. Для оптимізації режиму роботи необхідно визначити параметри, які впливають на техніко-економічні показники системи електропостачання комунально-побутового споживача від фотоелектричних елементів.

Пропонується розглянути можливість використання декількох джерел енергії, тобто комплексну систему, щоб досягти зменшення вартості системи електропостачання та підвищення надійності її роботи.

Проаналізуємо роботу системи електропостачання комунально-побутового об'єкта із застосуванням фотоелектричних елементів, що включає в себе наступні основні компоненти: централізовану мережу електропостачання, сонячні фотоелектричні елементи, акумуляторні батареї, інвертори та блок автоматизованого керування.

Електропостачання комунально-побутового об'єкта з використанням централізованої мережі дає можливість зменшити капітальні вкладення, але збільшує експлуатаційні витрати на електроенергію.

Інвертор необхідний для перетворення енергії постійного струму, що генерують фотоелектричні елементи в енергію змінного струму, стандартної частоти.

Акумулятори дозволяють використовувати енергію в періоди, коли це найбільш вигідно споживачеві.

За управління електроспоживанням в системі відповідає блок керування, який програмується споживачем для отримання оптимального режиму роботи комплексної системи.

Впровадження таких комплексних систем електропостачання дозволяє більш ефективно використовувати відновлювальні джерела і знизити споживання енергії від централізованої мережі.

Проаналізувавши таку комплексну систему, можна сказати, що техніко-економічні показники її роботи залежать від наступних параметрів.

1. Кількість споживаної ЕЕ за місяць, впливає на кількість необхідного електроенергетичного обладнання та на вартість одиниці ЕЕ.

2. В залежності від виду тарифу, за яким виконується оплата (однотарифний, двотарифний чи тритарифний), буде змінюватися вартість енергії, споживаної від мережі. Цей показник необхідно враховувати при визначенні експлуатаційних витрат і строку окупності системи електропостачання.

3. Режими роботи системи, які формуються за рахунок управління електроспоживанням, тобто електропостачання споживача виконується від певного джерела, в певний період часу, за що відповідає блок автоматизованого керування, який в свою чергу програмується споживачем. При використанні різних режимів роботи, відповідно змінюється встановлена потужність окремих її елементів, фотоелектричних елементів, акумуляторних батарей, інверторів, а також кількість спожитої ЕЕ від централізованої мережі, та графік електроспоживання від мережі.

4. Сонячна інсоляція, яка змінюється в залежності від регіону країни та від місяця року, а отже і кількість ЕЕ, що генерують фотоелектричні елементи однакової потужності, буде відповідно змінюватися. Це впливає на сумарну встановлену потужність фотоелектричних елементів та на капітальні витрати.

5. Від виду добового графіку електричного навантаження споживача залежить, яка кількість ЕЕ споживається в той чи інший період часу, а також пікове максимальне навантаження. В свою чергу ці показники впливають на встановлену потужність системи та на режим її роботи.

Висновок. На техніко-економічні показники системи електропостачання з фотоелектричними елементами в комунально-побутовому господарстві впливають:

- структура системи електропостачання;
- графік електричного навантаження споживача;
- режим роботи системи;
- рівень сонячної інсоляції;
- кількість спожитої ЕЕ за місяць;
- вид тарифу, за яким виконується плата за ЕЕ;
- урахування зміни вартості фінансових потоків із часом.

Існуючі методики вибору елементів системи електропостачання комунально-побутового об'єкта з фотоелектричними елементами не враховують можливість використання в системі декількох джерел енергії, в тому числі і централізовану мережу та вище розглянуті параметри. Пропонується у подальшому створити методику з урахуванням вказаних параметрів. Створення такої методики дасть можливість визначити оптимальну структуру електропостачання, для якої строк окупності буде найменшим.

УДК 621.313.333

ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Д.М. Нестерчук, к.т.н., доцент

С.О.Квітка, к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

Вступ. Асинхронні електродвигуни (АД) є розповсюдженим типом електричних машин, так як частка електроприводу змінного струму з АД складає 95%. Перспективи розвитку електроприводу пов'язані з актуальністю розробки та впровадження високоєфективних систем моніторингу та діагностування АД.

Відмова АД може призвести до зупинки технологічної машини та механізму, тому то надійність експлуатації АД є чинником безаварійної роботи виробничих процесів.

Одним зі шляхів скорочення браку продукції в промисловому та агропромисловому виробництві та підвищення надійності обладнання є діагностування, контроль та прогнозування найбільш розповсюджених несправностей АД в процесі експлуатації.

Постановка проблеми. АД мають термін експлуатації від 5 до 20 років з проведенням капітальних ремонтів, при цьому обов'язковою умовою при експлуатації АД є робота при номінальних (каталожних) параметрах, що зазначені в паспорті АД.

Однак реальні умови роботи низьковольтних АД – це умови, не відповідають необхідним. Спотворення напруги живлення від несиметрії навантаження, несправності системи охолодження АД, порушення правил технічної експлуатації, а саме, часті технологічні перевантаження, незадовільні умови навколишнього середовища призводять до необхідності підвищення вимог до правильної експлуатації АД, з урахуванням їх реальних паспортних характеристик та параметрів, які можуть змінюватись в процесі експлуатації або під час ремонту. Отже, стає актуальною проблема удосконалення систем діагностування та моніторингу АД.

Розв'язання проблеми. Для підвищення надійності АД в процесі експлуатації пропонується пристрій діагностування та захисту АД від дії асиметрії напруги.

Структурна схема пристрою наведена на рисунку 1.

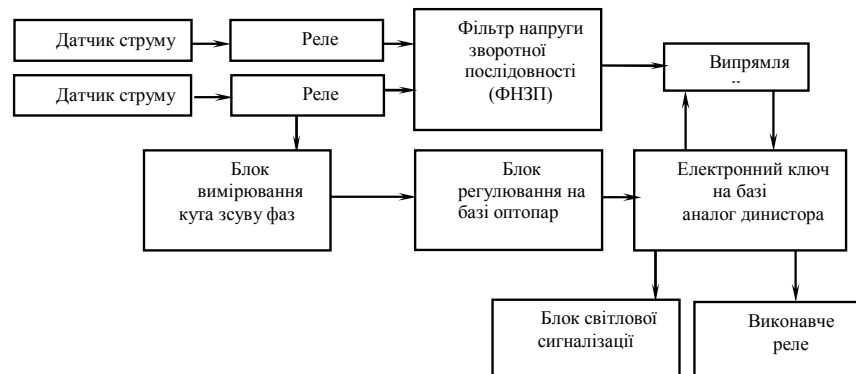


Рисунок 1 – Структурна схема пристрою діагностування та захисту АД від дії асиметрії напруги

Пристрій складається з двох датчиків струму трансформаторного типу, з двох реле струму, з фільтру напруги зворотної послідовності (ФНЗП), з випрямляча, з електронного ключа на базі аналога динистора, з виконавчого реле, з блоку світлової сигналізації, з блоку вимірювання кута зсуву фаз та з блоку регулювання на базі оптопар.

Аналіз літературних джерел дозволив зробити висновок, що під впливом режимного фактору – асиметрії напруги, а також від конструктивних параметрів – номінальної напруги, номінального моменту та номінального ковзання, змінюється поточне ковзання електродвигуна під впливом коефіцієнта завантаження, це призводить до зміни квадрату кратності струму, який споживає електродвигун, по відношенню до номінального значення. На величину квадрату кратності струму впливає напруга, що подається, його асиметрія та параметри схеми заміщення.

Розглянемо принцип дії пристрою більш детально. Трансформаторні датчики фіксують величини фазного струму, при цьому величина вторинного струму трансформаторів недостатня для спрацювання геконових реле струму.

При симетричній нарузі живлення на виході фільтра напруги зворотної послідовності існує напруга небалансу, але величина цієї напруги недостатня для відкриття електронного ключа на базі аналога динистора, тому то змін в роботі пристрою не виникає.

Тривала несиметрія напруги живлення при такій самій потужності призводить до збільшення напруги на виході ФНЗП. З витримкою часу спрацьовує електронний ключ на базі аналога динистора та виконавче реле, контакти якого розмикаються у колі живлення котушки магнітного пускача, що призводить до зупинки АД.

Для АД, які здійснюють електропривід робочих машин з вентиляторною механічною характеристикою, при виникненні несиметричного режиму із-за зменшення ковзання виникає зменшення споживаної потужності при зменшенні коефіцієнта завантаження.

Тому то такі АД можуть тривало працювати з іншим, більш високим значенням коефіцієнта асиметрії.

В пристрої ця проблема вирішується за допомогою збільшення напруги спрацювання аналога динистора. Так як коефіцієнт завантаження електродвигуна є функцією величини кута зсуву між струмом та напругою, тому то при збільшенні коефіцієнта завантаження збільшується кут зсуву фаз між струмом та напругою.

Пристрій працює при зміні кута від 0 до 90°, при цьому блок вимірювання кута зсуву фаз здійснює формування напруги для спрацювання аналога динистора, змінюється у відповідності з коефіцієнтом завантаження АД, тому то пристрій для захисту АД від асиметрії напруги живлення спрацює при іншому, більш високому значенні коефіцієнта асиметрії, виключи при цьому хибні спрацювання пристрою при малих завантаженнях.

Висновок. Запропонований пристрій дозволить захистити АД від асиметрії напруги живлення з корекцією установки спрацювання захисту в залежності від коефіцієнту завантаження, що дозволить зменшити витрати на ремонт АД, а також підвищити експлуатаційну надійність асинхронних електродвигунів в процесі експлуатації.

УДК 621.311.25:551.521.1

КОМБИНИРОВАННЫЕ УСТАНОВКИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ СОЛНЕЧНУЮ ЭНЕРГИЮ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Ю.П. Денисов, к. т. н., вед. н. с.

Одесская национальная академия пищевых технологий

В.В. Клименко, д. т. н., проф.,

В.П. Солдатенко, преподаватель

Кировоградский национальный технический университет

Вступление. Преимущества использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в частности солнечной энергии, связаны с воспроизводимостью ресурсов и их экологичностью. К недостаткам такой энергетики следует отнести низкий КПД и недостаточность мощностей для промышленного потребления энергии.

Применение возобновляемых источников энергии, связано с наличием местных возобновляемых ресурсов и государственной политикой. Успешные примеры - это геотермальные станции, обеспечивающие энергией, отоплением и горячей водой города Исландии; «фермы» солнечных батарей в Калифорнии (США) и ОАЭ, а в ближайшее время и проект в пустыне Сахара для обеспечения энергией стран Северной Африки [1].

Постановка проблемы. Структура потребления энергоресурсов в Украине, приведенная на рис.1, свидетельствует о необходимости безотлагательного использования ресурсов ВИЭ.

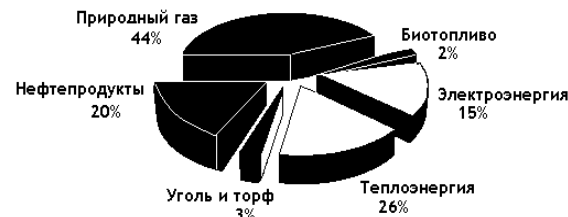


Рисунок 1 – Структура потребления энергоресурсов в Украине, 2013-2014 гг.

Особенно актуально использование солнечной энергии на базе солнечных коллекторов (СК) и тепловых насосов (ТН), технология изготовления которых отработана в Украине. Однако широкому использованию СК и ТН препятствует низкий КПД СК и высокая стоимость ТН. Уменьшение влияния этих факторов на использование ВИЭ возможно путем комбинирования установок с учетом условий окружающей среды.

Решение проблемы. Ниже рассмотрена принципиальная схема комбинированной установки (рис.2), включающей СК и ТН, которая дает значительный экономический эффект при отоплении жилых и производственных помещений. Отличительной особенностью такой установки является выполнение хладонового испарителя ТН в виде поверхности СК, поглощающей энергию солнечного излучения. При этом, трубки СК являются испарительными и подсоединены к нижним и верхним трубам-коллекторам. Такое исполнение СК

позволяет повысить КПД примерно в 2 раза за счет снижения теплотерь в окружающую среду вследствие только незначительного нагрева поверхности СК из-за поглощения энергии солнечного излучения кипящим хладоном в испарительных трубках СК. Кроме этого, капитальные затраты для такой установки снижаются вследствие отсутствия промежуточного контура циркуляции между СК и ТН.

Высокая тепловая эффективность хладонового коллекторного испарителя, выполненного из ряда параллельных испарительных трубок, а также надежность его работы подтверждены экспериментальными исследованиями в Одесском институте холодильной промышленности на стендах, разработанных совместно с заводами, выпускающими холодильные установки для термостатирования устройств [2].

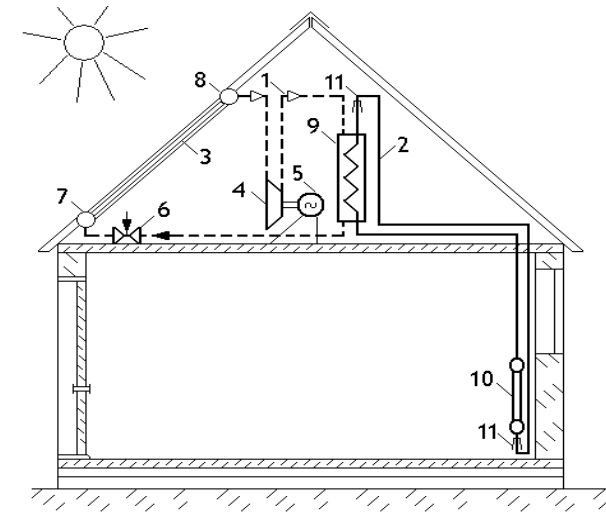


Рисунок 2 – Принципиальная схема комбинированной установки, использующей солнечную энергию для отопления помещений.

1, 2 – контуры циркуляции соответственно хладоном и воды; 3 –солнечный коллектор-хладоновый испаритель; 4 – компрессор хладоновый; 5 – электропривод; 6 – терморегулирующий вентиль; 7, 8 – трубы-коллекторы соответственно жидкого и парообразного хладоном; 9 – конденсатор хладоном; 10 – прибор отопления; 11 – разгонная петля горячей воды.

Выводы. Оценка удельной стоимости затрат на выработку тепла для отопления $Z_{уд}$ (грн /Дж) при использовании рассмотренной выше отопительной установки показала возможность ее снижения примерно на 50 % по сравнению с известными установками. Сравнительный анализ проводился с использованием формулы:

$$Z_{уд} = (Z_3 + K E) / N_T,$$

где Z_3 – эксплуатационные годовые затраты; K – капитальные затраты; E – коэффициент амортизации; N_T – тепловая мощность, выдаваемая установкой для отопления помещений.

Список литературы:

1. <http://renewable.com.ua/>.
2. Денисов Ю.П., Афанасьев Б.А. Теплообмен и гидродинамика в горизонтальных коллекторных термосифонах. – Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции «Холод – народному хозяйству». – Л.: ЛПИХП, 1991. – с.23.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОГИДРАТНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Ю.П. Денисов, к. т. н., в. н. с.

Одесская национальная академия пищевых технологий

В.В. Клименко, д. т. н., проф.

Кировоградский национальный технический университет

Вступление. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) помогают разнообразить поставки энергоресурсов и в долгосрочной перспективе могут заменить убывающие ископаемые энергетические ресурсы. Стоимость технологий с использованием ВИЭ остается высокой, хотя и продолжает снижаться. Основным недостатком ВИЭ – низкие плотности энергии. Так, для ветровых, солнечных, геотермальных установок характерны плотности энергии менее 1 кВт/м^2 , тогда как в современных энергетических установках достигаются в тысячу раз большие плотности теплового потока.

Постановка проблемы. Компенсация дисбаланса генерируемой мощности и потребляемой нагрузки в энергосистемах за счет использования возобновляемых энергоисточников (ВЭИ) является одной из ключевых проблем современной энергетики. Решением этой проблемы может быть включение процессов образования и плавления газогидратов, которые характеризуются высокими плотностями тепловых потоков, сопоставимых с таковыми в паротурбинных установках, в циклы, осуществляемые при использовании ВЭИ.

Решение проблемы. Нами разработана газогидратная установки для выработки электроэнергии с использованием холодной морской воды и солнечного излучения, принципиальная схема которой представлена на рис. 1. Принцип ее работы напоминает работу паротурбинной установки. При этом, в качестве конденсатора пара присутствует кристаллизатор, генерирующий газогидратную суспензию, которую направляют насосом через сепаратор газогидратов в паровой котел-плавитель.

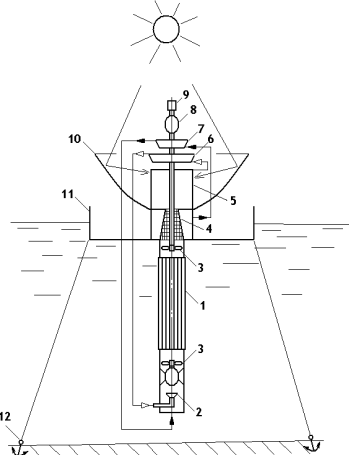


Рисунок 1 – Схема газогидратной установки

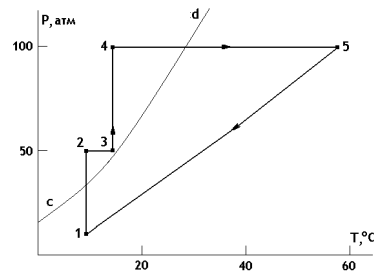


Рисунок 2 – Термодинамический цикл установки

Обозначения: к рисунку 1: 1 – трубчатый кристаллизатор; 2 – патрубок ввода газа; 3 – две ступени насоса; 4 – фильтрующая сетка; 5 – котел-плавитель; 6 – турбина паровая; 7 – турбина гидравлическая; 8 – электрогенератор; 9 – стартёр; 10 – солнечный коллектор; 11 – платформа; 12 – якоря;

к рисунку 2: с-d – равновесная гидратообразования для системы: природный газ-вода [1]; 1-2 – сжатие воды на входе в кристаллизатор; 2-3 – образование и рост газогидратов в трубчатом кристаллизаторе; 3-4 – сжатие газогидратной суспензии на входе в фильтрующую камеру; 4-5 – плавление газогидратов и перегрев пара; 5-1 – расширение пара в паровой турбине.

Для расчета удельных мощностей установки (на расход газа $G = 1 \text{ кг/с}$) использовался алгоритм, учитывающий известные формулы [2]:

1. Полезная электрическая мощность $N_{П}$:

$$N_{П} = N_{ТП} + N_{ТГ} - N_{Н}, \quad (1)$$

где $N_{ТП}$, $N_{ТГ}$, $N_{Н}$ – мощности паровой, гидравлической турбины и насоса суспензии.

2. Мощность паровой турбины $N_{ТП}$:

$$N_{ТП} = c_p T_5 [1 - 1/(P_5/P_1)^{(k-1)/k}] 0,9, \quad (2)$$

где c_p – теплоемкость газа; T_5 и P_5 – соответственно температура и давление пара на входе в паровую турбину; P_1 – давление на выходе из паровой турбины; k – коэффициент адиабаты; 0,9 – КПД паровой турбины.

3. Мощность насоса суспензии $N_{Н}$:

$$N_{Н} = V_C (P_4 - P_1) / 0,8, \quad (3)$$

где V_C – объемный расход гидратной суспензии; P_1 и P_4 – соответственно давления на входе и выходе насоса; 0,8 – КПД насоса суспензии.

4. Мощность гидравлической турбины $N_{ТГ}$:

$$N_{ТГ} = V_P (P_4 - P_1) 0,85, \quad (4)$$

где V_P – объемный расход отделенного от ГТ рассола, 0,85 – КПД гидравлической турбины.

5. Массовый расход гидратной суспензии G_C :

$$G_C = (n M_B / M_G + 1) / S, \quad (5)$$

где n – количество молей воды на 1 моль газа в газогидратах, M_B и M_G – соответственно молекулярные массы воды и газа; S – концентрация газогидратов в суспензии ($S = 0,2$).

Расчеты показали, что при использовании морской воды с температурой около 8°C (характерной для относительно небольших глубин Черного моря) для охлаждения кристаллизатора и природного газа (добываемого, например из залежей газа или газогидратов в Черном море), как рабочего тела, в предложенной газогидратной установке для выработки электроэнергии возможно получение полезной электрической мощности в пределах 200...300 кВт с единицы расхода (1 кг/с) рабочего тела, что приближается к показателям газотурбинных установок.

Выводы. Предложены схема и термодинамический цикл электрогенерирующей установки, использующей природный холод морской воды и тепловую энергию солнечного излучения с помощью газогидратной технологии. Для условий Черного моря в предложенной установке возможно получение полезной электрической мощности в пределах 200...300 кВт с единицы расхода (1 кг/с) рабочего тела.

Список літератури

1. Макогон Ю.Ф. Гидраты природных газов./М.: Недра, 1974.- 208 с.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. /Л.: Химия, 1981. – 560 с.

УДК 621.431

ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ГАЗОВИХ ПАЛИВ – ВАЖЛИВА СКЛАДОВА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Литвин С.М., к.т.н., доц.

ТОВ «Мотортех», м.Первомайськ, Миколаївська обл.

Клименко В.В., д.т.н., проф.

Кіровоградський національний технічний університет

Манзюк В.Н., аспірант

Первомайський політехнічний інститут НУК, м.Первомайськ, Миколаївська обл.

На сьогоднішній день в Україні в якості газових моторних палив найбільш поширені зріджений пропан-бутан, стиснений та зріджений природний газ [1]. Якщо пропан-бутану Україна виробляє достатньо для задоволення власних потреб, то з природним газом ситуація набагато складніша – власні запаси здатні забезпечити менше ніж третину потреб у даному паливі, решту доводиться закуповувати у країн експортерів. Тому проблема використання більш дешевих моторних палив альтернативного походження стає все більш актуальною для енергетичної безпеки України. До альтернативних моторних газових палив можна віднести біогаз, шахтний газ, генераторний газ, коксовий газ, звалищний газ та інші види паливних газів із органічних відходів, наприклад, деревообробної промисловості, сільського господарства, масложирової промисловості. Перелічені гази, окрім шахтного метану, досить часто називають «низькокалорійними газами», так як через високий вміст негорючих газів їх теплота згоряння є порівняно невисокою. Через вказаний недолік застосування даних газів доцільне лише в регіональному (локальному) масштабі. Розглянемо питання виробництва і застосування деяких альтернативних газових палив.

Біогаз, це продукт анаеробного бродіння відходів сільського господарства, комунального господарства, харчової промисловості, а також «енергетичних рослин» у спеціальних установках (ферментаторах). Основним горючим компонентом є метан – 30-60%, негорючими компонентами є двоокис вуглецю – 20-30% та азот – 10-20%. Нижча теплота згоряння біогазу знаходиться в межах 12600-26000 кДж/м³ [2]. Перед використанням біогазу в якості моторного палива він потребує обезводнення і очистки від сірководню та інших шкідливих компонентів. На даний час біогаз здебільшого використовується при виробленні електроенергії з допомогою поршневого двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) та в когенераційних установках. Основними проблемами при використанні біогазу в ДВЗ є зменшення ресурсу двигуна внаслідок значного вмісту сірки та складність регулювання його роботи із-за змінного фракційного складу газу. За умов розділення біогазу на метан та інші компоненти виникає можливість його стискування до тиску ~ 20 МПа та використання як палива в автотранспорті (Швеція, Німеччина) або ж транспортування до інших споживачів по газопроводам (Австрія).

Генераторний газ (синтез-газ) отримується шляхом газифікації твердого палива або його сухою перегонкою. Різновидами генераторного газу (ГГ) є: змішаний, водяний, напівкоксний, коксовий, світільний та інші гази. Склад генераторного газу залежить від палива, яке газифікується та умов, в яких проходить процес газифікації (таблиця 1).

Таблиця 1 – Властивості генераторного газу

| Паливо | Склад генераторного газу, % за об'ємом | | | | | | Теплота згоряння, кДж/м ³ |
|--------------------|--|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------------------------|
| | CO | H ₂ | CH ₄ | CO ₂ | O ₂ | N ₂ | |
| Дрова | 28.5 | 14.0 | 3.5 | 8.0 | 0.5 | 45.5 | 5861 |
| Деревне вугілля | 30.5 | 12.0 | 2.3 | 5.0 | 0.2 | 50.5 | 5778 |
| Торф | 28.0 | 15.0 | 3.0 | 8.0 | 0.4 | 45.6 | 6280 |
| Донецький антрацит | 27.5 | 13.5 | 0.5 | 5.5 | 0.2 | 52.8 | 5024 |

ГГ, одержаний за різними технологіями та із різних видів твердого палива може бути використаний в енергетичних установках, зокрема в теплових двигунах та системах когенерації. Для зменшення інерційності роботи газогенераторних установок застосовують буферні накопичувачі, але вони значно ускладнюють установку в цілому та збільшують її вартість.

Проаналізувавши властивості виробництва і умов застосування біо- та генераторного газів, можна визначити основні причини, що стримують їх широке впровадження:



Висновки. Збільшення об'ємів виробництва та споживання альтернативних газових палив в Україні знизить залежність країни від імпортованих енергоносіїв та підвищить рівень її енергетичної безпеки, а також дозволить знизити соціальну напругу в країні, внаслідок створення нових робочих місць в сільському господарстві та енергетиці.

Список літератури:

1. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. / Упор. В.Я.Чабанний. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. – 353с.
2. Б.Эдер, Х.Шульц. Биогазовые установки. Практическое пособие. Основы планирования, строительные работы, типы установок, экономическая обоснованность. Перевод с немецкого. /М: Агропромиздат.-1996.- 268 с.

УДК 536.2:621.577:621.56

СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ГРУНТОВИМ ТЕПЛОАКУМУЛЯТОРОМ

В.В. Клименко, проф., д. т. н., В.П. Солдатенко, викл.,
М.В. Кубкін, викл., В.І. Кравченко, доц., к.т.н.
Кіровоградський національний технічний університет

Вступ. Обмеженість запасів природних енергоресурсів в Україні призводить до необхідності пошуку нетрадиційних способів видобування і збереження енергії, зокрема теплової. Одним із таких способів є використання теплонасосних систем (ТНС) з ґрунтовими теплоаккумуляторами (ГТА).

Постановка проблеми. Такі системи переважно застосовують як сезонні для підвищення ефективності теплохолодопостачання інженерних споруд шляхом накопичення/використання літнього «тепла» або зимового «холоду». Однак підвищувати ефективність систем, що використовують термотрансформатори, можливо і шляхом застосування теплових акумуляторів, в яких використовується добовий перепад температур [1, 2]. В таких випадках ГТА накопичують тепло, додатково вироблене вдень (режим «зарядки»), який використовується вночі (режим «розрядки»). Термін одного циклу роботи добового ГТА значно коротший, ніж сезонного і тому добові ГТА повинні мати покращені теплотехнічні характеристики, які дозволяють забезпечити ефективну роботу системи в цілому [3].

Розв'язання проблеми. Розглянемо ТНС з ГТА, яка використовує добовий перепад температури повітря навколишнього середовища при опаленні приміщень (рис. 1).

Розглянемо роботу системи окремо вдень і вночі в опалювальний сезон. При цьому вдень холодильний агент після стиснення в компресорі 1 буде розділюватися і циркулювати по двом контурам: перший контур проходить через конденсатор 3, дроселі 7 і 9, випарник 2; другий контур проходить через випарник-конденсатор 4 (працює у режимі конденсатора), дроселі 4, 6, 9 та випарник 2. Вночі ж холодильний агент повністю проходить через конденсатор 3, а потім розділюється і проходить паралельно через випарник 2 і випарник-конденсатор 4 (працює у режимі випарника).

Цикл холодильного агента вдень буде проходити наступні процеси. Холодильний агент всмоктується компресором 1 із випарника 2, адиабатно стискується і надходить у конденсатор 3 на пряму та у випарник-конденсатор 4 після дроселювання у дроселі 6, яке проводиться з метою можливості регулювання перетоків холодильного агента. В 3 і 4 відбувається зняття перегріву та конденсація холодильного агента. Потім агенти з 3 і 4 змішуються, їх тиск вирівнюється, а суміш після дроселювання в дроселі 9 та відповідного зниження температури і тиску до необхідних параметрів, при яких агент буде випаровуватися при низькій температурі ($t_{н.с.}$), надходить у випарник 2 і після випаровування всмоктується компресором 1. Таким чином цикл замкнувся. Приміщення 5 опалюється і одночасно відбувається «зарядка» ГТА 12.

Цикл холодильного агента вночі буде проходити наступні процеси. Холодильний агент всмоктується компресором 1 із випарника 2 при температурі і тиску, які дещо нижчі у порівнянні із денними (внаслідок добового перепаду температур), адиабатно стискується і надходить у конденсатор 3, де відбувається зняття перегріву та конденсація агента. Здросельований у дроселі 7 агент надходить у розділювач фаз, після якого рідина направляється у випарник-конденсатор 4 через

вентиль 10 (дросель 8 при цьому перекритий) і випаровується під впливом теплоти, яка була запасена в акумуляторі 12 в денний час. Пара холодильного агента після розділювача фаз підлягає додатковому дроселюванню у дроселі 9, її температура та тиск знижуються до необхідної величини для випаровування у випарнику 2. Випарені агенти змішуються і надходять у компресор 1. Таким чином цикл замкнувся. Приміщення опалюється за рахунок теплоти відібраної із навколишнього середовища і в процесі «розрядки» ГТА 12.

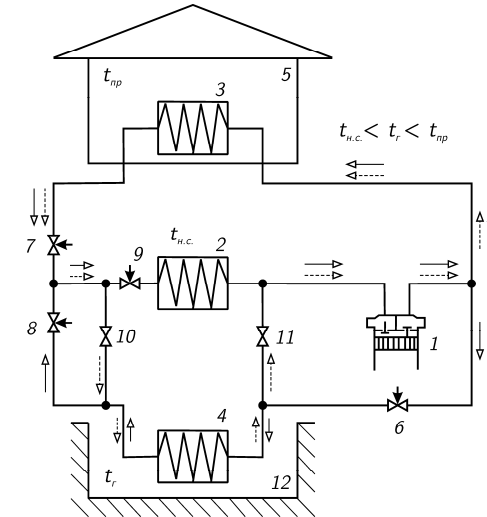


Рисунок 1 – Принципова схема тепло насосної системи теплопостачання з ґрунтовим теплоакумулятором:

1 — компресор, 2 — випарник системи опалення, 3 — конденсатор (обігрівач), 4 — випарник-конденсатор, 5 — опалюване приміщення, 6-9 — дроселі, 10-11 — запірні вентилі, 12 — ГТА, суцільною і пунктирною стрілками вказаний рух холодильного агента вдень і вночі відповідно

Висновок. При такій роботі системи за наявності добового перепаду температур в денний час на стиснення одиниці маси холодильного агента компресором затрачується менша робота. Відтак можна використати наявну теплопродуктивність на передачу теплоти акумулятору. А у нічний період, коли температура навколишнього повітря знижується, то доводиться дроселювати холодильний агент до нижчої температури і тиску, а потім відповідно і стискати його у компресорі з нижчого тиску, тобто витратити більше енергії. Застосування ж акумулятора дозволяє частину агента випарювати при вищій температурі, і після змішування агентів затрачати меншу роботу на стиснення. За рахунок цього досягається економія енергії на привод компресора.

Список літератури.

- Клименко В.В. Рациональное использование термической неравновесности наружного воздуха / В.В. Клименко, В.Н. Корниенко // Холодильная техника. - 1989. - № 6. - С.25-30.
- Клименко В.В. Энергоэффективность парокомпрессионных холодильных установок с конденсаторами воздушного охлаждения и аккумуляторами естественного холода / В.В. Клименко, В.Н. Корниенко, А.В. Скрипник, Вит.В. Клименко // Холодильная техника и технология. - 2012. - № 5(139). - С. 21 -24.
- Клименко В.В., Кравченко В.І., Личук М.В., Солдатенко В.П. Ґрунтовий теплоакумулятор з покращеними теплотехнічними характеристиками / Энерготехнологии и ресурсосбережение. - 2015. - №1. - С.49-56.

УДК 621.565

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНЦЕНТРУВАННЯ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ВИМОРОЖУВАННЯМ

В.В. Клименко, проф., док. техн. наук,

І.О. Переверзєв, доц., канд. техн. наук,

Н.В. Ковальчук, викладач

Кіровоградський національний технічний університет

Відомо декілька способів концентрування водних розчинів виморожуванням, що включають попереднє охолодження рідини потоками прісної води та концентрату, утворення кристалів льоду і концентратів при контактуванні з холодоагентом, сепарацію льоду від концентрату, промивку та плавлення льоду [1].

Для концентрування рідин виморожуванням з метою виділення розчинених речовин при евтектичних параметрах відомо спосіб, що включає охолодження і подачу холодоагенту в газоподібному стані, контакт його з рідиною з утворенням кристалів льоду та концентрованої рідини (концентрату), сепарацію, промивку та плавлення льоду [2]. Як випливає з опису способу, він здійснюється при атмосферному тиску. Недоліком способу являються підвищені витрати енергії (50...100 кВт·год/т води), визначені перш за все значними енерговитратами на переміщення газоподібного холодоагенту, що контактує з розчином.

Ціль досліджень даної роботи – зменшення енерговитрат на концентрування водних розчинів виморожуванням шляхом зниження енергозатрат на переміщення газоподібного холодоагенту.

Для досягнення поставленої цілі пропонується спосіб концентрування рідин, що включає охолодження та подачу холодоагенту в газоподібному стані, контактування його з розчином з утворенням кристалів льоду та концентрату, сепарацію, промивку та плавлення кристалів льоду з отриманням прісної води, охолодження, що відрізняється здійсненням подачі газоподібного холодоагенту та його контактом з рідиною з утворенням кристалів льоду та концентрованої рідини при тиску $0,2 \div 0,5$ МПа.

На рисунку 1 надана блок-схема установки для здійснення пропонованого способу концентрування водних розчинів виморожуванням.

Пропонований спосіб здійснюється наступним чином: початкова рідина попередньо охолоджується в теплообміннику 1 холодними потоками концентрату та прісної води, що виходять з установки, змішується з рециркулюючою рідиною, а суміш поступає в кристалізатор-виморожувач (Кр-Вм) 2.

В Кр-Вм, де підтримується тиск $0,2 \div 0,5$ МПа, подається також охолоджений в холодильній машині 4 газоподібний холодоагент, циркуляція якого здійснюється за допомогою вентилятора 3. При контакті холодоагенту із сумішню вхідної та рециркулюючої рідини відбувається її охолодження з утворенням кристалів льоду та відповідним підвищенням концентрації рідини.

Потім кристали льоду сепаруються від концентрату, промиваються та плаваються з утворенням прісної води (на схемі не показано), а концентрат ділиться на дві частини – більша частина повертається на рециркуляцію (на схемі не показано), а менша через теплообмінник 1 виводиться з установки. Так як з Кр-Вм буде постійно виноситись частина газоподібного холодоагенту потоками концентрату та прісної води, що виходять, то для підтримання необхідного тиску буде потрібно поповнювати газоподібний холодоагент в еквівалентній кількості за допомогою пристрою 5.

На основі розробленої нами методики для запропонованого способу були виконані розрахунки сумарних енерговитрат L та енерговитрат на переміщення і поповнення повітря $L_v + L_p$ в залежності від тиску P газоподібного холодоагенту (повітря), графіки яких приведені на рисунку 2. Як видно з рисунку, існує область оптимальних тисків: $P = 0,2 \div 0,5$ МПа, для яких L і $L_v + L_p$ мають мінімальне значення.

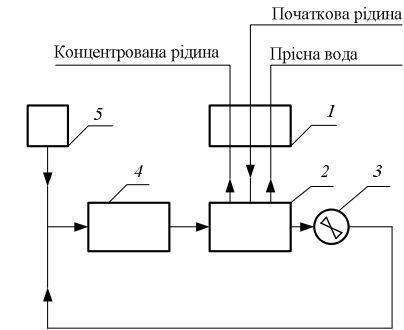
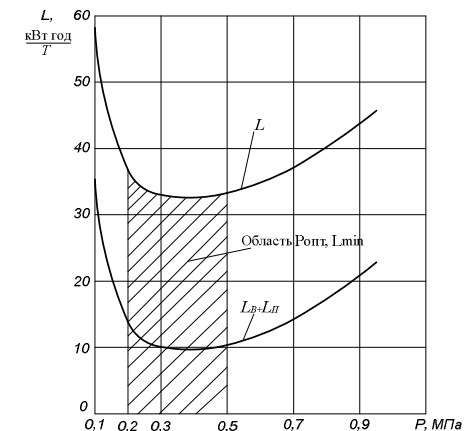


Рисунок 1 –Блок-схема установки для концентрування водних розчинів виморожуванням

Рисунок 2 – Залежності енерговитрат L і $L_v + L_p$ від тиску газоподібного холодоагенту при концентруванні водних розчинів виморожуванням (початкова концентрація водного розчину 2% NaCl, кінцева - 14% NaCl)

Висновки. Для зменшення енерговитрат на концентрування водних розчинів виморожуванням із застосуванням холодоагенту в газоподібному стані доцільно підтримувати тиск холодоагенту в межах $0,2 - 0,5$ МПа.

Список літератури

1. Колодин М.В. Опреснение воды вымораживанием. Ашхабад, «Більм», 1977г. -244с.
2. А. с. 1084037 СССР, Способ концентрирования водных растворов вымораживанием /Л.Ф. Бондаренко, Е.И. Таубман, Л.А. Барский, В.И. Савинкин, Б.Л. Пастушенко. №3002362/23-26 ; заявл. 10.11.1980; опубл. 07.04.1984, Бюл. № 13.

УДК 621.57+621.56

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ В ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

В.В. Клименко, проф., д.т.н.,
Т.В. Величко, викл.,
А.О. Микитюк, студ.

Кіровоградський національний технічний університет

В даний час одним з напрямів розвитку підвищення ефективності тепломасообмінних процесів є розробка високоефективного обладнання та енергоощадних технологій з застосуванням електрофізичних методів.

В основу одного з таких методів покладено використання дію сильних електричних полів. Отримання сильних електричних полів можливе за допомогою простих конструктивних рішень, що розкриває широкі можливості для їх застосування не тільки в експериментальних роботах, але й в промислових умовах.

В холодильній техніці інтенсифікації роботи камерного обладнання з інесуєтворюванням можна досягти шляхом застосування електричного поля. В електричному полі зростання ниткоподібних кристалів інею здійснюється у напрямку його силових ліній з подальшим видаленням основної маси ниткоподібного інею повітряним потоком, створюваним вентилятором системи охолодження. Такі пристрої характеризуються малою енергоємністю та незначними витратами на їх виготовлення, а попередження відкладення інею на низькотемпературних приладах суттєво зменшує витрати електроенергії на привід холодильних машин [1].

В роботі [1] запропоновано також конструкцію льодогенератора (рис.1), принцип дії якого дозволяє інтенсифікувати льодоутворення шляхом створення біля теплообмінної поверхні електричного поля.

Льодогенератор працює наступним чином. Через патрубок в міжстінну порожнину льодогенератора подається холодоагент, який випає та охолоджує камеру 1. При досягненні заданої температури в камеру за допомогою вібраційного розпилювача 8 впорскують воду. Молекули води внаслідок різниці парціальних тисків рухаються до охолоджуючої поверхні і потрапляють в зону дії електричного поля, створюваного між дротяним каркасом (високовольтний електрод) 6 і камерою 1 (заземлений). Під дією електричних (кулонівської і пондеромоторної) сил молекули води набувають спрямовану орієнтацію в електричному полі. На вістрях голок відбувається інтенсивний ріст ниткоподібних кристалів, що видаляються повітряним потоком від вентилятора 9. Льодоповітряна суміш по трубопроводу надходить в циклон 10, з якого лід через шлюзовий затвор виводиться з льодогенератора.

Для інтенсифікації що використовують масообмінних процесів при проведенні ректифікації, абсорбції та дистиляції слабо провідних середовищ доцільно застосовувати пристрій, схемно-конструктивне рішення якого наведено на (рис.2) [2].

Пристрій (масообмінний апарат) містить корпус 1, штуцери введення і виведення фаз 2,3 і коаксіально встановлені циліндричні електроди 6,7 та відрізняється тим, що з метою інтенсифікації масообміну за рахунок диспергування рідкої фази апарат забезпечений додатковим електродом 8, встановленим навпроти внутрішнього електрода, виконаного в нижній частині у вигляді корпусу, виступаючого вниз на величину діаметра зовнішнього електрода. Корпусна частина внутрішнього електрода покрита діелектричним капілярно-пористим матеріалом.

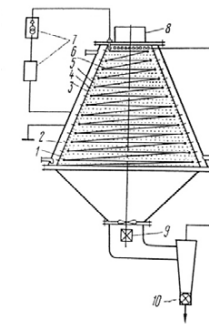


Рисунок 1 – Льодогенератор
1-камера; 2-міжстінна порожнина; 3-внутрішня стінка камери; 4-ребра; 5-голки; 6-дротяний каркас (високовольтний електрод); 7-джерело живлення; 8-розпилювач; 9-вентилятор; 10-циклон

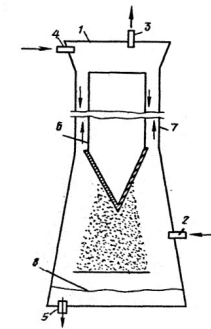


Рисунок 2 - Масообмінний апарат
1-корпус; 2,3-штуцера введення і виведення газу; 4,5-штуцера введення і виведення рідини; 6,7-коаксіально розташовані внутрішній і зовнішній електроди; 8-додатковий електрод

Дослідження різних енергетичних впливів на біологічні об'єкти показали, що застосування електричних технологій перспективне, зокрема, для інтенсифікації процесу сушіння. Особливу увагу в цьому напрямку заслуговує електронно-іонна технологія, згідно якій процес впливу електричного поля здійснюється безпосередньо на харчовий продукт.

Одним із прикладів такого підходу є розробка енергоефективного способу інтенсифікації процесу сушки знежиреного молока з використанням дії слабких електроімпульсів, та пристрою для його здійснення [3].

В якості позитивного рішення в цієї роботі розроблено новий екологічний спосіб і пристрій, що генерує електричні розряди для інтенсифікації тепломасообмінних процесів, - це технологія використання слабких електроімпульсних впливів.

Отже, застосування для інтенсифікації процесів тепломасообміну та підвищення енергоефективності пристроїв, в яких вони використовуються, електрофізичних методів має перспективу і заслуговує на подальше вивчення.

Список літератури

1. Бабакин Б.С. Электротехнология в холодильной промышленности. Москва: Агропромиздат, 1990. – 208 с.
2. Болога М.К., Гордеев Ю.Н., Смиронов Г.Ф. Массообменный аппарат (его варианты). А.с. 1263276. СССР. Опубл. 15.10.81986г., бюл.№38.
3. Бурлев М.Я. Интенсификация процесса сушки обезжиренного молока с использованием слабых электроимпульсных воздействий. Автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук Специальность 05.18.12. - процессы и аппараты пищевых производств. Москва. 2014г.

УДК 621.896

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОВРЕЖДЕНИЯ БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Литвин С.Н., к.т.н., доц.

ООО «Мотортех», г.Первомайск, Николаевской обл.

Грабовенко А.И., инженер,

Манзюк В.Н., аспирант

Первомайский политехнический институт НУК, г.Первомайск, Николаевской обл.

На газовых двигателях различных производителей достаточно часто происходят аварии по причине выхода со строя базовых деталей: коленчатых валов, коренных и шатунных подшипников, втулок и крышек рабочих цилиндров, шатунов и других деталей. Не являются исключением и газовые двигатели производства предприятий ОДО «Первомайскдизельмаш», Jenbacher (Австрия). Так, за период с 1980 по 1994 год, на предприятии ОДО «Первомайскдизельмаш» (в то время машзавод им. 25 Октября) выпущено около 6 000 единиц дизельных двигателей типа ЧН25/34 и ЧН26/34 и зафиксировано всего четыре поломки коленчатого вала, в основном, по причине грубого нарушения условий эксплуатации. Т.е. данная поломка была не типичной для дизельных двигателей. В тоже время за период с 1995г. по 2015г. было выпущено порядка 80 газовых двигателей типа ГЧН25/34, но уже отмечены несколько случаев поломок коленчатых валов – фото на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1 – Вид шатунной шейки коленчатого вала двигателя ГЧН25/34 после поломки

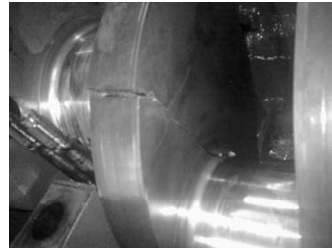


Рисунок 2 – Вид щеки коленчатого вала двигателя ГЧН25/34 после поломки

Достаточно часто происходят и поломки коленвалов на газовых двигателях фирмы Jenbacher. Как правило, на двигателях модели Jenbacher 420 (20ГЧН14,5/18,5), это происходит при наработке двигателя свыше 50-ти тысяч моточасов. Поломки происходят на различных цилиндрах, но имеют одинаковый характер и похожие повреждения коленчатого вала. При аварии коленчатого вала образуется трещина, проходящая через щеку и галтели колена. Аварии, как правило, сопровождаются задирами поршней в цилиндрах расположенных рядом с участком повреждения коленчатого вала. Последние аварии на двигателях Jenbacher 420 произошли с повреждениями коленчатых валов на участках в районе 5-15 цилиндров, 7-17 цилиндров.

На рисунках 3 и 4 показаны фото коленчатого вала двигателя Jenbacher 420 после его поломки.



Рисунок 3 - Вид коленчатого вала двигателя Jenbacher 420 после поломки



Рисунок 4 – Вид щеки коленчатого вала двигателя Jenbacher 420 после поломки

Т.е. поломки коленчатых валов на газовых двигателях происходят во много раз чаще, чем на дизельных двигателях. Кроме коленчатых валов происходят поломки и других важных деталей двигателей. На рисунках 5 и 6 приведены фотографии с повреждениями гильзы рабочего цилиндра двигателя 6ГЧН25/34 и поршня двигателя Jenbacher 420.



Рисунок 5 – Вертикальная трещина на гильзе рабочего цилиндра двигателя 6ГЧН25/34



Рисунок 6 – Задир поршня двигателя Jenbacher 420

Одной из основных причин, приводящих к повреждениям ряда деталей газовых двигателях, следует считать возникновение детонационного горения топлива (детонации). Чтобы предупредить поломки двигателя от детонации, двигатель Jenbacher оборудован системой распознавания (обнаружения) и предупреждения детонации DetCon, аналогичными системами оборудовано и большинство других газовых двигателей.

В тоже время проводимая фирмой Jenbacher маркетинговая политика, предусматривающая ремонт двигателей при их серьезных поломках на предприятиях фирмы, а в ряде случаев и предоставление клиентам существенных скидок для стимулирования проведения таких ремонтов только на предприятиях фирмы, не позволяет провести детальные исследования причин повреждения деталей. В связи с этим, невозможно сделать независимую оценку состояния деталей и узлов двигателя и выявить объективную причину выхода их со строя.

Также в инструкции по эксплуатации двигателя Jenbacher 420 отсутствует информация о рекомендуемых значениях зазоров в коренных и шатунных подшипниках, не предусмотрен замер раскопов коленчатого вала, что также свидетельствует о нежелании предприятия-изготовителя допускать к ремонтам своих двигателей посторонних специалистов и дать им возможность выявить действительную причину выхода валов со строя.

Выводы. Анализ обстоятельств и характера поломок деталей газовых двигателей показывает, что основной причиной поломок является нарушение нормальной работы двигателя в связи с появлением детонационного горения газозвдушной смеси в его цилиндрах или несвоевременное снижение нагрузки при детонации. Поэтому, для безаварийной работы газовых двигателей наряду с решением технических вопросов, необходимо обеспечивать высокий уровень квалификации обслуживающего персонала и своевременное проведение технического обслуживания.

УДК 620.95:621.43:662.60

ГАЗОГІДРАТНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДГОТОВКИ БІОГАЗУ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ В АВТОНОМНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ

В.В. Клименко, д.т.н., проф.

В.В. Мартиненко, асп.,

В.І. Гуцул, к.т.н, доц.

Кіровоградський національний технічний університет

Поступальні зміни в енергопостачанні в бік посиленого використання поновлюваних джерел енергії, які розпочалися в Україні із запровадженням «зелених тарифів», спонукають по-новому поглянути на біопаливний потенціал сільського та лісового господарства. В агропромислового комплексі значна кількість енергетичних ресурсів використовується дрібними споживачами. Якість і стабільність енергопостачання значної кількості дрібних енергоспоживачів АПК можна забезпечити автономними енергетичними установками (АЕУ), які, зокрема, використовують біогаз.

Для отримання біогазу в процесі анаеробного бродіння можна використовувати практично будь-які види біомаси, зокрема органічні складові стічних вод та звалищ твердих побутових відходів. Основним компонентом біогазу є горючий газ метан (60%), при згорянні якого вивільняється енергія, також до складу входить вуглекислий газ (40%), який погіршує теплотворну здатність газу. З одного кубічного метра біогазу середнього складу можна отримати в агрегаті тепловий двигун-електрогенератор ~2,5 кВт-год електроенергії [1].

Але застосування в автономних енергетичних установках такого виду палива не завжди економічно доцільно, особливо коли постають проблеми накопичення та транспортування газу споживачам, віддаленим від місця продукування біогазу. Для вирішення цих проблеми, а також збагачення біогазу метаном, доцільно використовувати газогідратну технологію [2].

Газові гідрати - це кристалічні сполуки, утворені поєднанням молекул-гостей і молекул води. Вони утворюються при відповідних термодинамічних умовах високого тиску і низької температури. Так як біогаз – це суміш газів, які мають різні термодинамічні параметри гідратоутворення, то в процесі кристалізації утворюються газогідрати, склад яких відрізняється від складу газової фази (відбувається розділення компонентів)[3].

Збагачений метаном біогаз може використовуватися більш ефективно, з мінімальним негативним впливом на довкілля.

Запропоноване нами схемно-технологічне рішення для розділення компонентів біогазу надано на рисунку 1. Установка за цією схемою працює наступним чином. Вихідну газову суміш зі складом, наприклад, 60% CH_4 та 40% CO_2 , стискують в компресорі (на рис.1 не показано) до тиску $P=30$ атм і подають до кристалізатора

першої ступені, в якому підтримується температура $T_1=278$ К. Газова суміш при взаємодії з водою утворює газогідрати, а оскільки в реакцію переважно вступає CO_2 , який має більш «м'які» рівноважні термодинамічні параметри гідратоутворення [3], то в газовій фазі збільшується вміст CH_4 до 85% та зменшується вміст CO_2 до 15%. Гідрати направляють на плавлення, а газову суміш, що виділяється в процесі плавлення, направляють у кристалізатор другої ступені, в якому підтримується тиск $P=30$ атм і температура $T_2=279$ К.

Після другої ступені очищення отримується газ зі складом 87% CH_4 та 13% CO_2 . Гідрати в свою чергу знов плавлять, а утворену газову суміш рециркулюють до кристалізатора першої ступені. Після двох ступеней очищення з початкової суміші (1 моль газу складу 60% CH_4 та 40% CO_2) отримують 0,55 моль зі складом 85,5% CH_4 та 14,5% CO_2 і направляють на споживання, а 0,45 моль газу складу 60% CH_4 та 40% CO_2 змішують з вхідним неочищеним біогазом такого ж складу та подають в кристалізатор першої ступені.

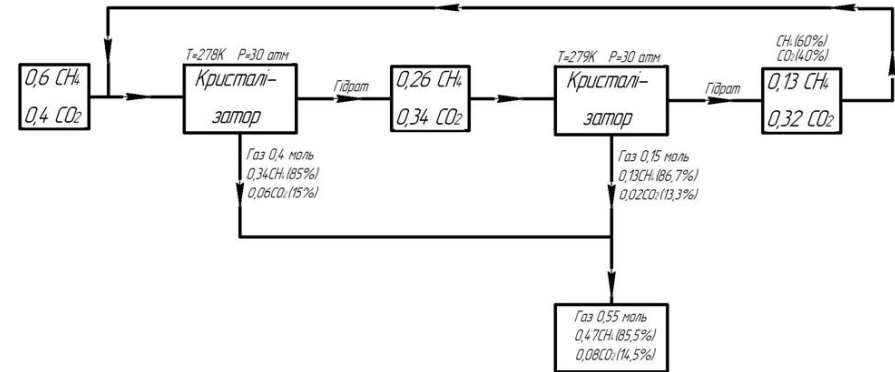


Рисунок 1 – Схема розділення компонентів біогазу на основі газогідратної технології

Проведені розрахунки показують, що при вхідному складі біогазу 60% CH_4 та 40% CO_2 його теплотворна здатність складає $22,6 \text{ МДж/м}^3$, а після газогідратної кристалізації (вміст 85,5% CH_4) – $32,2 \text{ МДж/м}^3$, що майже в 1,5 раза більше. При продуктивності переробки 100 м^3 біогазу за годину енерговитрати на процес кристалізації та плавлення газових гідратів складають 25...30 кВт-год.

Для подальшого зберігання та використання біометану, наприклад, в транспортних засобах або в енергетичних установках, віддалених від місця продукування біогазу, його необхідно закачувати в балони до тиску 20 МПа [4]. Традиційно для цього використовують енергоємні триступеневі компресори, але більш доцільно використовувати в цих випадках замість них енергоефективні газогідратні дотискувачі [5].

Отже газогідратна технологія підготовки біогазу підвищує ефективність його використання в автономних енергетичних установках.

Список літератури

1. Використання місцевих видів палива для виробництва енергії в Україні / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железня, Ю.Б. Матвеев та ін. // Пром. теплотехніка. – 2006. – № 2. – С. 85–93.
2. Клименко В.В. Застосування газогідратної технології підготовки біогазу для енергетичних установок / В.В. Клименко, В.В. Мартиненко // Матеріали V-ї Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю «Сучасні проблеми двигунобудування: стан, ідеї, рішення» (Первомайськ, 22-23 травня 2013):– Первомайськ: ППН НУК, 2013. - С.250-253.

3. Макогон Ю. Ф. Гидраты природных газов / Макогон Ю.Ф. – М.: Недра, 1974. – 208 с.
4. Мкрытчан Я.С. Расчеты и проект расширения использования компримированного природного газа на автомобильном транспорте / Я.С.Мкрытчан, Р.О.Самсонов, Г.М.Ровнер, И.Ф.Маленкина-М: Из-во «Нефть и газ» РГУ НГ им.И.М. Губкина, 2007.- 112 с.
5. Клименко В. В., Босий М. В., Парафійник В. П., Прилипко С. О. Газотурбинний привід з газогідратним дотискувачем паливного газу / Клименко В.В., Босий М.В., Парафійник В.П., Прилипко С.О. // Холодильна техніка та технологія. – 2014. - №4(150). – С. 37-40.

УДК:621.2: 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

**М. Масри, магистрант
В.В.Клименко, д.т.н., проф.**

Кировоградский национальный технический университет

Проблема и связь с научными и практическими заданиями. Источники альтернативной энергии характеризуются существенной изменчивостью во времени. Поэтому накопители энергии становятся важным средством оптимизации режимов работы систем на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), поддержки малой распределенной энергетики [1].

Постановка задания. Среди накопителей энергии, предлагающихся для использования в отрасли возобновляемой энергетики, особый интерес представляют конденсаторные (емкостные) накопители в виде суперконденсаторов. В данной работе анализируются направления возможного использования суперконденсаторов в различных схемах альтернативного энергоснабжения.

Использование накопителей энергии чрезвычайно актуально в энергосистемах на основе ВИЭ. Наиболее распространенными и динамично развивающимися в настоящее время системами ВИЭ являются солнечные фотоэлектрические станции (ФЭС) и ветроэнергетические установки (ВЭУ). Для энергетических объектов с установленной мощностью десятки кВт, основным генерирующим источником которых является ФЭС и ВЭУ, необходимы внушительные накопители энергии. При этом стоимость накопителей энергии (аккумуляторных батарей) в автономных системах электроснабжения на основе ВИЭ может составлять около половины стоимости всего оборудования, а срок их службы напрямую зависит от количества и характера циклов «заряд – разряд» в процессе эксплуатации. Как показывает предварительный анализ, применение в качестве накопителей энергии суперконденсаторов может быть более экономичным по сравнению с другими накопителями электроэнергии.

Суперконденсатор (ионистор) – это сверхвысокоемкий конденсатор с двойным электрическим слоем на границе раздела электродов и электролита. Накопление электроэнергии в ионисторе, как и в обычном конденсаторе, происходит посредством приложения постоянного напряжения к его выводам. Энергия в виде статического электрического заряда накапливается между двумя обкладками. Ионисторы отличаются от обычных конденсаторов тем, что имеют большую емкость, исчисляемую в фарадах [2].

Отличительными особенностями ионисторов являются способность быстро заряжаться неограниченное количество раз, способность разряжаться за время от нескольких миллисекунд до нескольких минут, отдавая высокие мощности в нагрузку.

В сущности, суперконденсаторы (СК) – это сверхмощные накопители энергии, занимающие по своим характеристикам промежуточное положение между оксидно-электролитическими конденсаторами и аккумуляторными батареями (АКБ).

Напряжение одного ионистора составляет 1,8...3 В, номинальная емкость до 5000Ф, масса до 1 кг. Удельная мощность, запасаемая ионисторами, может достигать 20 кВт/кг. Рабочие токи ионисторов до 1000 А [3].

Ионисторы могут широко применяться в качестве кратковременных перезаряжаемых источников тока с очень большим количеством циклов в режиме «заряд-разряд». Таким образом, использование ионисторов наиболее эффективно тогда, когда требуется отдача большой мощности и особенно накопление энергии на относительно коротких промежутках времени (до 10 с). Ниже представлена возможная схема электрической цепи, включающая ионистор, источник питания и нагрузку (рис.1).

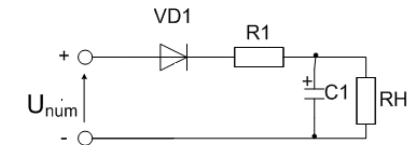


Рисунок 1. Схема включения ионистора между источником питания и резервируемой нагрузкой.

Диод $VD1$ предотвращает разряд ионистора $C1$ при $U_{пит} = 0$. Резистор $R1$ ограничивает зарядный ток ионистора, защищая источник питания от перегрузки при включении. Учитывая особенности ионисторов, упомянутые выше, целесообразно их использование в гибридных схемах с аккумуляторами (гибридных накопителях). В этом случае ионистор реагирует на короткие пики генерации или потребления электроэнергии, увеличивая ресурс (срок службы) аккумуляторных батарей и снижая время отклика всей схемы на внешние воздействия.

Конденсаторные накопители могут также применяться в системах обеспечения качественного и бесперебойного электроснабжения ответственных потребителей или в качестве буферного накопителя энергии в системах на основе ВИЭ. Например: батарея солнечных модулей/ветряной генератор – ионистор – потребитель. Здесь модули ионисторов используются для накопления энергии в момент максимальной генерации от источников и сглаживания пиковых нагрузок. Просматривается ниша применения таких накопителей в гибридных ветродизельных установках для сглаживания быстрых колебаний мощности. Также эффективным будет применение ионисторов в автономных фотоэлектрических водоподъемных установках, где запуск двигателя насоса сопровождается кратковременным броском пускового тока.

Выводы. Применение суперконденсаторов-ионисторов перспективно для повышения экономичности и надежности работы систем альтернативного энергоснабжения.

Список литературы

1. Алексеев Б.А. Применение накопителей энергии в электроэнергетике // Электро. №2. 2005. – С. 48-52.
2. А. Кашкаров. Ионистор в автономной электрической цепи // Современная электроника. №1. 2014. – С.38-40.
3. Суперконденсаторы [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tiristor.net/supercapacitors/>

ГАЗОГІДРАТНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УТИЛІЗАЦІЇ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ, ЩО ВИДІЛЯЄТЬСЯ В ПРОЦЕСІ БРОДІННЯ ВИНОГРАДНОГО СУСЛА

В.В. Клименко, док. техн. наук, проф.

О.О. Микитюк, аспірант

В.І. Гуцул, к. т. н, доц.

Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград

Вино - продукт бродіння підготовленого заздалегідь виноградного соку (винороби часто називають його сусло або муса)[1].

Бродіння - досить складний анаеробний процес розкладання цукру і виноградних дріжджів на спирт і вуглекислий газ, що викликає виділення теплоти. При температурі + 12 і вище, поверхня сусла покривається бульбашками вуглекислого газу, що є ознакою початку бродіння. Зазвичай процес бродіння проходить при температурі 20-22°C (для білих вин) та 28-30°C (для червоних вин). Бродіння триває від 6 до 10 днів, а його процесі активно виділяється CO₂ [2].

Відомий спосіб утилізації продуктів бродіння, який реалізується за наступною схемою: вуглекислий газ з домішками винних парів та іншими домішками відводяться з бродильного резервуару в конденсатор пари, де їх охолоджують, частково конденсують, сконденсовану водно-спиртову суміш повертають в бродильний резервуар, а вуглекислий газ з деякими залишками домішок стискають до 12-15 бар, доочищують послідовно в декількох фільтрах і направляють для зберігання в ресивер, або зріджують при низьких температурах і високих тисках та зберігають в балонах (рис.1)[3].

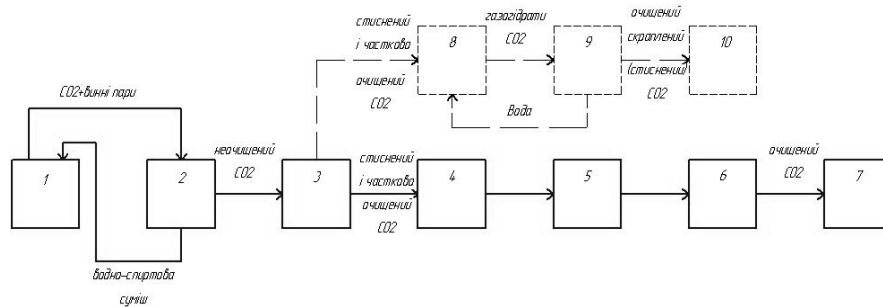


Рисунок 1 – Схема установки для утилізації вторинних продуктів, що виділяються в процесі бродіння виноградного сусла

1- броїльний резервуар, 2- конденсатор пари, 3- двохступінчатий компресор, 4- фільтр глибиної очистки, 5- адсорбційний фільтр, 6- мембранний фільтр, 7- ресивер для зберігання вуглекислого газу; на схемі пунктиром позначені основні елементи газогідратної установки утилізації CO₂: 8- блок для утворення газогідратів, 9- блок для плавлення газогідратів, 10- ресивер для зберігання очищеного скрапленого (або стиснутого) CO₂.

Основними недоліками такого способу є використання ланцюга достатньо дорогих адсорбційних та мембранних фільтрів, які потрібно систематично регенерувати або міняти, великі об'єми ресивера, при зберіганні CO₂ в газоподібному стані або великі енергозатрати на зрідження CO₂ при його зберіганні в скрапленому стані.

Для підвищення ефективності утилізації CO₂ нами пропонується застосувати газогідратну технологію.

Газові гідрати – це супрамолекулярні кристалічні сполуки включення клатратного типу, у яких “включені” у льодоподібну структуру води молекули неполярних або малополярних речовин утримуються ван-дер-ваальсовими силами. Такі сполуки здатні утворювати більшість газів та їх сумішей, деякі органічні рідини, а процес їх утворення є одним із основних різноманітних газогідратних технологій [4, 5].

На рис.1 показано пунктиром можливе включення газогідратної установки утилізації CO₂ в схему для утилізації вторинних продуктів, що виділяються в процесі бродіння виноградного сусла (позиції 8, 9, 10), при цьому необхідність в елементах 4- 7 схеми для утилізації вторинних продуктів відпадає.

Послідовність основних процесів, що здійснюються в газогідратній установці утилізації CO₂, наступна: спочатку утворюють газогідрати при тиску 12-15 бар і температурі +1°C... +2°C з CO₂ та води (блок 8), потім гідрати відділяють та подають в плавильний блок (9), де плавлять при температурі +12°C... +20°C і тиску 40-60 бар з виділенням скрапленого CO₂ та води. Скраплений CO₂ заправляють в балони для подальшої реалізації, або направляють для зберігання у відповідний ресивер 10, а воду повертають для повторного використання в процесі утворення газогідратів. Оскільки в структуру газогідратів не будуть включатися домішки, то при гідратоутворенні CO₂ буде очищатися від домішок і не потрібна додаткова очистка в фільтрах.

Отже, застосування газогідратної технології дозволяє підвищити ефективність утилізації CO₂, спростити в цілому схему установки для утилізації вторинних продуктів, що виділяються в процесі бродіння виноградного сусла та зменшити енерговитрати на її функціонування.

Список літератури

1. <http://aalcolog.org/ukr/information/vine/50-proizvodstvo-vina.html>
2. Кишковский З. Н., Мержаниан А. А. Технология вина.- М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984.- 504 с.
3. Патент 1622383 RU, МПК C12F 3/04. Способ утилизации углекислого газа и винных паров в процессе брожения виноградного сусла и/или мезги в броидильном резервуаре и установка для его осуществления / Н. А. Мехузла, Н. Н. Мехузла, А. И. Иванков (RU). № 2337948; заявл. 12. 07. 2007; опубл. 10.11.2008.
4. Макогон Ю.Ф. Гидраты природных газов.- М.: Недра , 1974.- 208 с.
5. Онищенко В.О. Застосування газогідратних технологій в нафтогазовій промисловості / В.О. Онищенко, В. В. Клименко // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2011. – № 4(41). – С. 5-8.

УСТАНОВКА ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ ГАРЯЧОГО ГАЗОСТАТИЧНОГО ПРЕСУВАННЯ БЕЗПОРИСТИХ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГАЗОГІДРАТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

О. В. Скрипник, к.т.н., доц.,
В. В. Клименко, д.т.н., проф.,
А. А. Віхтоденко, магістрант

Кіровоградський національний технічний університет

Одним із основних технологічних процесів виробництва безпористих деталей є гаряче газостатичне пресування (Hot Isostatic Pressing) [1]. Недоліками здійснення даного процесу є те, що:

1) як правило для ГПП використовується дорогий інертний газ, який повинен мати високу чистоту (вміст домішок приблизно 10^{-6} %) та велику стисливість [1];

2) високі капітальні та експлуатаційні витрати, обумовлені необхідністю використовувати складне компресорне обладнання для стискування газу до високого тиску.

Разом з тим відомо безкомпресорне стискування газу шляхом застосування газогідратної технології [2, 3]. Для здійснення ГПП з застосуванням газгідратної технології нами запропонована установка, схема якої наведена на рис. 1 [4].

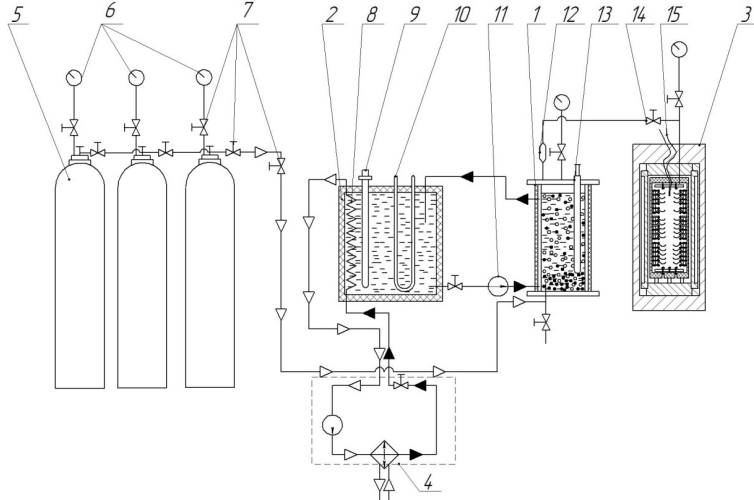


Рисунок 1 - Схема установки для газостатичного пресування безпористих деталей газових із застосуванням газогідратної технології:

1 – кристалізатор; 2 – холодильник-термостат; 3 – робоча камера; 4 – холодильна машина; 5 – балон із CO_2 ; 6 – манометри; 7 – запірні арматури; 8 – змішувач; 9, 13 – термометри; 10 – стабілізатор температури; 11 – насос; 12 – фільтр-осушувач; 14 – регулюючий вентиль; 15 – термоду

Процес виготовлення безпористих деталей на запропонованій установці проходить наступним чином: розраховують масу садки, завантажують її в деформуєму тонкостінну термопластичну оболонку і віброущільнюють для забезпечення рівномірної щільності. Оболонку вакуумують, проводять її герметизацію і поміщають в робочу камеру 3.

Підготовлену воду заправляють в кристалізатор 1 при кімнатній температурі і охолоджують прокачкою холодного теплоносія через його оболонку. Для охолодження теплоносія використовується холодильна машина 4, яка складається з серійного холодильного компресорно-конденсаторного агрегату, регулюючого вентиля, випарника змієвидного типу 8. Випарник поміщений в холодильник-термостат 2 разом з стабілізатором температури 10. Двооксид вуглецю під тиском із балонів 5 (або газопроводу) через запірні арматури 7 подається в кристалізатор 1, де контактує з водою, внаслідок чого утворюються газові гідрати CO_2 . Задана температура утворення або розкладання гідрату CO_2 в кристалізаторі 1 підтримується за допомогою стабілізатора температури 10. Після повного заповнення кристалізатора 1 гідратами перекривається запірні арматура 7, проводиться його підігрів гарячим теплоносієм. Відбувається процес розкладання гідратів CO_2 в замкнутому об'ємі з вивільненням газоподібного двооксиду вуглецю і збільшенням його тиску до 40 – 80 МПа.

Після чого відкривається регулюючий вентиль 14 і стиснений CO_2 направляється через фільтр-осушувач 12 в робочу камеру 3. Після наповнення робочої камери 3 CO_2 , регулюючий вентиль 14 перекривають і проводять його нагрівання до температури 1473 – 1673 К із збільшенням тиску до робочого (420 МПа). Контроль величини тиску в процесі ГПП здійснюється манометрами 6, а температури – термометрами 9, 13 і термоду 15. Тривалість усього циклу може досягати 24 годин. По закінченні витримки оболонки проводять зниження тиску у робочій камері 3 направляючи більшу частину CO_2 (біля 95 % від об'єму газу, використаного на утворення гідратів) на повторне утворення гідратів. Залишки газу видаляють з робочої камери 3 в атмосферу, після чого її відкривають, виймають оболонку та вилучають з неї готову деталь чи напівфабрикат. Перед проведенням нового циклу виготовлення безпористих деталей втрати газу та вологи компенсують із зовнішніх джерел.

Таким чином, при здійсненні ГПП з застосуванням газгідратної технології значно зменшується собівартість готової деталі чи напівфабрикату так як відпадає необхідність у використанні дорогих інертних газів, дорогого спеціального обладнання.

Список літератури

1. Функциональные порошковые материалы: учебно методический комплекс в 4т.: Т 2 / В. К. Нарва, В. С. Панов – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2010. – 148 с.
2. Макогон Ю. Ф. Гидраты природных газов / Ю. Ф. Макогон – М.: Недра, 1974. – 310 с.
3. Ю. Ф. Макогон. Способ подъема давления природного газа. Авторское свидетельство СССР № 237770 МПК F21f, опубликовано в Бюл. № 9 – 20. 11. 1969.
4. О. В. Скрипник, В. В. Клименко, В. В. Пукалов. Способ виготовлення безпористих деталей шляхом гарячого газостатичного пресування. Позитивне рішення по заявці а201505612 від 08.06.2015.

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДОТИСКУВАЧІВ ПАЛИВНОГО ГАЗУ ДЛЯ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК

В.В. Клименко, д.т.н., професор,

М.В. Босий, викладач,

Личук М.В., к.ф.-м. н., доцент

Кіровоградський національний технічний університет

Газотурбінні установки (ГТУ) поширено застосовують в різних сферах промисловості та енергетики зокрема, в нафтовій та газовій галузях – в складі газоперекачувальних агрегатів. В якості палива в ГТУ використовують природний чи супутній нафтовий газ різного складу.

Робота розповсюджених ГТУ передбачає, що тиск паливного газу на вході в камеру згорання повинен складати 2,5 МПа. Тому у випадках, коли тиск газу нижчий 2,5 МПа, подача паливного газу в газотурбінний привід здійснюється за допомогою дотискної компресорної установки (ДКУ) з поршневими або гвинтовими компресорами [1]. Енергозатрати в ДКУ досить значні і в залежності від тиску газу на вході можуть складати 5÷10% потужності ГТУ. При роботі компресорної установки в умовах нафтового родовища виникають додаткові складнощі, якщо запуск ГТУ потрібно здійснювати в умовах відсутності або недостатньої потужності енергопостачання електричними мережами.

Альтернативою компресорному дотискуванню паливного газу може стати газогідратна компресія [3-5].

Енерговитрати в ДКУ можна визначити за методиками, приведеними як в літературі з технічної термодинаміки так і в спеціальній літературі з розрахунку компресорів[1,2].

Методика розрахунків енерговитрат при здійсненні основних процесів газогідратної термокомпресії: утворення і плавлення гідратів стосовно умов роботи дотискувача паливного газу для ГТУ приведено в роботі [6].

Визначення енерговитрат є першим важливим кроком для обґрунтування вибору варіанту з конкурентних технологій. Конкурентність газогідратного і компресорного дотискування паливного газу можна визначити на основі порівняльного аналізу енергозатрат при їх здійсненні.

Порівняльний аналіз проводився для ГТУ на основі двигуна Д-336 (номінальна потужність 6,3 МВт) для таких умов:

Витрати паливного газу – 2500 м³/год;

Склад паливного газу: CH₄ – 94,12%; C₂H₆ – 2,92%; C₃H₈ – 0,92%; C₄H₁₀ – 0,42%; C₅H₁₂ – 0,11%; C₆₊ – 0,14%; CO₂ – 1,22%; N₂ – 0,15%.

Тиск паливного газу на вході в камеру згорання P_{2м} – 25 бар

Холодильний агент – пропан (C₃H₈)

Ефективний ККД пропанового компресора і дотискного компресора паливного газу – 0,85

Питома теплота гідратування метану – 3785 кДж/кг CH₄ [3]

Питома теплоємність гідрату метана – 2,5 кДж/кг·К [3]

Напір насоса водогазгідратної суспензії – 20 бар

Ефективний ККД насоса – 0,8

Термін пускового періоду двигуна – 20 хв.

Початковий тиск паливного газу P_{1м} – 1÷7 бар

Початкова температура паливного газу T_{1м} – 253 ÷ 293 К

Термін роботи ГДПГ в режимі утворення і накопичення газогідратів – 3 ÷ 12 год.

На рис. 1 наведено результати розрахунків відношення потужностей компресорного і газогідратного дотискувачів в залежності від початкової температури паливного газу.

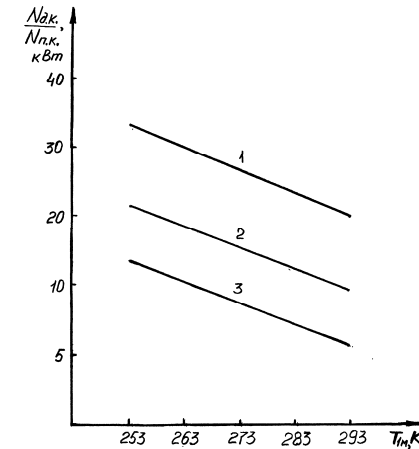


Рисунок 1 – Залежність відношення потужностей компресорного і газогідратного дотискувачів від початкової температури паливного газу (для P_{1м} = 2 бар).

1, 2, 3 – відповідно для часу роботи газогідратного дотискувача в режимі утворення і накопичення газогідратів - 12 год., 6 год., 3 год.

Проведений аналіз показав, що найбільше на енерговитрати впливає величина початкового тиску та температури паливного газу. Для ГДПГ цей вплив проявляється через зміну температури гідратування T_{гд}, від якої в свою чергу залежить T₀(P₀) для термодинамічного циклу холодильного агенту [7]: чим нижче T_{гд}, тим більші енерговитрати в цьому циклі. При збільшенні температури паливного газу відношення потужностей компресорного і газогідратного дотискувачів зменшуються.

Результати виконаного аналізу підтвердили, що для забезпечення паливним газом ГТУ з двигуном Д – 336 на період пуску (20 хвилин), в залежності від початкових значень тиску та температури газу, необхідна потужність газогідратного дотискувача в 5- 35 раз менше, ніж компресорного.

Список літератури

1. Костюк А. Г. Шерстюк А. И. Газотурбинные установки / Костюк А.Г., Шерстюк А.И. – М. : Высшая школа, 1979. – 254с.
2. Рахмилевич З. З. Компресорные установки / Рахмилевич З.З. – М.: Химия, 1989. – 272с.
3. Макогон Ю. Ф. Гидраты природных газов / Макогон Ю.Ф. – М.: Недра, 1974. – 208 с.
4. Клименко В.В. Научно-технические основы газогидратной технологии (термодинамика та кінетика процесів, схемні рішення): автореф. дис. докт. техн. наук: 05.14.06 / Клименко В.В. – К., 2012 – 40 с.
5. Онищенко В. О. Застосування газогідратних технологій в нафтогазовій промисловості / В. О. Онищенко, В. В. Клименко // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2011. – № 4(41). – С. 5-8.
6. Клименко В. В., Босий М. В. Смірнов А.В. Аналіз енергоспоживання в газогідратному дотискувачі паливного газу для газотурбінного приводу / Клименко В. В., Босий М. В. Смірнов А.В. // Науковий журнал Геологія. Гірництво. Нафтогазова справа. Енергетика. Полтава – 2014. - №1(3). – С. 241- 251.

7. Клименко В. В., Босий М. В., Парафійник В. П., Прилипка С. О. Газотурбінний привід з газогідратним дотискувачем паливного газу / Клименко В.В., Босий М.В., Парафійник В.П., Прилипка С.О. // Холодильна техніка та технологія. – 2014. - №4(150). – С. 37- 40.

УДК 621.73

РЕЗУЛЬТАТИ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ ПЕЛЕТ З РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ

В.В. Клименко, проф., *д-р техн. наук*,
В.І. Кравченко, доц., *канд. техн. наук*
Ю.П. Старостін, *інж.*

Кіровоградський національний технічний університет

При утилізації відходів сільськогосподарських та фермерських підприємств у вигляді соломи, тирси, лушпиння тощо, перспективним напрямком перед їх термічною переробкою або спалюванням є виробництво гранульованого палива у вигляді пелет. Таке паливо має кращі фізико-механічні характеристики, ніж сировина, з якої вони виготовлені, а його теплотворна здатність наближається до кам'яного вугілля.

Пелети утворюють при пресуванні під великим тиском, попередньо подрібнених відходів рослинного походження в отвори (фільери) в корпусі матриці, де відбувається процес агрегативання. Попередні дослідження виготовлення пелет з рослинних відходів та їх сумішей проводились нами на універсальному експериментальному штампі (рис. 1).

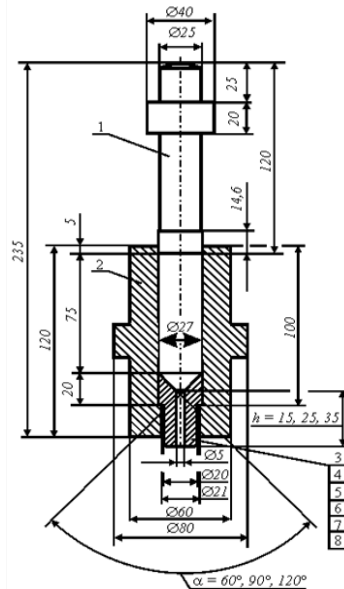


Рисунок 1 – Універсальний експериментальний штамп
1 – пуансон; 2 - корпус-матриця; 3, 4, 5, 6, 7, 8 - комплект змінних матриць

При екструзії пеллет в робочу порожнину корпус-матриці 2 встановлювалась певна змінна (3...8) матриця та завантажувалася сировинний матеріал після попереднього здрібнення та ущільнення. В порожнину корпусу-матриці 2 вставлявся пуансон 1 і в такому вигляді штамп застосовувався для навантаження на випробувальній машині УІП-50. При стисненні матеріалу, останній видавлювався із робочого отвору змінної матриці діаметром 5 і 10 мм та накопичувався в піддоні, який встановлювався під штампом. Зусилля екструзії пелет записувалося на паперовий носій.

Дослідження показали, що якісні за структурою і формою пелети з лушпиння соняшника утворювались при застосуванні в пресі матриці з діаметром фільери 10 мм, $\alpha = 60^\circ$ і $h = 45$ мм та при зусиллі екструзії до 100 кН. Завдяки високим мастильним властивостям лушпиння соняшника пелети мали високу щільність ($1,1 \text{ г/см}^3$) і достатню міцність.

З подрібненої соломи фракції 0,5...3,0 мм з вологістю 5 і 15% та мількодисперсної тирси з вологістю до 15% з $\alpha = 60^\circ$ і 90° утворити пелети не вдалося. Це можна пояснити підвищеною фрикційністю таких матеріалів, що призводить до їх заклинювання в прямому конусі і циліндричній частині фільери матриці. Аналогічний результат був отриманий при екструзії суміші листя горіху з соломом (25% по масі) навіть при зусиллі до 220 кН. Попереднє змащення мастилом конусної частини фільери перед проштовхуванням суміші забезпечувало утворення пелет з зусиллям на проштовхування до 90 кН. Такий результат свідчить про те, що величина протитиску, а отже, і тиск пресування залежать від сил тертя, які виникають головним чином між стінками фільери і матеріалом пеллет.

Утворення крихких, з низькою щільністю пеллет з тирси підвищеної вологості (до 30%) відбувалося також при застосуванні матриці з $\alpha = 60^\circ$ і короткого (15мм) циліндричного каналу при зусиллі до 82 кН (рис. 2). В цьому випадку на виході з циліндричної фільери відбувалося руйнування зовнішньої поверхні пелет через релаксацію зовнішніх напружень, що призводило до погіршення їх якості.



Рисунок 2 – Вигляд пелет, виготовлених з тирси вологістю 30% при застосуванні матриці з короткою циліндричною частиною

Аналогічної структури пелети утворювались при пресуванні подрібненого листя горіху вологістю 14 % із застосуванням матриць з діаметром циліндричної частини фільери 10мм при $h = 10$ та 45мм і $\alpha = 60$ та 90° . При таких параметрах матриць пелети з соломи, тирси та їх сумішей з вологістю матеріалу 10, 14% не утворювались, навіть при зусиллях до 200 кН. При використанні біоматеріалу з суміші листя дубу і тирси (1:1) та листя горіху і подрібненої соломи (3:1) з вологістю 10, 15 %, в матриці з $\alpha = 60^\circ$ і $h = 45$ мм та зусиллям до 170...220 кН, одержаний продукт мав крихку структуру і непридатну для подальшого застосування.

Висновки:

1. Якість вироблених пелет в значній мірі залежить від фізико-механічних характеристик рослинних відходів та конструкції фільери матриці.

2. При використанні рослинних відходів, які мають підвищені фрикційні властивості, конструкція фільери матриці після циліндричної зони на виході повинна мати зворотний конус для зняття у сформованих пелетах залишкових внутрішніх напружень. Визначення оптимальних конструкцій фільер матриць для створення

високоякісних пелет з таких матеріалів є предметом подальших теоретичних та експериментальних досліджень.

Список літератури

1. Боков В. М., Попова М. І., Лисенко Р. С. Використання осіннього листя для виготовлення альтернативних видів палива / В.М. Боков, М.І. Попова, Р.С. Лисенко // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: Збірник наукових праць КНТУ – Випуск 26. – Кіровоград: КНТУ, 2013 – С. 231-241.

УДК 662.76

ПРОГРАМА РОЗРАХУНКУ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕАКЦІЙ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО ПРОЦЕСУ

С.В. Конончук, *к.т.н., доц.*

В.І. Кравченко, *к.т.н., доц.*, **В.В. Клименко**, *д.т.н., проф.*

О.В. Скрипник, *к.т.н., доц.*, **І.В. Якименко**, *магістрант*

Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград

Промислові підприємства України і, зокрема, сільськогосподарське машинобудування характеризуються підвищеним споживанням паливно-енергетичних ресурсів. Пошук альтернативних джерел енергії місцевого походження є основою енергетичної незалежності держави. Актуальним є отримання енергії шляхом газифікації твердого палива, зокрема, отриманого з рослинних відходів.

Основними реакціями газогенераторного процесу є реакції газифікації вуглецю, що міститься в твердому паливі (вугілля, кокс, біопаливо) за допомогою кисню і водяної пари дуття. На першому етапі в зоні горіння відбувається реакція: $C + O_2 = CO_2$. Далі утворений CO_2 реагує з розжареним в окислювальній зоні твердим паливом: $C + CO_2 = 2CO$. Результуючою реакцією цих двох стадій є: $2C + O_2 = 2CO$. Водяна пара, що міститься в дутті, газифікує паливо за реакцією: $C + H_2O = CO + H_2$.

Для вирішення задач прогнозування і оптимізації газогенераторного процесу на основі дослідження взаємозв'язку між його параметрами а також розрахунку матеріального і теплового балансів газогенератора важливим є розрахунок термодинамічних характеристик вказаних реакцій.

З цією метою на кафедрі матеріалознавства та ливарного виробництва КНТУ розроблена комп'ютерна програма (рис. 1). В основу програми лягли довідкові дані [1]. Методика розрахунку описана в [2].

Спочатку у відповідних вікнах програми вибираються реагенти, які беруть участь в реакції та їх стехіометричні коефіцієнти. Потім реагенти розподіляються в ліву чи праву частину рівняння залежно від того чи вихідна це речовина, чи продукт реакції. Після розрахунку програма будує графіки залежностей ентальпії ΔH (рис. 2), ентропії ΔS (рис. 3), вільної енергії Гібса ΔG (рис. 4) і логарифму константи рівноваги $\ln K_p$ (рис. 5) хімічної реакції від температури в межах 298 К...3000 К.

Для прикладу показано результати розрахунку термодинамічних характеристик реакції газифікації вуглецю за допомогою водяної пари: $C + H_2O = CO + H_2$.

| Расчёт термодинамических характеристик металлургических реакций | | | | | | | | |
|---|---|----------------|--------------|-------|---------------|-------|-------|-------|
| Левая часть уравнения | | | | | | | | |
| Реагент | K | Нобр.к.Дж/моль | S.Дж/(мольК) | Тпр.К | Lпр.к.Дж/моль | a | b | c |
| Cт | 1 | 0 | 5.7 | 4020 | 138.16 | 16.75 | 4.27 | -8.37 |
| H2Oг | 1 | -241.99 | 188.96 | 0 | 0 | 30.02 | 10.72 | 0.33 |
| Правая часть уравнения | | | | | | | | |
| Реагент | K | Нобр.к.Дж/моль | S.Дж/(мольК) | Тпр.К | Lпр.к.Дж/моль | a | b | c |
| COг | 1 | -110.61 | 198.03 | 0 | 0 | 28.43 | 4.1 | -0.46 |
| H2г | 1 | 0 | 130.67 | 0 | 0 | 27.29 | 3.26 | 0.5 |

Рисунок 1 – Інтерфейс програми розрахунку

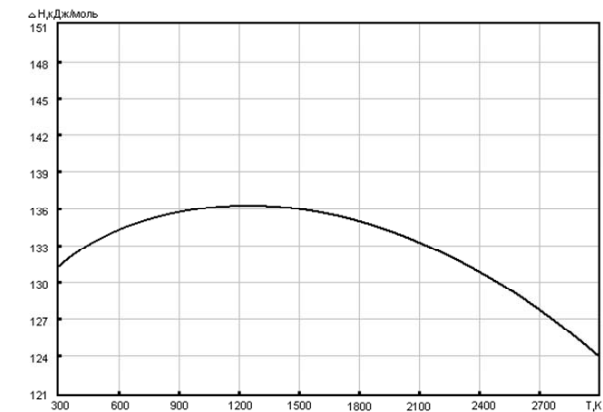


Рисунок 2 – Графік залежності ентальпії реакції від температури

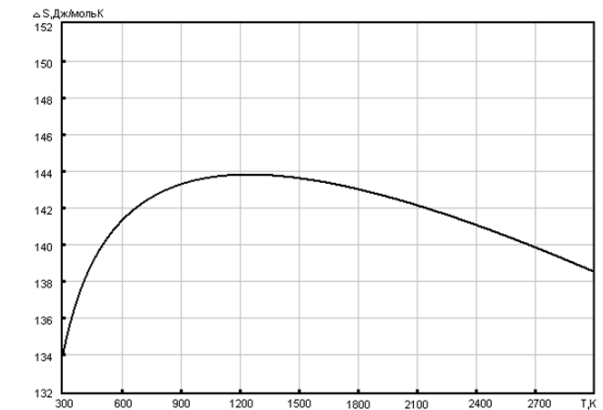


Рисунок 3 – Графік залежності ентропії реакції від температури

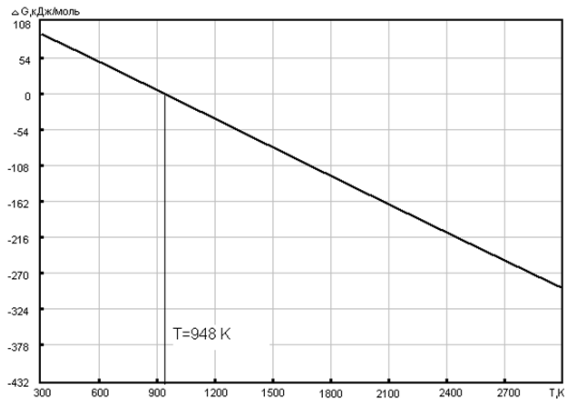
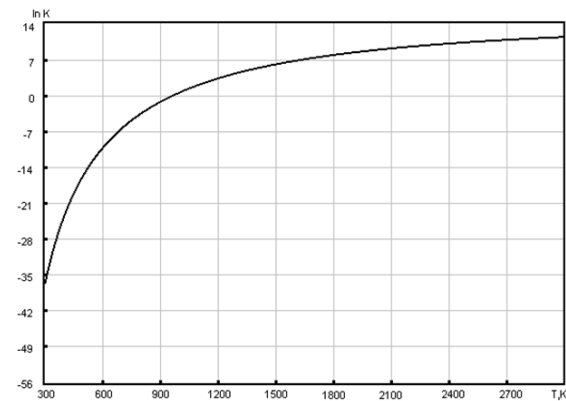


Рисунок 4 – Графік залежності енергії Гібса реакції від температури

Рисунок 5 – Графік залежності логарифму K_p реакції від температури

За результатами розрахунку можна зробити наступні висновки:

З графіка залежності $\Delta H = f(T)$ видно, що реакція ендотермічна на всьому температурному інтервалі – протікає з поглинанням теплоти, про що свідчать додатні значення ентальпії. Характер залежності ентропії в цілому такий же, як і у ентальпії.

З графіка залежності $\Delta G = f(T)$ видно, що при $T < 948$ К, $\Delta G > 0$ – реакція протікає в зворотному напрямку. При $T = 948$ К, $\Delta G = 0$ – настає рівновага. При $T > 948$ К, $\Delta G < 0$, і реакція йде в прямому, бажаному нам напрямку. Отже, для спрямування даної реакції в бажаному напрямку необхідно підтримувати температуру вище 948 К. Це також узгоджується із слідством з принципу Потиліцина-Ле-Шательє-Брауна (ПЛБ) – підвищення температури стимулює протікання ендотермічних процесів.

Логарифм константи рівноваги є зростаючою функцією, проходячи через нуль при температурі 948 К, що також вказує на оборотність процесу.

Згідно другому висновку, що впливає з принципу ПЛБ, зменшення тиску призводить до зміщення рівноваги в бік збільшення кількості газоподібних молекул, тобто в бажаному нам напрямку. Зважаючи на цю обставину газогенератори на тягових пристроях і димосах працюють краще, ніж при застосуванні пристроїв нагнітання (повітродувки, вентилятори).

Третій висновок з принципу ПЛБ вказує на те, що зміщення рівноваги в бажаному напрямку досягається шляхом підвищення активної концентрації початкових реагентів. Це можливо при збільшенні площі реакційної поверхні шляхом подрібнення кусків палива.

Таким чином розроблена комп'ютерна програма дозволяє розрахувати термодинамічні характеристики реакції газогенераторного процесу та розробити рекомендації по спрямуванню процесу в напрямку підвищення його ефективності.

Список літератури

1. Термодинамические свойства неорганических веществ: Справочник / Под ред. А.П. Зефирова. – М.: Атомиздат, 1965. – 460 с.
2. Сабірязов Т.Г. Теплотехніка ливарних процесів [Навчальний посібник для студентів-ливарників] / Т.Г. Сабірязов, В.М. Кропівний. – Кіровоград: КНТУ, 2005. – 402с.

УДК 662.76

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО ПРОЦЕСУ

**В.І. Кравченко, к.т.н, доц., С.В. Конончук, к.т.н, доц.
В.В. Клименко, д.т.н., проф., О.В. Скрипник, к.т.н, доц.**

І.В. Якименко, магістрант
Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград

Однією з ефективних і відомих технологій переробки твердого палива є термічна газифікація з використанням газогенераторів для виробництва синтез-газу, який споживається різними енергетичними установками. З метою зменшення споживання імпортованих викопних органічних видів енергоресурсів сьогодні при газифікації актуальним є застосування альтернативного палива з твердих відходів рослинного походження та сумішей на їх основі (деревина, солом, лушпиння соняшника, опале листя тощо). Суттєвою перевагою такого палива у порівнянні з вугіллям, є низький вміст сірки та інших шкідливих домішок.

Різні тверді біопалива, зокрема у вигляді пелет, суттєво відрізняються фізико-механічними і теплофізичними характеристиками [1]. Тому типи процесів газифікації, конструкції або конструктивні елементи газогенераторів, які можуть працювати на відходах рослинного походження і продукувати якісний синтез-газ з високою теплоотою згоряння, будуть відрізнятися від відомих рішень і потребують додаткових досліджень.

З цією метою на кафедрі «Електротехнічних систем та енергетичного менеджменту» розроблена експериментальна лабораторна установка, принципова схема якої наведена на рис. 1. Установка дозволяє досліджувати процес газифікації різних видів твердих біопалив в залежності від способів газифікації, видів та параметрів газифікуючих агентів, конструктивних рішень основних елементів газогенератора.

В режимах проведення експериментів установка працює наступним чином. Паливо завантажується в шахту 1, яка для запобігання видування і забезпечення герметичності закривається кришкою 2 з прокладкою 3. Дуття для горіння палива подається від повітродувки в повітряний пояс 4. Через фурми 5 здійснюється регулювання подачі повітря в окислювальну зону газогенератора, де відбувається окислення горючих компонентів палива до вищих оксидів: $C + O_2 = CO_2$.

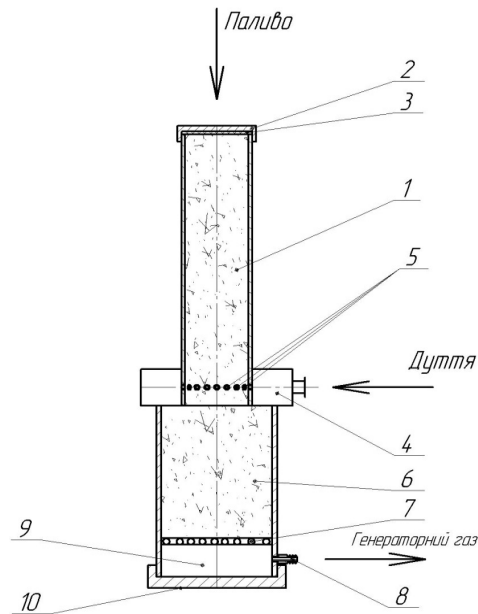


Рисунок 1 – Схема установки для дослідження газогенераторного процесу

Далі продукти згоряння палива рухаються вниз і через горловину потрапляють у відновлювальну зону 6, де при контакті з розжареним твердим паливом в умовах недостатності кисню газифікують його: $C + CO_2 = 2CO$. Утворений генераторний газ відводиться з газогенератора через штуцер 8. Паливо в реакторі утримується за допомогою колосникової решітки 7. Для обслуговування газогенератора передбачено зонтик 9 з кришкою 10.

Регулювання швидкості і кількості повітря, що надходить в окислювальну зону камери газифікації здійснюється через фурми 5. Їх конструктивні характеристики, зокрема довжина і діаметр сопла, можуть бути змінені в залежності від умов процесу газифікації і виду палива.

Конструкція горловини камери газифікації (рис. 2), суттєво впливає на теплотворну здатність продукованого синтез-газу і вміст смол у ньому. Її з'єднання з корпусом виконано роз'ємним. Це надає можливість досліджувати вплив різних конструкцій горловини на процес газифікації різних видів твердих біопалив.

Конструктивне виконання експериментальної установки дозволяє встановлювати під звуженою частиною горловини різні варіанти колосникової решітки та регулювати відстань між горловиною і решіткою, змінюючи при цьому висоту відновлювальної зони.

В процесі досліджень передбачається визначення зв'язку таких параметрів газогенераторного процесу як витрата, хімічний склад і температура палива, синтез-газу та газифікуючого агента, а також термодинамічних характеристик хімічних реакцій процесу газифікації. Ці дані планується використати для побудови математичної моделі газогенераторного процесу, розрахунку матеріального і теплового балансів газогенераторів твердих біопалив.



Рисунок 2 – Вид горловини камери газифікації

Список літератури

1. Клименко В.В. Газифікація твердих біопалив та обґрунтування конструкції газогенераторів для її провадження / В.В. Клименко, В.І. Кравченко // Конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки: Збірник наукових праць КНТУ. –2013. Вип.43(ч. II).-С. 113 – 119.

УДК 66.047:536.42:535:337

АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСУ КОНВЕКТИВНОЇ СУШКИ МОЛОКА, ЩО ВРАХОВУЮТЬ ВПЛИВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

В.В. Клименко, д.т.н., проф.,
Личук М.В., к.ф.-м.н., доц.,
Сидорук О.В., студент
 Кіровоградський національний технічний університет

Процес конвективної сушки молока, як правило попередньо згущеного, з метою отримання сухого молока є суттєво енергоємним. Підвищити енергоефективність процесу можна шляхом його здійснення в електричному полі. Відомі пропозиції із застосуванням в цьому напрямку електростатичного та змінного електричного поля [1,2].

Використання енергії високовольтного електростатичного поля надає можливість інтенсифікувати процес та підвищити його енергоефективність шляхом зменшення поверхневого натягу крапель. Моделювання процесу показує, що регулюючи величину потенціалу високовольтного електроду електростатичного розпилувача, можна забезпечити потрібний ступінь дисперсності факелу розпилення при високій однорідності розпиленних частинок за їх розмірами.

Отримані вирази для поверхневого натягу і радіусу розпиленних в електростатичному полі крапель дозволяють розраховувати важливі параметри процесу

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПЛАВЛЕННЯ ДРІБНОЇ АЛЮМІНІЄВОЇ ШИХТИ В МГД-УСТАНОВЦІ

**Д.В. Босенко, магістрант,
А.В. Снігирьов, магістрант,
В.М. Ломакін, доц., к.т.н**

Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград

Переробка промислових та побутових відходів є вельми актуальною проблемою сьогодення, що пов'язана з енергозбереженням, економією природних ресурсів та охороною довкілля. При цьому значну і постійно зростаючу частку таких відходів складають тонкостінні відходи з алюмінію та його сплавів (зокрема, металеві банки з-під різноманітних напоїв, відходи металообробки у вигляді стружки тощо).

Найбільш ефективними сучасними технологіями переробки тонкостінних відходів алюмінієвих сплавів є процеси, що виключають пряме нагрівання шихти з метою усунення небезпеки її вигорання і, відповідно, для забезпечення таким чином високих значень виходу придатного металу відносно обсягів перероблюваних відходів. При цьому переплаву шихти здійснюється в потоці розплаву за рахунок тепла рідкого металу, хімічний склад якого наближений до хімічного складу шихти. Створення такого керованого потоку перегрітого рідкого металу відбувається за допомогою електромагнітного насосу, що є у складі сучасних перелавних комплексів.

У КНТУ розроблено магніто-гідродинамічний (МГД) циркуляційний контур для переплаву тонкостінних алюмінієвих відходів з розвинутою поверхнею. Головним елементом створеного контуру є магнітодинамічний насос, який забезпечує керовану циркуляцію розплаву в системі та здатен, на відміну від переважної більшості застосовуваних технологій, здійснювати регульований індукційний підігрів металу. Це дає змогу реалізувати ефективну передачу теплової енергії від рідкого металу, що є джерелом нагріву, до тонкостінної шихти, яка є об'єктом нагріву, за рахунок контрольованого примусового конвективного тепломасопереносу.

Відпрацювання технологічних режимів процесу переплаву алюмінієвих відходів у створеному МГД-циркуляційному контурі перш за все передбачало встановлення раціональних співвідношень між тепловими і гідродинамічними параметрами процесу, зокрема: а) температурою розплаву та температурою шихти; б) масовою швидкістю циркуляції рідкого металу у системі і періодичністю подачі шихти до контуру на перелав; г) масовою швидкістю та періодичністю відбору наплавленого металу з контуру.

Для вирішення поставленої задачі було застосовано методи математичного моделювання, що ґрунтуються на фундаментальних закономірностях класичної теплофізики і гідродинаміки. При цьому головною метою було встановлення поліноміальної залежності для розрахунку коефіцієнту теплообміну між середовищем (рідким металом) та тілом, що нагрівається (алюмінієва шихта з побутових та промислових відходів).

Проведений чисельний розрахунок та натурні експерименти на лабораторному МГД-циркуляційному контурі дозволили встановити раціональні теплові та гідродинамічні параметри процесу переплаву тонкостінних алюмінієвих відходів з розвинутою поверхнею та забезпечити вихід придатного металу після такого переплаву на рівні 80-85% від маси поданої на переробку шихти, що значно перевищує середні показники при традиційних способах переробки відходів шляхом їх прямого нагріву у печах (вихід придатного металу в такому разі в середньому складає 45-60%).

дроблення в залежності від електрофізичних властивостей продукту та електричних характеристик електростатичного поля.

Результати експериментальної апробації моделі показали, що електрична потужність, яка розсіюється на вузлі розпилу у всьому діапазоні напруг, дуже мала (біля 10 Вт) і відповідає розрахунковій потужності затрат на розпилювання. Найкращий результат було досягнуто при витраті продукту 46 кг/год та при напрузі 5,2 Кв [1].

Авторами [2] обґрунтовується доцільність використання змінного електричного поля для інтенсифікації процесу конвективної сушки молока, як біооб'єкту, наступним чином. Повітряний потік і будь-які тіла при терті з поверхнею висушуваного біооб'єкту наелектризуються, накопичуючи електричні заряди. А оскільки вода - слабкий електроліт, то чим більше її в продукті, тим вище його електропровідність. Висушуваний зовнішній шар перетворюється на теплоізоляційний, що перешкоджає передачі тепла в глибину матеріалу, а значить і випаровуванню рідини з глибших шарів. У міру висихання, зовнішній шар біооб'єкту стає діелектриком і при терті об повітряний потік заряджається. Заряди ці накопичуються, і може настати момент, коли дія електричного струму стане достатньо високою для виникнення мікроелектроосмосу. Тоді волога під дією електричного поля підніметься по капілярах до зовнішньої поверхні частинки біооб'єкту, долаючи значні перешкоди. На основі описаного явища був розроблений спосіб сушіння біологічних об'єктів з використанням слабких електроімпульсних впливів.

Експериментальні дослідження показали, що накладення дії слабких електроімпульсних впливів збільшує швидкість конвективного сушіння знежиреного молока, а найбільшу інтенсивність процесу сушіння знежиреного молока спостерігалася при використанні слабких електроімпульсних впливів за наступних характеристик: $U = 600$ Вольт, частота 200 Герц, шпаруватість= 3. Час процесу сушки склав $t = 840$ секунд, а контрольний час без використання дії слабких електроімпульсних впливів становив $t = 1200$ секунд [2].

Проведений аналіз моделей процесу конвективної сушки молока показав, що для його інтенсифікації та підвищення енергоефективності доцільно як застосування високовольтного електростатичного поля, так і дії слабких електроімпульсів.

Список літератури

1. Бегалин К.М. Совершенствование процессов и средств диспергирования и сушки молока в высоковольтном электрическом поле: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.12/ Семипалатинск, 1995-18 с.
2. Бурлев М.Я., Николаев Н.С., Пляшешник П.И. Сушка биологических объектов в поле слабых электроимпульсных воздействий / Проблемы совершенствования холодильной техники и технологии: сборник научных трудов V научно-практической конференции с международным участием./отв. ред. Бабакин Б.С. – М. : Издательский комплекс МГУПП, 2012. – 340 с.

МЕТОД ГЕНЕРАЦІЇ ГРАФА ІЗ ЗАДАНИМИ ПАРАМЕТРАМИ**Р.О. Хліста, викладач***Кіровоградський машинобудівний коледж
Кіровоградського національного технічного університету*

Математичний апарат графів все частіше використовується в прикладних областях. Вирішення багатьох завдань, таких як, моделювання руху роботів, тестування алгоритмів роботи мереж зв'язку, електричних мереж, проектування електронних схем просто неможливе без використання графів. У цьому зв'язку гостро виникає питання генерації випадкових графів, які можуть бути використані для тестування результатів вище описаних завдань, формування області виконання інших алгоритмів і т. д.

Незважаючи на те, що будувати випадкові графи потрібно при вирішенні багатьох прикладних задач, більшість авторів розглядають рішення задачі генерації цих структур як очевидне. Тим не менш, при практичній реалізації алгоритмів виникає багато «підводних каменів», пов'язаних з часом виконання алгоритмів на обчислювальному пристрої, простотою реалізації програмного коду при використанні алгоритму і т. д.[1-6].

У доповіді розглядається алгоритм генерації матриці суміжності зв'язного неорієнтованого дерева, алгоритм генерації зв'язного неорієнтованого графа і модифікація алгоритму генерації зв'язного неорієнтованого графа, який генерує граф, що не містить циклів довжини менше $k \in N, 2 < k < d + 1$, где $d \in N$ – діаметр графа.

Оригінальність даних алгоритмів полягає в генерації матриці суміжності графа за кінцеве число ітерацій, що робить алгоритми незалежними від процедури генерації випадкових чисел, яка використовується для установки ребер графа в інших алгоритмах.

Алгоритми генерації графа використовують матрицю суміжності, генеровану алгоритмом генерації дерева, основна ідея якого полягає в наступному. На початковому етапі задається порожній граф $G(V, E)$, де V – множина вершин графа, $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ $n \in N$, $E = \emptyset$ – множина ребер графа. Також створюються дві множини: B – множина зв'язних вершин, в які копіюються вершини з V , і C – множина зв'язних вершин, яка на початковому етапі дорівнює порожній множині. На початку роботи ітераційного процесу з множини B випадковим чином обирається і переміщується в C перша вершина. Далі в ході роботи ітерації, випадково обрані вершини з B переміщуються в C , пов'язуючи ребром випадково вибрану вершину з C . Алгоритм закінчує свою роботу, коли $B = \emptyset$.

Алгоритм зв'язного неорієнтованого графа використовує матрицю суміжності, генеровану процедурою алгоритму генерації зв'язного неорієнтованого дерева. На основі матриці суміжності дерева формується множина B , в яке входять координати ребер, які можна встановити для формування циклів на дереві. Далі, переміщенням цих позицій в множину C , яке символізує множину встановлених ребер, вершини зв'язуються на матриці суміжності дерева, формуючи за кожну ітерацію нове ребро графа.

Модифікація алгоритму генерації зв'язного неорієнтованого графа генерує граф, який не містить циклів довжини менше $k \in N, 2 < k < d + 1$, де $d \in N$ – діаметр графа. Для формування множини «ребер-кандидатів» матриця суміжності дерева підноситься до ступені m ($m=k$) залежно від умови. При кожному піднесенні до ступеня з множини «ребер-кандидатів» (яке на початковому етапі містить координати всіляких позицій для установки ребер) виключаються ребра, які не задовольняють умові. Після цього

процесу в множині «ребер-кандидатів» залишаються саме координати тих ребер, які задовольняють умові потрібній відстані. З них обирається одне ребро і встановлюється на графі (запис у матриці суміжності). Після чого граф перераховується заново. Процес зупиняється, коли множина ребер кандидатів стає порожньою.

Список літератури

1. S. Rodionov "On Generating Random Network Structures: Trees" / S. Rodionov, and H. Choo // Lecture Notes in Computer Science. – 2003. – Vol. 2658. – pp. 879-887.
2. S. Rodionov "On Generating Random Network Structures: Connected Graphs" / S. Rodionov, and H. Choo // Lecture Notes in Computer Science. – 2003. – Vol. 2658. – pp. 483-491.
3. B.M. Waxman "Routing of Multipoint Connections" / B.M. Waxman // IEEE JSAC/ . – 1993. – Vol. 9. – pp. 1617-1622.
4. Сапунов С.В. Определение положения робота в топологической среде / Сапунов С.В. // Искусственный интеллект. – 2008. – №4. – С. 558-565.
5. Хаггарти Р. Дискретная математика для программистов / Р. Хаггарти // Москва: Техносфера. – 2003. – 320с.
6. Грунский И.С. Диагностика местоположения мобильного робота на основе топологической информации о среде / И. С. Грунский, С. В. Сапунов // Искусственный интеллект. – 2011. – №2. – С. 15-25.

УДК 622.765.063.24

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СЕЛЕКТИВНОЇ МАСЛЯНОЇ АГРЕГАЦІЇ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВУГІЛЛЯ**Сергєєв П.В., д.т.н.***Донецький національний технічний університет, м. Красноармійськ, Україна***Білецький В.С., д.т.н., проф.***Полтавський національний технічний університет, м. Полтава, Україна*

Вступ. Селективна масляна агрегація (СМА) вугілля поєднує сукупність процесів структурування тонкої полідисперсної вугільної фази у водному середовищі за допомогою масляних реагентів. В основі процесів селективної масляної агрегації вугілля лежить механізм адгезійної взаємодії олеофільної вугільної поверхні з маслами, в результаті якого досягається її селективне змочування і агрегування в турбулентному потоці води. Гідрофільні часточки, не змочувані маслом в склад агрегатів не входять, що дозволяє виділяти їх у вигляді породної суспензії.

Постановка проблеми. Визначення перспективної області застосування селективної масляної агрегації вугілля, зокрема для переробки енергетичного вугілля, на сьогодні складає науково-технічну проблему, яка вирішується із залученням як теоретичного так і емпіричного інструментарію. В цій галузі є значні напрацювання вітчизняних вчених: А.Т.Слішевича, В.С.Білецького, П.В.Сергєєва, Ю.Л.Папушина та ін. (наукова школа «Спеціальні методи збагачення, зневоднення і грудкування тонко- і дрібнодисперсного вугілля») і зарубіжних - Х.Румпфа, Б.Богеншнейдера, К.Кейпса, С.Нікола, Г.Бемера, Д.Саркара, Т.Такаморі, Е.Романчука, В.Ердмана, А.Свенсона, Б.Черемонова, В.Небери, В.Шилаєва, А.Беренбека, К.Кубітці, Т.Мурата, Е.Вершурра, Г.Рігбі, В.Курбатова, В.Меротра, І.Засядека, Т.Харада, Т.Мацус, В.Павлака, Е.Романчука та ін.

Розв'язання проблеми. В залежності від режимних параметрів, технологічної схеми, досягаемого результату, зокрема, виду продукту агрегації доцільно виділити масляну грануляцію (МГ), агломерацію (МА) та флокуляцію (МФ). При грануляції та

агломерації в процес втягуються зерна вугілля до 3-5 мм, а при флокуляції - не більше 0,1-0,2 мм. Гранулят являє собою моно- або полідисперсний силучий продукт, складений з шаровидних і овальних гранул крупністю від 0,5-0,7 мм до 7-10 мм. Агломерат - це частково згранульоване полідисперсне вугілля представлене вуглемаляними комплексами крупністю від 0,2-0,3 мм до $(1,1 - 1,3) d_{\max}$ (d_{\max} - максимальний діаметр вугільного зерна). Флокули - пухкі або ущільнені вуглезв'язуючі комплекси крупністю не більше 0,2-0,3 мм. Питомі витрати маслазв'язуючого взяті на 1000 см²/г зовнішньої поверхні вугілля ($S_{\text{пит}}$) при грануляції складають 8...12 мас.% від сухої маси вугілля, при агломерації - 2...3 мас.%, флокуляції - 0,2...0,5 мас.%. Абсолютні значення витрат масла сильно залежать від параметра $S_{\text{пит}}$ та в'язкості зв'язуючого і коливаються в таких межах: для грануляту - 8...10 - 40±50 мас.%; агломерату - 2...7 мас.%; флокуляту - 0,5...2 мас.%.

Обширні лабораторні дослідження, стендові та промислові випробування, експлуатація на вуглебагачувальних фабриках підтверджують такі основні технічні можливості процесів СМА вугілля маслом:

I. Збагачення тонкодисперсного вугілля ($\leq 0,1 \dots 0,2$ мм) зольністю до 60-70% при концентрації суспензії від 400 - 500 до 50 - 70 г/л з одержанням концентрату стабільної зольності в межах 5-20% і відходів зольністю 75-85% та більше;

II. Знесірчування вугілля за рахунок видалення піритної сірки на 70-80%;

III. Зневоднення вугілля до вологості 7-15%;

IV. Облагороджування вугільної маси, яке полягає в „консервації“ вугілля в агрегатах, що різко зменшує окиснення, розмокання, набухання вугілля підвищує його стійкість до механічних впливів, практично ліквідує пилоутворення.

Альтернативи методу масляної селекції при збагаченні ультратонкого вугілля (дрібніше 30-50 мкм) практично немає. На основі вуглемаляного агломерату можливе одержання нового виду палива - гранульованого вугілля та мазуто-вугільних суспензій для ТЕС і котелень. Сьогодні СМА знайшла промислове застосування при переробці відходів дрібних класів бітумінозного вугілля на двох підприємствах північного сходу США. Національні варіанти процесу СМА опрацьовані в ряді країн: «Оліфлок» і «Конвертоль» (Німеччина), «Могіфлок» і процес ВУХИНа (Росія), процес CFRI (Індія), процес ВНР-ВРА (Австралія), сферична агломерація (Канада), процес «Снампроджетті» (Італія), процеси "ОВЗУМС", "МГ-ТЕС", "СМАГ-ГТ", Каскадно-адгезійна сепарація (Україна).

Аналіз перспективних напрямків впровадження процесів селективної агрегації вугілля в суспензіях проведений авторами показує, що МГ, МА та МФ мають 11 перспективних застосувань: регенерація шламових вод вуглефабрик методом СМА, зневоднення вугілля після його магістрального гідротранспорту, облагороджування гідротранспортуемого вугілля, облагороджування вугілля перед скрапленням, переробка шламів, вуглевміщаючої маси відвалів, мулонакопичувачів та шламовідстійників, підготовка вугільної шихти до коксування, підготовка вугілля до брикетування зі зв'язуючими, адгезійне збагачення золота і алмазів, утилізація масловміщаючих відходів, очистка ґрунту від забруднення масляними речовинами.

Зокрема, збагачення вугілля ТЕС має декілька сприятливих факторів, зумовлюючих вигідність застосування СМА. По-перше, існуюча технологія спалювання вугілля вже передбачає подрібнення його до крупності 0 - 100(150) мкм, що необхідно для одержання високоєфективного розділення масляною селекцією. По-друге, ТЕС, як правило, має запаси топочного мазуто, який може бути використаний як реагент в процесі СА. По-третє, отримуваний вуглемаляний концентрат є хорошою сировиною для мазутовугільних паливних суспензій.

Висновок. Перспективними напрямками застосування селективної масляної агрегації для переробки енергетичного вугілля слід вважати:

- збагачення високозольної вугільної сировини, в першу чергу шламів, вуглевміщаючої маси відвалів, мулонакопичувачів та шламовідстійників;
- флокуляція тонкодисперсного вугілля перед флотацією;
- підготовка вугілля перед скрапленням гідрогенізацією;
- зневоднення вугілля, зокрема після його промислового і магістрального гідротранспорту;

- підготовка вугілля до брикетування зі зв'язуючими;

- приготування альтернативних суспендованих палив, зокрема вугле-мазутних, водо вугільних та водо-мазуто-вугільних суспензій.

Ці напрямки мають велике прикладне значення, наукоємні (зокрема дисертабельні) – по суті відкривають нові можливості у розвитку спеціальних методів збагачення тонкодисперсного вугілля.

Водночас, дослідження процесу селективної масляної агрегації вугілля перетинаються з вуглехімією, петрографією, потребують застосування ряду «тонких» методів молекулярної спектроскопії, дериватографії, мікроскопії.

Широкий діапазон технологічних можливостей селективної масляної агрегації вугілля є суттєвою перевагою цього процесу над процесами-аналогами.

УДК622.278

ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНА ВОДОВУГІЛЬНА СУСПЕНЗІЯ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНЕ ШТУЧНЕ РІДКЕ ПАЛИВО

Круть О.А., д.т.н.

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України, м.Київ

Білецький В.С., д.т.н.

Полтавський національний технічний університет, м.Полтава

Сергєєв П.В., д.т.н.

Донецький національний технічний університет, м.Красноармійськ

Вступ. Енергозабезпечення – одна з гострих проблем світової і вітчизняної економіки. Крім традиційних паливних корисних копалин – природного газу, нафти, вугілля, торфу, горючих сланців, сьогодні триває активний пошук і залучення в експлуатацію нетрадиційних природних паливних ресурсів, зокрема, метану вугільних родовищ, гідратів горючих газів, сланцевого газу тощо та створення і впровадження нових технологій, серед яких виділяється водовугільне паливо.

Науково-технічна проблема, яка розглядається в цій роботі – створення і дослідження висококонцентрованої водо вугільної суспензії як альтернативного штучного рідкого палива.

Розв'язання проблеми. Водовугільне паливо (ВВП) – композиційне штучне рідке паливо на основі вугілля та води, різновид висококонцентрованої водовугільної суспензії. В основу процесу його приготування, зокрема, покладена механохімічна активація в ході якої руйнується структура вугілля як природної «гірничої» маси. Вугілля подрібнюється, відкривається його нова активна поверхня, мінеральні домішки видаляються. Подрібнене вугілля і вихідна вода змішуються, додаються реагенти-пластифікатори в результаті чого утворюється специфічна дисперсна система, яка має технологічно прийнятні калорійність, текучість і стабільність. Масова концентрація ВВП — 60-80 % вугілля, з розміром частинок не більше 250 мкм. Для одержання такої фракції вугілля використовують спеціальні подрібнювачі. Добрі результати отримані при одержанні бімодального розподілу частинок за розмірами з певним

співвідношенням крупної (100—250 мкм) і дрібної (менше 40 мкм) фракцій, що дає можливість без погіршення реологічних властивостей ВВП отримати ефект «максимального пакування» і суттєво підвищити концентрацію суспензії. Оскільки така суспензія досить швидко розшарується з осадженням вугільних частинок, до неї часто додають пластифікатор, масова частка якого у ВВП становить близько 1%. З метою покращання ВВП до нього можуть додавати різні добавки і присадки такі як інгібітори корозії, десульфуризатори, денітрофікатори, регулятори плавлення золи та інше. ВВП можна приготувати зі всіх марок вугілля, а також відходів вуглезбагачення. Найкращою сировинною базою вважають малометаморфізоване вугілля. В'язкість кондиційних паливних водовугільних суспензій, як правило, знаходиться в межах 0,5-1,2 Па·с, седиментаційна стабільність — до 30 діб. Передача такого палива, в тому числі і на далекі відстані, можливе гідротранспортом, а також у автомобільних та залізничних цистернах, морських суднах-танкерах.

ВВП можна використовувати як заміник природного газу і мазуту в котлоагрегатах, що сьогодні і має місце в Китаї, Японії (апробації – в Україні, РФ та США). Порівняно з традиційним спаленням пиловидного вугілля (зокрема, на ТЕС), застосування ВВП в теплоенергетиці дозволяє зменшити викиди у атмосферу оксидів азоту, сірки і чадного газу, а також забезпечує повноту вигорання органічної маси до 99%, що значно поліпшує екологічну ситуацію довкілля. На користь використання ВВП в теплоенергетиці свідчать такі його переваги як можливість найкращого використання інфраструктури енергетичних котлоагрегатів при мінімальній реконструкції паливних пристроїв та систем паливободачі, висока пакувальна щільність при зберіганні порівняно з штабелюванням сухого вугілля, повна вибухо- і пожежобезпека, відсутність втрат при транспортуванні, можливість зберігання під землею.

При переведенні котлів із шаровим спалюванням вугілля марок Д, Г на спалювання ВВП економія по вартості тепла складає 1,5-2,0 рази, а зниження еколого-економічних збитків до 90%.

До недоліків використання ВВП відносять зниження теплотворних характеристик палива, необхідність наявності системи золошлаковидалення. Хоча останнє можна виключити при зольності вихідного вугілля не більше 5%.

Найбільш економічно доцільним є використання ВВП в якості палива для доспалювання вугілля в енергетичних пиловугільних котлоагрегатах, а також сумісного спалювання з газом, мазутом в різних пропорціях.

В останні роки інтерес до технології ВВП посилюється прагненням ряду країн, зокрема України, вийти із залежності від постачальників нафти та природного газу, які посідають ключову позицію в їх енергобалансі.

Висококонцентрована водовугільна суспензія являє собою складний об'єкт, який характеризується багатьма фізико-хімічними факторами, що визначають її агрегативну і седиментаційну стійкість та реологічні властивості.

Високу стабільність і текучість суспензій обумовлюють їх тиксотропні властивості. Зокрема, в умовах турбулентних потоків обернена тиксотропна відновлюваність забезпечується, згідно теорії ДЛФО, коагуляцією дисперсної твердої фази суспензії у положенні так званої "другої потенційної ями" (рис.1) на кривих "сумарна енергія взаємодії (E_c) – відстань між частинками (h)".

Теоретичні основи тиксотропних рідинних систем базуються на основних положеннях колоїдної хімії. Теорія водовугільних суспензій наразі знаходиться на стадії накопичення емпіричного матеріалу і опрацювання робочих гіпотез.

Основними факторами, які визначають поведінку вугільної частинки у коагульованій структурі є: крупність частинки, гідрофільно-гідрофобний баланс поверхні частинок, загальний та електро-кінетичний потенціал цієї поверхні.

Характеристики коагульованої тиксотропної водовугільної системи в цілому визначаються "глибиною" E_{m2} та координатою h_{m2} другої енергетичної ями.

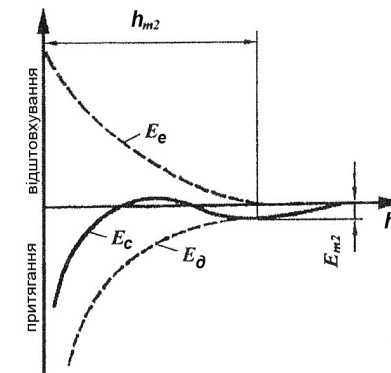


Рисунок 1 – Криві потенційної енергії взаємодії двох частинок в залежності від відстані між ними

Висновок.

1. Водовугільне паливо – альтеративне рідке паливо для ТЕС і малої енергетики, яке впроваджується сьогодні в ряді країн світу.

2. Теоретичною основою інтерпретації закономірностей створення та поведінки ВВП може бути теорія ДЛФО.

УДК: 548.2:536.2:66.065

ТЕПЛОБМІН ПРИ УТВОРЕННІ ГАЗОВОГО ГІДРАТУ НА БУЛЬБАШЦІ ГАЗУ В УМОВАХ СНАРЯДНОЇ ТЕЧІЇ

В.В. Клименко, проф., д.т.н.,

М.С. Якименко, доц., канд. фіз.-мат. наук,

М.В. Босий, викл.

Кіровоградський національний технічний університет

В задачах про утворення газових гідратів встановлено [1], що швидкість утворення газових гідратів r на поверхні газового «снаряду» (бульбашки), що підіймається в потоці рідини, залежить від різниці температур $\Delta T = T_i - T_s$, де T_s – температура на поверхні розділу газ-рідина, T_i – температура в об'ємі рідини.

В даній роботі досліджується модель теплообміну на поверхні бульбашки в наближенні тонкого граничного шару, в результаті чого рівняння конвективного теплообміну зводиться до рівняння подібного до одновимірного рівняння теплопровідності.

При тісному рухові бульбашок рух окремої бульбашки розглядатимемо як рух бульбашки у формі снаряду в каналі із жорсткими стінками. Розглянемо задачу конвективного теплообміну у випадку осової симетрії (див. [2]):

$$u \frac{\partial T}{\partial r} + v \frac{\partial T}{\partial z} = a \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

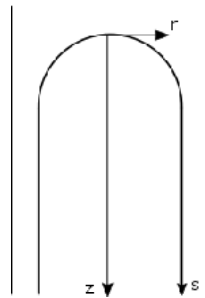


Рисунок 1 – Модель бульбашки та осі координат

Нехтуючи теплопровідністю вздовж ліній току і вводячи нові змінні φ (потенціал течії), ψ (функція течії) рівняння (1) можна переписати у вигляді:

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = a \left(r^2 \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial \psi^2} \right). \quad (2)$$

Для тонкого граничного шару можна припустити, що r є функцією тільки від φ . Тому, слідуючи підходу, розробленому в [4] можна ввести нову змінну ξ згідно рівняння $d\xi/d\varphi = r^2$. Величина ξ визначається інтегруванням вздовж поверхні газового снаряду, s – довжина дуги (див. рис. 1). Форма поверхні бульбашки задається у вигляді

$$\xi(z) = \int_{\varphi_0}^{\varphi} r^2 d\varphi = \int_0^s r^2 v d\tilde{s}. \quad (3)$$

Враховуючи останню рівність рівняння (2) може бути записане у вигляді рівняння теплопровідності в змінних ξ , ψ :

$$\frac{\partial T}{\partial \xi} = a \frac{\partial^2 T}{\partial \psi^2}. \quad (4)$$

$$T|_{\xi=0} = T_l; \quad T|_{\psi=\infty} = T_l; \quad T|_{\psi=0} = T_s. \quad (5)$$

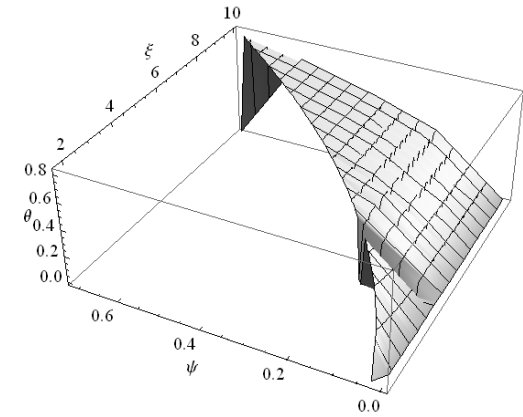
Задача (4)-(5) може бути легко розв'язана, наприклад, за допомогою перетворення Лапласа або іншими відомими методами розв'язку рівняння теплопровідності.

Ввівши безрозмірну температуру $\theta(\xi, \psi) = \frac{T - T_l}{T_s - T_l}$, отримуємо розв'язок

$$\theta(\xi, \psi) = \operatorname{erfc} \left(\frac{\psi}{2\sqrt{a\xi}} \right) + \exp(\psi + \xi) \operatorname{erfc} \left(-\frac{\psi}{2\sqrt{a\xi}} \right) + \sqrt{\xi}, \quad (6)$$

де $\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} \exp(-t^2) dt$ – доповнююча функція помилок.

Загальний вигляд функції $\theta(\xi, \psi)$ представлено на рис. 2.

Рисунок 2 – Безрозмірна функція температури $\theta(\xi, \psi)$

В роботі описано підхід, за допомогою якого задача конвективного теплообміну при деяких припущеннях зводиться до більш простої задачі теплопровідності в змінних ξ , ψ та подано її розв'язок за допомогою представлення Лапласа.

Список літератури

1. Vysniauskas A., Bishnoi P. R. Kinetics of ethane hydrate formation // Chemical Engineering Science. – 1985. – Vol. 40. – №. 2. – P. 299-303.
2. Elperin T., Fominykh A. Heat transfer during gas hydrate formation in gas-liquid slug flow // Heat and mass transfer. – 1996. – Т. 31. – №. 3. – С. 179-183.
3. de Carvalho J. R. F. G., Davidson J. F. Mass transfer from a slug in a fluidised bed: Wall effect // Chemical Engineering Science. – 1978. – Vol. 33. – №. 8. – P. 1071-1076.
4. Elperin T., Fominykh A. Effect of thermal diffusion on absorption during dissolution of short gas plugs // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2008. – Vol. 51. – №. 11. – P. 3251-3254.

УДК 621.313.8 : 631.53.027

ПЕРЕДПОСІВНА ОБРОБКА НАСІННЯ В МАГНІТНОМУ ПОЛІ

В.В. Савченко, кандидат технічних наук
О.Ю. Синявський, доцент, кандидат технічних наук
 Національний університет біоресурсів і природокористування України

Вступ. Застосування енергоефективних електротехнологічних методів передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур дає можливість збільшити їх врожайність, зменшити захворюваність рослин, підвищити якість продукції і термін її зберігання.

Одним з перспективних методів передпосівної обробки насіння є його обробка в магнітному полі. У порівнянні з іншими електрофізичними методами він є високопродуктивним, енергозберігаючим, екологічним і безпечним для обслуговуючого персоналу.

Постановка проблеми. Для впровадження технології магнітної обробки насіння необхідно встановити механізм впливу магнітного поля на насіння

сільськогосподарських культур, визначити оптимальні режими їх обробки і параметри відповідного обладнання.

Розв'язання проблеми. Встановлено, що магнітне поле впливає на швидкість хімічних і біохімічних реакцій, які протікають в клітинах рослин, що сприяє стимуляції насіння, росту та розвитку рослин.

Під впливом магнітного поля збільшується розчинність солей і кислот, які знаходяться в клітині рослини, що також є стимулюючим фактором в життєдіяльності рослин.

Зміна швидкості хімічних реакцій при магнітній обробці насіння і розчинності солей призводить до зміни рН і окислювально-відновного потенціалу (ОВП) рослинної клітини.

Під впливом магнітного поля підвищується проникність клітинних мембран, що прискорює дифузію через мембрану молекул та іонів. Внаслідок цього збільшується концентрація кисню в клітинах, що сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур і зменшенню захворюваності рослин.

Крім того, підвищення проникності клітинних мембран призводить до зростання водопоглинання насіння, що прискорює розвиток рослин і сприяє підвищенню врожайності.

Під дією магнітного поля посилюється транспорт іонів, внаслідок чого зростає концентрація мінеральних елементів, які надійшли в клітину. Крім того, збільшується швидкість руху іонів уздовж ліній їх центрів, що сприяє зростанню швидкості хімічних реакцій.

Проведені теоретичні дослідження показали, що основними діючими факторами при обробці насіння в магнітному полі є магнітна індукція та її градієнт, а також швидкість руху насіння. Обробку насіння необхідно здійснювати в неоднорідному магнітному полі, а застосування періодичного магнітного поля посилює ефект обробки. Зміна фізико-хімічних параметрів насіння при магнітній обробці залежить від квадрата магнітної індукції і швидкості їх руху в магнітному полі.

Внаслідок дії магнітного поля зростає біопотенціал рослини, енергія проростання і здатність проростання насіння, а також врожайність сільськогосподарських культур.

Для встановлення залежностей цих величин від режимних параметрів обробки були проведені експериментальні дослідження з використанням теорії планування експерименту.

Дослідження проводилися на розробленій установці. Магнітне поле створювалося чотирма парами постійних магнітів з інтерметалевого композиту NdFeB, встановленими паралельно над і під стрічкою транспортера зі змінною полярністю. Магнітну індукцію регулювали зміною відстані між магнітами в межах 0–0,5 Тл і вимірювали тесламетром 43205/1. Швидкість руху транспортера регулювали в межах 0–0,8 м/с за допомогою перетворювача частоти.

Відомо, що всі біохімічні процеси в клітинах рослин відбуваються у водному середовищі. Крім того, клітини рослин мають приблизно однаковий хімічний склад. Тому були проведені дослідження зі встановлення впливу магнітного поля на зміну рН і ОВП водних розчинів солей, які містять іони, що знаходяться в клітинах рослин.

Встановлено, що при зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл значення рН розчину зростає, а при її подальшому збільшенні починає зменшуватися. ОВП розчину, навпаки, спочатку знижується, а при її подальшому збільшенні зростає. Оптимальне значення магнітної індукції при обробці водних розчинів становить 0,065 Тл. Збільшення швидкості руху розчинів знижує ефект магнітної обробки. Ефект магнітної обробки залежать від концентрації і композиції іонів.

Внаслідок зміни швидкості хімічних реакцій при магнітній обробці змінюється біопотенціал рослин. Біопотенціал вимірювали за допомогою іономіра И-160М у

комплекті з розробленим вимірювальним електрод у вигляді платинової пластини із загостреним кінцем і допоміжним хлорсрібним електродом.

При передпосівній обробці в магнітному полі енергії проростання і здатність проростання насіння пшениці сорту «Наталка» та ячменю сорту «Солнцедар» були найбільшими при магнітній індукції 0,065 Тл і швидкості руху насіння 0,4 м/с.

Проведені експериментальні дослідження зміни біопотенціалу проростків огірка сорту «Сквириський» та ячменю сорту «Солнцедар» при магнітній обробці насіння показали, що за зміною біопотенціалу рослин можна визначити ефективність передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур.

Проведено дослідження щодо впливу магнітної обробки насіння на врожайність сільськогосподарських культур. Встановлено, що при магнітній індукції 0,065 Тл врожайність цибулі порівняно з контролем збільшується на 81 %, а при більшій чи меншій магнітній індукції вона була меншою.

При обробці насінневої картоплі в магнітному полі зростають її рН і біопотенціал. Встановлено, що врожайність картоплі сорту «Луговська» при оптимальній дозі обробки 0,23 Дж·с/кг збільшується на 21 %. При збільшенні або зменшенні дози обробки біометричні показники і врожайність картоплі зменшуються, але залишаються вищими порівняно з необробленою в магнітному полі картоплею.

У всіх дослідах ефект магнітної обробки залежав від швидкості руху насіння. Проте вона є менш істотним фактором, ніж магнітна індукція. Кращі результати були отримані при швидкості 0,4 м/с.

Передпосівна обробка насіння в магнітному полі сприяє підвищенню якості сільськогосподарської продукції. При обробці насінневої картоплі в магнітному полі кількість великих бульб зростає на 15 %. У бульбах збільшується вміст крохмалю, вітаміну С, сухої речовини на 3–4 %, а концентрація нітратів зменшується на 6 %.

Висновки. Проведені дослідження показали, що залежності, які характеризують зміни параметрів водних розчинів при магнітній обробці, і залежності, які характеризують взаємозв'язок біопотенціалу, енергії проростання і врожайності рослин з магнітною індукцією і швидкістю руху насіння в магнітному полі, є подібними.

Найкращі результати при передпосівній обробці насіння в магнітному полі отримані при магнітній індукції 0,065 Тл і швидкості руху 0,4 м/с. При такому режимі обробки врожайність сільськогосподарських культур в середньому підвищується на 20–25 % і поліпшується якість продукції.

УДК 629.423.315

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА ШАХТНЫХ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Черная В.О., доцент кафедры систем электропотребления и энергетического менеджмента,
Бабаджанова А.Р., студентка

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

Как известно, используемые на современных типах рудничных контактных электровзозов К14 тяговые электрические двигатели (ТЭД) типа ДТН-45 по конструктивному исполнению и отсутствию действенной системы контроля параметров тяговых машин не соответствуют условиям эксплуатации в железорудных

шахтах и требованиям служб эксплуатации внутришахтного транспорта (ВШТ) этих предприятий [1]. Так, ПАО «Электромашина» (г. Харьков) предпринимает немало усилий по совершенствованию конструкции ТЭД, однако ожидаемого ощутимого совершенства еще не достигнуто.

Перед конструкторами ТЭД для тяговых электротехнических комплексов шахтных контактных электровозов стоит задача – достижение необходимого уровня надежности и создание условий для максимально возможного приближения длительной мощности ТЭД к часовой. В значительной степени это связано с вопросами охлаждения двигателей, поскольку уровень компенсации недостаточности естественной эксплуатационной вентиляции ТЭД искусственным путем в контексте габаритов и условий работы шахтных электровозов сопряжено с невозможностью решения данной проблемы известными способами [2]. Суть же задачи вентиляции ТЭД (как естественной, так и искусственной) – это отвод тепла при работе двигателя. Отвод этого тепла особенно актуален для охлаждения таких элементов ТЭД как якорь и обмотки элементов, располагаемых внутри двигателя, а, следовательно, наименее обдуваемых естественной струей воздуха.

Проблема охлаждения ТЭД является непростой для любого вида электрифицированного транспорта. В силу имеющихся возможностей каждого отдельно взятого вида транспорта эта проблема решается по-разному.

В частности, на магистральных и промышленных типах электровозов необходимую вентиляцию обеспечивают мотор-вентиляторы. Однако такой вариант, как и многие аналогичные, для условий отечественных шахтных электровозов неприемлем в силу жестких массогабаритных ограничений [3].

По видам охлаждения ТЭД подразделяются на:

- закрытые невентилируемые двигатели, к которым относятся большинство двигателей отечественных рудничных электровозов;
- двигатели с независимой вентиляцией от отдельных вентиляторов – двигатели зарубежных тяжелых электровозов;
- самовентилируемые двигатели с вентиляторами, устанавливаемыми на валу двигателя, – на отечественных тяжелых контактных электровозах.

На тяжелых отечественных электровозах массой 14 т применены самовентилируемые ТЭД за счет вентилятора, установленного на валу внутри двигателя, и через окна на концах двигателя происходит продувка. Это довольно простое решение, позволившее более чем в 1,5 раза увеличить продолжительную мощность. Однако, вместе с воздухом в двигатель попадает грязь, тем более, что вентиляционные окна расположены сверху, а в рудничных условиях присутствуют и вода, и пыль. В связи с чем, для повышения надежности эта конструкция требует доработки.

Наиболее перспективное направление повышения надежности ТЭД контактных электровозов – применение принудительной вентиляции для их охлаждения.

Опыт ведущих зарубежных электровозостроительных фирм США, Франции, Швеции, Германии показывает, что принудительное охлаждение позволяет на 30–35 % повысить мощность ТЭД без увеличения габаритов и веса. На электровозах, используемых на шахтах, охлаждение ТЭД возможно осуществить только при подаче воздуха во внутреннюю полость двигателя.

В последние пять лет на отечественном рынке ТЭД для шахтных электровозов появились двигатели СТК-45 производства ПАО «НПП «Смелянский электромеханический завод» (г. Смела). Надежность этих двигателей по сравнению с аналогами, выпускаемыми ПАО «Электромашина», несколько выше, но достигнуто это в основном улучшенной пропиткой обмоток двигателей. Вентиляция же ТЭД осталась по-прежнему несовершенной, а стоимость этих образцов почти в два раза выше, чем производства ПАО «Электромашина».

Проведенный анализ видов охлаждения ТЭД для условий рудничных контактных электровозов позволил выявить наиболее перспективные направления, заключающиеся в использовании дополнительно к естественной принудительной вентиляции.

На основании исследований разработан модернизированный вариант ТЭД с принудительной вентиляцией, который в отличие от существующих обеспечивает улучшение показателей наработки на отказ с одновременным увеличением мощности продолжительного режима работы ТЭД.

Список литературы

1. Дебелый, В. Л. Основные направления развития шахтного локомотивного транспорта [Текст] / В. Л. Дебелый, Л. Л. Дебелый, С. А. Мельников // Уголь Украины. – 2006. – №6. – С. 30–31. – ISSN 0041-5804.
2. Вопросы повышения надежности системы мониторинга температурных режимов тяговых электрических двигателей рудничных электровозов [Текст] / О. Н. Синчук, Э. С. Гузов, И. О. Синчук, Д. О. Кальмус, В. О. Черная // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2014. – № 4 (87). – С. 44–50. – ISSN 1995-0519.
3. Черная, В. О. Анализ тепловых режимов тяговых электрических двигателей рудничных электровозов [Текст] / В. О. Черная, Я. В. Федорова, В. О. Черный // Проблеми енергозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика. Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, спеціалістів, аспірантів. 20-24 квітня 2015 р. – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2015. – С. 40.

УДК 621.3: 631.53.027.33

ВИКОРИСТАННЯ СИЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ В ЗЕРНОВІЙ ГАЛУЗІ

С.М. Усенко, кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Вступ. В наш час обробка зерна з метою стимуляції ростових процесів, знезараження шкідливої мікрофлори та знешкодження комах шкідників здійснюється переважно хімічними засобами. Але разом з досягненням позитивних результатів, використання хімічних засобів має ряд негативних наслідків, серед яких забруднення навколишнього середовища отрутохімікатами і їх накопичення як у ґрунті, так і у продукції рослинництва, трудомісткість при виконанні робіт. Зважаючи на ці обставини, у передових країнах світу затверджено державні програми створення екологічно чистого сільськогосподарського виробництва.

Постановка проблеми. В Україні і за кордоном активно ведуться дослідження з використання озону. Озонування, як метод знезаражування добре вивчено з санітарно – гігієнічної сторони. Він отримав схвалення санітарно – медичних установ всіх передових країн світу (США, Німеччини, Японія, Франція і т. д.). Дослідження із застосуванням озону свідчать про високу ефективність його дії, але існуючі технічні засоби і способи обробки не забезпечують потрібного ефекту при обробці.

На даному етапі розвитку цих технологій для обробки зернового матеріалу використовуються озонатори. Сучасні озонатори, в яких озон отримують за допомогою електричного розряду в повітрі, включають в собі, крім озонаторів, допоміжне устаткування: систему очищення та сушки повітря, систему охолодження, компресор, систему повітропроводів, вимірювальні пристрої. При подачі озону від генератора до камери обробки він частково розкладається, що призводить до значних втрат. Крім того

такі способи обробки не забезпечують рівномірності контакту озону з продукцією. В результаті такі установки мають низький ККД, що перешкоджає їхньому широкому впровадженню.

Розв'язання проблеми. Досліджуючи зернову масу під дією електричного поля високої напруженості було встановлено виникнення часткових розрядів, що супроводжуються іонізаційними процесами в повітряних проміжках зернової маси. Результатом іонізаційних процесів є утворення озону.

Встановлення процесу утворення озону у всьому об'ємі зернової маси під дією електричного поля високої напруженості відкриває нові технологічні можливості для екологічно чистої обробки зерна різних сільськогосподарських культур (рис.1.).

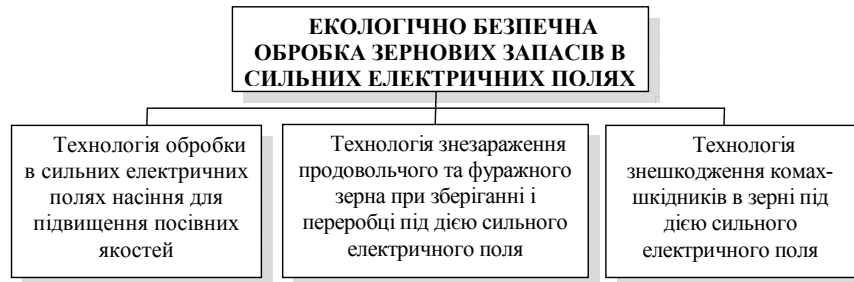


Рисунок 1 – Напрямки використання сильних електричних полів в зерновій галузі

Для обґрунтування механізму стимуляції біологічних процесів у зерні було розглянуто окрему насінину під дією електричного поля високої напруженості постійного струму. Була висунута і теоретично обґрунтована гіпотеза про зміну концентрації іонів у міжклітинній рідині і відповідно трансмембранного потенціалу клітин в результаті проходження струму провідності під дією електричного поля високої напруженості. Результатом чого є вихід зернини із стану спокою, що забезпечить їй при висіві значно активніший процес проростання і подальшого росту. Крім того в об'ємі насінневої маси утворюється озон, який знешкоджує шкідливу мікрофлору на поверхні насінин і забезпечує зменшення захворюваності проростків. Таким чином розроблений спосіб передпосівної обробки зернових базується на двох групах факторів: перший - вплив на фізичні процеси безпосередньо в зернині, що призводить до біологічного стимулювання; другий - вплив на мікроорганізми, які знаходяться на поверхні зерна, з метою знешкодження їхньої згубної діяльності.

При вирішенні задачі знезараження зерна, що може використовуватись при його зберіганні та в харчовій і переробній галузях непотрібно стимулюючої дії на зерно, що відбувається при постійному струмі. Ефективність знезараження в даному випадку залежить в першу чергу від концентрації озону. Встановлено, що інтенсивність розрядних процесів, а відповідно і концентрація озону буде більшою при застосуванні електричного поля змінної напруги. Таким чином наші теоретичні і експериментальні дослідження були пов'язані із застосуванням електричного поля високої напруженості змінного струму. В результаті проведених експериментальних досліджень щодо впливу способу обробки на мікрофлору озимої пшениці було встановлено: зменшення зернівок заселених збудниками *Alternaria alternata* Keis на 43 % по відношенню до контролю; *Alternaria tenuissima* (Kunze ex Nees et T.Nees: Fries) Wiltshire – на 59 %; *Bipolaris sorokiniana* shoemaker – на 70 %. Серед збудників роду *Fusarium*: кількість зернин, заражених *Fusarium sporotrichiella* Bilai зменшилась на 80 %; *Fusarium graminearum* Schw – на 80%, *Fusarium culmorum* (W. C. Sm.) Sacc – на 64 %; *Fusarium oxysporum* Shlech – на 80 % і *Fusarium moniliforme* Sheld на 85 %. У контрольному варіанті також

була відмічена присутність представників роду *Penicillium* та *Mucor mucedo* Fres. У жодному із оброблених варіантів не було відмічено проявлення цього збудника.

У запропонованому методі обробки для знешкодження комах-шкідників в сильному електричному полі зерно також розміщується між плоскопаралельними пластинчастими електродами, до яких підводиться висока напруга. Особливістю такого виду обробки є те, що на комах-шкідників діють такі фактори впливу: сильне електричне поле, поверхневий і об'ємний струм, озон. З метою розширення технологічних можливостей, а саме збільшення продуктивності синтезу озону при обробці з метою знешкодження комах-шкідників використовувалось джерело високої напруги імпульсного струму. Використання такого джерела забезпечує істотне збільшення часткових розрядів в повітряних включеннях зернової маси в порівнянні з джерелами постійного або змінного струму, а відповідно і концентрацію озону.

Висновки. Представлено розроблені способи обробки зернової маси в сильному електричному полі з метою стимуляції ростових процесів, знезараження шкідливої мікрофлори та знешкодження комах-шкідників. Встановлено, що обробка насінневого матеріалу в електричному полі високої напруженості постійного струму дозволяє підвищити врожайність сої на 27...34 %, ячменя на 18...40 %, пшениці на 17...35 %, знешкодити до 85 % шкідливої мікрофлори на поверхні зернин та на 100 % знищити комах шкідників, які знаходяться в зернової масі.

УДК 621.316.1.05

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИСТРОЇВ FACTS НА ПОТУЖНИХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Папайка Ю.А., к.т.н., доцент,
Берковський О.В.

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м.Дніпропетровськ

Вступ. Підприємства чорної та кольорової металургії, машинобудування, хімічної галузей є одними з найбільш енергоємних, в промисловості України. За останній час споживання електричної енергії цими галузями значно збільшилося. Це пояснюється ростом потужностей електротехнічних та енергетичних агрегатів, які впроваджуються на промислових підприємствах. Тому поліпшення техніко-економічних показників електротехнологічного процесу виробництва та ефективне використання електроенергії при одночасному забезпеченні електромагнітної сумісності потужних електротехнічних комплексів з мережею живлення, на сьогоднішній день є актуальним питанням.

Постанова проблеми. В даний час через використання зношеного та нерегульованого обладнання в енергомережах України, а також різкого збільшення споживаних потужностей промисловими галузями і населенням без реконструкції та будівництва ЛЕП, виникає погіршення нормальної роботи та експлуатації електричних систем та мереж. Серед них значно виділяються такі проблеми як – погіршення пропускну здатності ЛЕП та КЛ, погіршення якості електричної енергії, збільшення втрат електричної енергії. Це пов'язано з тим, що модернізація, удосконалення та розширення електроенергетичної системи не проводилися більше двох десятиліть, і ступінь зносу устаткування станцій і електричних мереж становить близько 50%. Цю проблему можна вирішити за допомогою впровадження сучасних технологій. Однією з

найбільш перспективних технологій в електричних мережах - є технологія керованих систем електропередачі змінного струму - FACTS.

Метод вирішення проблеми. Термін керовані (гнучкі) системи електропередачі змінного струму – Flexible Alternative Current Transmission System (FACTS) введено в обіг Інститутом електроенергетики EPRI (США). Суть технології полягає в тому, що електрична мережа з пасивного пристрою транспортування електричної енергії перетворюється на пристрій, активно бере участь в управлінні режимами роботи електричних мереж шляхом установки в вузлах мережі та безпосередньо на промислових підприємствах.

Гнучкі системи електропередачі повинні дозволити при будь-яких збуреннях в системі, як в нормальних режимах (відключення лінії для ревізії), так і в аварійних (коротке замикання в мережі), за допомогою пристроїв FACTS перевести систему в стабільний стан. Така мета може досягатися тільки при виконанні наступних умов:

- глибоке регулювання реактивної потужності ;
- високу швидкодію;
- забезпечення необхідних рівнів напруги і запасів в післяаварійних режимах і в ремонтних схемах;
- оптимізація струморозподілення в ЛЕП різних класів напруги;
- зменшення струмів короткого замикання.
- В даний час в енергосистемі України, для стабілізації напруги і компенсації реактивної потужності використовуються наступні електротехнічні пристрої:
- Трансформатори і автотрансформатори, обладнані пристроями для регулювання напруги під навантаженням;
- батареї конденсаторів (БК);
- синхронні компенсатори (СК);
- нерегульовані шунтуючі реактори (ШР);

Але дані пристрої не можуть досить ефективно виконати дані умови. Тому доцільно використовувати такі пристрої FACTS, як синхронний статичний компенсатор (СТАТКОМ), АСГ (асинхронізовані генератори), АСК (асинхронізовані компенсатори), СТК (статичні тиристорні компенсатори), КПК (керовані поздовжні компенсатори), пристрої, що забезпечують регулювання режимних параметрів на базі повністю керованих приладів силових електроніки (IGBT транзистори, IGCT - тиристори та), синхронні статичні поздовжні компенсатори реактивної потужності на базі перетворювача напруги (ССПК), об'єднані регулятори потоків потужності (ОРПМ) та синхронізовані синхронні електромеханічні перетворювачі частоти (АС ЕМПЧ).

Останнім часом на промислових підприємствах металургії та машинобудування, через значний ріст нелінійних, несиметричних навантажень, великого споживання реактивної потужності та погіршення показників якості електроенергії - використовують такі пристрої як СТК та СТАТКОМ. Вони виконують наступні функції:

- Швидко компенсація реактивної потужності;
- Істотне зниження коливань напруги (флікера) в мережі живлення;
- Можливість підключення потужних електроспоживачів до енергосистем з низькою потужністю КЗ;
- Підвищення середнього коефіцієнта потужності;
- Зниження струмів вищих гармонік, поточних в енергосистемі
- Симетрування струмів, споживаних з мережі;
- Стабілізацію напруги на шинах навантаження;
- Зниження витрати електродів і футеровки;
- Забезпечують фільтрацію вищих гармонік;
- Дають можливість пофазного регулювання навантаження.

Основною перевагою СТК та СТАТКОМ є їх велика швидкодія та функціонування.

Висновки. В даний час в електричних мережах України потрібно не тільки будівництво нових ЛЕП, але і необхідність застосування засобів FACTS технології, які у свою чергу, дозволять: підвищити економічність роботи енергосистем за рахунок зниження втрат в електричних мережах і забезпечити виконання вимог стандартів на якість електроенергії в розподільних мережах; істотно знизити збиток, що наноситься суб'єктам ринку електроенергії від дій протиаварійної автоматики або недопустимого зниження якості електроенергії; скоротити обсяг втрат електроенергії та підвищити техніко-економічні показники роботи електротехнічних агрегатів за рахунок максимального використання пропускної здатності існуючих ліній електропередачі; збільшити керованість режимів роботи електроенергетичної системи. Але використання пристроїв FACTS потребує детальне економічне обґрунтування щодо їх встановлення.

УДК 621.311

МЕТОДЫ ОПЕРАТИВНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В КРУЭ

А.В. Вишгибеев, канд. техн. наук, доцент, руководитель
Сибирского отделения ОАО «Научно-технического центра
единой энергетической системы» (ОАО «НТЦ ЕЭС»)
г.Новосибирск, Россия

Е.А. Марюшко, инж. отдела развития энергосистем и энергообъектов
ОАО «Научно-технического центра единой
энергетической системы» (ОАО «НТЦ ЕЭС»)
г.Новосибирск, Россия

Анализ инвестиционных программ сетевых компаний годы показал, что количество эксплуатируемых в энергетике комплектных элегазовых распределительных устройств (КРУЭ) неуклонно растёт. С ростом количества эксплуатируемого оборудования, актуальность приобретает задача контроля и диагностики его состояния. Наиболее информативными способами оценки состояния КРУЭ являются химический анализ состава элегаза и контроль уровня частичных разрядов (ЧР).

Для осуществления контроля активности частичных разрядов в режиме реального времени КРУЭ оборудуют стационарными системами мониторинга. Стационарные системы мониторинга позволяют осуществлять контроль активности частичных разрядов в режиме реального времени, однако имеют высокую стоимость, которая может достигать 15% от стоимости КРУЭ. В связи с этим, в целях экономии средств данными системами оборудуются далеко не все объекты, а их установка на уже существующих объектах может быть затруднена в силу конструктивных особенностей КРУЭ. Таким образом, насущной проблемой является разработка и внедрение методов оперативной диагностики КРУЭ.

В декабре 2014 года и феврале 2015 года на подстанции 220 кВ Власиха в городе Барнауле были проведены натурные исследования по выявлению активности ЧР в КРУЭ 220кВ. КРУЭ 220 кВ ПС 220 кВ Власиха произведено компанией AREVA, выполнено в пофазном исполнении по схеме №220-9Н – «Одна рабочая, секционированная по числу трансформаторов система шин с подключением

трансформаторов к секциям шин через развилку выключателей». Включает в себя шесть групп выключателей по две на каждый автотрансформатор и по одной на линиях. В результате анализа в качестве наиболее эффективного способа измерения ЧР были выбраны высокочастотные трансформаторы тока (ВЧТТ), а в качестве места подключения – провод заземления гильзы, фиксирующей кабельный ввод. Измерение сигналов ЧР производилось с помощью 4-х канального осциллографа ТЕKTRONIX DPO 3014.

Обработка полученных в результате измерений осциллограмм является важным элементом исследования активности ЧР и состоит из следующих этапов:

1. Удаление помех. На измерительную систему могут оказывать влияние внешние наведённые помехи от коронного разряда, силового оборудования подстанции и внутренние помехи от высокочастотной связи.

2. Определение места возникновения сигнала. Во время измерения сигналов ЧР КРУЭ не является изолированным объектом и соединено с остальным оборудованием подстанции с помощью кабельных вставок, включающих в себя соединительные и концевые муфты, зачастую являющимися источниками частичных разрядов.

3. Анализ сигнала выявленного в КРУЭ. Полученные в результате измерений осциллограммы сигналов позволяют определить ориентировочное место возникновения дефекта, его характер и степень развития. По этим данным могут быть сформированы рекомендации по наблюдению за состоянием объекта и проведению более тщательной диагностики отдельных блоков КРУЭ.

Далее, на основании обработки полученных в результате измерений осциллограмм для учёта внешних помех с помощью широкополосной антенны была произведена запись эфирного сигнала, которая не выявила значительных возмущений. К внутренним помехам относились сигналы высокочастотной связи, имеющие амплитуду более одного вольта и частоту 600-650 кГц, отстройка от них была произведена с помощью выбора подходящей точки подключения ВЧТТ.

После селекции помех из объёма оставшихся данных были выделены два сигнала, которые классифицированы как сигналы частичных разрядов.

Первый сигнал зарегистрирован на фазе «С» со стороны кабельного ввода от автотрансформатора АТ-2 – длительность фронта 9,2 нс, амплитуда фронта 0,18 В. Второй сигнал был зарегистрирован на фазе «А» со стороны кабельных вводов линии ВЛ236 и автотрансформатора АТ-2 – длительность фронта 5,6 нс, амплитуда фронта до 35 мВ, разница в появлении первых пиков сигналов на первом и втором канале составляет 2,4 нс.

Интенсивность и амплитуда зарегистрированных частичных разрядов не являются опасными, однако данный дефект требует дальнейшего наблюдения и в случае его развития принятия незамедлительных решений.

Обобщая вышеизложенную информацию, можно сформулировать следующую последовательность действий для проведения оперативной диагностики наличия частичных разрядов в КРУЭ:

1. Анализ конструктивных особенностей КРУЭ.
2. Выбор типа и места подключения датчиков частичных разрядов.
3. Отстройка от внешних и внутренних помех.
4. Определение места расположения источника ЧР, внутри диагностируемого объекта или за его пределами.
5. Определение точного расположения источника ЧР внутри диагностируемого объекта на основе анализа полученных данных.
6. Определение возможных причин возникновения ЧР.
7. Определение степени опасности ЧР.
8. Формирование рекомендаций по дальнейшим действиям эксплуатирующей организации.

Список литературы

1. Марюшко Е.А. Применение оборудования с элегазовой изоляцией в современной энергетике и методы его диагностики // Диагностика электрических установок: Материалы Девятого научно-практического семинара Общественного Совета специалистов Сибири и Дальнего Востока по проблемам диагностирования и испытания комплектных распределительных устройств с элегазовой изоляцией. Красноярск, Дивногорск, 2014. – С. 5-15.
2. Марюшко Е.А., Овсянников А.Г., Шиллер О.Ю. Выбор типа и места подключения датчиков ЧР, для проведения оперативной диагностики КРУЭ // Диагностика электрических установок: Материалы Десятого объединённого научно-практического семинара по проблемам эксплуатации, диагностирования, ремонта и продления срока службы трансформаторов. Новосибирск, 2015. – С. 268-272.

УДК 621.372.632

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРМ КРИВЫХ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ СТРУКТУРЫ ИНВЕРТОР НАПРЯЖЕНИЯ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Шокарев Д.А., к.т.н., доцент

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

Введение. Анализ электромагнитных процессов в асинхронном электроприводе базовой структуры инвертор напряжения – асинхронный двигатель, позволил сделать выводы, что в условиях, характерных для регулируемого электропривода, реальные значения потерь энергии значительны, а коэффициенты, характеризующие несинусоидальность кривой напряжения на асинхронном двигателе (АД), имеют достаточные несогласованные с соответствующим ГОСТом значения [1]. Таким образом, существует необходимость их улучшения до номинальных значений, что может быть достигнуто выбором рациональной структуры системы привода и способа управления уровнем напряжения питания АД.

Для этого необходимо на основании анализа известных структур выполнить обоснование и установить рекомендации к применению законов регулирования напряжения питания АД [2].

Материалы исследования. Для решения этой задачи был выполнен анализ форм выходных напряжений при полном управлении, из которых образуются требуемые синусоидальные или трапецеидальные огибающие кривые [2-4].

Результаты анализа кривых показали, что наилучшие параметры качества преобразования энергии дает трапецеидальная форма, причем широтно-импульсная модуляция (ШИМ) напряжения используется только для формирования фронтов синусоиды тока, а для трапеции не требуется. В то же время при формировании синусоиды тока из прямоугольников требуется ШИМ напряжения на протяжении всего периода выходного напряжения.

Для ШИМ по синусоидальному закону: в низкочастотной части спектр напряжения содержит только основную гармонику с частотой равной выходной частоте, а в области высоких частот группы комбинационных гармоник, расположенные вблизи частот, кратных частоте коммутации.

Анализ гармонического состава выходного напряжения автономного инвертора напряжения, полученного в результате широтно-импульсной модуляции производился с частотой коммутации транзисторных ключей – 2 кГц.

Была построена зависимость коэффициента гармоник от частоты выходного напряжения из которой видно, что наилучшие показатели коэффициента гармоник получены на частотах от 10 Гц до 30 Гц (которые для нас являются рабочими для двигателя), т. е. режим работы преобразователя на этих частотах будет наиболее эффективным.

При известных параметрах нагрузки, был определен коэффициент гармоник для выходного тока инвертора [5].

При двухсторонней модуляции фронтов в спектре трехфазной ШИМ уменьшаются гармонические составляющие вблизи частоты коммутации, но значительно растут составляющие в области второй гармоники частоты коммутации.

Эти гармоники, несмотря на вдвое большую частоту, могут заметно влиять на ток нагрузки, имеющей индуктивную реакцию для высших гармоник. Это влияние можно учесть введением дополнительного коэффициента гармоник

В работе были приведены модельные исследования и полученные результаты значения коэффициентов гармоник для двухполярной однофазной ШИМ, реализуемой в схеме однофазного преобразователя для синусоидальной и трапецеидальной форм напряжения.

Выводы:

1. Результаты работы подтверждают, что при реализации однофазной ШИМ качество выходного напряжения при модуляции трапецеидального сигнала выходного напряжения значительно лучше, чем при модуляции синусоидального, что дает значительные преимущества в гармоническом составе выходного напряжения.

2. В результате проведенных экспериментальных исследований выяснилось, что коэффициенты искажения и использования питающего напряжения будут ниже расчетных.

3. Проведенное сравнение вариантов явно в пользу варианта с трапецеидальной огибающей импульсов напряжения на выходе однофазного моста.

4. Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что повышение качества выходного напряжения при формировании ШИМ лучше при формировании варианта трапецеидального сигнала за счет снижения числа коммутаций при синхронности моментов переключения силовых транзисторов во всех фазах инвертора.

5. Повышение частоты несущего сигнала приводит не к исключению ряда гармонических составляющих из спектра выходного напряжения, а к их перемещению в область более высоких частот. Поэтому важным моментом при формировании ШИМ является выбор частоты коммутации силовых ключей преобразователя.

Список литературы

- ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
- Преобразователь с непосредственной ШИМ напряжения для тягового асинхронного электропривода [Текст] / Д. А. Шокарев, Е. И. Скапа, И. О. Синчук, Ю. Н. Кутовой // Технічна електродинаміка. Науково-прикладний журнал. Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність» – Ч. 2 – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – С. 41–44. – ISSN 1607-7970.
- Декларационный патент на корисну модель № 25450, Україна, НО2Р 5/74 Перетворювач з інвертором і напівпровідниковим вмикачем гальмових резисторів / Чернышев А. О., заявл. №12.03.2007; опубл. 10.08.2007, Бюл. № 12, 2007 р.
- Декларационный патент на корисну модель № 67170, Україна, Н02М7/00. Спосіб формування трапецеїдальної широтно-імпульсної модуляції напруги інвертора / Д. А. Шокарьов, С. І. Скапа / Патентовласник Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського; заявл. 26.04.2011; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 3, 2012 р
- Карташов, Р. П. Тиристорные преобразователи частоты с искусственной коммутацией / Р. П. Карташов, А. К. Кулиш, Э. М. Чехет. К., Изд-во Техника, 1979. - 152 с.

ДІАГНОСТУВАННЯ ОБЛЕДЕНІННЯ ПРОВІДІВ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ

О.А. Козловський, викл., А.Ю. Орлович, проф.
Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград

У розподільних мережах енергопостачальних компаній України регулярно відбуваються технологічні порушення у роботі повітряних ліній електропередачі внаслідок дії ожеледно-вітрових навантажень. Це пов'язано, насамперед, з експлуатацією недосконалих систем технічного діагностування ожеледно-вітрових явищ на повітряних лініях.

Процес обледеніння проводів повітряних ліній залежить від великої кількості метеопараметрів та параметрів самого проводу. Тому використання у системах діагностування динамічних моделей на основі лінійних диференціальних рівнянь пов'язано зі значними труднощами при їх технічній реалізації. Найбільш придатним для короткострокового прогнозування обледеніння проводів повітряних ліній вважається інструментальний метод, сутність якого полягає в періодичному контролі параметру діагностування і побудові на основі отриманих даних прогностичної моделі у режимі реального часу.

Розроблена модель заключається в наступному. У результаті роботи вимірювального перетворювача у рівновіддалені моменти часу $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ значення параметру діагностування $\tau_{fr,t}$ формують дискретний динамічний ряд $\{\tau_{fr,t}\}$, який розглядається як сукупність двох складових, квазидетермінованої функції (тренду) – $\varphi_t = f(\tau_{fr,t})$ і послідовності незалежних, центрованих, випадкових величин $-\varepsilon_t$. Для аналітичного опису тренду ряду $\{\tau_{fr,t}\}$ використовується лінійна модель регресії $\hat{\tau}_{fr,t} = b_0 + b_1 \tau_t$. Коефіцієнти b_0, b_1 визначаються за допомогою зваженого методу найменших квадратів по m останніх рівнях ряду $\{\tau_{fr,t}\}$, у результаті мінімізації суми $\sum_{i=1}^n w_i (\tau_{fr,i} - \hat{\tau}_{fr,i})^2$, де w_i – вага кожного рівня динамічного ряду.

Час появи ожеледно-паморозевих відкладень ($\tau_{fr,t} = 0$) визначається із виразу

$$\hat{\tau}_{ic} = (-b_0/b_1)^2,$$

де b_0 – постійний член рівняння; b_1 – кутовий коефіцієнт прямої $\hat{\tau}_{fr,t}$.

Для оцінки надійності отриманого значення $\hat{\tau}_{fr,t}$ визначаються $100(1-\alpha)\%$ -ві фідуціальні межі

$$\left. \begin{array}{l} \tau_L \\ \tau_R \end{array} \right\} = \frac{d\bar{\tau} + \frac{b_0}{b_1} \pm ts \sqrt{\frac{(b_0 - b_1 \bar{\tau})^2}{S_{xx} b_1^2} - \frac{d-1}{n+k}}}{d-1},$$

де d – параметр; $\bar{\tau}$ – середнє значення відліків поточного часу; t – звичайна відсоткова точка для t – критерію; s^2 – оцінка дисперсії відносно регресії, що базується на двох степенях свободи $(n-2)$; k – ціле число; S_{xx} – сума квадратів відхилень, відносно загального середнього.

При появі нового рівня ряду модель оновлюється.

Висновки. Розроблено прогностичну модель на основі лінійної ковзної регресії з оцінкою надійності прогнозу, що дозволяє визначати в умовах стрімкої зміни структури даних час утворення ожеледно-паморозевих відкладень на проводі повітряної лінії електропередачі.

УДК 621.311.1: 621.316.37

РОЗРОБКА ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІКСАТОРА КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ ДЛЯ ПОВІТРЯНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НАПРУГОЮ 110 – 150 КВ

**А.І. Котиш, доц., канд. техн. наук,
П.Г. Плешков, проф., канд. техн. наук,
О.І. Сіріков, доц., канд. техн. наук**

Кіровоградський національний технічний університет

А.В. Некрасов, доц., канд. техн. наук

Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського

Визначення місця пошкодження (ВМП) є найбільш складною, а як правило й найбільш тривалою технологічною операцією по встановленню пошкодженої частини мережі. Це повсякденна оперативна задача диспетчерських служб електричних мереж та систем. В мережах середньої електричної системи річна кількість пошкоджень складає сотні, а в абонентських мережах, що живляться від них – тисячі випадків [1]. Витрати на ВМП складають значну частину експлуатаційних коштів в електричних мережах, в той час як доля витрат на пристрої для ВМП в загальних капітальних витратах відносно мала.

Існує декілька відомих конструктивних рішень ФКЗ. В основному вони діють на індукційному принципі вимірювання струму. Суть цього принципу полягає в тому, що на деякій відстані від проводу розміщується індукційний датчик у вигляді котушки з осердям. ЕРС, яка наводиться в котушці, в залежності від значення струму в проводі, в електричній схемі перетворюється в вихідний сигнал потрібної величини.

Наявність в цих показниках КЗ електронних схем знижує їх надійність, враховуючи тяжкі атмосферні умови, в яких вони працюють. Крім того, встановлення і перевірка таких показників дуже складний процес, зв'язаний з необхідністю встановлення їх на опорі під напругою, або з відключенням лінії. Тому для вирішення цієї задачі, зроблена спроба йти по шляху використання простого електромеханічного ФКЗ, в якому електричним елементом практично є тільки самий провід повітряної лінії. Встановлення такого фіксатора може проводитись без зняття напруги безпосередньо на самому проводі [2].

Для подальшого дослідження було використано схему нормального режиму мережі 150 кВ ПАТ Кіровоградобленерго. Проаналізувавши конфігурацію мережі можливо зробити висновок про те, що існує певна кількість підстанцій, що отримують живлення по лініям, які власне є глухими відгалуженнями і де встановлення ФКЗ просто необхідно.

На основі розрахунків магнітної провідності, намагнічуючої сили було побудовано тягові та вебер-амперні характеристики пристрою, що в свою чергу дало змогу вибрати оптимальні конструктивні геометричні розміри магнітної системи фіксатора. На рис. 1 представлена зовнішня частина магнітної системи ФКЗ, (а) та внутрішня (б).

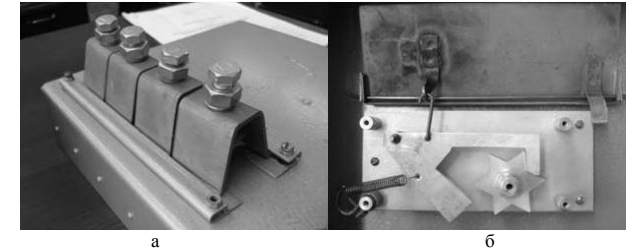


Рисунок 1 – Зовнішня (а) та внутрішня (б) частини магнітної системи ФКЗ



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд лабораторної установки

Висновки

1. Впровадження нових, прогресивних методів та засобів визначення місць пошкоджень в сучасних умовах має значний економічний ефект, обумовлений запобіганням переходу нестійких пошкоджень у стійкі, зменшенням часу перерв електропостачання, зменшенням об'єму ремонтних робіт, зниженням транспортних витрат тощо.

2. Аналізуючи схему нормального режиму мережі 150 кВ ПАТ «Кіровоградобленерго» можна констатувати, що є ряд підстанцій де встановлення фіксаторів короткого замикання просто необхідно. А струм спрацьовування пристроїв ФКЗ, що розробляються, повинен бути $I_{\text{мін}} \geq 1,5 \text{кА}$.

3. На основі розрахунку зусиль, тягових характеристик та магнітної системи пристрою, було запропоновано конструкцію ФКЗ, яка відрізняється простотою та надійністю роботи.

4. Експериментальні дослідження роботи ФКЗ підтвердили повну придатність пристрою до експлуатації при мінімальному струмі короткого замикання $\geq 950 \text{ А}$.

Список літератури

1. Шальт Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях.–М.:Энергоиздат, 1982.– 312 с.
2. Плешков П.Г., Орлович А.Ю., Котиш А.І. Фіксатор короткого замикання //36. наук. праць Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування /Кіровоград, КІСМ, 1997, С. 42-45.

ВИЗНАЧЕННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ В ДВИГУНАХ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

І.А. Куц, ас.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

Контроль якості перетворення енергії та стану електричних машин, які перебувають в роботі в тому числі впродовж тривалого часу є актуальною науково-технічною задачею. Це пов'язано із значним енергозбереженням внаслідок виявлення та своєчасного ремонту електричних машин, які мають різного роду недоліки в конструкції. Основою електро-механічного перетворення енергії є електрична машина, в повітряному проміжку якої відбувається перетворення енергії з одного виду в інший. Визначення параметрів магнітного поля за допомогою сучасних чисельних методів дає змогу отримати вібраційні характеристики, які можуть слугувати діагностичними параметрами для визначення типових пошкоджень та можливих їх комбінацій.

Визначення вібраційних параметрів на основі коло-польових моделей є важливим науковим завданням, через економію ресурсів та часу, які пов'язані з експериментами для кожного типу машин.

Розвиток та значне поширення використання методу скінченних елементів (МСЕ) з усіма його перевагами та можливостями дає можливість розрахунку вібраційних параметрів та характеристик двигунів постійного струму (ДПС) з будь-якими можливими конфігураціями магнітопроводу та комбінаціями елементів.

Основною причиною виникнення вібрації в машинах постійного струму малої потужності є вплив зубчатості якоря, робота підшипників кочення та ковзання, механічний дисбаланс сил внаслідок небалансу обертової частини, асиметричний повітряний проміжок та несиметрія магнітної системи, аеродинамічні причини, котрі по суті є механічними через коливання пружного повітряного простору [1].

За умови використання чисельних методів механічні зусилля розраховуються різними методами, найпоширенішим серед яких є визначення на основі розрахунку тензора магнітного натягу Максвелла [2]. Цей підхід передбачає визначення локальних напружень в точках, які розміщуються у вузлах сітки скінченних елементів та за допомогою поверхневого інтегрування знаходиться загальне зусилля.

Для двовимірної моделі електричної машини в розрізі тензор магнітного натягу рівний:

$$T = \begin{bmatrix} \left(B_x^2 - \frac{1}{2}|B|^2 \right) & B_x B_y \\ B_y B_x & \left(B_y^2 - \frac{1}{2}|B|^2 \right) \end{bmatrix}. \quad (1)$$

На основі просторових розподілів силових параметрів, які виникають внаслідок дії електромагнітного поля використовують залежність щільності електромагнітного зусилля в досліджуваній магнітній системі для розрахунку вібраційних процесів, що дає змогу зробити висновок про стан досліджуваної МПС.

Список літератури

1. Шубов И.Г. Шум и вибрация электрических машин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние 1986. – 208 с.
2. Bianchi Nicola. Electrical Machine Analysis Using Finite Elements (Copyrighted Material) / Nicola Bianchi // CRC Press, Taylor & Francis Group, University of West Florida, 2005. – 276 p.

РУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАЛЬНИХ КОМПАНІЙ

Ю.С. Сайчук

А.І. Замулко, канд. техн. наук, доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ

Вступ. У 2010 році Україна стала членом Європейського енергетичного співтовариства (ЄЕС). Це дозволить Україні повноцінно увійти у єдиний енергетичний з ЄС. Але приєднання до спільного ринку електроенергії вимагає запровадити ефективну систему регулювання що спрямована на захист праспоживачів і створити лібералізований ринок електроенергії. І хоча Закон України «Про електроенергетику», директива 2009/72/ЄС встановлюють правила роботи на внутрішніх ринках електроенергії, права та обов'язки електропостачальних компаній та їх споживачів на даний момент при переході до ринкових засад у сфері електропостачання виникає суперечність між вимогами до споживачів зі сторони енергокомпаній та можливості забезпечити якісне електропостачання.

Постановка проблеми. Через тривалу трансформацію і кризу 1990х років електроенергетична галузь отримала чималу шкоду. В той період розповсюдилась практика неплатежів, бартерних і «сірих» схем розрахунків, несанкціонованого відбору, браку палива, скорочення б'юджетного фінансування, викреслення інвестиційної складової з тарифоутворення привело до зниження інвестиційних можливостей енергокомпаній та почало різкий знос основних фондів енергопостачальних компаній (ЕПО).

Так, згідно з оцінок, середній рівень зношеності об'єктів енергетики становив 70%. Поряд з фізичним зносом електромереж відбувалось їхнє моральне старіння. Технічний рівень більшості підстанцій відповідає аналогічному 30 – річній давності у розвинених країнах. Недостатній розвиток інфраструктури стримує розвиток ринку та обмежує можливість організації безперервного і якісного електропостачання.

Розв'язання проблеми. Якість електропостачання є невідомою частиною розвитку ринкових умов в електроенергетиці України і її економіці. Тому цьому питанню приділяється значна увага у науковій літературі. Зокрема, після вступу України до Європейського енергетичного співтовариства, виникла необхідність налагодити якість електропостачання відповідно до вимог ЄС [2]. Багато цьому питанню приділяється з політичної і правової сторони, але потрібно розуміти що питання якості і надійності електропостачання в першу чергу питання суто технічне і забезпечити його за допомогою правових важелів неможливо. Великою проблемою лишається великий знос і моральна застарілість електротехнічного обладнання розподільчих мереж що напряму пов'язано з коштами, які необхідні для модернізації електромереж. У цьому випадку дуже цікавим є досвід Італії.

Впровадження регулювання якості в даній країні почалося в 2000р. На основі врахування міжнародних показників якості розподільні компанії отримують заохочення, якщо робота велася ефективно, і платять штраф в іншому випадку. Крім того таке регулювання включає в себе введення додаткової плати споживачів за певну якість електропостачання і, в свою чергу, компенсації збитків у випадку неякісного електропостачання. При цьому споживач може обирати сам тариф який включає в себе чи ні доплату за покращене електропостачання. Розмір надбавки визначається на основі анкетування.

Єдиний розмір додаткової плати та компенсацій визначається засобом виявлення бажання споживачів платити за поліпшення (WTP - готовність платити) і їх

бажання прийняти компенсацію (WTA – готовність прийняти) того чи іншого розміру. Інформація про WTP і WTA в Італії збиралась по районах, щоб уникнути усереднення даних з хорошими і поганими показниками. В результаті середня надбавка за якість електропостачання для всіх споживачів на 2004-2007 рр. була встановлена у розмірі 4 євро на споживача в рік, що склало менше 2% від середніх побутових витрат на електроенергію в Італії. При цьому переривання поставки електроенергії за 8 років (з 2000 по 2007 р) вдалося скоротити в 3 рази. Даний досвід демонструє позитивний ефект впровадження методу регулювання мережевих компаній, заснованого на стимулюванні якості та надійності енергопостачання. Тому видається доцільним застосування даної моделі в Україні

Взагалі практика стимулювання якості електропостачання використовується у Великобританії, Італії, Норвегії і інших країнах.

Для доцільної реалізації такого регулювання необхідно виконати ряд умов, покликаних зробити послуги з електропостачання більш орієнтованими на лібералізований ринок та більш дружніми до споживача, а саме: забезпечити автоматизацію обліку електроенергії, забов'язати енергокомпанії через створені call-центри здійснювати системні опитування споживачів щодо якості електропостачання та можливих розмірах WTA та WTP.

При цьому особлива увага має бути приділена встановленню розподілу отриманих коштів для модернізації і відновлення технічних характеристик електричних мереж електропередавальних організацій та забезпечити якісне електропостачання, зокрема, використання оптимальних схем електропостачання, застосування систем автоматизації в електричних мережах, у тому числі встановлення сучасних приладів вимірювальної техніки, засобів телеметрії на підстанціях, проведення модернізації, реконструкції та заміни обладнання на підстанціях.

Висновок. Для виконання усіх умов роботи у європейському енергетичному співтоваристві необхідно забезпечити поглиблення лібералізації ринку електроенергії та прийняти стимулююче регулювання. Одним із таких регулювань є регулювання якості електроенергії, воно дозволить зменшити недоінвестованість ЕПО, почати відновлення і модернізацію електричних мереж. Принцип регулювання якості за допомогою надбавок WTP/WTA дозволить отримати ЕПО додаткові кошти з ефективну роботу, а споживачі будуть застраховані від неякісного електропостачання.

УДК 621.316.7

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ НА ОСНОВІ СДПМ

П.Г.Плєшков, проф., к.т.н.,

І.В. Савеленко, викл.

Кіровоградський національний технічний університет

Вступ. Сучасний стан розвитку силової електроніки та мікропроцесорної техніки обумовило їх використання в системах автоматичного керування тягових електроприводів. Тягові електроприводи пред'являють завищені вимоги до масогабаритних та енергетичних характеристик електричних двигунів, в якості яких можуть використовуватися енергоефективні синхронні двигуни на постійних магнітах (СДПМ). Розробка систем автоматичного керування для СДПМ дозволяє забезпечити широкі діапазони регулювання швидкості обертання, покращення їх енергетичних, статичних і динамічних показників.

Постановка задачі. Класичні методи синтезу систем автоматичного керування (САК) електроприводів не в повній мірі враховують можливості покращення статичних та динамічних характеристик високоєфективних електроприводів на основі СДПМ. Одним із шляхів покращення техніко-економічних показників тягових електроприводів на основі СДПМ є удосконалення їх САК.

Аналіз публікацій. В роботі [1] розроблена математична модель електроприводу з СДПМ в основу якої покладено математичний апарат теорії оптимального керування [2]. В роботі [3] виконано синтез систем автоматичного керування електроприводом з СДПМ та отримані закони оптимального регулювання для релейних регуляторів струмів та швидкості обертання. Проте, для САК, що працюють за критерієм узагальненої роботи на основі використання властивостей функцій перемикання необхідно на основі запропонованої в [1] математичної моделі керування провести розробку структурної схеми САК тяговим електроприводом з СДПМ, а також дослідити якість роботи розробленої САК.

Основна частина. В роботі [1] сформульовано математичну модель керування рухом тягового електроприводу на базі СДПМ. Аналіз математичних моделей електроприводів дає змогу стверджувати, що з достатньою точністю їх можна представити у вигляді лінійного диференційного рівняння [4].

Згідно з методикою, приведеної в роботі [3] можна виконати синтез регуляторів струму та швидкості. Після проведення синтезу регуляторів для САК тягового електроприводу з СДПМ можна визначити закони оптимального регулювання струмів для ортогональної просторової системи координат та швидкості обертання ротора.

Для дослідження якості роботи запропонованої САК було проведено математичне моделювання в середовищі Simulink. Узагальнена модель Simulink регулювання напруги приведена на рис. 1.

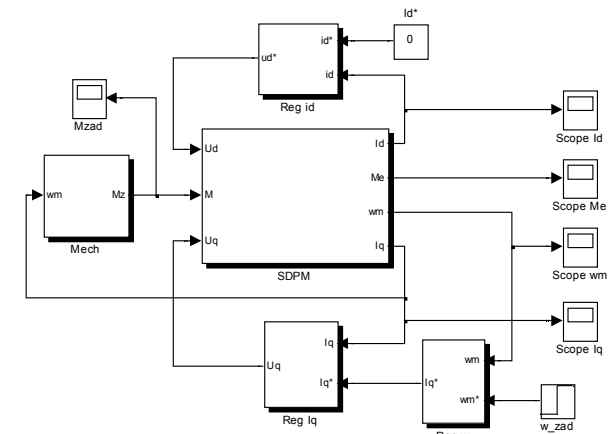


Рисунок 1 – Загальна комп'ютерна модель САК електроприводом на основі СДПМ

Загальна модель САК електроприводом на основі СДПМ без пускових обмоток складається з таких основних блоків:

- «SDPM» – модель СДПМ без пускових обмоток;
- «SDPM» – модель СДПМ без пускових обмоток;
- «Red id» – модель регулятора струму i_d , що відповідає закону керування [1];
- «Red iq» – модель регулятора струму i_q , що відповідає закону керування [1];
- «Red w» – модель регулятора швидкості обертання ротора СДПМ, що відповідає закону керування [1];

- «w_zad» – блок задання швидкості обертання ротора СДПМ;
- «M_zad» – блок задання механічного моменту навантаження.
- «Mech» - модель динаміки руху електровоза.

Висновки. Підсумовуючи вище зазначене можливо зробити наступні висновки:

1. Розроблені на основі знайдених оптимальних релейних законів керування структурні схеми САК дозволяють створити комп'ютерні імітаційні моделі, які дають змогу проводити аналіз роботи запропонованих САК електроприводом на основі СДПМ.

2. Результати математичного моделювання показали, що запропонована САК більш ефективна за рахунок зменшення тривалості перехідного процесу у випадку СДПМ та володіють астатизмом відносно зовнішнього моменту навантаження тягової установки.

Список літератури

1. Плешков П. Г. Математичні моделі синхронних двигунів на постійних магнітах для синтезу систем автоматичного керування високоефективними електроприводами/ П. Г. Плешков, І. В. Савеленко, А. В. Некрасов // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Вип. 3/2015 (92) - С. 26-34.
2. Терехов В. М. Системи управління електроприводов/ В. М. Терехов, О. И. Осипов/ под ред. В. М. Терехова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 301 с.
3. Савеленко І. В. Синтез системи автоматичного керування електроприводом на базі синхронного двигуна з постійними магнітами / І. В. Савеленко // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: Зб. наук. праць. – Кіровоград, 2015. – №28. – С. 309–316. 4. Колесников А.А. Последовательная оптимизация нелинейных агрегированных систем управления / А.А. Колесников. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 160 с.

УДК 621.316.13

ОПТИМАЛЬНОЕ КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ РЕАКТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЗА УМОВ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГ РОЗПОДІЛЬЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

**М.С. Тарануха, магістрант,
Р.В. Телюта, доц., канд. техн. наук,
В.В. Зінзура, старш. викл., канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет**

На сучасному етапі розвитку електричних мереж важливим є питання підвищення ефективності та економічності їх роботи. Найбільш ефективним способом зниження втрат електроенергії в РЕМ є впровадження заходів з компенсації реактивної потужності. Найбільш поширеним в РЕМ технічним засобом компенсації реактивної потужності є батареї статичних конденсаторів (БСК) та симетро-компенсувальні пристрої.

Одним із шляхів підвищення ефективності роботи РЕМ є удосконалення систем автоматичного керування (САК) симетро-компенсувальними пристроями з метою врахування їх впливу не лише на рівні споживання реактивної потужності та несиметрії напруг, але і на рівні усталеного відхилення напруг в РЕМ. Питанню розробки САК симетро-компенсувальних пристроїв присвячені роботи [1-3].

Як було зазначено вище, задачу одночасного зниження рівня споживання реактивної потужності та рівнів усталеного відхилення та несиметрії напруг найдоцільніше розглядати як задачу багатокритеріальної оптимізації. Кількість

критеріальних функцій в постановці даної задачі залежить від режиму роботи нейтралі РЕМ. Так, для РЕМ номінальною напругою 10 кВ (мережа з ізольованою нейтраллю) характерна наявність лише симетричних складових напруг прямої та зворотної послідовності. Тому, для цього випадку, задачу керування симетро-компенсувальним пристроєм можна записати в наступному вигляді:

$$\begin{cases} \operatorname{tg} \varphi(\mathbf{X}) = \frac{Q_c(\mathbf{X})}{P_c(\mathbf{X})} \rightarrow \min; \\ |\Delta U_1(\mathbf{X})| = |U_1(\mathbf{X}) - U_{\text{ном}}| \rightarrow \min; \\ U_2(\mathbf{X}) \rightarrow \min; \\ \mathbf{X} \in \Omega, \end{cases} \quad (1)$$

де $\mathbf{X} = (x_{AB}, x_{BC}, x_{CA})$ – вектор реактивних опорів фаз БСК (вектор керування); $\operatorname{tg} \varphi(\mathbf{X})$ – коефіцієнт реактивної потужності; $P_c(\mathbf{X})$, $Q_c(\mathbf{X})$ – відповідно активна та реактивна потужності, що споживаються з живлячої мережі; $U_1(\mathbf{X})$ – напруга прямої послідовності; $\Delta U_1(\mathbf{X})$ – різниця значень модуля напруги прямої послідовності та номінальної напруги (пропорційна усталеному відхиленню напруги); $U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга мережі; $U_2(\mathbf{X})$ – напруга зворотної послідовності; $\Omega = \mathbb{R}^3 | x_{i \min} \leq x_i \leq x_{i \max}, i = AB, BC, CA$ – область допустимих значень \mathbf{X} , яка визначається діапазоном регулювання БСК (допустимий простір керування); $x_{i \min}, x_{i \max}, i = AB, BC, CA$ – відповідно мінімальне та максимальне значення реактивних опорів БСК для кожної з фаз.

Як показано в роботі [4], найбільш доцільним методом розв'язку задач багатокритеріальної оптимізації, подібних до задачі (1) є метод наближення до утопічної точки в просторі критеріїв, який проводиться в два етапи.

1 етап. Оптимізацією окремих критеріїв визначаються координати утопічної точки $Q_{\text{ут}} = (\operatorname{tg} \varphi_{\text{ут}}, \Delta U_{1\text{ут}}, U_{2\text{ут}})$ в просторі критеріїв $\{Q\} \subset \mathbb{R}^3$.

2 етап. Шляхом розв'язку задачі скалярної оптимізації відстані ρ від утопічної точки до множини парето-оптимальних розв'язків в просторі критеріїв знаходяться координати розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації \mathbf{X}^* в просторі управління $\Omega \subset \mathbb{R}^3$.

Для знаходження координат утопічних точок для задачі (1) найдоцільніше скористатись одним із числових методів вирішення задач скалярної умовної оптимізації функції багатьох змінних.

Кінцевий розв'язок задачі (1) засновується на знаходженні мінімальної евклідової відстані від утопічної точки до множини парето-оптимальних розв'язків:

$$\begin{cases} \left[\left(\frac{\operatorname{tg} \varphi(\mathbf{X}) - \operatorname{tg} \varphi_{\text{ут}}}{K_{\operatorname{tg} \varphi}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta U_1(\mathbf{X}) - \Delta U_{1\text{ут}}}{K_{\Delta U_1}} \right)^2 + \left(\frac{U_2(\mathbf{X}) - U_{2\text{ут}}}{K_{U_2}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \rightarrow \min; \\ \mathbf{X} \in \Omega. \end{cases} \quad (2)$$

де $K_{\operatorname{tg} \varphi}$, $K_{\Delta U_1}$, K_{U_2} – вагові коефіцієнти, що враховують пріоритетність кожного з критеріїв.

Комп'ютерна модель Matlab/Simulink, в основу якої покладено запропонований алгоритм роботи САК симетро-компенсувальним пристроєм, зображена на рис. 1.

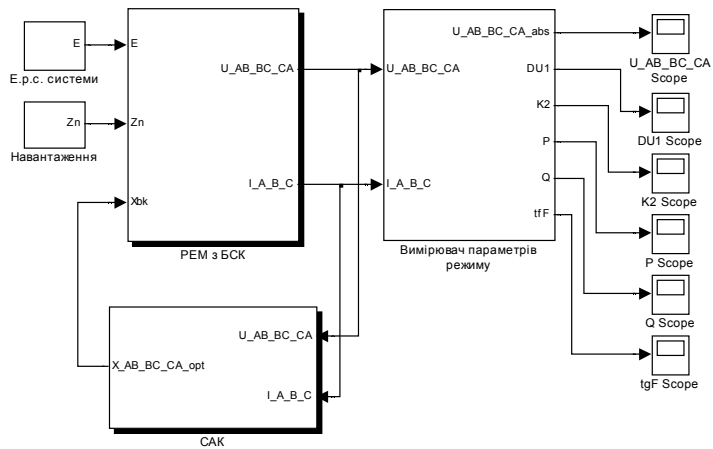


Рисунок 1 – Узагальнена комп’ютерна модель Matlab/Simulink САК симетро-компенсувального пристрою

Для дослідження ефекту від застосування запропонованої в роботі САК симетро-компенсувального пристроєм було проведено порівняльне комп’ютерне моделювання роботи запропонованої та базової САК. В якості базової САК було обрано САК симетро-компенсувальним пристроєм, яка здійснює керуючі впливи для досягнення одночасного зниження рівнів споживання реактивної потужності та рівня несиметрії напруг по зворотній послідовності без урахування впливу симетро-компенсувального пристрою на усталене відхилення напруги. Результати комп’ютерного моделювання базової та запропонованої САК наведені на рис. 2 – 4 та у табл. 1.

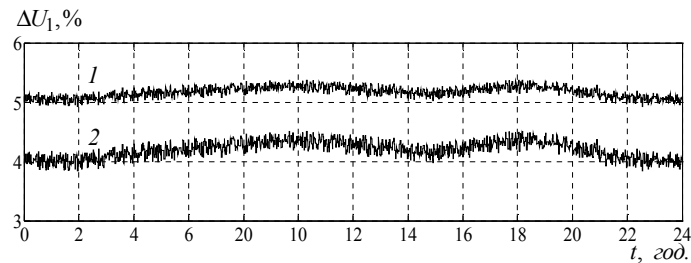


Рисунок 2 – Графіки зміни ΔU_1 для базової (1) та запропонованої (2) САК: 1 – базова САК; 2 – запропонована САК.

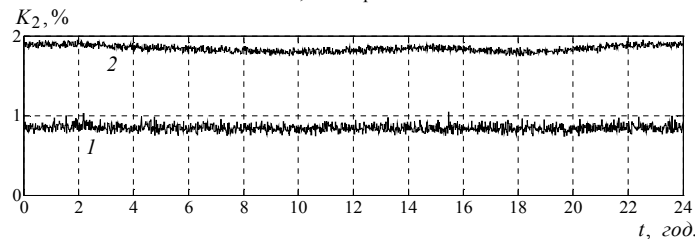


Рисунок 3 – Графіки зміни K_2 для базової (1) та запропонованої (2) САК: 1 – базова САК; 2 – запропонована САК.

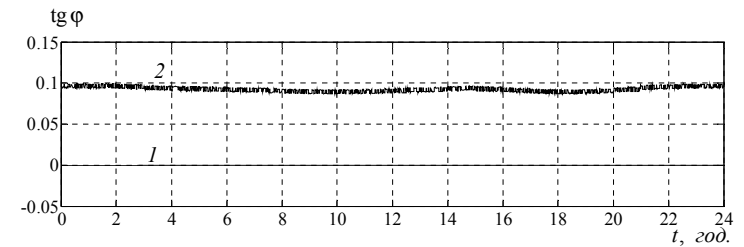


Рисунок 4 – Графіки зміни $tg\phi$ для базової (1) та запропонованої (2) САК: 1 – базова САК; 2 – запропонована САК

Таблиця 1 – Результати статистичної обробки ΔU_1 та K_2 .

| № з/п | Параметр режиму | Математичне очікування, M (% , в.од.) | Середнь-квдратичне відхилення, σ^2 | Інтегральна ймовірність потрапляння в нормально-допустимі (задані) межі, P |
|--|-----------------|---|---|--|
| Базова САК симетро-компенсувальним пристроєм | | | | |
| 1. | ΔU_1 | 5,171 | 0,093 | 0,04 |
| 2. | K_2 | 0,843 | 0,044 | 1,00 |
| 3. | $tg\phi$ | 0,001 | $3,31 \cdot 10^{-5}$ | 1,00 |
| Розроблена САК симетро-компенсувальним пристроєм | | | | |
| 4. | ΔU_1 | 4,198 | 0,143 | 1,00 |
| 5. | K_2 | 1,841 | 0,040 | 1,00 |
| 6. | $tg\phi$ | 0,92 | 0,003 | 1,00 |

Як видно з наведених результатів комп’ютерного моделювання базової та розробленої САК (рис. 4 – 6) а також з результатів подальшої їх статистичної обробки (табл. 1), запропонована САК на відміну від базової не допускає керувань, за яких спостерігалися б понаднормові значення усталеного відхилення напруги в PEM ($\pm 5\%$). При цьому значення двох інших параметрів режиму – коефіцієнту несиметрії напруг по зворотній послідовності K_2 та коефіцієнту реактивної потужності $tg\phi$ як у випадку моделювання базової САК, так і у випадку моделювання запропонованої САК не перевищують нормально допустимого для K_2 ($K_{2нд} = 2\%$) та заданого для $tg\phi$ ($tg\phi_{зад} = 0,15$) значень.

Висновки

1. Задачу керування симетро-компенсувальним пристроєм, що працює в PEM номінальною напругою 6-10 кВ найдоцільніше розглядати як задачу багатокритеріальної оптимізації.

2. Для вирішення задачі багатокритеріальної оптимізації одночасного зниження рівня споживання реактивної потужності та рівнів усталеного відхилення та несиметрії напруг найдоцільніше застосовувати метод наближення до утопічної точки в просторі критеріїв.

3. Результати комп’ютерного моделювання розроблених САК, в основу роботи яких покладено знайдені розв’язки задачі багатокритеріальної оптимізації підтвердили перевагу запропонованої САК над базовою. Так, при практично рівних значеннях рівня компенсації реактивної потужності та коефіцієнту несиметрії напруг, інтегральна ймовірність потрапляння в нормально допустимі межі усталеного відхилення напруг для розробленої моделі виявилась на 96 % більшою, ніж для базової моделі.

Список літератури

1. Шальт Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях. – М.: Энергоиздат, 1982. – 312 с.
2. Плешков П.Г., Орлович А.Ю., Котиш А.І. Фіксатор короткого замикання //Зб. наук. праць Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування /Кіровоград, КІСМ, 1997, С. 42-45.
3. Червінська Т.М. Математична модель керування реактивною потужністю в електричних мережах з несиметричною напругою / Л. Б. Терешкевич, Т.М. Червінська // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. – 2010. – №3(62) Частина 1. – С. 161 – 164.
4. Зінзура В.В. Методи розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації регулювання напруги в електричних мережах. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація / – Вип. 25. Ч.1 – Кіровоград: КНТУ, 2012. С. 350-360.

УДК 621.316.1

ЗНИЖЕННЯ РІВНІВ УСТАЛЕНОГО ВІДХИЛЕННЯ ТА НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГ В РОЗПОДІЛЬЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ РЕГУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

П.Г. Плешков, проф., канд. техн. наук,
В.В. Зінзура, старш. викл., канд. техн. наук,
В.Д. Бочорішвілі, магістрант

Кіровоградський національний технічний університет

На сучасному етапі розвитку систем електропостачання досить актуальним є питання якості електроенергії (ПЯЕ). Як відомо, завищені показники якості електричної енергії, негативно впливають на роботу електричних споживачів, викликають додаткові втрати в елементах електричних мереж та ін. Існуючі методи зменшення рівнів відхилення та несиметрії напруги не завжди є ефективними з точки зору техніко-економічних показників.

Задача розробки нових методів та засобів зниження рівня цих ПЯЕ які, з одного боку, були б досить ефективними, а з іншого – не вимагали б значних капіталовкладень є досить актуальною. Одним із шляхів вирішення даної задачі є удосконалення систем автоматичного управління (САУ) пристроєм РПН силового трансформатора.

В роботі [1] запропоновано математичну модель управління безконтактним пристроєм РПН силового трансформатора, в основу якої покладено математичний апарат багатокритеріальної оптимізації. В роботі [2] проведено розробку методу розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації регулювання напруги в електричній мережі з ізолюваною нейтраллю. Проте, для визначення ефективності даного методу зниження рівнів відхилення та несиметрії напруги в електричних мережах необхідно на основі запропонованої в [1] математичної моделі управління провести розробку структурної схеми САУ пристроєм РПН, а також дослідити якість роботи розробленої САУ.

Метою даної роботи є розробка та дослідження роботи системи автоматичного управління пристроєм РПН силового трансформатора, що забезпечує одночасне зниження рівнів усталеного відхилення та несиметрії напруги по зворотній послідовності в мережі з ізолюваною нейтраллю.

В роботі [1] сформульовано математичну модель управління безконтактним пристроєм РПН силового трансформатора, що працює в мережі з ізолюваною нейтраллю:

$$\begin{cases} Q_1(\mathbf{K}) = |\Delta U_1(\mathbf{K})| = |U_1(\mathbf{K}) - U_{ном}| \rightarrow \min; \\ Q_2(\mathbf{K}) = U_2(\mathbf{K}) \rightarrow \min; \\ \mathbf{K} \in \Omega; \end{cases} \quad (1)$$

де $\mathbf{Q}(\mathbf{K}) = (Q_1(\mathbf{K}), Q_2(\mathbf{K}), Q_3(\mathbf{K}))$ – вектор критеріїв управління; $\mathbf{K} = (k_A, k_B, k_C)$ – вектор коефіцієнтів трансформації трансформатора у фазах А, В, С (вектор управління); $U_1(\mathbf{K})$ – напруга прямої послідовності; $\Delta U_1(\mathbf{K})$ – різниця значень модуля напруги прямої послідовності та номінальної напруги (пропорційний відхиленню напруги); $U_{ном}$ – номінальна напруга мережі ($U_{ном} = 1$); $U_2(\mathbf{K})$ – напруга зворотної послідовності; $\Omega \in \mathbb{R}^3 | k_{i, \min} \leq k_i \leq k_{i, \max}, i = A, B, C$ – область допустимих значень \mathbf{K} , яка визначається глибиною регулювання коефіцієнта трансформації (допустимий простір управління); $k_{i, \min}, k_{i, \max}, i = A, B, C$ – відповідно мінімальне та максимальне значення коефіцієнту трансформації для кожної з фаз.

Значення напруг та значення коефіцієнтів трансформації в рівняння (1) підставляються у відносних одиницях, віднесених до номінальних значень.

Як показано в роботі [2], найбільш доцільним способом розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації (1) є розв'язок її шляхом наближення до утопічної точки в просторі критеріїв, який проводиться в два етапи:

1 етап. Оптимізацією окремих критеріїв визначаються координати утопічної точки $\mathbf{Q}_{ут} = (\Delta U_{1ут}, U_{2ут})$ в просторі критеріїв $\{\mathbf{Q}\} \subset \mathbb{R}^2$.

2 етап. Шляхом розв'язку задачі скалярної оптимізації відстані ρ від утопічної точки до парето-оптимальної множини розв'язків в просторі критеріїв знаходяться координати розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації \mathbf{K}^* в просторі управління $\{\mathbf{Q}\} \subset \mathbb{R}^3$.

Для дослідження якості роботи запропонованої САУ було проведено математичне моделювання в середовищі Simulink. Узанальнена модель Simulink регулювання напруги приведена на рис. 1.

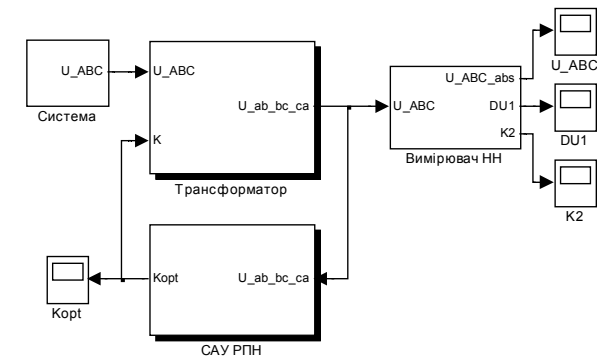


Рисунок 1 – Модель Simulink системи регулювання напруги

На рис. 1: "Трансформатор" – модель силового трансформатора ТМН-400/35, оснащеного безконтактним пристроєм РПН з діапазоном регулювання напруги $\pm 6 \times 1,5\%$; "Вимірювач НН" – модель вимірювача діючих значень напруг U_{ab}, U_{bc}, U_{ca} ,

відхилення напруги δU_1 та коефіцієнту несиметрії напруги по зворотній послідовності K_2 на стороні НН силового трансформатора; "Система" – модель електричної системи; в якості вихідних даних для моделювання були взяті реальні часові діаграми діючих значень міжфазних напруг, що були виміряні протягом доби на одній із підстанцій ПАТ «Кіровоградобленерго» з допомогою сертифікованого аналізатора мережі FLUKE 1744 Метовох; "САУ РПН" – модель САУ пристроєм РПН.

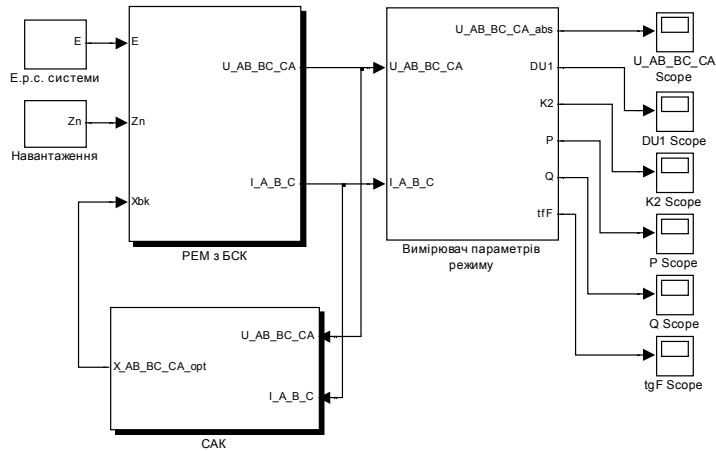


Рисунок 1 – Узагальнена комп'ютерна модель Matlab/Simulink САК симетро-компенсувального пристрою

Результати комп'ютерного моделювання наведені на рис. 2 – 4.

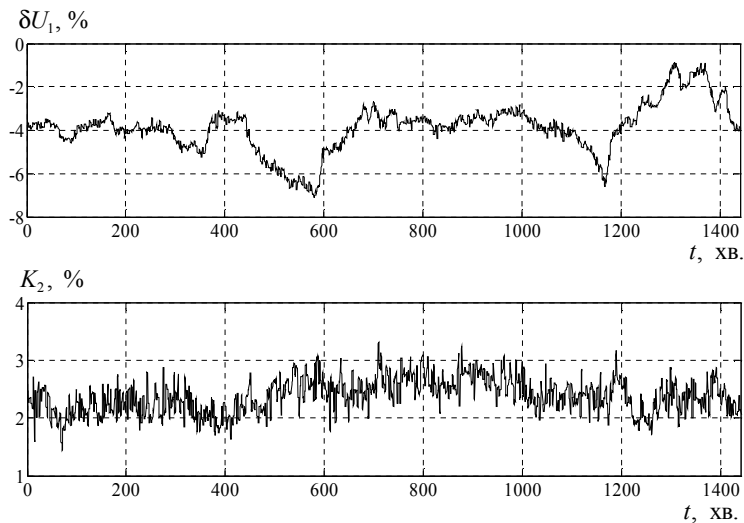


Рисунок 2 – Графіки зміни $\delta U_1, K_2$ без регулювання напруги

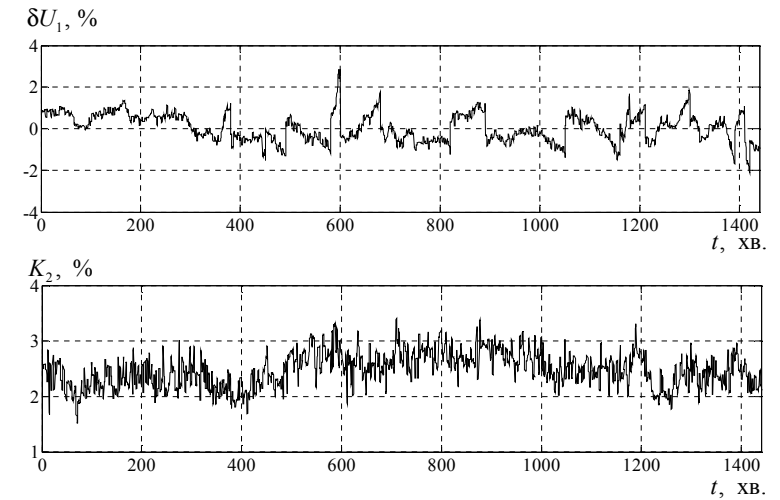


Рисунок 3 – Графіки зміни $\delta U_1, K_2$ при класичному регулюванні напруги

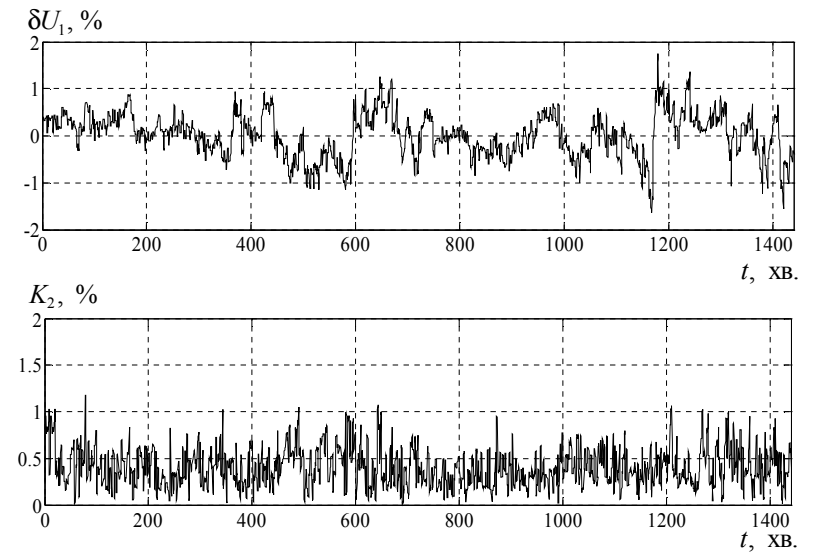


Рисунок 4 – Графіки зміни $\delta U_1, K_2$ при оптимальному регулюванні напруги

На рис. 2 наведено графіки зміни δU_1 та K_2 на стороні ВН силового трансформатора. Як можна бачити, значення відхилення напруги досить тривалий проміжок часу перевищують нормально допустимі межі $\delta U_{1н0} = \pm 5\%$; значення K_2 також практично весь період спостереження лежать за межами нормально допустимого значення $K_{2н0} = 2\%$.

На рис. 3 наведено графіки зміни δU_1 та K_2 при використанні класичної САУ пристроєм РПН силового трансформатора. З рис. 3 видно, що хоча значення δU_1 і не виходять за межі $\delta U_{1\text{до}}$, значення K_2 залишилися на тому ж рівні, що і на стороні ВН.

На рис. 4 наведено графіки зміни δU_1 та K_2 при використанні запропонованої САУ пристроєм РПН. Як видно з рис. 4, як значення δU_1 , так і значення K_2 не перевищують нормально допустимих меж.

Висновки

На основі математичної моделі управління пристроєм РПН силового трансформатора, в основу роботи якої покладено математичний апарат багатокритеріальної оптимізації, розроблено структурну схему САУ, досліджено якість її роботи шляхом математичного моделювання в середовищі Simulink. Результати математичного моделювання показали, що запропонована САУ пристроєм РПН силового трансформатора має перевагу над класичною САУ РПН за рахунок зниження не лише рівня відхилення напруги δU_1 , а й рівня несиметрії напруги по зворотній послідовності K_2 .

Список літератури

1. Плешков П. Г. Теоретичні засади оптимального керування пристроєм РПН силового трансформатора за векторним критерієм. / П. Г. Плешков, В.В. Зінзура, М. В. Кубкін // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація / – Вип. 24.Ч.2 – Кіровоград: КНТУ, 2011. С. 164-173.
2. Зінзура В.В. Методи розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації регулювання напруги в електричних мережах. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація / – Вип. 25.Ч.1 – Кіровоград: КНТУ, 2012. С. 350-360.

УДК 621.316.1.05

НЕСИМЕТРИЧНІ РЕЖИМИ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАДВИСОКОЇ НАПРУГИ

А.П. Свіридов, доц., канд.тех.наук,

Т.В. Величко, викл.,

О.О. Архипенко, магістрант

Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград

Електропередача (ЕП) - це елемент електричної мережі, що здійснює перетворення, передачу і розподіл електроенергії, а також виконує системоутворюючі функції.

Одним з основних джерел постійної несиметрії струмів і напруг в електричній системі є пофазні відмінності електричних параметрів лінії, що виникають при будь-якому геометричному розташуванні фазних проводів. Несиметрія, обумовлена фізичною різницею параметрів елементів електричної системи внаслідок несиметрії їх розташування в просторі, носить постійний характер і за певних умов може виявитися неприпустимою або небажаною за умовами нормальної роботи системи. Значна несиметрія струмів і напруг в електричній системі може викликати додаткові втрати енергії і нагрів в генераторах і приймачах електроенергії, неправильна дія релейного захисту, може виключити можливість здійснення АПВ в лініях надвисокої напруги (НВН) та ультрависокої напруги (УВН) для підвищення надійності їх роботи, у загальному випадку знижуючи пропускну здатність мережі і економічність її роботи.

Несиметрія параметрів повітряних ліній (ПЛ) обумовлена їх конструкціями.

Поздовжні опори і поперечні провідності ПЛ на ділянках без транспозицій принципово не можуть бути симетричними. Несиметрії, що вносяться нетранспонуємими і частково транспонованими лініями необхідно обмежувати. Для обмеження несиметрії такого роду зазвичай застосовується транспозиція як простий, надійний і одночасно ефективний спосіб. Транспозиція фазних проводів, тобто циклічна зміна їх взаємного розташування, дозволяє симетризувати результуючий поздовжній і поперечний опір лінії в цілому.

Звичайна схема одного повного циклу транспозиції фаз має два пункти транспозиції і складається з трьох однакових кроків, причому в цьому циклі виконується повна перестановка кожної фази в просторі.

Повною мірою негативні наслідки від несиметрії параметрів ПЛ НВН і УВН можна виявити, якщо скористатися розрахунковою схемою (рис.1), в якій ЕП забезпечує видачу потужності електростанції в систему, потужність якої значно перевищує потужність електростанції, тобто ця система заміщується шинами нескінченної потужності. Всі елементи розрахункової схеми (генератори, трансформатори, автотрансформатори) приймаються симетричними, крім самої лінії. ЕРС системи і відправної станції вживаються абсолютно симетричними і їх величини визначаються вихідним розрахунковим режимом, в якості якого розглядається для визначеності режим передачі натуральної потужності. При визначенні величин напруги на шинах системи і ЕРС станції лінія заміщається параметрами в припущенні її ідеальною транспозицією, тобто без урахування несиметричності її параметрів.

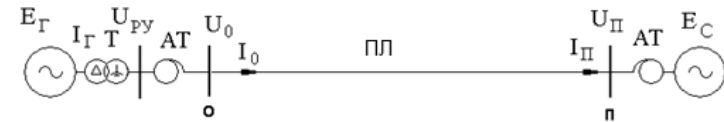


Рисунок 1 – Розрахункова схема

Далі при відомих ЕРС системи і станції проводиться розрахунок трифазного режиму з урахуванням несиметрії параметрів лінії. В якості аналізованих режимних величин з погляду несиметрії розглядаються генераторний струм станції і напруга на шинах розподільного пристрою високої напруги. При цьому несиметрія по струму характеризується коефіцієнтами несиметрії по зворотній та нульовій послідовності

$$k_{12} = \frac{I_{r2}}{I_{r1}}, \quad k_{10} = \frac{I_{r0}}{I_{r1}}, \quad (1)$$

де I_{r1} , I_{r2} , I_{r0} – генераторні струми відповідно прямої, зворотної та нульової послідовностей.

Відповідно несиметрія по напрузі визначається коефіцієнтами несиметрії по зворотній та нульовій послідовності

$$k_{U2} = \frac{U_{py2}}{U_{py1}}, \quad k_{U0} = \frac{U_{py0}}{U_{py1}}, \quad (2)$$

де U_{py1} , U_{py2} , U_{py0} – напруги на шинах розподільного пристрою відповідно прямої, нульової і зворотної послідовностей.

Розрахунок режиму проводити в фазних координатах, і тому відповідно елементи розрахункової схеми повинні бути представлені через фазні параметри. Уявімо розрахункову схему, зображену на рис.1, у вигляді каскадного з'єднання її окремих елементів, кожен з яких заміщається відповідним 8-полосником (рис.2).

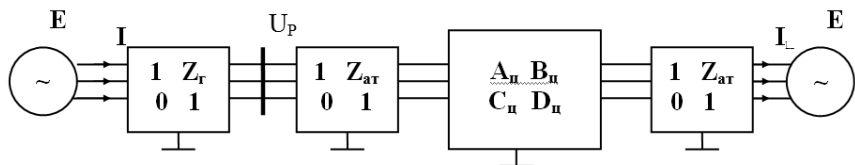


Рисунок 2 - Трифазна електропередача у вигляді каскадного з'єднання

Розрахунок показав, що для реальних довжин транспонованих ліній 400-600 км коефіцієнти несиметрії по струму зворотної послідовності знаходяться в діапазоні 4,1-5,2%, а по напрузі зворотної послідовності - в інтервалі 1,8-2,5%.

Використання одного циклу транспозиції достатньо, щоб зменшити коефіцієнти несиметрії до допустимих величин для довжин ліній у межах 600 км, коефіцієнти несиметрії не виходять за межі допустимого діапазону. Застосування нерівномірного циклу транспозиції дає найменший рівень несиметрії в порівнянні з транспозицією з однаковими кроками.

Збільшення кроку транспозиції на середній ділянці приблизно на 30% для ПЛ довжиною 500 км у порівнянні з рівномірними кроками призводить до зниження коефіцієнтів несиметрії майже на порядок. Як показують розрахунки, зі збільшенням довжини розглянутої лінії ступінь збільшення кроку транспозиції на середній ділянці дещо збільшується, і для ліній довжиною 600-1100 км відповідно становить $k_{н,опт}=0,35-0,45$.

Список літератури

1. Сулейманов В.М. Электрические сети и системы. Учеб./ В.М. Сулейманов, Т.Л. Кацадзе. Киев: НТУУ «КПИ», – 2007.
2. Красильникова Т.Г., Манусов В.З. Обоснование схемы транспозиции четырехфазной линии электропередачи. Сборник научных трудов НГТУ. Новосибирск, 2005, №2.

УДК 621.316.1.05

ДОСЛІДЖЕННЯ НОРМАЛЬНИХ І ПІСЛЯВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ ПРОТЯЖНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ З КЕРОВАНИМИ ПРИБОРАМИ КОМПЕНСАЦІЇ

**А.П. Свїрїдов, доц., канд.тех.наук,
Т.В. Величко, викл.**

Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград

Формування Єдиних національних енергосистем у світі, в тому числі і в Україні, здійснювалося і подальший їх розвиток відбуватиметься на базі потужних електропередач надвисокої напруги, що утворюють в сукупності основну електричну мережу, на яку покладається завдання забезпечення економічного і надійного функціонування всього енергооб'єднання.

Зростаючі потреби в електроенергії диктують вимоги до величини транспортних і обмінних потоків потужності і дальності їх передачі. Це, у свою чергу, стимулює вдосконалення існуючих та розробку нових технологій в області передачі електроенергії. Серед цих технологій на кожному витку розвитку може бути обраний варіант, що володіє найбільшою економічною і технічною ефективністю.

Радикальним рішенням для підвищення пропускну здатності дальних

електропередач, як відомо, вважається освоєння напружень в ультрависокому діапазоні понад 1000 кВ. В останні десятиліття помітний науково-технічний прогрес спостерігався в області розробки нетрадиційних повітряних ліній (ПЛ) змінного струму, до яких відносять лінії підвищеної натуральної потужності, шестифазні лінії, керовані самокомпенсуючі ПЛ (КСПЛ) і лінії з резервною фазою.

Висока надійність і керованість біполярних передач постійного струму (ППС) в порівнянні з традиційними трифазними електропередачами, незважаючи на високу вартість ППС, поставила їх у ряд рекомендованих варіантів, коли мова йде про передачу значних потоків потужності на далекі відстані.

Необхідно відзначити великий прогрес у просуванні керованих електропередач змінного струму, відомих за кордоном як FACTS (Flexible Alternating Current Transmission System). Структурним елементом таких електропередач, що змінює їх властивості і показники, є регульовані пристрої реактивної потужності різного типу.

В даній роботі проведені дослідження нормальних та післяаварійних режимів ліній 750 кВ різною протяжністю ($L=600\div 1100$ км) з керованими пристроями компенсації.

Фаза лінії 750 кВ приймалась з глибоким розщепленням, кількість проводів в фазі дорівнює п'яти, провід марки АС400/51. Еквівалентні погонні параметри дволанцюгової лінії:

$$g_0=0,0073 \text{ Ом/км}; \quad g_0=5,34 \cdot 10^{-8} \text{ См/км};$$

$$x_0=0,143 \text{ Ом/км}; \quad b_0=8,26 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}.$$

Як слід з отриманих розрахунків, однорідні лінія такої протяжності непрацездатні за умовами забезпечення належного запасу по статичній стійкості і підвищеною напругою на лінії в режимі холостого ходу. У режимі холостого ходу підвищення напруги на відкритому кінці лінії досягає недопустимих значень. Забезпечити працездатність лінії можливо за рахунок втручання в її природні параметри. Розглядалися такі види компенсації реактивних параметрів лінії:

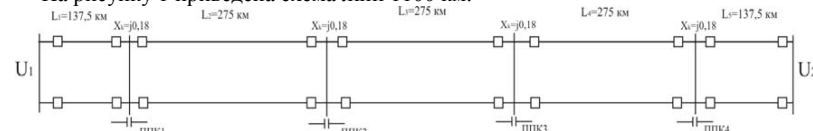
- а) подовжня ємнісна компенсація ($N_{упк}=2-4$);
- б) поперечна індуктивна компенсація за допомогою керованих шунтуючих реакторів ($N_{ушр}=3$);
- в) керовані пристрої компенсації розміщені на шинах низької напруги передавальної підстанції.

При аналізі режимів лінія електропередачі моделюється каскадною схемою чотириполосників, що заміщують собою ділянки однорідної лінії електропередачі і компенсуючих пристроїв на лінії. Розрахунок режимів виконаний у відносних одиницях, за базисні величини прийняті хвильовий опір Z_c і натуральна потужність однорідної лінії $P_{нат}$. Напруга та струм на початку кожної ділянки визначається по наступним виразам:

$$\begin{vmatrix} U_{s+1} \\ I_{s+1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} ch\gamma_0 l & Z_c sh\gamma_0 l \\ \frac{1}{Z_c} sh\gamma_0 l & ch\gamma_0 l \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} U_s \\ I_s \end{vmatrix}$$

де U_s і I_s - напруга і струм в кінці ділянки лінії, яка розглядалась; γ_0 - коефіцієнт розповсюдження хвилі; Z_c - хвильовий опір.

На рисунку 1 приведена схема лінії 1100 км.



а) - Схема з повздовжньою компенсацією, $N_{кп}=4$



б) - схеми з КП на шинах низької напруги

Рисунок 1 – Схеми електропередачі 750 кВ

Найбільш несприятливим фактором, що впливає на пропускну здатність електропередачі в післяаварійному режимі, є режим напруги. Відключення одної з ділянок лінії веде до підвищення еквівалентного хвильового опору і, отже, до зниження гранично допустимої потужності. Поява несиметрії схеми при відключенні крайніх ділянок пов'язано зі значними потоками реактивної потужності, необхідними для підтримки перепаду напруги в допустимих межах, що також відбивається на режимі напруги лінії. Для підтримання режиму напруги в межах допустимого необхідно знижувати потужність, яка передається.

Так, аналіз результатів досліджень післяаварійних режимів зв'язаного варіанту лінії 1100 км з чотирма керованими пристроями поздовжньої компенсації показав, що пропускну здатність коливається у широких межах (від 0,7Pнат до 1,35Pнат) в залежності від місця розташування відключеної ділянки. Напруга при цьому на лінії не перевищує припустиму 1,05Uном. Значне зниження пропускну здатності має місце при відключенні третьої та четвертої ділянок. При дослідженні післяаварійних режимів лінії з компенсуючи ми пристроями на низькій стороні передавальної підстанції (рис.1.б) приймалося, що на лінії споруджено два перемикальних пункти, отже, всього три ділянки різної довжини. Пропускна здатність у післяаварійних режимах коливається від 0,6Pнат до 0,843Pнат.

Список літератури

1. Сулейманов В.М. Электрические сети и системы. Учеб./ В.М. Сулейманов, Т.Л. Кацадзе. Киев: НТУУ «КПИ». – 2007.
2. А.П. Свiрiдов, Т.В.Величко. Дослідження післяаварійних режимів зв'язаного варіанту компенсуючої лінії електропередачі 750 кВ Донбас-Західна Україна. Зб.наук.праць КНТУ/Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/-вип.24.ч.ІІ-Кіровоград.КНТУ, 2011.- с.187.
3. А.П. Свiрiдов, Т.В.Величко, А.О.Корогвiн. Дослідження нормальних режимів компенсуючої лінії електропередачі 750 кВ Донбас - Західна Україна. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник, вип. 40, част. ІІ - Кіровоград: КНТУ, 2010. - с. 215-218.

УДК 536.2:621.577:621.56

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕПЛОНАСОСНОЇ СИСТЕМИ НА ГРУНТОВІ ТЕПЛОБМІННІ ПРОЦЕСИ У ДОБРОВЕЛИЧКІВСЬКОМУ РАЙОНІ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

П.Г. Плешков, канд. техн. наук., проф.,

П.Г. Стець, учбовий майстер

Кіровоградський національний технічний університет

При проектуванні теплонасосних систем слід враховувати зворотній зв'язок між тепловим режимом ґрунтового шару, в котрий заглиблено теплообмінник, та протікаючим у теплообміннику носієм тепла з відмінною від ґрунтової температурою.

Тривала експлуатація теплонасосної системи вносить зміни в тепловий режим ґрунту в безпосередній близькості від прокладених труб.

Мета дослідження: визначення відносного відхилення (у бік зменшення чи збільшення) температурних показників від природної норми, зокрема середньорічної поверхневої температури, температури кожного шару ґрунту та радіусу розповсюдження аномальної температури у ґрунтовому масиві з розташованим у ньому теплообмінником.

Основні фактори формування теплового режиму ґрунту у порядку зменшення вагомості впливу:

- ґрунтово-кліматичні умови розміщення;
- добові та сезонні коливання температур в ґрунтовому масиві протягом періоду експлуатації системи;
- характер зміни теплових навантажень в об'єкті.

Для дослідження обрано умовну ділянку, розміщену на лінії геологічного розрізу Добровеличківського району, що використовувалась для побудови державної геологічної карти України масштабу 1:200000 центральноукраїнської серії М-36-XXXI та М-36-XXXII (свердловина № 7027).

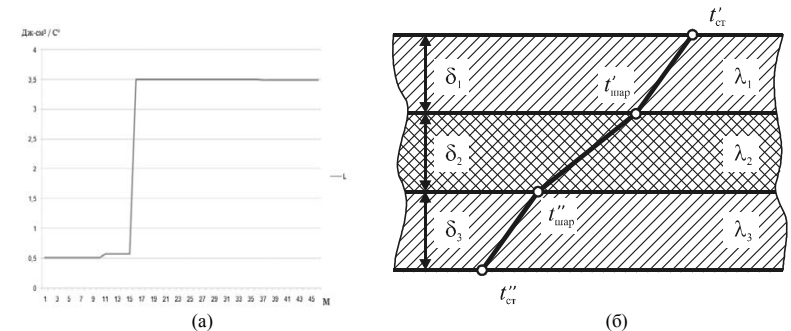


Рисунок 1 – Зміна теплопровідності ґрунту із заглибленням у ґрунтовий масив:
а) графік зміни теплопровідності ґрунту,
б) схематичне зображення тришарового ґрунтового масиву [1].

Як видно з рис. 1, нижні шари ґрунту мають утричі вищу теплопровідність ніж верхні, геотермальний тепловідвід протягом року стабільний, тому саме нижні шари ґрунту грають роль теплового акумулятора в системі ґрунт-повітря. Вплив поверхні на їх температуру (в кліматичних умовах лісостепової зони України [2]) загалом незначний саме через низьку теплопровідність поверхневого та приповерхневого ґрунтових шарів.

Розглянемо тришаровий ґрунтовий покрив, для якого товщина окремих шарів дорівнює $\delta_1, \delta_2, \delta_3$, їх коефіцієнти теплопровідності відповідно $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, температури зовнішніх поверхонь $t'_{ст}$ і $t''_{ст}$; температури між шарами $t'_{шар}$ і $t''_{шар}$.

Тоді тепловіддача для кожного шару визначається за формулою аналогічно наступній [3]:

$$Q = \frac{\lambda_1}{\delta_1} F (t'_{шар} - t''_{шар}), \quad (1)$$

$$\lambda = - \frac{Q}{F(dt/dn)}. \quad (2)$$

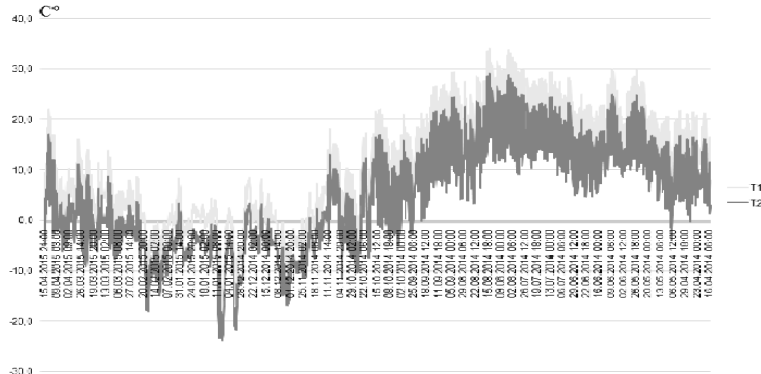
Вирішивши ці рівняння відносно різниці температур і склавши, отримуємо:

$$t'_{\text{шар}} - t''_{\text{шар}} = \frac{Q}{F((\delta_1 / \lambda_1)(\delta_2 / \lambda_2)(\delta_3 / \lambda_3))}. \quad (3)$$

Звідки сумарна тепловіддача тришарового ґрунтового покрову:

$$Q = F((\delta_1 / \lambda_1)(\delta_2 / \lambda_2)(\delta_3 / \lambda_3))(t'_{\text{шар}} - t''_{\text{шар}}). \quad (4)$$

Використовуючи дані метеоспостережень за п'ять років (2009-2014 рр.), та розрахункові параметри ґрунту було побудовано графік зміни поверхні ґрунту протягом умовного року експлуатації теплонасосної установки (рис. 2).



Рисунк 2 – Зміна температури поверхні ґрунту протягом року спостережень: T1- природний графік, T2- з урахуванням впливу теплового насоса

З аналізу графіку, приведеного на рис. 2, видно: на початку експлуатації теплонасосної установки спостерігається переохолодження поверхневого та приповерхневого шарів ґрунту у весняно-зимовий період, що обумовлено порушенням акумулюючої здатності нижніх шарів ґрунту – внаслідок надмірного відбору тепла. Протягом наступних чотирьох років їх тепловий режим стабілізується на рівні нижче природного на 2-4 С° в залежності від обводненості ґрунтів у місцевості установки теплонасосної системи. Цей провал можна зменшити до 1-3 С° за умови експлуатації системи як кондиціонуючої у теплий період року – додатково повертаючи тепло в ґрунт.

Висновок. В географо-кліматичних умовах Добровеличківського району на ділянках місцевості зі складом ґрунтового масиву аналогічним умовній ділянці буде спостерігатись зміщення теплового режиму ґрунту в бік переохолодження. Цей процес у тривалій перспективі призведе до мінімізації ефективності теплонасосної системи. Щоб сприяти відновленню нормального температурного режиму рекомендується експлуатувати теплонасосну установку в теплу пору року в режимі кондиціонера. Це мінімізує переохолодження ґрунту при експлуатації теплонасосної установки у холодний період року, та з часом дозволить повернути тепловий режим ґрунту на місці установки на рівень наближений до природного.

Список літератури

1. Нерпин С. В. Физика почвы / С. В. Нерпин, А. Ф. Чудновский. – М.: Наука, 1967. – 580 с.
2. «Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства» за ред. О.Г. Тараріко, М.Г. Лобаса, - К., 1998 – 158 с
3. Thermische Nutzung des Untergrunds: VDI 4640 Blatt 2. – VDI-Richtlinie, 2010. – 41 с. – (Düsseldorf 2000).

УДК 622.271.002.5

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЕКСКАВАТОРА ЕКГ-5А

І.О. Переверзєв, доц., канд. техн. наук,

М.І. Демченко, магістрант

Кіровоградський національний технічний університет

Режим роботи електроприводів основних механізмів одноковшового екскаватора характеризується частими пусками та реверсами, швидкими розгинями й зупинками, різкими поштовхами та піками навантаження. Кількість включень підйомної лебідки доходить до 200...300 за годину. Піки навантаження часто в 2...3 рази перевищують середні навантаження й повторюються декілька разів протягом робочого циклу.

Необхідні механічні екскаваторні характеристики приводів головних робочих механізмів одноковшових екскаваторів найбільш легко здійснити, коли електроприводи виконуються в такий спосіб. Кожний головний робочий механізм: підйом, поворот, напір або тяга обладнаються двигуном постійного струму незалежного збудження, що живиться від окремого джерела живлення генератора, напруга, яка може плавно регулюватися від нуля до повної величини +U_г реостатом R_p або регулятором (командоконтролером, електромашинним підсилювачем поперечного поля або підсилювачем і т.д.), що вмикається у ланцюг збудження генератора.

Генератор приводиться в обертання приводним (або, як прийнято його називати, мережним) двигуном, частота обертання якого не змінюється. У якості приводного двигуна на потужних розкривних й крокових екскаваторах використовуються синхронні двигуни, на кар'єрних екскаваторах асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором, а також синхронні двигуни.

В даній роботі досліджується система електроприводу підйому екскаватора ЕКГ-5А за системою генератор-двигун з тиристорним збуджувачем.

Тиристорні й транзисторні збудники в екскаваторному електроприводі прийшли на зміну магнітним підсилювачам, маючи перед останніми масу переваг і по швидкодії, і за вагогабаритними показниками, і по матеріалоемності. Але вони свідомо програють по надійності. Тому виникло завдання: як виключити простої екскаватора з вини електропривода.

Для досягнення поставленої цілі пропонується використовувати цифровий моноблок, який регулює напругу, забезпечує рекуперацію енергії в гальмових режимах, дозволяє робити нарощування потужності паралельним або послідовним з'єднанням з аналогічними блоками.

Висновки. Головна перевага використання цифрового моноблоку полягає в тому, що заміна моноблока по сигналу несправного стану на резервний - виробляється некваліфікованим персоналом. При цьому працездатність екскаватора відновлюється за 10 - 15 хвилин. Один запасний моноблок забезпечує необхідне й достатнє резервування для всіх головних електроприводів екскаватора й навіть не на одній машині.

Список літератури

1. Чулков Н.Н. Расчет приводов карьерных машин – М.: Недра, 1987. – 196 с.

АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З МОЖЛИВІСТЮ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В ТРИФАЗНИХ МЕРЕЖАХ 0,4 кВ

П.Г. Плешков, проф., к.т.н.,

І.В. Савеленко, викл.,

Б.В. Стрижак, магістрант

Кіровоградський національний технічний університет

Сучасний розвиток інформаційно-вимірювальної техніки дозволяє організувати автоматичну передачу інформації від споживача до енергопостачальної компанії за допомогою різних інформаційних інтерфейсів. Найпоширенішими при побудові автоматизованих систем контролю та управління електроенергією (АСКУЕ) є наступні способи передачі даних[1]:

- за рахунок використання GSM мережі мобільних операторів;
- по лініях силової мережі 0,4 кВ при організації каналу зв'язку PLC;
- за рахунок організації радіо-каналу на безліцензійній частоті 433/866МГц;
- за рахунок провідних цифрових технологій TCP-IP;
- за рахунок провідних цифрових послідовних інтерфейсів RS-422/485.

Використання в енергетиці GSM-мереж, незважаючи на простоту організації каналу зв'язку, залежить від плати за послуги при передачі даних, рівня GSM і працездатності системи мобільного зв'язку.

Сучасні телекомунікаційні технології засновані на використанні силових електромереж 0,4 кВ для інформаційного обміну, що одержали назву Power Line Communication (PLC)[2], також мають недоліки пов'язані з вірогідністю й захистом інформації.

Провідні системи передачі даних не дають можливості повністю вирішити проблеми при впровадженні АСКУЕ. Значні капітальні витрати при створенні та обслуговуванні АСКУЕ обмежують їх впровадження.

Основна перевага PLC і радіо-технологій – це можливість використовувати вже існуючі комунікації або електричну мережу для передачі даних [3]. На рис. 1 приведена Схема організації збору даних в АСКУЕ з використанням PLC.

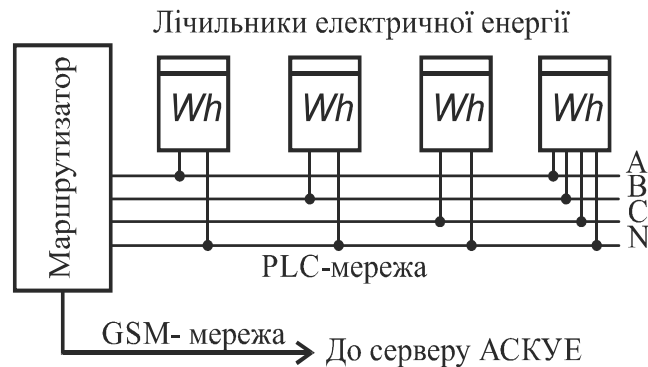


Рисунок 1 – Схема організації збору даних в АСКУЕ з використанням PLC

Складність використання каналу PLC полягає в тому, що існуючі електромережі не призначені для передачі даних. На швидкість і дальність передачі впливають якість електропроводки, перешкоди від різних електроприладів.

Проте застосування PLC-технології на ринку автоматизованих систем обліку енергоресурсів має більш перспективи, особливо при використанні у комунально-побутовому комплексі.

Сучасні системи обліку енергоресурсів багатофункціональні й дозволяють вести контроль якості мережі, використовувати системи передоплати, відключати навантаження в електромережі, вести тарифікацію за часом доби, дистанційно відключати/підключати споживача до електропостачання.

Використання можливостей PLC-технології в автоматизованих системах відкрило можливість створювати автоматизовані інформаційно-вимірювальні системи комерційного обліку на роздрібному ринку електроенергії.

Зростання рівня тарифів на електроенергію для населення до їх фактичної вартості обумовить використання нових тарифних систем або заміни існуючих, а також приведе до проблеми не платежів та крадіжок. Організація автоматизованого дистанційного контролю за приладами та автоматична виписка рахунків споживачем дозволить уникнути розширення служби контролерів, зменшити навантаження на сервісні центри обслуговування споживачів, знизить ризик крадіжок електроенергії і не платежів.

Системи з передачею інформації по проводах силової мережі універсальні й багатофункціональні, тому що нарівні з обробкою інформації про споживання електроенергії можуть бути легко доповнені контролем і обліком інших видів енергетичних ресурсів (тепла, газу, гарячої й холодної води).

Проте при побудові комплексних систем АСКУЕ побутових споживачів, необхідно враховувати можливість передачі даних від приладів тепла, газу і води, що в більшості випадків відсутня. При поширенні системи АСКУЕ можна лічильник електроенергії використовувати як маршрутизатор-перетворювач сигналів від приладів в PLC для подальшої передачі в диспетчерський центр.

Висновок. Значна довжина низьковольтних електричних мереж 0,22...0,38 кВ і відсутність необхідності проведення додаткових робіт дозволяють використовувати ці мережі як середовище передачі даних. Фактично мережа може бути розгорнута на будь-якій ділянці, на якій є лінії електропостачання. Технологія PLC – мереж перспективна в застосуванні в системах АСКУЕ для мікрорайонів з висотними будівлями. Використання PLC для приватних ділянок, а також сільській місцевості обмежене складнощами частотної наладки каналів зв'язку та виникненням значних завад при значній довжині розподільчих мереж 0,4 кВ.

Список літератури:

1. Канали передачи данных в АСКУЭ [Електронний ресурс] / Шинкарев М.Ю. // ООО "ЭнергоКонтур" – 2015. – Режим доступу до ресурсу: http://ekontur.by/?page_id=617.
2. PLC-технология передачи данных в современных системах учета электроэнергии [Електронний ресурс] / Е.А. Борченко // ООО «Инженерный центр «ЭНЕРГОАУДИТКОНТРОЛЬ», г. Москва – 2015. - Режим доступу до ресурсу: <http://isup.ru/articles/6/667/>.
3. Гуртовцев А. Л. Правила приборного учета электроэнергии. Глобальный проект белорусских энергетиков / А. Л. Гуртовцев // Новости ЭлектроТехники. – 2004. – № 6(30).

ВПЛИВ ВНУТРІШНІХ ПЕРЕНАПРУГ МЕРЕЖІ НА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПРОЦЕСИ В ОБМОТКАХ ТРАНСФОРМАТОРА

Венгер Віктор Петрович, аспірант
Національний університет «Львівська політехніка»

Вступ. Пошкодження ізоляції електрообладнання ставить під сумнів доцільність прийнятих в чинній нормативній базі рівнів ізоляції, які базуються на традиційному розумінні явищ в устаткуванні з обмотками високої напруги. Це обумовлює необхідність ретельного аналізу взаємозв'язків між електричними процесами в ізоляції та електромагнітними процесами в обмотках трансформатора. Сучасний рівень знань не в стані пояснити причини пошкодження виткової ізоляції за дії внутрішніх перенапруг. Підвищення експлуатаційної надійності силових трансформаторів вимагає поглибленого вивчення умов їх роботи і, зокрема, усіх видів навантажень на ізоляцію. Природне старіння ізоляції, недостатні об'єми робіт з реконструкції станцій та підстанцій, що спостерігаються впродовж останніх років, і неефективність системи профілактичних випробувань роблять проблему підвищення експлуатаційної надійності обладнання особливо актуальною.

Постановка проблеми. Для підвищення надійності роботи трансформатора необхідно дослідити електромагнітні процеси в обмотках трифазного трансформатора за дії внутрішніх перенапруг.

Розв'язання проблеми. Для детального аналізу електромагнітних процесів в середині обмотки, та можливості вивчення тих процесів що виникають між різними частинами однієї обмотки трансформатора проведено його реконструкцію. Для дослідження вибрано стандартний трансформатор напругою 20/0,4 кВ, потужністю 20 кВА, зі схемою з'єднання обмоток Y/Δ -12, з природним масляним охолодженням. Додатково на кришку бака були виведені виводи обмоток ВН. Якщо рахувати довжину основної частини обмотки ВН за 100% то для фази А вони становлять 30,6; 50,6; 93% , а для фази В – 40,8; 60,8; 88,8%.

На ізоляцію трансформатора діють як внутрішні так і зовнішні (атмосферні) перенапруги. При цьому в обмотках трансформатора розвиваються коливання, частоти яких визначаються як частотою або формою перенапруг що діють на трансформатор зі сторони мережі, так і резонансними частотами між ємностями та індуктивностями трансформатора, які в свою чергу залежать від режиму роботи трансформатора. Таким чином перенапруги що виникли в обмотках трансформатора можуть бути більшими, ніж величини перенапруг що діють на обмотку трансформатора зі сторони мережі. Вплив цих процесів не враховується при проектуванні існуючих рівнів ізоляції обмоток трансформатора.

Під час досліджень виявлено, що резонансні частоти, при яких настає резонанс струмів на окремих частинах обмотки і на всій обмотці відрізняються між собою. Якщо частота резонансу струмів в частині обмотки настає швидше за частоту резонансу для всієї обмотки, то відбувається процес перерозподілу величини напруги між частинами обмотки при незмінній величині напруги на всій обмотці. Незмінна по величині напруга на всій обмотці обумовлює незмінне значення наскрізного струму. При незмінному значенні струму збільшення опору частини обмотки призводить до відповідного збільшення напруги на частині обмотки, і навпаки, зменшення опору іншої частини обмотки призводить до зменшення напруги на цій частині обмотки трансформатора. Цей процес характерний для різних частин обмотки в широкому

діапазоні частот вільної складової внутрішніх перенапруг: від 50 до 100000 Гц, і може бути причиною виткових замикань в обмотці.

При дослідженні особливостей розподілу напруги по обмотці трансформатора встановлено що при частоті 50 Гц розподіл напруги по обмотці – рівномірний. При частоті 10 кГц і більше характер розподілу помітно змінюється. На тій частині обмотки, яка підключена до джерела живлення, напруга починає зменшуватись, а на іншій частині обмотки збільшуватись. В діапазоні частот 13800-15500 Гц характер процесу змінюється.

Напруга на першій частині обмотки збільшується, а на іншій частині обмотки зменшується. Біля частот 30, 45, 75 кГц повторюється аналогічний процес, але із значно меншим діапазоном відхилень. Це явище обумовлене резонансним збільшенням основного магнітного потоку на частотах 30, 45, 75 кГц в результаті чого виникають перенапруги, в тому числі і на обмотці НН. Кратності перенапруг на обмотках різних фаз суттєво відрізняються між собою, також відрізняються і резонансні частоти. Наприклад, для фази А резонансні процеси відбуваються на 14 кГц, а на фазі В-15,5 кГц, кратність перенапруг зменшилась із 5,07 (для фази В) до 1,94. Крім того, резонансна частота 75 кГц (для фази В) змінилась на 65 кГц. Найбільші градієнти при резонансних процесах розвиваються по краям обмотки трансформатора. Так на ділянці $0 \div 11\%$ обмотки ВН (фаза В). При частоті 15 кГц вони досягли значення 7,63. При частоті 45 кГц найбільші градієнти напруги виникли на ділянці $39,2 \div 59,2\%$ обмотки ВН трансформатора. Замикання обмотки НН суттєво зменшило максимальні градієнти напруги на ділянці $0 \div 11\%$ і дещо змінило резонансну частоту на 17 кГц, тоді як було 15 кГц (фаза А).

Нерівномірний розподіл напруги вздовж обмотки трансформатора приводить до того, що градієнти перенапруг на частині обмотки можуть бути більшими ніж на всій обмотці. Нерівномірний розподіл напруг залежить від частоти прикладеної напруги і від режиму роботи трансформатора, і може бути причиною пошкодження електрообладнання із обмотками високої напруги.

Встановлено виникнення резонансних процесів у відімкнених обмотках і їх частинах під дією стороннього магнітного потоку. Ці процеси виникають внаслідок того, що магнітний потік який створений струмом в обмотці до якої прикладено напругу на резонансній частоті для цієї обмотки створить в сусідній ідентичній обмотці напругу, що може перевищувати напругу джерела живлення.

Резонансні частоти процесів, які спостерігаються в елементах трансформатора залежать не тільки від параметрів трансформатора, але і від параметрів мережі в яку цей трансформатор віддає електроенергію. Резонансні частоти процесів в обмотках низької напруги (НН) відрізняються від резонансних частот між обмотками високої напруги та в середині самої обмотки ВН.

Для конкретного трансформатора небезпечними слід вважати сукупність резонансних частот на різних фазах. Частоти при яких в залежності від режиму роботи можуть виникнути резонансні процеси охоплюють практично весь діапазон від 50 Гц до частот імпульсних перенапруг. Для конкретного трансформатора, для якого проводились дослідження, перенапруги виникали при частотах 310, 1000, 1500, 4000, 16000-80000 Гц. Обмотки трансформатора, при дії на них перенапруг зі сторони мережі живлення слід розглядати як кола із розподіленими параметрами, між повздовжніми елементами яких існує явище взаємодукції.

Висновки. Отримані результати дають можливість стверджувати що однією із основних причин пошкодження електричного обладнання із обмотками високої напруги є явище внутрішнього резонансу.

УДК 621.316.36

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ В ОБМОТКАХ ТРАНСФОРМАТОРА ЗА ДІЇ ЗБУРЕНЬ ВИСОКОЇ ЧАСТОТИ

Венгер Володимир Петрович, аспірант
Національний університет «Львівська політехніка»

Вступ. Сучасний рівень знань в електроенергетиці не в стані пояснити причини пошкодження виткової ізоляції за дії внутрішніх перенапруг. Підвищення експлуатаційної надійності силових трансформаторів вимагає поглибленого вивчення умов їх роботи і, зокрема, усіх видів навантажень на ізоляцію.

Математичне моделювання – сьогодні основний інструмент дослідження електромагнітних процесів в електроенергетиці. В тих випадках, коли характер електромагнітних процесів відомий, математичне моделювання дозволяє точніше відобразити кількісні характеристики процесу що досліджується. Математичні моделі дають змогу також оцінити характер та кількісні характеристики електромагнітних процесів в трансформаторах за дії з боку мережі внутрішніх та імпульсних перенапруг, які до цього часу досліджені недостатньо.

Постановка проблеми. Необхідні нові підходи до синтезу математичних моделей, які адекватно відтворюють електромагнітні процеси в обмотках трансформаторів за дії на них внутрішніх перенапруг.

Розв'язання проблеми. Для дослідження вибрано стандартний трансформатор напругою 20/0,4 кВ, потужністю 20 кВА, зі схемою з'єднання обмоток Y/y^0-12 , з природним масляним охолодженням. Трансформатор має регульовану частину обмотки ВН, яка дозволяє змінювати номінальний коефіцієнт трансформації, на такі варіанти 19,6/0,4, 20/0,4 і 20,4/0,4 кВ, тобто на обмотках ВН можна окремо вивчати основну та регульовальну частини.

Під час досліджень виявлено нерівномірний розподіл напруги на частинах обмотки трансформатора при практично незмінному наскрізному струмові, що призводить до появи між частинами обмотки зрівноважувальних потоків потужності, які варто враховувати при спробах оцінити величину і знак результуючих опорів частин обмотки, а також при синтезі математичної моделі. Важливо, що ЕРС, які наведені на різних частинах обмотки потоками розсіяння, знаходяться в протифазі, тому що на одній частині обмотки напруга зростає, а на іншій зменшується. Значить, потоки розсіяння також знаходяться в протифазі, в схемі заміщення це можна відобразити додатніми L_1 та від'ємними $-L_2$ значеннями індуктивностей обмотки. В обмотці також наявні повздовжні ємності. ЕРС, які наведені в різних частинах обмотки впливають також на ці ємності, що можна відобразити в схемах заміщення додатніми C_1 та від'ємними $-C_2$ значеннями. Запропонований метод моделювання електромагнітних процесів в неявному вигляді відображає наявність взаємодукції між різними частинами обмотки та між фазними обмотками трансформатора, яку кількісно оцінити практично неможливо. Оскільки, величини потоків розсіяння залежать від частоти, параметри моделі (не оригінала) $L_1, -L_2, C_1, -C_2$ також залежать від частоти. Ті моделі, які використовують вище наведені рекомендації досить точно відтворюють фізичні експерименти.

Оскільки, у вище згаданих потоках розсіяння обов'язково присутня активна потужність, очевидно, що активний опір обмотки також повинен відобразитись додатньою R_1 та від'ємною R_2 складовою.

Встановлено що параметри мережі живлення визначають форми та величини діючих на трансформатор перенапруг, які для конкретного трансформатора в основному стабільні, а параметри мережі, в яку трансформатор передає електроенергію, разом із параметрами трансформатора – резонансні частоти, на яких можуть виникнути небезпечні перенапруги. Ці резонансні частоти змінюються разом із зміною навантаження трансформатора в широкому діапазоні.

При подальшому вивченні впливу резонансних процесів на роботу трансформатора проведено досліди по визначенню потоку взаємодукції між обмотками. Визначення опору взаємодукції проводилось відповідно до рекомендацій ТОЕ, тобто, опір взаємодукції визначався як відношення вимірної на обмотці трансформатора напруги до струму іншої обмотки, яка являється джерелом магнітного поля. Встановлено що опір взаємодукції між $X_{M \text{ осн. ч. обм. ВН}}$ та $X_{M \text{ НН}}$, не рівні між собою. Магнітний потік що генерується струмом в обмотці НН, починаючи із частоти в декілька сотень Гц, наводить в основній частині обмотки ВН трансформатора напругу більшу за номінальну, яка при частоті 3500 Гц досягає значення 2,15. При частотах більше 3500 Гц в обмотці НН починають розвиватись власні резонансні процеси. Еквівалентна індуктивність L обмотки НН починає зростати, що призводить до зменшення потоку взаємодукції M , який при частотах більше 15000 Гц стає практично рівним нулю.

Якщо подати напругу на основну частину обмотки ВН трансформатора то струм, який протікає по обмотці ВН, створить потік, який в обмотці НН наведе напругу взаємодукції U_H . При частоті більше 3000 Гц в основній частині обмотки ВН починають розвиватись резонансні процеси, які приводять до зменшення потоку взаємодукції. На частоті 15000 Гц його величина буде складати лише 0,46 від номінального значення. Оскільки, в процесі розвитку резонансних процесів, фази напруг на ділянках обмотки змінюються на протилежні, а в діапазоні частот 15-19 кГц сума модулів цих напруг є більшою за модуль прикладеної до обмотки напруги, то збільшуються не тільки магнітні потоки, які пронизують частини обмотки, але і магнітний потік між обмотками трансформатора, що відобразилось на кратності перенапруг обмотки НН, яка на частоті 17 кГц досягла значення 2,46. Резонанс напруг під дією зовнішнього магнітного потоку настає також і в обмотці НН. При подальшому збільшенні частоти до 100 кГц, в обмотці НН резонансні процеси продовжуються, і досягають свого максимального значення на частоті 50 кГц.

В діапазоні частот 15-100 кГц виникає парадоксальна ситуація, коли магнітні потоки, які виникають внаслідок протікання струмів по обмотці НН, не досягають обмотки ВН, а потік, що створюється струмом в обмотці ВН, досягає обмотку НН та викликає в ній резонансні процеси.

Аналогічні процеси виникають також при магнітній взаємодії між регулюючою та основною частинами обмотки ВН трансформатора. Ці факти не дозволяють синтезувати універсальну модель трансформатора, яка була б здатна адекватно реагувати на будь-який вплив зі сторони мережі всіх класів напруги, до яких може бути під'єднаний трансформатор. Можна створити тільки спеціалізовану модель для дослідження одного або групи схожих процесів при заданому характеру впливу.

Висновки. Існуючі математичні моделі трансформаторів не дають можливості дослідити електромагнітні процеси в обмотках трансформатора за дії частот вільної складової внутрішніх перенапруг мережі, без вивчення яких не можливо підвищити експлуатаційну надійність роботи ЕОВН в електричних мережах. Лише чітко розроблені методи та їх дотримання дозволить створювати математичні моделі, які адекватно будуть відтворювати процеси в середині електрообладнання за дії частот вільної складової внутрішніх перенапруг з боку мережі.

МЕТОДИКА І ПРАКТИКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ ПІДПРИЄМСТВ КОМУНАЛЬНОЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

А.З. Музичак, канд. техн. наук
Національний університет «Львівська політехніка»

Вступ. Централізоване теплопостачання досить розвинене в Україні та є важливим механізмом забезпечення теплом мешканців міст. Проте нині централізоване теплопостачання піддають справедливій критиці через незадовільну якість та високу вартість послуг. Саме тому модернізація вітчизняних підприємств комунальної теплоенергетики та підвищення їх енергоефективності гостро стоять на порядку денному.

Ремонтні та модернізаційні роботи на підприємствах комунальної теплоенергетики нині проводяться в усіх містах України. Проте виважений відбір та пріоритетних енергоощадних заходів та їх обґрунтування можливе лише на підставі енергетичного аудиту підприємства.

Постановка проблеми. Загальні методологічні принципи проведення техніко-енергетичного обстеження викладені у ДСТУ 4713:2007 «Енергозбереження. Енергетичний аудит промислових підприємств. Порядок проведення та вимоги до організації робіт» та у типовій методичці «Загальні вимоги до організації та проведення енергетичного аудиту». Проте обстеження підприємства необхідно проводити комплексно з урахуванням специфіки підприємства та усіх особливостей технологічного процесу, що мало б враховуватись у відповідних галузевих методиках.

У літературі та в мережі Інтернет достатньо статей, у яких компанії та фахівці діляться досвідом проведення енергоаудиту систем теплопостачання. Проте досі розвиток системи енергетичного аудиту підприємств комунальної теплоенергетики в Україні знаходиться на рівні повільного формування і становлення, хоча потреба у такого роду обстеженнях є великою. Зауважимо також, що застосовувати досвід іноземних фахівців для проведення енергетичного аудиту вітчизняних підприємств можна лише з оглядом на особливості історичного розвитку вітчизняних систем теплопостачання та наявність значних конструктивних відмінностей.

Розв'язання проблеми. Системи централізованого теплопостачання включають такі складові як джерела теплової енергії (котельні, ТЕЦ), теплові мережі (магістральні, кварталні), теплові вводи (елеваторний вузол, тепловий пункт з підмішувальною помпою, індивідуальний тепловий пункт) та абоненти (внутрішньобудинкові мережі, прилади опалення, огорожувальні конструкції тощо). Ефективне функціонування системи забезпечується раціональними гідравлічним та тепловим режимами.

Хоча, одним із найважливіших етапів покращення роботи системи теплопостачання є розроблення та налагодження гідравлічного режиму, усе починається з визначення теплового навантаження. Таким чином спостерігається певного роду рекурсивна залежність. Правильне визначення теплового навантаження є передумовою розрахунку оптимального гідравлічного режиму, а раціональний гідравлічний режим є основою якісного забезпечення теплом абонентів. Це зобов'язує підходити до визначення теплового навантаження відповідально.

Теплове навантаження будівель зазвичай визначають за питомими характеристиками згідно з КТМ204 України «Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби». Проте цей нормативний документ не враховує деяких важливих моментів, що могли мати місце з моменту спорудження об'єкту, зокрема,

зміну теплотехнічних характеристик окремих огорожувальних конструкцій чи їх елементів та суттєвий ріст енергооснащення квартир у порівнянні з 80-90 роками.

Усі перелічені вище фактори можуть бути враховані згідно з чинним державним нормативним документом ДБН В.2.6-31:2006, вимоги якого встановлюють, зокрема, порядок розрахунку витрат теплової енергії на опалення будівлі впродовж опалювального сезону. Однак проведення енергетичного аудиту усього житлового фонду є достатньо громіздким завданням і потребує суттєвих витрат часу й коштів.

Така ситуація породжує неоднозначність вхідної інформації: актуальне значення теплового навантаження абонентів невідоме, а визначене за КТМ204 не відповідає дійсності й значення відхилень теж наперед невідоме.

Зазвичай фактор невизначеності враховується шляхом побудови стохастичної моделі, однак для розглянутих складних об'єктів моделювання та за відсутності апріорних даних про закони розподілу такий підхід малоєфективний. Тому необхідне врахування фактору невизначеності як однієї із складових методології побудови ефективних наближених математичних моделей. Важливу роль у таких випадках відіграють принципи аналогії та однотипності

Для актуалізації теплового навантаження абонентів пропонується така методика:

- провести класифікацію наявного житлового фонду;
- відібрати з кожної групи будівель одну (чи дві) для виконання детального енергоаудиту та визначення їх теплового навантаження;
- порівняти отримані значення теплового навантаження будівель розраховані за питомою опалювальною характеристикою та методом теплового балансу, визначити нове значення питомої опалювальної характеристики;
- поширити отримані результати на решта будівель абонентів.

Для розроблення теплового балансу будівлі бажано залучати спеціалізоване програмне забезпечення. У Львівській політехніці для цього розроблена програма «Енергоефективна будівля», що входить в склад спеціалізованого пакету. Результати показали, що зменшення теплового навантаження будівель в окремих випадках сягає до 25%. У середньому теплове навантаження зменшилось на 15%.

Отримані за наведеною методикою значення теплового навантаження є вхідними даними ще однієї програми зі складу спеціалізованого пакету «Гідравлічні режими». З допомогою цієї програми можна проаналізувати наявний гідравлічний режим та визначити параметри ввідного обладнання для забезпечення оптимального гідравлічного режиму. Зауважимо, що частка невизначеності теплового навантаження, зберігається надалі, що породжує в задачі вибору оптимального гідравлічного режиму зону недостатньої визначеності. Тому остаточне рішення щодо вибору оптимального гідравлічного режиму приймає фахівець.

Наступним етапом аналізу має бути аналіз теплового режиму мережі й абонентів та визначення тепловтрат у системі теплопостачання. Саме цей розрахунок необхідний, для розроблення теплового балансу підприємства комунальної теплоенергетики. Такий аналіз також потребує спеціалізованого програмного забезпечення.

Висновки. Показано причину виникнення фактору невизначеності теплового навантаження будівель абонентів та його вплив на проведення енергетичного аудиту підприємств комунальної теплоенергетики.

Фактор невизначеності теплового навантаження враховано як одну зі складових методології побудови наближеної математичної моделі.

Запропонована методика дозволяє актуалізувати теплове навантаження будівель, приєднаних до системи централізованого теплопостачання, без проведення масштабних енергетичних обстежень та значних затрат часу і коштів.

Подальшим розвитком методології енергетичного аудиту підприємств комунальної теплоенергетики є розроблення програми аналізу теплових режимів та побудови теплового балансу.

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ ВИБОРУ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

В.Ф. Ткаченко, к.т.н.,

Черкаський державний технологічний університет

К.Г. Петрова, к.т.н.

Кіровоградський національний технічний університет

Вступ. Одним з пріоритетних напрямів енергетичної політики України є інтенсифікація впровадження систем енергоменеджменту, розвиток стратегій заощадження електричної енергії, підвищення рівня енергоефективності та мінімізація витрат на енергоносії.

Основною умовою сталого соціально-економічного та матеріально-технічного розвитку навчального закладу є обґрунтовані за результатами проведення енергетичних аудитів прогнозування потреби в паливно-енергетичних ресурсах, оптимізація енергетичного балансу та техніко-економічний аналіз доцільності та черговості впровадження енергозберігаючих заходів.

Постановка проблеми. На сьогодні відсутня єдина загальноприйнята методика вибору пріоритетних заходів та побудови системи управління енергозбереженням у вищих навчальних закладах. А отже, актуальним є розроблення теоретичних, методологічних та методичних положень і рекомендацій щодо підвищення рівня ефективності процесу організації системи управління за рахунок оптимізації вибору заходів з енергозбереження.

Розв'язання проблеми. Аналізування прогресивного досвіду показало, що кожен об'єкт має свою специфіку і вимагає індивідуального підходу, зокрема, – виявлення та впровадження найбільш доцільних з техніко-економічної точки зору заходів з енерго- та ресурсозбереження. Роботу присвячено створенню нових та вдосконаленню існуючих підходів до оцінювання рівня енергоефективності, побудові моделей і засобів моніторингу споживання енергії структурних об'єктів вищих навчальних закладів, а також вибору енергозберігаючих заходів, що дозволить виявити та усунути основні джерела втрат теплової, електричної та інших видів енергії; оптимізувати паливно-енергетичні баланси, скоротити витрати на оплату комунальних послуг та енергоносії за рахунок впровадження систем моніторингу енергоефективності; підвищити рівень енергоефективності за рахунок зменшення питомого енергоспоживання; сприяти покращенню стану екології тощо.

В роботі запропоновано новий методичний підхід до визначення головних факторів, що впливають на електроспоживання; систематизовано та візуалізовано із використанням діаграми Ісакаві перелік напрямків та заходів з енергозбереження, запропоновано механізм визначення пріоритетності напрямків з енергозбереження, метод короткострокового планування електроспоживання на основі адаптивного прогнозування, що враховує динаміку процесу електроспоживання.

Висновки. Оптимізація вибору заходів з енергозбереження та визначення їх ваги дозволить підвищити обґрунтованість і точність прийняття управлінських рішень щодо впровадження заходів з енергозбереження та розподілу енерго-економічних ресурсів для вищих навчальних закладів, забезпечити комфортні умови праці і навчання згідно СНІП та водночас скоротити витрати на оплату комунальних послуг та енергоносіїв.

КОМПЛЕКСНЕ УПРАВЛІННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

Калінчик В.П., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ»

Вступ. Дефіцит потужності в години пікових навантажень, екстенсивне використання електроенергії ускладнюють підтримання балансу між потужностями генерації та споживання. Все це привело до необхідності введення обмежень електричного навантаження виробничих споживачів.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є управління електроспоживанням, яке до останнього часу зв'язувалося з регулюванням потужності споживачів-регуляторів (СР) систем електропостачання (СЕ).

В той же часом позитивну роль в підвищенні ефективності оптимізації режимів електроспоживання може зіграти і впливаюче на його рівні управління режимами напруги в СЕ. В зв'язку з цим доцільним представляється перехід до комплексного вирішення проблеми управління електроспоживанням як за рахунок управління СР, так і впливання на режими напруги СЕ.

Реалізація такого підходу, створення відповідної системи управління стикаються з необхідністю подолання ряду принципових питань, окремі з яких носять концептуальний характер. Нижче обговорюються ці питання і шляхи їх вирішення.

Формування статичних характеристик навантаження для центрів живлення (ЦЖ). Вирішення цієї задачі можливо двома шляхами:

- а) в результаті здійснення активних експериментів;
- б) на основі інтегрування статичних характеристик окремих електроприймачів (ЕП).

Визначення об'єму спрацювання пристрою РПН та допустимої глибини регулювання напруги для кожного ЦЖ. Враховуючи обмеженість добового режиму спрацювання пристрою РПН, а також ту обставину, що в позапіковий період РПН повинно бути задіяно для цілей виконання вимог стандарту, доцільно намітити наступний шлях вирішення цього питання.

На основі моделювання та оптимізації режиму напруги в СЕ промислового підприємства визначається очікуваний об'єм спрацювання пристрою РПН для цілей регулювання напруги: «запас» N , який лишився при цьому, можна використати в періоди максимуму навантажень для цілей управління електроспоживанням. Допустима глибина регулювання (пониження) напруги округлюється в процесі аналізу умов функціонування ЕП і виявлення технічних обмежень, наприклад, по умовах роботи пускатів.

Формування оцінок збитків від відключення навантаження СР і пониження напруги на шинах ЦЖ. Даний етап представляється досить відповідальним і складним. В цьому питанні належить орієнтуватись на підходи, які пов'язані з можливістю широкого використання всіх допустимих джерел інформації (кількісні та якісні, прямі та побічні оцінки), наборі евристичних правил, широке використання досвіду, знань, інструкцій персоналу різних технічних служб промислових підприємств.

1. Формування детермінованих оцінок на основі використання в енергетичних показниках процедури Сааті.

Процедура Сааті безпосередньо орієнтована на індивідуальні експертні оцінки. В цьому випадку вона пов'язана з обробкою природних для експерта попарних якісних порівнянь збитків, які відповідають різним СР та пониженню напруги на шинах ЦЖ.

Експерт повинен встановити, який із збитків більш істотний, а також указати сприйняття інтенсивності по ранговій шкалі, що дозволяє сформулювати матрицю, власний вектор якої, відповідним чином нормований, може служити оцінкою збитків.

2. *Формування нечітких оцінок на основі використання поняття лінгвістичної змінної величини.*

В цьому випадку передбачається можливим непряме порівняння збитків шляхом призначення експертом кожному із них лінгвістичної оцінки у відповідності зі шкалою округлення. Якщо оцінки призначаються групою експертів, то індивідуальні оцінки попередньо усереднюються в результаті використання алгебраїчних операцій над нечіткими числами.

3. *Формування оцінок збитків на основі використання елементів експертних систем і, зокрема, логіко-лінгвістичного підходу.*

При використанні останнього, відношення між факторами, які враховуються (задаються як чисельними, так і лінгвістичними оцінками), описуються нечітким алгоритмом, який складається із набору спеціально сформованих правил, що відображає причинно-наслідкові зв'язки.

Метою формування цих правил є отримання оцінок збитків по заданому вектору, відмінному від початкового.

Побудова оптимізаційних моделей і обґрунтування шляхів їх аналізу і реалізації. Необхідність у управлінні режимом електроспоживання в даному періоді контролю T (нині 30-хвилинний) виникає в тому випадку, коли

$$\Delta W(T) = \sum_{j=1}^J \bar{W}_j(T) - W_{\text{дон}} > 0, \quad (1)$$

де $\bar{W}_j(T)$ - прогнозе до кінця періоду T значення електроспоживання j -го ЦЖ; $W_{\text{дон}}$ - визначається на основі обмежень навантажень, що вводяться енергопостачальними організаціями, як допустима величина електроспоживання для періоду T , при цьому $W_{\text{дон}} = P_{\text{дон}} \cdot T$.

Обмеження, яке необхідно виконати, можна переписати в такому виді

$$\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{I_j} \Delta W_{npj}(T) + \sum_{j=1}^J \Delta W_j(\Delta U_j) \geq \Delta W(T), \quad (2)$$

де ΔW_{npj} - шукана величина зменшення електроспоживання для i -го СР j -го ЦЖ ($i = 1, \dots, I_j$); $\Delta W_j(\Delta U_j)$ - шукана величина зниження електроспоживання (відповідно ступінь пониження напруги і тривалість знаходження в такому стані) для j -го ЦЖ.

Якщо задовольняються вказані обмеження, то необхідно мінімізувати цільову функцію, яка відображає збиток, зв'язаний з обмеженням навантажень СР і пониженням напруги на затискачах ЕП, тобто

$$\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{I_j} Y_{ij}(\Delta W_{npj}) + \sum_{j=1}^J Y_j(\Delta W_j(\Delta U_j)) \rightarrow \min. \quad (3)$$

При цьому алгоритм визначення набору належних до відключення СР і тривалості їх знаходження у цьому стані (в рамках даного періоду T) та рівні пониження напруги, які забезпечують мінімум збитків від регулювання навантажень СР при урахуванні дискретності ступенів електроспоживання СР і відповідних їм величин збитків, оснований на узагальнених методах дискретної оптимізації, які базуються на поєднанні формальних та евристичних процедур та забезпечують одержання квазіоптимальних рішень за мале число кроків.

Аналіз альтернативних варіантів вирішення з використанням алгоритму дискретної оптимізації для оптимізації режимів роботи СР може служити основою для вирішення задачі, коли збитки задані нечіткими оцінками. Проте при цьому вкажемо на наступне.

При врахуванні невизначеності початкової інформації, в нашому випадку модельованої в рамках нечітких оцінок збитків, модифіковане узагальнення методу дискретної оптимізації не дозволяє отримати єдиного рішення. Врахування фактору невизначеності початкової інформації не дозволяє провести остаточний вибір на основі аналізу традиційних моделей математичного програмування. Один із шляхів подолання такого положення зв'язується з аналізом однієї і тієї ж задачі в рамках взаємно сполучених моделей: мінімізації при врахуванні обмежень, які інтегровані як випуклі до верху, і максимізації при врахуванні обмежень, які інтегровані як випуклі до низу.

При цьому здійснюється відсікання домінованих рішень як би «знизу» і «зверху». В нашому випадку рішення «знизу» полягає в цілеспрямованому відключенні СР і пониженню рівнів напруги в ЦЖ, направлених на досягнення цілі (3) при виконанні обмеження (2).

В зв'язку з цим запропонований підхід, який спирається на притягнення всієї доступної інформації, в тому числі різної природи, широке використання знань, досвіду, інтуїції персоналу, представляється обґрунтованим і досить переконливим.

УДК 658.26

УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯМ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЕМСТВ

С.І. Випанасенко, проф., докт. техн. наук
Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»

Вступ. Принципи управління енерговикористанням промислових підприємств ґрунтуються на особливостях структурної побудови апарату управління виробництвом, існуючій підпорядкованості його окремих ланок, функціональному розподілу обов'язків між керівниками підрозділів.

Постановка проблеми. Уведення відповідальності за енерговикористання підприємством в рамки посадових обов'язків головного енергетика без налагодження тісного зв'язку його діяльності з управлінням енерговикористанням безпосередньо на робочих місцях приводить до зниження ефективності функції управління і, як результат, погіршення показника енергоефективності процесу виробництва продукції.

Розв'язання проблеми. Широке залучення до процесу управління енерговикористанням керівників структурних підрозділів підприємства, безпосередніх виконавців технологічних операцій, розширення їх повноважень та поглиблення відповідальності в сфері енергозбереження відкриває нові можливості для організації процесу на принципово нових принципах. Планування обсягів енергоспоживання безпосередньо в структурних підрозділах підприємства, їх співставлення з показниками фактичного споживання створює можливість для безперервного контролю за досягнутими показниками енергоефективності, їх суттєвого покращення в процесі управління. Системи енергоменеджменту промислових підприємств, що використовують нові принципи управління, відомі в світовій практиці і довели високу ефективність роботи. В доповіді викладено основні принципи структурної побудови таких систем, визначено зміст та порядок взаємодії її окремих ланок, наведено конкретні приклади реалізації. Це складає основу для широкого впровадження цих систем управління на промислових підприємствах.

В процесі створення системи енергоменеджменту необхідно приділити увагу її математичному та інформаційному забезпеченню. Функція контролю енергоспоживання потребує високої достовірності зроблених висновків, точності прогнозованих характеристик. Служба енергоменеджменту повинна володіти методами

математичної статистики і вдало застосовувати їх для вирішення конкретних завдань. Необхідно забезпечити наглядність інформації, її доступність до всіх учасників процесу виробництва продукції. Важливо розкрити динаміку зміни показників енергоефективності, виділити позитивні і негативні тенденції, створити умови для змагання колективів за високі досягнення в сфері енергозбереження. Запропоновано основу для визначення змісту та порядку застосування математичного, інформаційного забезпечення в процесі створення та функціонування системи енергоменеджменту промислового підприємства

Висновок. Таким чином, функціонування системи енергоменеджменту слід розглядати як безперервний процес, здатний урахувати зміни, що відбуваються в об'єкті, конкретні особливості його експлуатації, мінливість параметрів режиму в часі.

Зрозуміло, що після закінчення певного проміжку часу система забезпечить мінімальне енергоспоживання на об'єкті, виходячи з конкретних умов його роботи. Це представляється дуже важливою обставиною, оскільки значення питомих норм енергоспоживання (планові показники) формуються безпосередньо на підприємстві. Вони не залишаються постійними, а змінюються залежно від ситуації. Це норми, які отримані в реальному масштабі часу і використовуються для безперервного аналізу і прийняття рішень. До того ж існує система, що здатна поліпшити ці показники.

УДК 622.73

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ВАПНЯКУ З НЕОДНОРІДНИХ КАРБОНАТНИХ РОДОВИЩ

О.С. Дрешпак, аспірант
Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»

Вступ. В Україні розвідена велика кількість карбонатних родовищ. Високоякісні вапняки для металургії традиційно розроблялись та розташовані у тимчасово недоступних регіонах материкової України та Кримському півострові. Загальна річна потреба у високоякісних вапняках для металургії складає 9-10 млн.т./рік. Інші вапняки, що знаходяться на території України, мають низьку якість. Особливістю залягання пластів таких вапняків є присутність глинистих часток у верхніх та середніх шарах родовищ. Така структура родовищ при проведенні традиційних гірничо-видобувних робіт зумовлює неефективність використання надр та низьке вилучення в товарні фракції очищеного вапняку при видобуванні та подальшому збагаченні.

Постановка проблеми. Традиційна технологія складається з дроблення та класифікації вапняку. Класифікація проводиться на вібраційних гуркотках та характеризується низькою ефективністю та високим взаємозасміченням мількими фракціями та глиною більш крупних товарних фракцій вапнякового щебеню. Наслідком такого нерационального використання вапнякової сировини є зменшений випуск кондиційної готової продукції, збільшення витрат на складування некондиційних фракцій засміченого вапняку та відсіву у відвали, а також додаткові витрати за використання надр. Відходами поточного виробництва є середні та мількі фракції засміченого вапняку та негабаритні валуни. У випадку несвоєчасного вилучення глинистих часток на початкових стадіях переробки, в подальшому складність збагачення вапнякового щебеню зростає разом зі зменшенням розміру фракції.

Додатковим фактором, що ускладнює видобуток та збагачення вапняку, є збільшена вологість гірничої маси. Вона призводить до зниження продуктивності

основних машин технологічного процесу, а в окремих випадках до повної зупинки виробництва.

Розв'язання проблеми. Актуальна науково-практична задача полягає у визначенні оцінювання ступенів впливу як якісних (хімічний склад товарного вапнякового щебеню, міцність, тощо), так і кількісних (продуктивність, питоми витрати енергії) параметрів на показники збагачення вапняку, а також визначення найбільш впливових з них. Це дозволить дослідити закономірності та теоретично обґрунтувати раціональні діапазони використання та режими роботи збагачувальних машин технологічної лінії збагачення вапнякової сировини, а також підвищити ступінь вилучення очищеного вапняку в кондиційні товарні фракції.

Висновок. Вирішення актуальної науково-практичної задачі дозволить обґрунтувати раціональні параметри процесу збагачення, виявити раціональну структуру технологічної лінії, скоротити витрати енергії.

Впровадження такого процесу збагачення на практиці дасть змогу збільшити кількість та якість мільких та середніх фракцій вапнякового щебеню, знизити об'єм створених відвалів та зменшити неробочий час всього технологічного обладнання на підприємствах галузі.

УДК 621.311

РЕГУЛЮВАННЯ ДОБОВОГО РЕЖИМУ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РЕСУРСУ

В.Б. Бондаренко, аспірант, П.Г. Плешков, професор, к.т.н.,
Д.М. Лушков, аспірант, С.В. Серебренніков, доцент, к.т.н.
Кіровоградський національний технічний університет

Вступ. На сьогодні НКРЕ встановило одноставковий тариф для підприємств на рівні 1,80 грн/кВт·год; за тризонним тарифом діють коефіцієнти 1,8:1,02:0,25 і за двоставковим тарифом – коефіцієнти 1,8:0,35.

Постановка проблеми. За умов різкого зростання цін на електроенергію (ЕЕ) загострюється проблема економії оплати ЕЕ шляхом переходу на диференційний облік енергії і відповідного регулювання режиму електровикористання. Характерною особливістю режиму роботи лікарень є нерівномірний добовий графік електронавантаження (ГЕН), наявність та цілодобове функціонування енергоємного устаткування (автоклави, дистильатори, дезінфекційні камери, пральні машини, лабораторні парові бані та ін.).

Розв'язання проблеми. Для дослідження можливості регулювання технологічного процесу обласної лікарні проведено детальний аналіз ГЕН (рис.1а). Встановлено, що пікове навантаження зумовлене наступним: ранішній максимум формується на 25% за рахунок термічного устаткування загальною потужністю понад 100 кВт.

Виявлено, що оптимізація добового ГЕН може проводитися за рахунок перерозподілу термічного навантаження потужністю 90 кВт, яке не задіяне у лікувальному процесі, проте працює впродовж 5 годин, з пікової тарифної зони (рис.1а) – до нічної (рис.1б). Обслуговування устаткування, що працюватиме уночі, може здійснюватись медперсоналом, який постійно задіяний до чергування у нічну зміну.

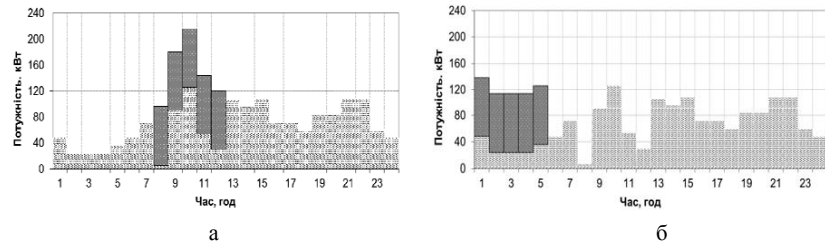


Рисунок 1 – Добовий графік електричних навантажень: а – до регулювання; б – після переносу термічного навантаження потужністю 90 кВт до нічної зони

Для оцінки впливу перерозподілу навантаження за зонами доби на оплату ЕЕ виконаємо аналіз використання одноставкового та диференційованих тарифів для варіанту перенесення навантаження з пікової зони – до нічної, де діє найменша тарифна ставка. Оплата ЕЕ, при використанні диференційованих за трьома зонами доби тарифних ставок, визначається за формулою:

$$O_E = W_{\Pi} \cdot T_{\Pi} + W_{\text{НП}} \cdot T_{\text{НП}} + W_{\text{Н}} \cdot T_{\text{Н}},$$

де $W_{\Pi}, W_{\text{НП}}, W_{\text{Н}}$ – споживання ЕЕ в піковій, напівпіковій та нічній зонах, кВт·год; $T_{\Pi}, T_{\text{НП}}, T_{\text{Н}}=1,8:1,02:0,25$ – тарифні ставки у піковій (8.00-10.00 та 18.00-22.00), напівпіковій (6.00-8.00; 10.00-18.00; 22.00-23.00) та нічній (23.00-6.00) зонах.

Порівняльний аналіз оплати ЕЕ при зсуві навантаження з годин максимуму в ніч і переході з одноставкового тарифу на диференційовані показав, що ефект від переходу залежить від тарифних ставок по зонах доби та кількості енергії, що споживається в даних зонах. Для визначення залежності оплати ЕЕ від ступеня регулювання (кількості споживаної потужності ΔP), приймемо, що з пікової зони до нічної переноситься енергія: $\Delta W = \Delta P \cdot t = 90 \text{ кВт} \cdot 5 \text{ год}$.

Вплив регулювання на оплату, як функцію $O_3=f(\Delta P)$, приведений на рис.2 (крива 3). Видно, що від моменту переходу на тризонний тариф у діапазоні з $\Delta P=0$ до $\Delta P=58 \text{ кВт}$ лікарня не отримуватиме економії від регулювання. При $\Delta P>58 \text{ кВт}$ перехід на тризонний дифтариф забезпечуватиме тим більшу економію в оплаті, чим більша ΔP . При переносі до нічної зони $\Delta P_{\text{MAX}}=90 \text{ кВт}$ перехід на тризонний тариф забезпечуватиме місячну економію в оплаті:

$$\Delta O = (O_1 - O_3) \cdot t = (3719,4 - 3405,3) \cdot 30 \text{ дн.} = 9421,5 \text{ грн/міс},$$

де O_1, O_3 – добова оплата ЕЕ за одноставковим та за тризонним тарифом.

За вартості багатотарифного лічильника у 3000 грн, термін окупності такого регулювання становитиме: $3000 / 9421 \approx 0,3$ міс.

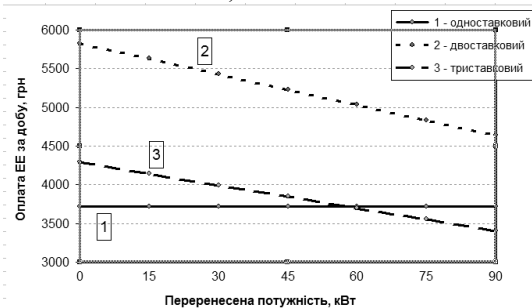


Рисунок 2 – Вплив регулювання режиму електроспоживання на оплату електроенергії: 1- оплата за одноставковим тарифом; 2 - за двозонним; 3 - за тризонним тарифом.

Натомість, крива 2 оплати за двозонним тарифом, як функція $O_2=f(\Delta P)$, лежить вище за O_1 та O_3 в усьому діапазоні ΔP .

Висновки

1. Енергетичні дослідження технологічного ресурсу лікарні показали можливість перенесення певних технологічних операцій (дезінфекція, дистиляція, прання тощо) загальною потужністю 90 кВт до нічної зони.

2. Порівняння оплати за діючими диференційованими тарифами свідчить про неефективність двозонного тарифу та доцільність застосування тризонного, перехід на який дозволить економити 8,5% в оплаті.

3. Подальшого підвищення рівня ефективності електроспоживання можливо досягти шляхом оптимізації система освітлення, яке споживає 35% від всієї використаної електроенергії, зменшення втрат у мережах, компенсації реактивної потужності тощо.

УДК 620.179.14

ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ДЕФЕКТОСКОПІЙ ОПОР ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

В.Б. Бондаренко, аспірант, А.Ю. Орлович, професор, к.т.н., С.В. Серебренніков, доцент, к.т.н., О.І. Сіріков, доцент, к.т.н.
Кіровоградський національний технічний університет

Вступ. Аварійні ситуації в системах електропостачання, які зношені на 70...80%, призводять до періодичних аварійних та планових відімкнень споживачів ЕЕ, що спричиняє пошкодження виробничого устаткування, масове бракування продукції та значні економічні збитки від вимушених простоїв. Безаварійна робота систем електропостачання визначається надійністю роботи її окремих елементів. Однією з найбільш вразливих ланок є повітряні лінії електропередачі (ЛЕП) і, зокрема, – опори, які найбільше підпадають під вплив атмосферних навантажень – вітру, ожеледі, коливань температури, дії хімічно активних речовин у районах із забрудненою атмосферою, ґрунтових факторів тощо. Аналіз причин відмов ЛЕП по елементах показує, що 30...35% з них становлять пошкодження саме опор [1].

Постановка проблеми. Механічна міцність опор знижується внаслідок корозійного зносу металу під впливом мінералізованої вологи та ґрунтових солей. Агресивне середовище також роз'їдає бетон опори – він втрачає міцність і викресується, у місцях контакту з окисленою арматурою бетон набухає і утворюються наскрізні тріщини; пошкодження захисного шару бетону відкриває додаткові шляхи волозі до армуючих стрижнів і т.д.

Електрокорозії арматури залізобетонних опор ЛЕП напругою 6-35 кВ сприяє протікання струму замикання на землю при пробі ізоляції; такий режим роботи мережі може зберігатися тривалий час – до кількох діб.

Тріщини в арматурі опор утворюються внаслідок періодичних вигинаючих деформацій під дією асиметричних атмосферних навантажень. Статистика показує, що наскрізні тріщини виникають переважно в місцях, прилеглих до поверхні фундаменту, а саме – на висоті від 0 до 1,5 м.

Розв'язання проблеми. Тріщини під шаром бетону є недоступними для візуального зовнішнього огляду, який регламентований правилами експлуатації електроустановок як основний метод діагностики. За таких обставин, для діагностики несучої спроможності конструкцій залізобетонних опор, доцільне застосування неруйнівних методів контролю. Оскільки металеві армуючі стрижні характеризуються

значними електропровідністю та магнітною проникністю, то перспективним видається застосування електромагнітного (вихорострумового) методу як такого, що має ряд переваг у порівнянні з іншими: не вимагає механічного контакту з об'єктом контролю, спроможний до застосування в польових умовах, є багатопараметровим, можливе регулювання глибини зондування зразка, висока швидкість сканування досліджуваної поверхні, безпечність для обслуговуючого персоналу тощо.

Для реалізації даного методу необхідно обґрунтувати тип первинного перетворювача, контрольований параметр, частоту зондування. В результаті аналізу різних типів первинних вихорострумових перетворювачів було обрано накладний перетворювач з П-подібним осердям як такий, що має достатню чутливість до тріщин і неоднорідностей, високу локальність та потрібну глибину проникнення електромагнітного поля.

Оскільки прутки арматури володіють одночасно електропровідними і магнітними властивостями, то контроль можна реалізувати як за внесеним у перетворювач активним опором $R_{вн}$, так і за внесеною індуктивністю $L_{вн}$. Нами досліджено залежності $R_{вн}$ і $L_{вн}$ від зазору h (товщини шару бетонного покриття), координати x розташування перетворювача відносно дефекту. У якості об'єкту контролю було обрано пруток діаметром 12 мм з дефектом у вигляді наскрізної тріщини завширшки 0,1 мм. Величина зазору, відповідно до товщини бетонної оболонки, змінювалася в межах 0,1...10 мм. Вимірювання $R_{вн}$ та $L_{вн}$ проводились автоматичним мостом Е7-13 з класом точності 0,2 на частоті 1 кГц.

Залежність $R_{вн}/\omega L_0 = f(x)$ при збільшенні h понад 0,1 мм втрачає рельєфність (рис. 1а), фактично вироджуючись у пряму, що свідчить про недостатню чутливість до цього параметру на частоті 1 кГц (ω – колова частота струму, що живить перетворювач, рад/с). Тому, у якості інформативного параметру, було обрано внесену індуктивність $L_{вн}$; графіки $L_{вн}/L_0 = f(x)$, де L_0 – індуктивність перетворювача у повітрі, для різних h приведені на рис. 1б

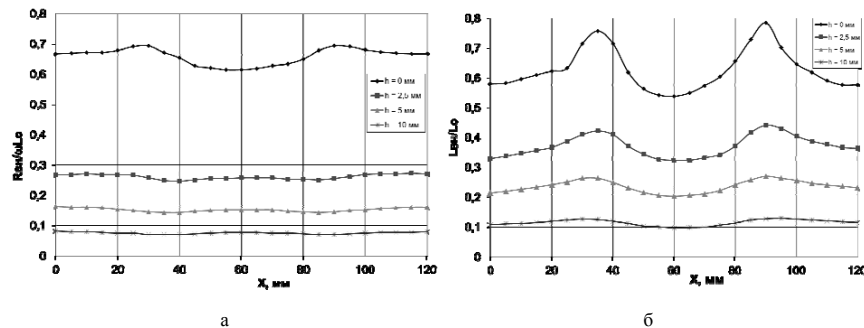


Рисунок 1. Залежність внесеного активного опору $R_{вн}/\omega L_0$ (а) та внесеної індуктивності $L_{вн}/L_0$ (б) від координати x при різних значеннях зазору h

З рис. 1б видно, що залежності $L_{вн}/L_0 = f(x)$ мають чітко виражені екстремуми, що свідчить про достатню чутливість такого контролю у випадках, коли:

- тріщина знаходиться під одним з полюсів перетворювача ($L_{вн \max}$);
- тріщина розташована по центру між полюсами ($L_{вн \min}$);
- аналізується вся модуляційна характеристика $L_{вн}/L_0 = f(x)$.

Висновки

1. Таким чином, результати експериментальних досліджень свідчать про перспективність застосування електромагнітного методу для дефектоскопії арматури залізобетонних опор ЛЕП безпосередньо в умовах експлуатації.

2. Результати моніторингу стану опор ЛЕП дозволяють науково обґрунтувати й мінімізувати вибір необхідного і достатнього обсягу ремонтних заходів, виключаючи виникнення аварійних ситуацій.

Список літератури

1. Гунгер Ю.Р., Чернев В.Т. Диагностика опор и фундаментов воздушных линий электропередачи. Современные методы оценки // – Новости электротехники, № 2. – 2006. – С. 134-136.

УДК 621.6.052

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ З ЧАСТОТНОРЕГУЛЬОВАНИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Н.Ю. Гарасьова, доц., канд. тех. наук,

Т.В. Величко, викл., С.І. Ставицький, магістрант

Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград

На сьогоднішній день накопичений значний досвід впровадження частотного регулювання електроприводів насосних агрегатів, що дозволяє отримати економію електроенергії, порівняно з дросельним регулюванням. Економія електроенергії доходить до 60 %, води – до 25 %. Але економія електричної енергії – це тільки одна складова приведених витрат.

Для забезпечення ефективної роботи насосних станцій, що модернізуються, та нових насосних станцій, потрібне комплексне вирішення задач вибору енергоефективного насосного обладнання та оптимізації вибору та режимів роботи насосів.

Режим роботи насосів та вибір оптимального варіанту кількості та типу насосів залежить насамперед від режимів водопостачання або водовідведення. Режими водопостачання характеризуються графіками водоспоживання, які будуються за фактичними даними водоспоживання, або відповідають вимогам СНиП 2.04.02 – 84.

Важливо правильно визначити потужність, кількість насосів, кількість перетворювачів частоти, режими їх регулювання. Ця задача може бути вирішена при порівнянні варіантів за приведеними витратами, які включають до свого складу вартість обладнання, монтажних та пуско-налагоджувальних робіт, технічне обслуговування та ремонт, вартість спожитої електроенергії та надійність водопостачання.

В роботі розглянуті можливі варіанти структури насосної станції в залежності від графіка водопостачання. При цьому, вартість спожитої електроенергії розрахована з врахуванням регулювання швидкості обертання електроприводу при зміні водоспоживання. Досліджені варіанти роботи одного регульованого насоса, двох та трьох паралельно працюючих насосів, один з яких являється регульованим, кожний насос працює з власним перетворювачем частоти. Найбільша економія електроенергії отримується при роботі одного регульованого насоса, при цьому в розрахунках не враховувалося зниження ККД системи через гідравлічні втрати при паралельній роботі насосів.

Висновки. При виборі насосів та систем регулювання потрібно враховувати режими водоспоживання згідно вимогам СНиП 2.04.02 – 84. Для повної оцінки ефективності насосної станції крім витрат електроенергії та втрат води необхідно враховувати вартість обладнання, експлуатаційні витрати та надійність

водопостачання.

Список літератури

1. Н.Ю.Гарасьова, Т.В. Величко. Оцінка ефективності роботи регульованого електроприводу насосів при змінному графіку водоспоживання. Збірник праць «Наукові записки»-Вип.15. Кіровоград. КНТУ. 2014. – с.86.
1. Д.В. Сотников. Повышение энергетической эффективности насосных станций. Вестник Тамбовского гос.унив., т.18, вып.5, 2013. – с.2954-2956.
3. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 360с.
4. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.

УДК 62 – 503.56

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ У ТЕПЛИЦЯХ

А. О. Дудник, к.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м.Київ

Вступ. У зимовий період населення України забезпечується овочами лише на 50 % від рекомендованих норм споживання, тому перед агропромисловим комплексом стоїть завдання збільшити їх виробництво, розширити асортимент, поліпшити якість, умови зберігання та зменшити втрати. Не менш важливим є питання поліпшення технології вирощування та переробки овочів.

У наукових дослідженнях основний орієнтир спрямований на модернізацію існуючих виробничих потужностей тепличного господарства. Ефективність таких підприємств значною мірою залежить від запровадження сучасних технологій і менеджменту енергозбереження. У структурі собівартості продукції спеціалізованих овочевих комбінатів спостерігається відчутне зростання частки енергоносіїв через зростання цін на природний газ та електроенергію, що спонукає до пошуку альтернативних джерел енергії та дійових організаційно-економічних заходів ефективного використання виробничих ресурсів і природно-кліматичних умов виробництва продукції овочівництва закритого ґрунту. Доцільним вбачається також врахування динамічних показників біологічної складової, що дозволить підвищити її продуктивність протягом всього періоду вирощування.

Постановка проблеми. За попередніми дослідження вбачається можливість зменшення енерговитрат за рахунок розробки та впровадження сучасних інтелектуальних систем керування з використанням новітніх методів та засобів автоматизації, котрі за рахунок інтелектуальної складової та бази знань спроможні попередньо визначати керуючі дії з урахуванням прогнозованих значень збурень, технологічних вимог та особливостей того чи іншого біологічного об'єкта.

Нейромережеве прогнозування зовнішніх збурень дозволяє збільшити швидкість системи на 20%, а вибір керуючих рішень за узагальненим критерієм, що враховує приріст овочевої маси рослин і витрати енергоресурсів, дозволяє підвищити технологічну ефективність на 13% (рис.1). Також додаткову економію енергоресурсів може забезпечити фітотимоніторинг рослин, адже температура рослин в середньому на 3 °С більше температури повітря, тому це необхідно враховувати при підтриманні оптимального температурного режиму. Фітотимоніторинг може бути реалізовано з використанням сучасних робото-технічних систем, які забезпечують задану надійність та оперативність вимірювання.

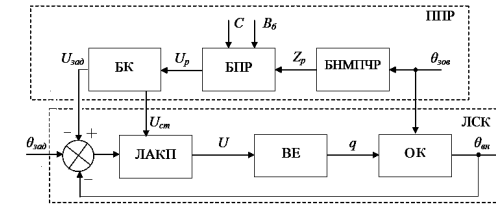


Рисунок 1 – Архітектура інтелектуальної системи керування електроспоживанням теплиць

Теплиця розглядається як біотехнологічний об'єкт, що являє собою складну структуру, котра містить біологічну складову та технологічні параметри процесу виробництва (вирощування) самого біооб'єкта. Це, у свою чергу, ускладнює задачу аналізу таких складних структур та викликає потребу у додатковому дослідженні особливостей функціонування біотехнологічних об'єктів. Проведений аналіз літературних джерел та результати попередніх досліджень дозволили виокремити технологічні процеси, котрі відбуваються згідно агротехнологічних вимог, а також визначити такі їх складові, котрі є визначальними з точки зору електроспоживання. Тобто такі процеси, як підтримання параметрів мікроклімату, досвічування, полив та живлення потребують значної витрати енергоресурсів і не можуть бути порушені, адже це призведе до зниження якості біологічного об'єкта. Тому саме особливості біологічного об'єкта (вимоги до параметрів вирощування, фази розвитку тощо) та технологія виробництва (вирощування) визначатимуть режими роботи технологічного обладнання, а отже і затрати енергії.

Розгляд функціонування біотехнологічних об'єктів поряд з врахуванням особливостей динаміки природних та техногенних збурень, станів живих організмів і раціонального використання енергетичних ресурсів у поєднанні матиме кінцевим результатом підвищення прибутку від виробництва. Експериментальні дослідження залежності основних показників якості біооб'єктів від зміни параметрів мікроклімату і встановлення найбільш продуктивних умов вирощування дозволили отримати математичні моделі станів рослин, які в подальшому були використані при формуванні стратегії керування.

Крім того, важливим чинником у формуванні енерговитрат для забезпечення необхідного температурного режиму на тепличних комбінатах є кліматичні умови розташування теплиць.

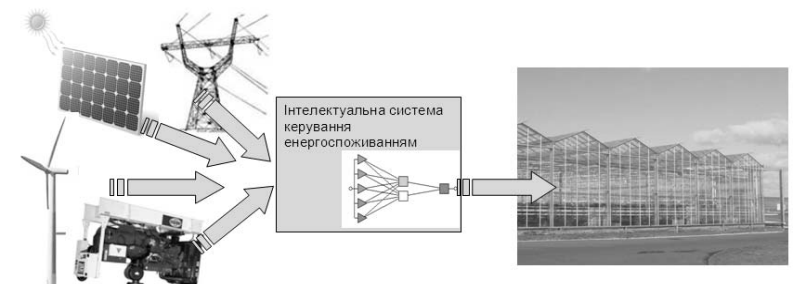


Рисунок 2 – Структурна схема керування електроспоживанням у теплицях

Попередньо розраховано потужності електротехнологічного обладнання, що забезпечує технологічний процес, та можливості зміни режимів його роботи з метою зменшення енергоспоживання (рис.2). Встановлено, що процеси дренажу, змішування розчину мінеральних добрив, які потребують значної витрати електроенергії, можуть

бути проведені у нічні періоди, коли тарифікація електроенергії є мінімальною. Таким чином, визначено можливість оптимізації керування електроспоживанням біотехнологічного об'єкта шляхом часткових змін як самого технологічного процесу, так і з використанням методів прогнозування збурень та критерію оптимальності за прибутком.

УДК 631.3.02-52.001.57

ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНА СИСТЕМА ДОЗУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ КОРМОВИХ СУМІШЕЙ

С.О.Квітка, доц., к.т.н.,
Д.М.Нестерчук, доц., к.т.н.,
О.С. Квітка, асп.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Вступ. Найважливішою умовою високоефективного використання кормів при виробництві продукції тваринництва є годування тварин повноцінними кормами. При цьому годувати тварин різноманітними кормами доцільно у вигляді кормових сумішей. Особливістю процесу приготування високоякісних кормових сумішей є уведення строгої визначеної (дозованої) кількості різноманітних компонентів.

Постановка проблеми. Дослідженнями встановлено, що навіть незначне відхилення від рецепту того чи іншого компонента істотно впливає на якість і собівартість кормових сумішей. Однак, в технологічних лініях кормоцехів частіше за інше застосовується об'ємне дозування, яке не задовольняє зоотехнічним вимогам до процесу дозування. Тому дослідження спрямовані на розробку методів і на їх основі засобів контролю витрати компонентів кормових сумішей у складі системи електрообладнання для технологічних ліній дозування, точність яких забезпечувала б зоотехнічні вимоги, є актуальним завданням.

Розв'язання проблеми. Для компенсації виникаючих в процесі дозування відхилень витрати від заданого значення, розроблена система керування процесом дозування (рис. 1) за допомогою замкнутої системи регулювання. В даній системі передбачений електропривод, який забезпечує плавне регулювання швидкості барабана дозуючого пристрою. Така система керування дозволяє в широкому діапазоні змінювати коефіцієнт передачі, що дає можливість при її використанні дозувати компоненти кормових сумішей, які мають різноманітні фізико-механічні властивості.

Висновок. Застосування запропонованої системи дозволило забезпечити дозування компонентів кормових сумішей з похибкою, яка не перевищує $\pm 3\%$, що свідчить про високу якість роботи електроакустичної системи дозування.

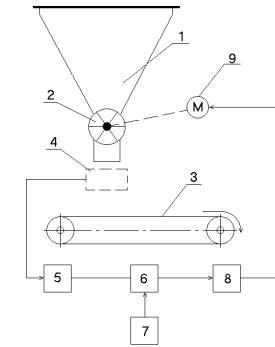


Рисунок 1 – Структурна схема електроакустичної системи дозування:
1 - бункер; 2 - барабаний дозатор; 3 - транспортер; 4 - акустична вимірювальна камера; 5 - підсилювач; 6 - лічильник кількості матеріалу; 7 - задавальний блок;
8 - блок керування електродвигуном; 9 - електродвигун

УДК 656.7.086

НЕЧІТКА ОЦІНКА РІВНЯ СКЛАДНОСТІ ПОЛЬотної СИТУАЦІЇ В ПРОЦЕСІ ТРЕНАЖЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ З ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО РУХУ

Т.Ф. Шмельова, доц., д.т.н.
Національний авіаційний університет
Ю.В. Сікірда, доц., к.т.н., А.В. Землянський, ст. викл., О.М. Даниленко, курсант
Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету

Вступ. Статистичні дані [1–2] показують, що причинність авіаційних подій за останні десятиріччя практично не змінюється: 70-80% аварій і катастроф відбувається через людський фактор і тільки 15-20% – через конструктивно-виробничі недоліки авіаційної техніки. Важливою складовою професійної підготовки авіаційних диспетчерів є тренажерна підготовка [3]. Тренажерна підготовка проводиться на диспетчерських тренажерах і має метою удосконалення технології роботи диспетчерського складу і відпрацювання практичних навичок з обслуговування повітряного руху (ОПР) в стандартних ситуаціях, потенційно-конфліктних ситуаціях (ПКС), в особливих умовах і особливих випадках у польоті. На ефективність тренажерної підготовки впливають якість та кількість вправ, що виконуються, об'єктивність оцінювання виконання вправ тощо.

Відповідно до рекомендацій Євроконтролю та з метою оптимізації ефективності тренажерної підготовки, теоретичне і практичне навчання поєднується з самого початку процесу підготовки за допомогою системи передтренажерного навчання. Процес навчання розпочинається із здобуття курсантами/слухачами навичок (SA – Skill Acquisition), потім практикується виконання часткових завдань (PTP – Part-Task Practice) та продовжується тренажерною підготовкою [4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Існуючі системи тренажерної підготовки авіадиспетчера, які характеризуються низьким рівнем об'єктивного оцінювання виконання вправ [3]. Труднощі пов'язані, насамперед, з розробленням достатньої кількості вправ заданого рівня складності. Збільшення кількості вправ веде до суттєвого росту як кількості інструкторсько-методичного складу і вимог до його

професійного рівня, так і часу на розроблення відповідних вправ заданої складності. Основним критерієм оцінювання якості виконання вправ є безпомилковість [4, 5]. Не менш важливим критерієм оцінювання якості виконання вправ є своєчасність. Врахувати як безпомилковість, так і своєчасність виконання вправ можна за допомогою використання штучних нейронних мереж. Для побудови нейромережевої моделі оцінювання своєчасності та безпомилковості прийняття рішень авіадиспетчером у разі виникнення ПКС необхідно отримати кількісні значення рівня складності ситуації, що пропонується для розв'язання курсанту/слухачу при виконанні вправ в процесі тренажерної підготовки.

Метою публікації є визначення кількісних показників рівня складності польотної ситуації при розвитку ПКС за допомогою нечіткої логіки, що дозволить автоматизувати оцінювання виконання вправ спеціалістами з ОПР в процесі тренажерної підготовки.

Методи дослідження. Концептуальною моделлю, яка дозволяє визначити зв'язки між безпекою польотів та працездатністю оператора в швидкоплинних складних експлуатаційних умовах, є відома концепція контролю факторів загроз та помилок (КЗП) [6]. Відповідно до концепції КЗП, загрози і помилки є частиною повсякденної діяльності авіації.

Розглянувши концепцію КЗП відповідно до задачі визначення своєчасності прийняття рішень авіадиспетчером при розв'язанні ПКС, було розроблено класифікацію етапів розвитку конфліктної ситуації: 1-й етап - загроза виникнення конфліктної ситуації, 2-й етап - передконфліктна ситуація, 3-й етап - конфліктна ситуація. Для отримання кількісних показників рівня складності ситуації при розвитку ПКС використано метод нечітких множин. Було проведено опитування 30 експертів з числа інструкторів тренажерного центру ОПР Кіровоградської льотної академії Національного авіаційного університету методом Делфі у два тури. Отримані функції належності показали, що загроза виникнення конфліктної ситуації має рівень складності 1-2 одиниці, передконфліктна ситуація – 4 одиниці, конфліктна ситуація – 5 одиниць (табл. 1).

Таблиця 1 – Класифікація розвитку конфліктної ситуації за критерієм своєчасності

| Класифікація за КЗП | Класифікація за своєчасністю | Опис ситуації | Рівень складності ситуації, одиниці |
|---------------------|---|---|-------------------------------------|
| Загроза | Загроза виникнення конфліктної ситуації | Зафіксована ПКС, що вимагає розв'язання | 1-2 |
| Помилка | Передконфліктна ситуація | Парирування ПКС є неможливим або вкрай складним | 4 |
| Небажаний стан | Конфліктна ситуація | Порушення встановлених інтервалів ешелонування, виникла конфліктна ситуація | 5 |

Висновок. За допомогою нечіткої логіки отримано кількісні показники рівня складності польотної ситуації при управлінні повітряним рухом, які будуть використані у нейромережевій моделі оцінювання своєчасності та безпомилковості прийняття рішень курсантами/слухачами – авіадиспетчерами в умовах виникнення ПКС при виконанні ними робочих завдань в процесі тренажерної підготовки.

Список літератури

1. Лейченко С.Д. Человеческий фактор в авиации : монография в 2-х кн. / С.Д. Лейченко, А.В. Малышевский, Н.Ф. Михайлик. – Кн. 1. – Кировоград : ИМЕКС, 2006. – 512 с.

2. Global Aviation Safety Study : A review of 60 years of improvement in aviation safety. – USA : Allianz Global Corporate & Specialty ; EMBRY-RIDDLE Aeronautical University, 2014. – 63 p.
3. ATM Services' Personnel : ESARR 5. – 2 ed. – European Organisation For The Safety Of Air Navigation, 2002. – 24 p.
4. EATM Training Progression and Concepts. – European Organisation For The Safety Of Air Navigation, 2004. – 56 p.
5. Правила видачі свідоцтв авіаційному персоналу в Україні : наказ Мінітрансу від 07.12.1998 р. № 486, зі змінами, внесеними наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 24.09.2007 р. №842. – К. : Міністерство транспорту та зв'язку України, 2007. – 72 с.
6. Контроль факторів угрозы и ошибок (КУО) при управлении воздушным движением / Сг. ICAO 314 – AN / 178. – Канада, Монреаль : ICAO, 2008. – 34 с.

УДК 531.76

СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ НА БАЗЕ MAX 21105

О.М. Сапегин, ассистент
Д.В. Бугаёв, студент
НТУУ «КПИ»

Микромеханические инерциальные датчики на базе MEMS технологий в последние годы становятся объектом все более пристального внимания как со стороны разработчиков инерциальных измерителей, так и со стороны потребителей этой продукции. Привлекательными качествами этих приборов, определившими их уникально быстрое развитие, являются чрезвычайно низкая стоимость, высокая надежность и предельно малые габариты, что достигается преимущественно за счет использования групповых технологий микроэлектроники, адаптированных к изготовлению микромеханических устройств. Чрезвычайно важным является и практически полная совместимость механической части приборов и сервисной электроники.

Как правило в качестве датчика угловой скорости недорогих систем ориентации применяется микромеханические гироскопы (ММГ). Микромеханический гироскоп предназначен для измерения угловой скорости и представляет собой интегрированное устройство с размерами в несколько миллиметров, состоящее из механического чувствительного элемента (ЧЭ) и электронных систем управления.

Известно большое количество разнообразных схем ММГ. Общим конструктивным признаком ММГ — вибрационных датчиков угловой скорости, является использование в них различных по конфигурации двухстепенных упругих подвесов чувствительного элемента (ЧЭ). Принцип работы ММГ заключается в создании относительно корпуса знакопеременного поступательного либо вращательного движения ЧЭ по одной из степеней свободы и измерения перемещений по другой степени свободы, возникающих под действием кориолисовых сил или гироскопических моментов при наличии переносной угловой скорости корпуса.

Вместе с преимуществами цены, габаритов и надежности, необходимо отметить, что точность микромеханических датчиком пока не может в полной мере удовлетворить всех потребностей. Исходя из этого, использование только микромеханических датчиков не всегда возможно. Как правило синтезируются комплексные системы в состав которых входят блок инерциальных MEMS датчиков и приёмник сигнала GNSS. Вместе с тем есть целый ряд задач, где использования спутниковых систем невозможен, поэтому уменьшение инструментальных и методических погрешностей систем ориентации на базе MEMS приобретает всё большее значение.

Исследованию подвергалась микромеханический инерциальный модуль MAX21105 (рис. 1).

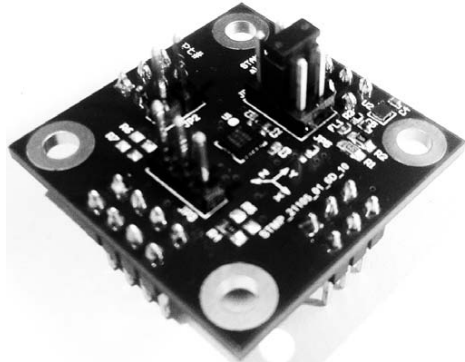


Рисунок 1 – Микромеханический инерциальный модуль MAX21105

Данная система является разработкой Maxim Integrated Products Inc. Система MAX 21105 – это монолитный 3-осевой гироскоп и 3-осевой акселерометр, объединенные в инерциальный измерительный блок (ИИБ), что обеспечивает высокую точность и стабильность при перепадах температуры и выдержки времени. Система MAX21105 является одной из самых точных в отрасли среди шести степенных инерциальных измерительных блоков, способных работать при напряжениях питания ниже 1,71V. Применяется в качестве системы ориентации в беспилотных аппаратах, игрушечных вертолетах, телефонах и планшетах, в игровых устройствах, движущихся объектах, пультах дистанционного управления, и других потребительских устройствах. В частности, для системы MAX21105 характерны низкий уровень ошибки дрейфа нуля гироскопов, низкий и линейный уровень температурного дрейфа нуля гироскопов и низкую задержку по фазе что делает MAX21105 подходящим идеально для задач стабилизации и создания беспилотных дронов. MAX21105 имеет размеры 3мм – 3мм – 0.83мм и может работать в диапазоне температур от -40° до +85°.

В ходе изучения MAX21105 была проведена его калибровка и исследование ошибок при помощи вариаций Алана. Для проведения работ был создан специальный корпус, крепящийся к оптической делительной головке. Калибровка проводилась методом тестовых поворотов. Для проведения процедуры вариаций Алана была создана специальная программа в среде MATLAB. Данные снимались с датчика на протяжении 10 часов.

В целом результаты исследований показали, что характеристики MAX21105 соответствуют заявленным производителем. Устройство имеет крайне низкий дрейф нуля, шум квантования и случайный уход гироскопов.

По результатам исследований было принято решение о создании на базе MAX21105 системы ориентации, которую можно будет использовать для решения учебных и научных задач.

Список литературы:

1. O. J. Woodman, "An introduction to inertial navigation," UCAM-CL-TR-696, Computer Laboratory, University of Cambridge: Cambridge, UK, 2007.
2. M. Marinov, Zh. Petrov "Allan variance analysis on error characters of low-cost MEMS accelerometer MMA8451Q", International conference of scientific paper AFASES 2014. Brasov, 22-24 May 2014.
3. Sabatini R., Rodriguez L., Kaharkar A., Bartel C., Shaid T., GNSS Data Processing for Attitude Determination and Control of Unmanned Aerial Vehicles, Proceedings of the European Navigation Conference 2012, Gdansk 2012.

УДК 629.07

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОБЛІКУ ПОВІТРЯНОГО РУХУ ТА РОЗРАХУНКУ АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ ЗБОРІВ

В.А. Лісовський

Національний авіаційний університет, Київ

Вступ. Авіаційна промисловість займає одне з важливих місць серед інших галузей економіки. Основними джерелами фінансування галузі є:

1. Маршрутні збори. Збори і платежі, що стягуються за надання аеронавігаційного обслуговування (АНО) на маршруті.

2. Збори за диспетчерське обслуговування та аеродромне диспетчерське обслуговування. Збори і платежі, що стягуються за надане диспетчерське обслуговування підходу і аеродромне диспетчерське обслуговування.

3. Виплати аеропортів за надане аеронавігаційне обслуговування. Платежі, що стягуються з аеропортів за надане аеронавігаційне обслуговування – аеропортовий збір.

Міністерством інфраструктури України на державному рівні затвердженні ставки плати з аеронавігаційних (АНЗ) та аеропортових зборів. Розмір одиничних ставок плати за послуги з аеронавігаційного обслуговування польотів повітряних суден (на маршруті, на підході та в районі аеродрому) встановлюється однаковим для всіх користувачів повітряного простору України і визначається відповідно до законодавства України, стандартів та рекомендованої практики Міжнародної організації цивільної авіації і документів ЄВРОКОНТРОЛЮ. Забезпеченням аеронавігаційного обслуговування у повітряному просторі України та у повітряному просторі над відкритим морем, де відповідальність за обслуговування повітряного руху міжнародними договорами покладена на Україну, займається державне підприємство обслуговування повітряного руху України (Укранерорух).

Постановка проблеми. Процеси обліку повітряного руху (ПР) та розрахунку АНЗ досить складні, багатетапні та тісно пов'язані один з одним. Розрахунок АНЗ та виставлення рахунків користувачам повітряного простору (ПП) України за попередній місяць, відбувається на початку кожного нового місяця протягом 7 робочих днів. В процесі задіяні такі відділи Укранероруху як: відділ обліку ПР та роботи з користувачами ПП (ОПРРКПП), відділ фінансів, відділ бухгалтерського обліку (ВБО) та загальний відділ (ЗВ). Певні функції процесу виставлення рахунків повторюються в різних відділах і виконуються вручну, що не є ефективним і створює додаткове навантаження на персонал, доцільним є створення додаткового програмного забезпечення до вже існуючого в відділі ОПРРКПП, що дасть можливість автоматизувати процеси, тим самим спростити і зменшити період часу необхідний для їх виконання.

Розв'язання проблеми. На даний момент процес обліку ПР та виставлення рахунків зображений на рис. 1. Додаткове програмне забезпечення до встановленої в відділі ОПРРКПП автоматизованої системи "Аеронавігаційні Збори (АС-АНЗ) має вигляд модулю, який автоматично після завершення етапу формування рахунків-фактур відправляє сформовані рахунки-фактури користувачам ПП на електронні адреси, які вже є в базі і внесені в карточки кожного користувача ПП. Процес обліку ПР та виставлення рахунків значно спрощується, зменшується навантаження на відділ фінансів, ВБО та ЗВ. Користувачі повітряного простору завдяки інтернету відразу отримують сформовані рахунки-фактури.

ШЛЯХИ СКОРОЧЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

І.А. Березюк, доц., к.т.н.,
К.А. Недопокін, магістрант
Кіровоградський національний технічний університет

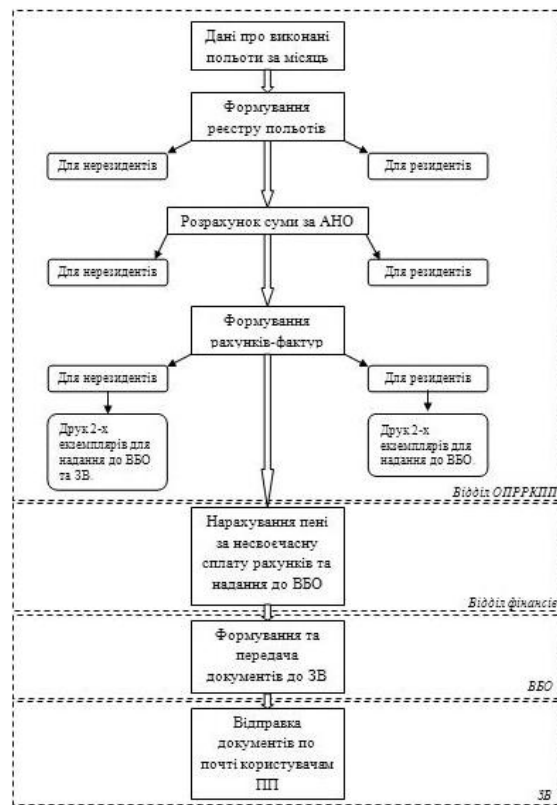


Рисунок 1 – Схема процесу обліку ПР та виставлення рахунків

Висновок. Встановлення додаткового модулю до АС-АНЗ оптимізує та значно спрощує процес обліку ПР та виставлення рахунків користувачам ПП. Зменшується навантаження на суміжні відділи раніше задіяні в даному процесі, зменшуються витрати пов'язані з роздрукуванням рахунків-фактур, відпадає необхідність витратити кошти на відправку документів по пошті, в разі збільшується швидкість отримання користувачами ПП рахунків завдяки мережі інтернет, а отже зменшується вірогідність несвочасної оплати рахунків користувачами і неотримання їх взагалі по різним причинам при традиційною доставці поштою.

На території України сформувався потужний лісопромисловий комплекс, провідне місце в якому посідає деревообробна галузь. За останні роки промислові підприємства галузі забезпечують стабільне нарощування обсягів виробництва понад 20% щорічно. Позитивні тенденції збережено і у 2015 році.

Важливе місце в структурі деревообробної промисловості займає лісопилне виробництво. Пиломатеріали, як відомо, є основною продукцією лісопилного виробництва та сировиною для деревопереробної промисловості. Вони користуються стійким попитом на внутрішньому та зовнішньому ринку.

В умовах підвищення тарифів на електроенергію особливо актуальні роботи направлені на зниження енергоемності продукції деревообробного підприємства, оскільки на даний час частка енергетичних затрат в структурі собівартості складає 20 – 30%.

Забезпечити конкурентоспроможність вітчизняних пиломатеріалів можна тільки зниженням їхньої собівартості та підвищенням якості. Одним із можливих шляхів вирішення такої задачі є створення високоефективних автоматизованих систем керування обробкою на стрічкопилкових верстатах, які дозволяють отримати необхідну якість обробленої поверхні при мінімальних витратах енергії, сировини та праці.

В сучасних автоматизованих системах керування обробкою на верстатах використовується технологічний зворотній зв'язок для підтримання одного або декількох параметрів різання на заданому рівні. В таких системах вимірюють обраний силовий параметр (потужність, силу, обертовий момент) та шляхом впливу на привод подачі домагаються його стабілізації. При обробці на стрічкопилкових верстатах, як правило, застосовують технологічний зворотній зв'язок за потужністю різання. В умовах значної зміни фізико-механічних властивостей деревини, ріжучої здатності інструменту та стану технологічного обладнання точність підтримання заданого режиму різання та енерговитрати на отримання пиломатеріалів визначаються з одного боку структурою та параметрами системи керування обробкою, а з іншого - динамікою збурень, які виникають під час обробки.

Особливістю підходів до побудови систем керування обробкою, що пропонуються сьогодні, є те, що, зазвичай, задаються структурою моделі об'єкта управління (системи деревообробний верстат-процес різання - ДВПР) та регулятора, а визначають лише їх параметри. В більшості випадків в моделі об'єкта управління не враховується динаміка реальних збурень, які діють в процесі обробки в умовах виробництва. Це не дозволяє забезпечити найвищу якість та ефективність керування.

Досягнення заданої якості обробленої поверхні деревини з мінімальними енергетичними затратами можливе за рахунок розробки та впровадження нових принципів автоматизації процесу керування обробкою на стрічкопилковому верстаті.

Запропонований авторами підхід до синтезу автоматизованої системи керування обробкою деревини на стрічкопилковому верстаті відрізняється тим, що вихідними даними є передаточна функція системи ДВПР та дробово-раціональна спектральна щільність діючого збурення отримані в результаті натурних випробувань в умовах

виробництва при обробці деревини з різними фізико-механічними властивостями ріжучим інструментом з різним ступенем загострення.

Використання запропонованої технології дозволило:

– визначити передаточну функцію ДВПР (1):

$$W_{\text{ДВПР}}(s) = \frac{M(s)}{P(s)} = \frac{k(T_{1\text{ДВПР}}^2 s^2 + 2\zeta_{1\text{ДВПР}} T_{1\text{ДВПР}} s + 1)(T_{2\text{ДВПР}}^2 s^2 + 2\zeta_{2\text{ДВПР}} T_{2\text{ДВПР}} s + 1)}{(T_{3\text{ДВПР}}^2 s^2 + 2\zeta_{3\text{ДВПР}} T_{3\text{ДВПР}} s + 1)(T_{4\text{ДВПР}}^2 s^2 + 2\zeta_{4\text{ДВПР}} T_{4\text{ДВПР}} s + 1)}, \quad (1)$$

і оцінити спектральну щільність збурення (2):

$$S_{\text{фрф}} = \left| \frac{\sigma_m (T_{1\text{фрф}}^2 s^2 + 2\zeta_{1\text{фрф}} T_{1\text{фрф}} s + 1)(T_{2\text{фрф}}^2 s^2 + 2\zeta_{2\text{фрф}} T_{2\text{фрф}} s + 1)}{(T_{3\text{фрф}}^2 s^2 + 2\zeta_{3\text{фрф}} T_{3\text{фрф}} s + 1)P(s)} \right|^2; \quad (2)$$

Встановити, що при зміні фізико-механічних властивостей деревини і стану ріжучого інструменту структура передаточної функції і спектральної щільності не змінюється, а змінюються тільки параметри

– отримати структуру та параметри оптимального регулятора (3), який забезпечує задану якість оброблюваної поверхні з мінімальними енергетичними витратами:

$$W_{\text{рег}} = \frac{k(T_1^2 s^2 + 2\zeta_1 T_1 s + 1)}{(T_2^2 s^2 + 2\zeta_2 T_2 s + 1)}, \quad (3)$$

Господарські випробування проведені в умовах виробництва на базі стрічкопилкового верстата показали, що включення оптимального регулятора до складу системи керування обробкою деревини дозволяє у порівнянні зі штатною системою керування скоротити на 12% енергетичні витрати.

Список літератури

1. Вольинский В. Н. Первичная обработка пиломатериалов на лесопильных предприятиях / Вольинский В.Н., Пластинин С.Н. – М.: Ризд-пресс, 2005. – 397 с.
2. Автоматизация типовых технологических процессов и установок: [учебник для вузов] / [Корытин А.М., Петров Н.К., Радимов С.Н., Шапарев Н.К.]. – [2-изд., перераб. и доп.]. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 432с.
3. Струтинский В.Б. Математичне моделювання металорізальних верстатів: [монографія] / Струтинський В.Б., Мельничук П.П. – Житомир: ЖГТІ, 2002 – 570 с.
4. Азарсков В.Н. Методология конструирования оптимальных систем стохастической стабилизации: [монография] / Азарсков В.Н., Блохин Л.Н., Житецкий Л.С.; под ред. Л.Н. Блохина. – К.: Книжное изд-во НАУ, 2006. – 400 с.
5. Ньютон Дж. К. Теория линейных следящих систем/ Ньютон Дж. К., Гулд Л.А., Кайзер Дж. Ф.; пер. с англ. Ю.П. Леонова, С.Я. Раевского; под ред. А.М. Летова – М.: Наука, 1961. – 407 с.
6. Осадчий С.І. Динаміка системи «деревобробний верстат-процес різання в реальних експлуатаційних умовах» / С.І. Осадчий, І.А. Шаповалова // Вісник Хмельницького національного технічного університету. - 2007. - №3. - Т.1. – С. 26-29.
7. Осадчий С.І. Підвищення енергетичної ефективності обробки деревини за рахунок оптимального управління приводом подачі / С.І. Осадчий, В.Ф. Гамалій, І.А. Шаповалова // Збірник наукових праць КНТУ. - 2008 - Вип. 20 - С. 220 – 226.

УДК 681.5.08

ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ТА СКЛАДУ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ РІДИН ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА В МАГНІТНОМУ ПОЛІ

В.В. Войтюк, к.т.н.

Кіровоградський національний технічний університет

З дорожчанням енергоносіїв все більше уваги приділяється їх обліку та якості, що відкриває нові напрямки розвитку засобів вимірювання кількості та складу речовин. Подібні пристрої дають змогу визначати кількість та якість енергоносія в потоці і як наслідок визначати ціну на нього виходячи з отриманих даних. Крім ціни може бути визначена величина шкоди, яка буде завдана навколишньому середовищу та енергоперетворюючим агрегатам після використання даного енергоносія. Тому побудова системи яка б визначала не тільки кількість або витрату енергоносіїв, але і їх склад в динаміці є актуальною задачею на даний час.

Деякі способи вимірювання витрати мають потенціальну можливість одночасно вимірювати склад вимірюваної речовини. Одним з таких способів є електрохімічний, в якому існує можливість визначення складу рідких електропровідних речовин за рахунок додавання до електрохімічної комірки електромагнітного поля з допомогою якого стає можливим керування надходженням до електродів заряджених часток (іонів) різного заряду і маси. Обґрунтування використання такого способу для побудови системи вимірювання кількості та складу рідких енергоносіїв в потоці є основною задачею даного доклада.

Основним елементом електрохімічного пристрою для вимірювання витрати є електрохімічна комірка в якій іони за допомогою дифузії і конвекції доставляються до електродів при цьому на іон діє електричне поле яке притягує іон відповідного знаку до електрода. Кількість іонів біля електрода впливає на електричний струм комірки і залежить як від прикладеної напруги так і від швидкості потоку рідини.

При розташуванні в зоні електродів магнітного поля з'являється можливість змінити траєкторію проходження іону і притягнути або відштовхнути іон від електрода. Від величини напруженості магнітного поля, його направленості, величини заряду і маси іонів буде залежати траєкторія проходження заряджених часток і як наслідок кількість їх потрапляння до електрода тобто струм. Тому змінюючи величину напруженості магнітного поля і фіксуючи зміну струму можливо з великою долею вірогідності сказати скільки іонів того чи іншого типу є у рідині а значить визначати її склад.

Таким чином поєднання магнітного поля керованої напруженості і направленості та електрохімічного перетворювача швидкості рідини (електрохімічної комірки) в одній системі, дозволяє вирішити задачу побудови пристрою визначення витрати та складу електропровідних рідин в потоці.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦУКЕРОК

**О.П. Голик, доц., к.т.н.,
Т.О. Масловська, магістрант**

Кіровоградський національний технічний університет

У цей час кондитерське виробництво є однією з перспективних галузей, що визначають економічний розвиток України. Це пояснюється тим, що кондитерські виробництва є висококалорійним, енергетично коштовним харчовим продуктом, що користується високим попитом у населення. Конкуренція на ринку кондитерської продукції висуває високі вимоги до об'єктивного аналізу й експертної оцінки вибору асортиментів і якості продукції, що випускається.

Конкурентоспроможність кондитерської продукції у великому ступені залежить від рівня автоматизації технологічних процесів, що враховує традиції й накопичений досвід фахівців кондитерів, що розробляють рецептуру. Автоматизована система керування технологічним процесом повинна бути реалізована на основі відповідних методів адаптації з інтелектуальним наповненням знаннями й може називатися системою керування на основі експертних оцінок.

Питанням розробки автоматизованих систем керування кондитерськими технологічними процесами присвячений ряд наукових праць і публікацій. Разом з тим, у проведених роботах недостатньо розглянуті можливості інтелектуалізації керування й дослідження ТП, а також можливості гнучкого взаємозв'язку паралельних технологічних процесів у комплексі загального керування випуском продукції з урахуванням формалізованих знань експертів-кондитерів.

Необхідність та ефективність автоматизації виробництва визначаються потребами управління ним, що дає можливість досягти високих техніко-економічних показників за рахунок зменшення втрат кінцевого продукту, витрат сировини, палива, енергії. Ефективні автоматичні та автоматизовані системи управління різного рівня дають можливість не лише забезпечувати підтримку окремих технологічних параметрів на заданому рівні, а й здійснювати оперативне управління з визначенням оптимальних технологічних режимів роботи як окремих об'єктів, так і технологічних комплексів.

В виробництві цукерок, цукеркові маси являють собою складні високодисперсні структуровані системи. Багатокомпонентність систем обумовлює складний характер технологічних процесів виробництва. Відповідно до цього й їх технічний рівень виробництва досить різний, починаючи від висококомеханізованого виробництва, наприклад горіхових (пралинових) цукерок, закінчуючи ручним, наприклад глазуrowаних фруктів та ягід. Однією з основних проблем в сучасному виробництві цукерок є підвищення його ефективності. Ця проблема може бути вирішена на основі створення та впровадження прогресивної технології та високоефективної техніки, нових машин та апаратів, а також удосконалення існуючих. На сучасному рівні розвитку технології та техніки ставиться задача максимальної оптимізації та продуктивності процесів, вирішення якої повинно забезпечити максимальний технологічний ефект при мінімальних витратах.

Можливість автоматизації кондитерського виробництва дозволяє значно знизити собівартість і скоротити кількість зайнятого персоналу. Якщо ще кілька років тому назад попит на устаткування з підвищеним ступенем автоматизації складав менш половини від усіх промислових ліній, що встановлювалися, і розробки комп'ютерного і

програмного забезпечення були на рівні досвідчених зразків, то в даний час бурхливий розвиток інформатики гарантує максимальну надійність комп'ютерних систем. До систем автоматизації керування виготовленням пралинових цукерок висуваються наступні вимоги:

- автоматичне керування всім процесом;
- автоматичне керування електродвигунами й іншими пристроями;
- підтримка інтерактивного режиму при відображенні аварійних сигналів і допомога при пошуку несправності за допомогою зручного графічного інтерфейсу і пояснень;
- відображення на екрані дисплея графіків зміни різних параметрів у режимі реального часу і запис у пам'ять всіх змін у часі для наступного аналізу;
- керування програмами техобслуговування на різні терміни;
- автодіагностика системи керування;
- нагромадження статистичних даних по частоті спрацьовування різних аварійних сигналів для виявлення критичних крапок устаткування;
- підказки в режимі "on-line" для навчання навичкам використання системи керування лінією, корисні в першу чергу для нових користувачів у перший період роботи з устаткуванням;
- розрахунок споживання устаткуванням енергоресурсів.

Найбільш доцільний шлях оптимізації процесів виробництва цукерок полягає в тому, щоб вивчити механізм таких процесів з позиції сучасного стану науки і техніки – від початку змішування вихідних компонентів до завершальної фази виробництва – формування корпусів цукерок з метою управління появи структури, що забезпечує високу якість виробів.

Список літератури

1. Драгилев А.И., Лурье И.С. Технология кондитерских изделий. – М.: ДеЛиПринт, 2001. – 284 с.
2. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах та задачах/А.Л. Товажилінський. : К.: Вища школа, 2005.- 343с.
3. Драгилев А.И., Сезанев Я.М. Оборудование для производства сахарных кондитерских изделий: Учеб. для нач. проф. образования. – М.: ИРПО; Изд. центр «Академия», 2000. – 272 с.

УДК 681.51

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ НЕПЕРЕРВНО-ПОСЛІДОВНОМУ ІНДУКЦІЙНОМУ НАПЛАВЛЕННІ

**В.М. Каліч, проф., к.т.н.,
О.К. Дідик, доц., к.т.н.,**

В.А. Бісюк, викл.

Кіровоградський національний технічний університет

Високі темпи розвитку та впровадження процесів нанесення зм'ягчувальних композиційних покриттів (КП) у багатьох галузях виробництва визначаються тими широкими можливостями, які відкриваються з їх використанням при вирішенні задач, пов'язаних з підвищенням якості виробів та деталей сільськогосподарських машин; з подальшим ростом продуктивності праці; з економією матеріальних та енергетичних ресурсів. Найбільше впливає на ці темпи зростання вимог сучасного виробництва до

експлуатаційних характеристик матеріалів та виробів, отримання яких без індукційного наплавлення (ІН) зміцнювальних КП не можливе, або економічно недоцільне.

Процес індукційного нагрівання металів і наплавлення КП є відносно новим способом зміцнення робочих поверхонь деталей, він широко використовується у виробничих умовах, найчастіше для зміцнення та відновлення відповідальних деталей СГТ [1,2]. Існує ряд технологічних особливостей використання процесу ІН, які пов'язані з обмеженням енерговнеску в поверхню деталі. Проблема в тім, що для забезпечення одночасного індукційного нагрівання поверхні великих розмірів потрібне використання надпотужних генераторів і витрати електроенергії роблять використання ІН економічно недоцільним, крім того нерівномірний розподіл температурного поля приводить до термічних деформацій основи деталі і появи різного роду дефектів КП.

Щоб запобігти цим недолікам було запропоновано процес неперервно-послідовного індукційного наплавлення. Як технологічний процес це досить складна система взаємозалежних параметрів, для якої аналітичний опис залежностей на даний час не визначений, до того ж нелінійний характер зміни магнітної проникності металів при нагріванні вище точки Кюрі (750-800 С⁰) обумовлюють складність автоматизації процесу. Але поява нових мікропроцесорних пристроїв, розробка і впровадження нового програмного та інформаційного забезпечення в системи керування дозволяють задовольнити нові вимоги до автоматизації процесів.

Отримання готових виробів високої якості знаходиться в прямій залежності від точності дотримання заданих параметрів технологічного процесу індукційного нагрівання. Одним з параметрів, який характеризує кількісну та якісну сторону процесу нагрівання деталей і нанесення КП, перед їх подальшою обробкою є температурне поле виробу. Розподіл температурного поля в поверхневих шарах деталей, ступінь їх нагрівання визначається з одного боку енергетичними та конструктивними параметрами нагрівального обладнання, а також алгоритмом керування електротермічною установкою і пристроєм для переміщення деталі в полі індуктора, з іншого – великою кількістю зовнішніх факторів, які відхиляють температурне поле від потрібних значень.

Для контролю за розподілом температурного поля пропонується використовувати не тільки керування напругою і частотою струму на індукторі, але й швидкістю переміщення деталі в зоні наплавлення [3]. При цьому досягається можливість поступово нарощувати потужність енерговнеску в зоні нагрівання навіть при сталому режимі роботи генератора; більш рівномірний розподіл температури на поверхні деталі; можливість додаткового нагрівання, якщо на виході з індуктора температура обробленої ділянки недостатня для якісного наплавлення.

В загальному випадку для процесу індукційного наплавлення в ряді робіт [4,5] пропонується знайти такий керуючий вплив, стиснутий обмеженнями енергетичного і технологічного характеру, який забезпечив би перехід із початкового стану в необхідний кінцевий стан із заданою точністю за мінімальний час, тобто надав би мінімуму функціоналу:

$$J = \int_0^{\tau} l dt, J \rightarrow \min, \quad (1)$$

де J – швидкість нагрівання, l – довжина поверхні виробу, що підлягає нагріванню, t – тривалість нагрівання.

Для визначення алгоритму роботи нагрівальної установки, що забезпечує мінімальне відхилення температурного поля металу від заданого в умовах енергетичних і технологічних обмежень необхідно досягнути мінімізації функціонала виду

$$J = \int_0^L [\theta(l, t) - Q_{зад.}]^2 dl, \quad (2)$$

де θ – температура деталі, $Q_{зад.}$ – задана потужність, L – довжина нагрівача (рамки індуктора).

Математична модель процесу нагрівання може бути представлена рівнянням:

$$b \frac{d\theta}{dt} + b v \frac{d\theta}{dx} + \theta = P(t), \quad (3)$$

де $\theta(x, t)$ – температура тіла, що нагрівається, x – координата довжини нагрівача; b – стала величина, $P(t)$ – потужність витрачена на нагрівання; v – швидкість переміщення деталі; t – тривалість процесу.

Тоді задача оптимального керування зводиться до мінімізації функціонала

$$J = \int_0^L [\theta^*(l, t) - Q_{зад.}(L)]^2 dt \quad (4)$$

Автоматична система, яка забезпечить оптимальне керування такими параметрами процесу послідовно-неперервного індукційного наплавлення, як швидкістю переміщення деталі, напругою та частотою струму на індукторі дозволить розраховувати оптимальні тривалість і температуру нагрівання, поверхня деталі буде прогріватися рівномірно і відповідно без значних термічних деформацій, забезпечить достатньо високу якість покриття і зменшити енерговитрати.

Список літератури

1. Ткачєв В.Н.// Индукционная наплавка / В.Н. Ткачєв, Б.М. Фиштейн, Н.В. Казинцев, Д.А. Алдырев. — М.: Машиностроение, 1970.
2. Боль А.А.//Повышение качества индукционной наплавки путем оптимизации и автоматизации нагрева / А.А. Боль, В.П. Тимошенко, В.Н. Коваль.– Изв. СО АН СССР. сер. Технические науки, вып. 1, 1989, С. 85-90.
3. Бісюк В.А.// Автоматичне керування неперервно-послідовним індукційним наплавленням/ Бісюк В.А., Дідик О.К., Збірник наукових праць КНТУ - Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/– вип. 28. – Кіровоград: КНТУ, 2015, С. 250-255.
4. Данилушкин А.И., //Оптимальное управление нелинейным процессом нагрева подвижного объекта/ Данилушкин А.И., Руднев В.И. Межвуз. сб. «Алгоритмизация и автоматизация технологических процессов и промышленных установок», Куйбишев, вып.10, 1978 - С. 65-73.
5. Гживачевский М. С.// Математическое моделирование оптимального управления процессом индукционного нагрева/ Гживачевский М. С. Автореф. дис., Москва 1991.

УДК 681.51

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ МАСИ РУХОМОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ

О.К. Дідик, к.т.н., доц.,
Д.А. Вернигора, магістрант

Кіровоградський національний технічний університет

Вантажний потік в умовах швидкого економічного розвитку незмінно зростає, що вимагає удосконалювання методів і засобів виміру маси, здатних найбільш оперативну і точно збирати інформацію про перевезення, утворити єдину інформаційну мережу, що відображає тенденцію збільшення чи зменшення вантажопотоку в тій чи іншій області країни, а також безпосереднього контролю маси поточного перевезення.

Динамічний розвиток автоматизованих систем управління та прогресивних інформаційних технологій у напрямку створення інтелектуальних засобів обробки інформації, зокрема, таких як методи побудови інформаційних моделей процесу, що

автоматизується, обумовлює їх активне впровадження на всіх стадіях розробки й удосконалення автоматизованих систем вимірювання маси.

Одним з шляхів підвищення точності є розробка нових та удосконалення існуючих методів обробки інформації з тензодатчиків. Проведений аналіз методів показав, що при вимірюванні із швидкістю до 40 км/год найкращий результат досягається методом регресійного аналізу з апроксимацією узагальненим поліномом. Тому була поставлена задача розробки інформаційної моделі процесу зважування для реалізації даного методу.

Була розроблена об'єктно-орієнтована модель вимірюваного сигналу, який містить постійну складову, що відповідає масі вантажу, суму періодичних складових завади та суму неперіодичних складових. Для виділення постійної складової сигналу був застосований метод заданого діапазону частот. В основі цього методу лежить метод апроксимації узагальненим поліномом методом найменших квадратів. Крім цього для відшукування інформативного параметру сигналу використовується послідовний перебір частот з заданого діапазону. Моделювання роботи даного методу показало результат, що задовольняє поставленим вимогам по точності. Для зменшення впливу високочастотних синусоїдальних коливань та випадкових шумів була використана попередня обробка сигналу методами вагової функції та воріт

Для практичної реалізації даної системи був розроблений алгоритм функціонування системи, що реалізується на ЕОМ та принципова схема аналогової частини системи, яка виконує підсилення, оцифровку та передачу інформації з тензодатчиків на ЕОМ.

Список літератури

1. Весы, весовые дозаторы, системы взвешивания и дозирования: Справочник. В 2 кн. Кн. 1 / В.А. Орлов, Н.Б. Копытчук, В.Ц. Стебновский, В.В. Горелкин / Под ред. Н.П. Никитинского. — Одесса: Астропринт, 2001. — 396 с.
2. Купер Дж., Макгиллем К. Вероятностные методы анализа сигналов и систем: Пер. с англ. — М.: Мир, 1989. — 376 с.
3. Демиденко Е.З. Оптимизация и регрессия. — М.: Наука, 1989. — 295 с.
4. Маригодов В.К. Помехоустойчивая обработка информации. Методы оптимального линейного предсказания и корректирования. — М.: Наука, 1983. — 200 с.
5. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко — СПб.: Питер, 2002. — 608 с.

УДК 681.51

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ВИСОТИ ОЧІСУЮЧОГО ПРИСТРОЮ РИСОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ

**О.К. Дідик, к.т.н., доц.,
А.О. Решетняк, магістрант**

Кіровоградський національний технічний університет

Збирання зернових культур методом очосу рослин на корені сьогодні визнано вітчизняними й закордонними фахівцями як новий і перспективний напрямок розвитку зернозбиральних машин.

У порівнянні із традиційними способами збирання переваги цього методу полягають у тому, що в молотарку комбайна подається лише зернова частина біологічного врожаю у вигляді обчесаного зерносолонистого вороху, що характеризується високим вмістом у ньому зернової фракції (наприклад, при збиранні рису до 85%). Незернова ж частина врожаю, що залишився у вигляді обчесаного стеблестою, скошується й укладається у валок без пропускання її через молотарку.

Ключовим технологічним модулем такого комбайна є очісувачий пристрій (ОП), який робить очіс рослин на корені й забезпечує збір одержуваного при цьому зерносолонистого вороху. Тому від якості його роботи залежить ефективність роботи всього комбайна. До основних агротехнічних показників якості роботи очісувачого пристрою належать втрати зерна і фракційний склад обчесаного вороху, які залежать, головним чином, від глибини занурення даного пристрою в стеблестій. При високих робочих швидкостях руху комбайна ручне керування положенням очісувачого пристрою щодо поверхні стеблестою з високою точністю практично неможливо. Тому виникає необхідність створення системи автоматичного копіювання висоти стеблестою.

Контроль і управління положенням ОП щодо поверхні стеблестою за допомогою такої системи відбувається наступним чином. На вхід слідкуючого електрогідропривода, а саме на золотниковий електрогідророзподільвач, подається відповідний управляючий вплив, який визначається згідно з законом управління у пристрої формування управляючого сигналу на підставі обробки сигналів, що надходять від блоку датчиків висоти стеблестою.

На основі огляду літературних джерел та приведеної функціональної схеми була розроблена структурна схема системи автоматичного копіювання висоти стеблестою. У системі реалізується принцип управління по відхиленню, сутність якого полягає в тому, що керуючий вплив формується тільки при відхиленні керованої величини від заданого її значення. Із цієї причини слідкуючий електрогідропривід САУ, що реалізує необхідний керуючий вплив, охопленний негативним зворотним зв'язком. У якості датчика висоти стеблестою використовується п'єзоелектричний датчик, який реагує на імпульсний механічний вплив з боку суцвіть рослин і визначає відхилення положення очісувачого пристрою від поточного значення висоти стеблестою.

Список літератури

1. Сисолін П.В., Мороз М.М. Експериментальні дослідження процесу обчисування зернових колосових культур обчисуочим пристроєм // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. — Кіровоград, 2000. — С. 256-261.
2. Кольцов А.В. Технологія возделывания риса в Крыму. - Симферополь, 1997. - 132 с.
3. Теория автоматического управления, ч.1. Теория линейных систем автоматического управления. Под ред. А.А. Воронова. — М.: Высш. шк., 1997. — 325 с.

УДК 621.391

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА АВТОМАТИЧНОГО ПРИСТРОЮ КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ ПРИ ВІБРАЦІЙНОМУ ВПЛИВІ

**В.А. Зозуля, доц., к.т.н.,
Р.Ю. Шарий, магістрант**

Кіровоградський національний технічний університет

Бурхливе зростання будівельного виробництва в нашій країні, створення унікальних будівельних конструкцій вимагає значного вдосконалення технологій виробництва будівельних матеріалів і виробів, заснованих на сучасних наукових досягненнях будівельної науки.

Якість залізобетонних конструкцій багато в чому залежить від процесів структуроутворення, що відбуваються в бетоні. Контролюючи процеси структуроутворення можна спостерігати кінетику формування цементного гелю при

різних мінералогічних складах та визначати тривалість ізотермічного прогріву бетону. Мабуть найбільше значення контроль структуроутворення бетону має для визначення моменту часу найбільш ефективного повторного вібраційного впливу на бетонну суміш (так зване повторне переформування). Повторне переформування при впровадженні його у виробництво залізобетонних панелей, що виготовляються в касетних установках, дуже ефективно економічно, оскільки дозволяє на наявних площах без додаткових капіталовкладень в устаткування і збільшення витрати цементу досягти значного підвищення міцності властивостей виробу на першу добу виготовлення. Це, у свою чергу, дає можливість або підвищити міцність панелей (для будівництва будинків підвищеної поверховості), або зменшити витрату цементу на 1 куб. метр бетонної суміші, або збільшити оборотність технологічного обладнання (касетних установок).

Рішення завдання автоматизації технологічного процесу ущільнення бетонної суміші шляхом автоматичного керування напрямком її коливань на віброплощадці з двохвальним небалансним віброзбуджувачем багатоаспектне. Воно пов'язане з оптимізацією конструкції установки, з виявленням основних характеристик віброплощадці з бетони сумішшю у формі, оснащеної двохвальним віброзбуджувачем як об'єкта управління, з дослідженням динамічних властивостей створюваної цифрової САК. Особливість автоматизації технологічної установки - віброплощадки з спрямованими коливаннями - полягає в тому, що спрямовані коливання об'єкта управління можуть бути створені тільки при функціонуванні швидкодіючої системи автоматичної синхронізації швидкості обертання валів двохвального віброзбудника, яка, крім цього, повинна забезпечувати автоматичну зміну їх відносного куткового положення. Ця причинно-наслідковий зв'язок між необхідністю досліджень об'єкта управління та технічною реалізацією системи його автоматичного управління робить особливо актуальним використання обчислювальних моделей для проведення на них експериментальних досліджень багатовимірної об'єкта і цифрової системи автоматичного керування напрямком віброколивань бетонної суміші на віброплощадці. Постановка і проведення обчислювальних експериментів при вирішенні поставленого завдання автоматизації дозволяє істотно скоротити час на дослідження об'єкту і синтезу системи управління.

УДК 621.391

РАЗРАБОТКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ МЯГКОГО ДЕКОДИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ БЛОКОВЫХ КОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УПОРЯДОЧЕННЫХ ПОДМНОЖЕСТВ ПРОВЕРОЧНЫХ УРАВНЕНИЙ

**В.А. Зубенко, доц., к.т.н.
С.И. Осадчий, проф., д.т.н.**

Кировоградский национальный технический университет

Введение. Одним из первоочередных направлений в решении комплекса задач, определенных Концепцией развития связи Украины, является разработка новейших методов и технических средств цифровой обработки сигналов, технологий помехоустойчивой высокоскоростной телепередачи информации. Перспективным направлением в этом смысле являются методы синтеза помехоустойчивых кодов с улучшенными свойствами, вычислительно эффективные алгоритмы их построения и декодирования.

Постановка проблемы. Опыт эксплуатации систем и сетей связи, результаты исследований эффективности применяемых методов помехоустойчивого кодирования показали, что наибольший энергетический выигрыш от кодирования дает использование сверточных кодов и параллельных каскадных кодовых конструкций на их основе (турбо-кодов). Их применение предполагает использование алгоритмов декодирования по максимуму правдоподобия, которые чрезвычайно сложные в практической реализации. В тоже время существующие методы и алгоритмы быстрого декодирования не оптимальны по критерию минимизации вероятности ошибки, применяемая схема с жесткими решениями не позволяет добиться высокой помехоустойчивости передачи дискретных сообщений.

Таким образом, актуальным направлением исследований является разработка (усовершенствование) методов декодирования с мягкими решениями на основе решающих функций, которые, без значительного снижения энергетического выигрыша от кодирования позволили бы существенно снизить сложность практической реализации. Перспективным направлением в этом смысле является формирование упорядоченных подмножеств проверочных уравнений и методов декодирования на их основе.

Решение проблемы. Теоретическое обоснование метода мягкого декодирования с использованием упорядоченных подмножеств проверочных уравнений линейных блочных кодов основывается на комплексном использовании методов алгебраической теории кодирования, теории вероятности и математической статистики. Для решения задачи декодирования проведен анализ известных подходов к построению схем декодирования линейных блочных кодов с мягкими решениями. В результате исследований, формализован процесс декодирования с итеративным обменом полученными мягкими оценками и разработана блок-схема алгоритма мягкого декодирования линейных блочных кодов.

Алгоритм позволяет получить оценку мягкого выхода декодера $L_{DK}(c_j)$, результирующую оценку $L_{FDK}(c_j)$ и символ $c(j)$ после выполнения заданного количества итераций турбо-декодирования каскадной кодовой конструкции, содержащей составленный код. Предложены вычислительные алгоритмы, реализующие ускоренный отбор проверочных уравнений с наиболее достоверными символами и итеративный обмен решениями в схеме турбо-декодера.

Выводы. Таким образом в результате проведенных исследований разработан алгоритм декодирования каскадных кодовых конструкций с итеративным обменом мягких решений, который практически реализует усовершенствованный метод мягкого декодирования. Разработанный алгоритм основан на последовательном выполнении процедур формирования упорядоченных подмножеств проверочных уравнений и оценке логарифмов отношения правдоподобия и позволяет за конечное число шагов реализовать декодирования каскадных кодовых конструкций по критерию минимизации ошибочного приема кодовых символов.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СПІВВІДНОШЕННЯ РУДА/ВОДА НА ВХОДІ КУЛЬОВОГО МЛИНА ОПТИМІЗАЦІЄЮ ВИБОРУ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ

В.О. Кондратець, проф., д.т.н.,

О.М. Сербул, доц., к.т.н.

Кіровоградський національний технічний університет

У збагачувальній галузі для подрібнення руди широко використовують кульові млини, що працюють у замкненому циклі з спіральним класифікатором. Найкращий вихід готового продукту забезпечують кульові млини за умов підтримання певного співвідношення руда/вода в конкретних технологічних ситуаціях. Внаслідок неможливості ефективного ручного регулювання та відсутності автоматичних засобів керування та технічних засобів автоматичної ідентифікації співвідношення руда/вода, цей параметр не підтримується на заданих рівнях, а кульові млини перевитрачають значну частку електричної енергії, куль і футеровки. Тому розв'язання задачі підтримання розрідження пульпи в кульових млинах з циркулюючим навантаженням є актуальним. Для розв'язання даної задачі необхідно здійснити пошук найкращого поєднання точності пристроїв вимірювання параметрів для забезпечення допустимої похибки ідентифікації співвідношення руда/вода.

Співвідношення руда/вода визначається вологовмістом пісків класифікатора K_W , густиною руди δ_p , об'ємною витратою води в пісковий жолоб класифікатора Q_{VBC} , масовою витратою руди Q_p і води $Q_{ам}$ в млин, об'ємною витратою пульпи в пісковому жолобі класифікатора Q_{Vp} . Похибка визначення кожного з цих параметрів впливає на точність ідентифікації співвідношення руда/вода. Встановлено, що параметри K_W , δ_p , Q_{VBC} є незмінними і не впливають на процес ідентифікації, а результат в основному визначається змінними Q_p , $Q_{ам}$ і Q_{Vp} . При цьому виміряти об'ємну витрату пульпи у пісковому жолобі класифікатора з достатньо високою точністю практично не можливо. Найкращі результати можливо отримати, одночасно врахувавши вплив на точність визначення співвідношення руда/вода усіх факторів, застосувавши для розв'язання задачі оптимізації метод динамічного програмування.

Зважаючи на те, що в процесах збагачення похибка інформаційних засобів може бути прийнятою на рівні $\pm 3,0\%$, критерій оптимальності встановимо на рівні $J = \delta_{K(p/e)}$, $\% \leq 3,0\%$, де $\delta_{K(p/e)}$ – відносна похибка ідентифікації співвідношення руда/вода в кульовому млині. Подамо критерій оптимальності у вигляді аналітичного виразу. За базове приймемо співвідношення руда/вода $K_{(p/e)е}$, яке знайдене за виразом математичної моделі ідентифікації при усіх параметрах, що визначені без похибок, тобто

$$K_{(p/e)е} = \frac{A_e \cdot (Q_{Vp} - Q_{VBC}) + Q_p}{Q_{ам} + Q_{ам} + K_W [A_e \cdot (Q_{Vp} - Q_{VBC})]}, \quad (1)$$

де $A_e = \delta_p \delta_e / (\delta_p + k_W \delta_p)$ – сталий коефіцієнт для певної руди; δ_e – густина води.

Індекс "е" означає величину, знайдену без похибки.

При вимірюванні будь-якого з вхідних параметрів будемо вносити похибку. Виміряні з похибкою параметри позначимо Q'_p , $Q'_{ам}$, Q'_{Vp} . При врахуванні параметра, знайденого з похибкою, будемо мати похибку у визначенні співвідношення руда/вода. Позначимо ці параметри стану відповідно через $K_{(p/e)p}$, $K_{(p/e)ам}$, $K_{(p/e)Vp}$. З врахуванням введених позначень вирази для певних параметрів стану приймуть наступний вигляд

$$K_{(p/e)p} = \frac{A_e \cdot (Q'_{Vp} - Q_{VBC}) + Q'_p}{Q_{ам} + Q_{ам} + K_W [A_e \cdot (Q'_{Vp} - Q_{VBC})]}, \quad (2)$$

$$K_{(p/e)ам} = \frac{A_e \cdot (Q_{Vp} - Q_{VBC}) + Q_p}{Q'_{ам} + Q_{ам} + K_W [A_e \cdot (Q_{Vp} - Q_{VBC})]}, \quad (3)$$

$$K_{(p/e)Vp} = \frac{A_e \cdot (Q'_{Vp} - Q_{VBC}) + Q_p}{Q_{ам} + Q_{ам} + K_W [A_e \cdot (Q'_{Vp} - Q_{VBC})]}. \quad (4)$$

Абсолютна похибка визначення співвідношення руда/вода буде дорівнювати

$$\Delta K_{p/e} = [K_{(p/e)е} - K_{(p/e)p}] + [K_{(p/e)е} - K_{(p/e)ам}] + [K_{(p/e)е} - K_{(p/e)Vp}] = 3K_{(p/e)е} - \sum_{i=1}^3 K_{(p/e)i}, \quad (5)$$

Відносна помилка визначення співвідношення руда/вода буде мати наступний вигляд

$$\delta K_{(p/e)е} = \frac{100}{K_{(p/e)е}} \sqrt{[K_{(p/e)е} - K_{(p/e)p}]^2 + [K_{(p/e)е} - K_{(p/e)ам}]^2 + [K_{(p/e)е} - K_{(p/e)Vp}]^2}. \quad (6)$$

Оскільки рівняння (6) враховує окремі складові похибки ідентифікації, то процес можливо розглядати як незалежні три стадії оптимізації, в яких отримують окремі результати в чисельному значенні. Загальний критерій оптимальності буде дорівнювати сумі відповідних показників у кожній стадії, знайдених за виразом (6).

Оптимізація першої стадії зводиться до вибору засобу вимірювання Q_p . Її можливо здійснити з врахуванням конкретного режиму роботи циклу подрібнення вихідної руди. Найбільш імовірним чи типовим можливо рахувати режим роботи при наступних значеннях параметрів: $Q_p = 240$ т/год; $K_{(p/e)з} = 4,3$; $K_W = 0,12$; $\delta_p = 3,3$ т/м³; $\delta_e = 1,0$ т/м³; $Q_{VBC} = 24,3$ т/год; $Q_{ам} = 125\%$ Q_p . При прийнятих значеннях параметрів визначалося $K_{(p/e)p}$. Розрахунки показують, що при збільшенні похибки вимірювання Q_p виникає похибка у визначенні співвідношення руда/вода, але вона менша за величину похибки вимірювання. Базова величина тут буде при похибці вимірювання, що дорівнює нулю. Найкращі результати будуть отримані при максимально зменшеній похибці вимірювання. Конвеєрні ваги можуть забезпечити похибку вимірювання Q_p на рівні 1,0%. Тому приймемо для вимірювання Q_p конвеєрні ваги класу $\pm 1,0$. При цьому критерій оптимальності в першій стадії оптимізації складе $\Delta K_{p/e} = 0,02$.

Оптимізація другої стадії проводиться стосовно вимірювання витрати води в кульовий млин. Розрахунки показують, що при зростанні похибки вимірювання витрати води похибка визначення співвідношення руда/вода також зростає. У даному випадку, як і для визначення витрати руди, зміна $K_{p/e}$ відбувається у меншій мірі порівняно з похибкою вимірювання витрати води. Зміна критерію оптимальності на другій стадії відбувається на $\Delta K_{p/e} = 0,021$ для витратоміра з похибкою вимірювання $\pm 1,0\%$.

Оптимізація третьої стадії стосується вибору витратоміра пульпи у пісковому жолобі. Виконаємо також розрахунки при зміні витрати пульпи у пісковому жолобі класифікатора. Розрахунки показують, що в даному випадку спостерігаються аналогічні встановленим раніше тенденції зміни величини, з тією різницею, що відсутні точні засоби вимірювання витрати пульпи у пісковому жолобі. Витратомір пульпи у пісковому жолобі забезпечує похибку вимірювання, яка не нижче $\pm 3,0\%$. В зв'язку з цим на даній стадії оптимізації критерій оптимальності збільшується на саму значну величину, яка становить $\Delta K_{p/e} = 0,041 \dots 0,068$. Сумарне значення критерію оптимальності складає ще більшу величину. Відносна максимальна помилка визначення співвідношення руда/вода дорівнює 0,0739, або 1,72% порівняно з базовою величиною, що не перевищує його граничне значення $\pm 3,0\%$.

Таким чином, завдяки оптимізації процесу ідентифікації співвідношення руда/вода на вході кульового млина за рахунок найкращого вибору за похибкою існуючих інформаційних засобів вдалося досягти при порівняно низькій точності вимірювання об'ємної витрати пульпи в пісковому жолобі класифікатора достатньо високої точності визначення $K_{p/e}$. Відносна максимальна похибка ідентифікації співвідношення руда/вода складає 1,72%, що не перевищує її граничного значення $\pm 3,0\%$.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ У СПОРУДІ ПРОМИСЛОВОГО ПТАШНИКА

О. М. Криштафор, магістрант,
Р. В. Жесан, доц., к.т.н.

Кіровоградський національний технічний університет

Сільськогосподарська галузь є однією з провідних галузей народного господарства України. Важливу роль в ній відіграє птахівництво.

В останні кілька років птахівництву України доводиться протистояти імпорту більш дешевої продукції з-за кордону. Тому головною задачею вітчизняних товаровиробників в цій галузі має стати зниження її собівартості. Допомогти в цьому має модернізація та автоматизація технологічних процесів у птахівництві.

На кожному етапі технологічного процесу на птахофабриці важливу роль відіграє створення комфортних умов мікроклімату – зокрема з точки зору температури та вологості. До сьогодні забезпечення параметрів мікроклімату намагаються витримувати за допомогою застарілого та енергомісткого обладнання: терморегулятора типу ПТР-3 та схеми керування системою витяжної вентиляції пташника «Клімат-4» [1]. Це обладнання конче потребує модернізації.

Було запропоновано нову структуру системи автоматичного регулювання температурного режиму в птахівницькому приміщенні, яка може додатково регулювати й вологість.

В якості основного елемента системи було обрано мікроконтролер PIC 16C71 [2], бо він використовує 12-тиразрядні слова, що в багатьох випадках дозволяє замість декількох команд використовувати тільки одну. В якості датчика температури було обрано терморезистор ММТ-8. Виконавчі ж механізми – вентилятори та заслінки теплогенератора – залишені старі. Але для них було обгрунтовано і ретельно обраховано нові, більш економічні, релейні елементи та електроприводи.

З метою визначення ефективності САК і надання рекомендацій з її подальшого вдосконалення було прийнято рішення про проведення пасивного експерименту – дослідження температурного режиму у споруді промислового пташника при нормальній роботі існуючої опалювальної установки. Для цього приміщення пташника було поділене на дискретні ділянки квадратної форми із стороною 3 м. В кожній з одержаних ділянок були проведені вимірювання температури поверхонь (стін, кліток та обладнання). Вимірювання проводились за допомогою інфрачервоного термометра «Німбус». Результати цих вимірювань були наглядно представлені у вигляді таблиць та діаграм розподілу температур у приміщенні.

За результатами експерименту була висунута рекомендація щодо зміну системи повітропроводів в пташнику. Доцільним буде використати два повітропроводи. Один з них доставлятиме повітря у дальню частину виробничого приміщення і лише там розсіюватиме. А другий постачатиме нагріте повітря у ближню до теплогенератора частину пташника.

Наявність у САК інерційних та релейних елементів робить її нелінійною. Тому для її дослідження з точки зору теорії автоматичного керування планується застосувати метод гармонійної лінеаризації.

Список літератури

1. Изаков Ф. Я., Быков Н. М., Леонтьев П. И. Механизация и электрификация птицеводства. – М.: Колос, 1982. – 398 с.
2. Коц Д. Измерение, управление и регулирование спомощью PIC-микроконтроллеров. – К.: МК-Пресс, 2007. – 304 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

С.П. Плешков, доц., к.т.н.
Кіровоградський національний технічний університет

В останні роки на Україні у зв'язку із зменшенням невідновлювальних природних енергетичних ресурсів і загостренням паливо - енергетичної кризи, постала проблема енергозбереження, використання відновлювальних джерел енергії та засобів управління технологічними режимами енергоспоживання. Слід зазначити актуальність цього питання для сільськогосподарського виробництва, особливо при використанні, крім централізованого електропостачання, нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії.

Для сільськогосподарського виробництва перспективними є відновлювальні джерела енергії (ВДЕ), такі як енергія вітру, малих рік, сонячна енергія й енергія біомаси. В даний час ВДЕ конкурентоздатні для сільськогосподарського виробництва і дозволяють заощаджувати паливо й електроенергію.

Застосування додаткових джерел енергії в перспективі буде розширятися в зв'язку з науковими досягненнями в технологіях виробництва енергії за допомогою нетрадиційних джерел енергії, і в зв'язку з зменшенням кількості невідновлювальних енергетичних ресурсів. Актуальність проблеми контролю і управління енергоспоживанням є суттєвою для сільськогосподарського виробництва, де є значна нерівномірність споживання електричної і теплової енергії.

Для забезпечення стабільного і надійного електропостачання розроблено електроенергетичну систему з використанням акумуляторів електричної та теплової енергії. Комплексний підхід до використання поновлюваних джерел енергії дає можливість найбільш повно забезпечити сільськогосподарське виробництво електричною і тепловою енергією.

Комплексна електроенергетична система (рис. 1) розроблена на основі вітроелектричних установок (ВЕУ), сонячних електричних установок (СЕУ), дизель-електричної станції (ДЕС) і централізованого електропостачання з використанням накопичувачів електричної і теплової енергії.

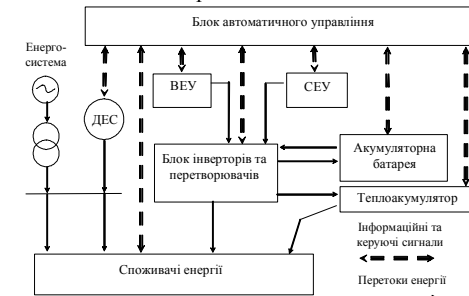


Рисунок 1 – Схема комплексної електроенергетичної системи

Вибір складу і структури комплексу проводився на основі аналізу інтенсивності вітрової та сонячної енергії, можливості її використання для агропромислового комплексу. Умови оптимального використання різних джерел енергії визначається сукупністю критеріїв оптимальності та системи обмежень.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПОЛОЖЕННЯМ ЖАТКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

Д.П. Савченко, аспірант,
С.І. Осадчий, док. техн. наук, проф.

Кіровоградський національний технічний університет

Існують різні типи систем управління зернозбиральних комбайнів, які контролюють такі параметри технологічного процесу як: зміна рельєфу місцевості яка компенсується за рахунок підняття або опускання і нахилу жатки; щільність стеблестою (врожайність), яка компенсується зміною швидкості комбайна.

Не зважаючи на використання таких багатопараметричних систем, мають місце підвищені втрати врожаю та великі енергетичні затрати в процесі збору.

Аналіз результатів досліджень в галузі сучасної теорії управління показав, що досягнення мінімального рівня коливань потоку хлібної маси на вході молотильно-сепаруючого пристрою в реальних умовах зміни рельєфу поля, врожайності сільськогосподарської культури та вітрового навантаження на комбайн можливе, лише у відповідним чином спроектованих оптимальних системах стабілізації.

Основними недоліками систем управління зернозбиральних комбайнів є відсутність контролю висоти стеблестою, що в свою чергу впливає на зміну щільності подачі хлібної маси. Як відомо з літературних джерел ця проблема веде до підвищених втрат врожаю та великих енергетичних затрат.

Для врахування збурюючого діяння у вигляді висоти стеблестою пропонується введення датчика висоти стеблестою, який в свою чергу дасть змогу контролювати цей параметр. Відповідно буде врахована зміна потоку хлібної маси від висоти стеблестою зернових культур, що в свою чергу дасть змогу зменшити енергоспоживання та втрати на виході системи.

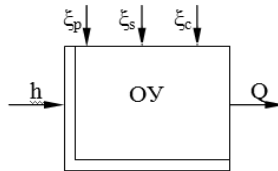


Рисунок 1 – Спрощена структура об'єкта управління

де: ОУ – об'єкт управління, α – сигнал з датчика нахилу, h – сигнал з датчика висоти жатки над робочою поверхнею, ξ_p – зміна рельєфу місцевості, ξ_s – щільність стеблестою (врожайність), ξ_c – висота стеблестою, Q – потік хлібної маси.

Як було зазначено вище, основним недоліком системи є відсутність контролю потоку хлібної маси, яка залежить від такого важливого фактора як висота стеблестою. При реалізації такого каналу контролю маємо змогу зменшити енергоспоживання та втрати на виході системи.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ НАФТОХІМІЇ

Т.О. Семитківська, доц., к.т.н.
Кіровоградський національний технічний університет

Вступ. Велика кількість інформації, що надходить з постів спостереження навколишнього середовища, потребує потужних автоматизованих комп'ютерних систем моніторингу, призначених для зберігання, обробки та використання аналітичної інформації. Динаміка її накоплення та видачі автоматизованою системою визначаються періодичністю керуючих впливів.

У свою чергу, періодичність керуючих впливів систем екологічного менеджменту поділяється на рівні, як правило, планові, епізодичні та аварійні. Саме у відповідності із ними і визначається швидкість роботи засобів моніторингу навколишнього середовища. Зрозуміло, що швидкість моніторингу таких вибухонебезпечних об'єктів, як підприємства нафтопереробки та нафтохімії має вимірюватись одиницями та десятками хвилин.

Висока ефективність керуючих впливів системи може бути забезпечено виключно при застосуванні сучасних автоматизованих систем моніторингу навколишнього середовища.

Постановка проблеми. Створення сучасної мережі інформаційно-вимірвальних систем контролю забруднення навколишнього середовища, починаючи з низових систем контролю, є метою даного напрямку досліджень.

Існують різноманітні типи класифікації аналізованих систем. Наприклад, в залежності від завдань, що вирішуються автоматизованими системами контролю, їх можна класифікувати як: промислові, міські, регіональні, загальнодержавні та глобальні [1]. Для вирішення завдань дослідження мають бути цікавими саме такі системи у сфері сучасної екології.

Велика кількість інформації з моніторингу навколишнього середовища, яке поступає з постів спостереження, потребує витрат людського потенціалу, причому високої кваліфікації.

З урахуванням високої зосередженості джерел викидів для забезпечення управлінням якістю навколишнього середовища необхідне вивчення загальних принципів розробки та дії таких інформаційних систем.

Розв'язання проблеми. У відповідності із специфікою підприємств головним фактором вдалого функціонування системи є правильне розташування постів спостереження та обробки інформації про стан забруднення атмосфери.

Така мережа забезпечується засобами комунікації, центром збору та обробки інформації за викидами шкідливих речовин. Доцільність об'єднання центрів збору та обробки інформації буде залежати від апаратної бази та методології обробки даних.

Висновок. Таким чином, автоматизована система моніторингу навколишнього середовища забезпечує повну програму спостереження та має ієрархічну багаторівневу структуру. На нижньому рівні розташовані прилади та датчики, а також передаюча апаратура програмних засобів.

Верхній рівень утворений центральним комп'ютером та приймаючим обладнанням. Зв'язок здійснюється (забезпечується) за допомогою комутуючих телефонних дротів (рис. 1). Основними елементами подібної системи є:

- стаціонарні пости, де в автоматичному режимі заміряються концентрації шкідливих речовин у атмосферному повітрі та метеопараметри;

- центральний пункт обробки (ЦП) змонтований стаціонарно та який забезпечує отримання інформації.

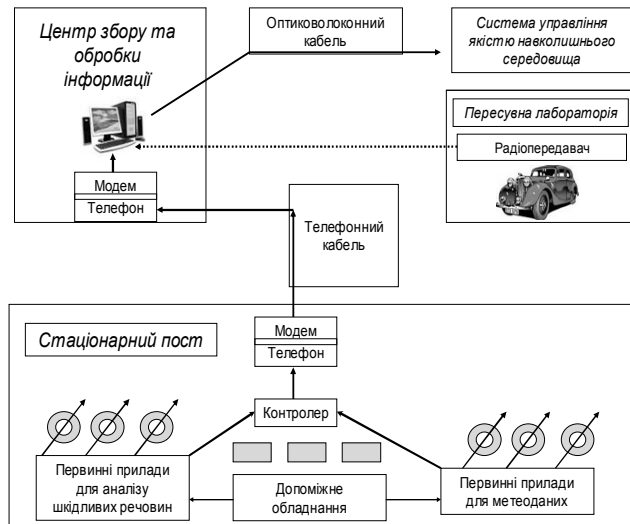


Рисунок 1 – Схема автоматизованої системи моніторингу навколишнього середовища підприємств нафтопереробки та нафтохімії

Список літератури.

1. Бородин И.Ф., Судник Ю.А. Автоматизация технологических процессов. М.: Колос. 2004 – с. 344.
2. Шумихин А.Г., Вялых И.А. Методы и автоматические системы аналитического контроля технологических процессов и окружающей среды. Пермь: 2012 – с. 179.
3. Бредшнайдер Б., Курсф'юст Й. Охрана воздушного бассейна от загрязнений. – Л.: Химия, 2009, - с. 269.

УДК:681.5.015

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ЦИЛІНДРАХ ЕКСТРУЗІЙНОГО АГРЕГАТУ

**В.О. Хомич, магістрант,
О. М. Сербул, доц., к.т.н.**

Кіровоградський національний технічний університет

Сучасна промисловість переробки пластмас має в розпорядженні численний і різноманітний парк машин, призначений для виготовлення виробів самого різного призначення та містить більше 3500 різних типів машин і апаратів. Багато які з цих машин є складними напівавтоматичними або повністю автоматичними агрегатами,

при створенні яких широко використовуються сучасні досягнення в області гідравліки, електроніки і мікропроцесорної техніки.

В процесах виробництва профілю з термопластів існують проблеми, пов'язані коливанням якості продукції через недосконалість існуючих засобів автоматизації регулювання температури розплаву по зонам екструдера взагалі і в зоні головки зокрема. Сучасні агрегати, звичайно, обладнані системами регулювання температури, проте невеликі приватні підприємства використовують обладнання, яке потребує вдосконалення. Метою досліджень є пошук проблем нестабільності процесу екструзії, вирішення яких забезпечить підвищення якості продукції, шляхом удосконалення існуючого обладнання, і, як наслідок, більш точного регулювання згаданого технологічного параметра.

Колівання продуктивності екструдера – найбільш поширена проблема при екструзії, яка може бути викликана різними причинами, зокрема – це: проблеми подачі сипкого матеріалу із завантажувального бункера; проблеми транспортування твердого матеріалу в екструдері; недостатня здатність екструдера до плавлення полімеру; порушення безперервності твердої фази; неоднорідності температури розплаву в екструзійній головці; коливання температури по зонах робочого циліндра; коливання поверхні розплаву; недостатня здатність змішувача екструдера; низький тиск в екструзійній головці; недостатній тиск, що розвивається шнеком екструдера.

Провівши аналіз проблем при екструзії, можна сформулювати наступні положення і правила, які допоможуть розробити систему регулювання температури розплаву:

- регулятор температури забезпечить найкращі показники при розташуванні датчика безпосередньо в зоні контакту розплаву з внутрішньою стінкою циліндра екструдера;

- основна частина тепла, необхідного для плавлення полімеру, поступає не від нагрівачів, а виробляється в результаті механічної роботи шнека;

- приплив тепла до системи і відбір від неї в цілях підтримки температури на внутрішній поверхні циліндра для досягнення необхідних умов переробки виробляється зміною температури нагрівачів і сорочки охолодження на зовнішній стінці циліндра екструдера;

- в якості нагрівальних елементів доцільно використати штатні пристрої оскільки зміна їх конструкції вимагає конструктивних змін корпусу агрегату;

- зчитування заданого значення температури з задавача, поточного значення з датчиків температури, їх порівняння і, в залежності від отриманого значення, формування керуючого діяння доцільно покласти на мікропроцесор.

Проведені дослідження лягають в основу розробки функціональної та структурної схеми системи, визначення її показників якості за побудованим графіком перехідного процесу.

СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ ПРЯМОЛІНІЙНОГО РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

О. Д. Цабій, магістрант,
Р. В. Жесан, доц., к.т.н.

Кіровоградський національний технічний університет

Системи стабілізації прямолінійної траєкторії руху транспортних засобів (ТЗ) останнім часом набувають все більшого використання і застосовуються при польових роботах, у складських спорудах та логістичних центрах, гнучкому автоматизованому виробництві.

Основне призначення бортових самокерованих систем – підвищити якість виконуваних робіт і активну безпеку ТЗ, тобто знизити імовірність виникнення ДТП.

В останні роки із широкою автомобілізацією зростає кількість ДТП на дорогах. Статистика показує, що тільки в 12 провідних країнах світу за декілька останніх років в автомобільних аваріях гине понад 1,2 млн. чол./рік і одержують каліцтва до 52 млн. чол./рік [1]. В усіх країнах світу помітна тенденція до прискореної розробки заходів для підвищення безпеки руху взагалі і до підвищення активної і пасивної безпеки ТЗ зокрема.

До таких заходів відносяться: розробка автоматичних і автоматизованих систем керування рухом, підвищення комфортності водія, надійності і якості роботи гальм, рульового керування тощо.

Автономні бортові системи ТЗ можуть застосовуватися як окремо, так і разом з іншими системами керування. Більшість фахівців вважають, що лише спільне використання різних методів дозволить вирішити задачу керування рухом у складних виробничих чи дорожніх умовах.

Для створення системи стабілізації прямолінійної траєкторії руху ТЗ після різноманітних зовнішніх впливів на його рульовий механізм необхідно розв'язати декілька задач:

- проаналізувати сучасний ТЗ як об'єкт керування і намітити можливі шляхи автоматизації;
- підібрати виконавчі механізми;
- розробити систему забезпечення прямолінійної траєкторії руху і розрахувати конструктивні та технологічні особливості її складових частин;
- спроектувати відповідні схеми електричні: структурну, функціональну та принципову;
- провести моделювання спроектованої системи і оптимізувати її параметри.

Застосовувані при цьому методи дослідження мають базуватися на положеннях сучасної теорії автоматичного керування, математичному аналізі, методах імітаційного моделювання та методах обчислювальної математики. Моделювання і розрахункова частина виконуються на ПК за допомогою використання внутрішніх можливостей сучасних програмних пакетів (зокрема *Simulink* середовища *MatLab*).

Проектована система може встановлюватись на автомобілях, тракторах, комбайнах, складських навантажувачах та іншому спеціалізованому транспорті. Основним об'єктом нашого втручання у сучасний ТЗ є його рульове керування. Аналіз можливих конструкцій дозволив обрати в якості виконавчого механізму систему гідроприводу (гідропідсилювача), зважаючи на точність, швидкодію та невеликі габарити гідросистем у порівнянні з іншими.

В якості початкової структури системи стабілізації прямолінійного руху ТЗ було

обрано структуру автоматизованого рульового привода [2, 3], зображену на рис. 1.

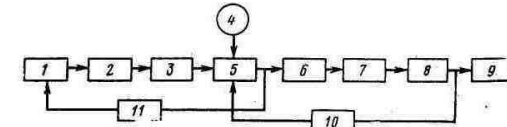


Рисунок 1 – Структура автоматизованого рульового привода:

1 – водій; 2 - кермовий механізм; 3 – привід розподільника; 4 – джерело енергії (стисненого повітря чи рідини); 5 – пневматичний чи гідравлічний розподільник; 6 – магістраль; 7 – силовий елемент (поршень); 8 – привід керованих коліс; 9 – колееса; 10 – зворотний зв'язок по переміщенню; 11 – зворотний зв'язок по навантаженню.

Аналіз даної структури з точки зору теорії автоматичного керування дозволить перейти до структурної схеми лінеаризованої моделі рульового керування ТЗ, зображеної на *Рис. 2*. Попередньо були виведені передатні функції складових елементів.

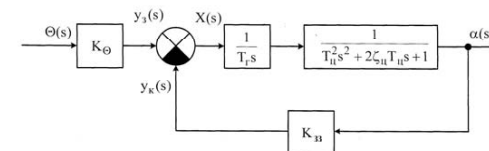


Рисунок 2 – Структурна схема лінеаризованої моделі рульового керування ТЗ із гідропідсилювачем: $\Theta(s)$ – кут повороту керма; K_Θ – коефіцієнт передачі керма; $y_3(s)$ – задане переміщення; $y_k(s)$ – контрольоване значення переміщення; $X(s)$ – різниця (похибка) переміщення; T_I – стала часу гідропідсилювача; T_I^2 – стала часу силового циліндру; ζ_I – коефіцієнт демпфування силового циліндру; K_{33} – коефіцієнт передачі зворотного зв'язку; $\alpha(s)$ – кут повороту колеса автомобіля.

Постає необхідність комп'ютерного моделювання системи за відповідною структурною схемою у середовищі *Simulink* програмного пакету *MATLAB* з метою перевірки на працездатність та оптимізації її параметрів.

Крім того, для реалізації знайденої передатної функції проєктована система має бути додатково обладнана пристроєм вводу-виводу інформації [4, 5].

На основі знайдених у ході моделювання параметрів системи буде розроблено її схема електрична принципова у середовищі *OrCAD Capture* та відповідна друкована плата в *OrCAD Layout*.

Список літератури

1. Статистика по ДТП в мире. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://pro-spo.ru/obshhestvo-i-it/4566-statistika-po-dtp-v-mire>.
2. Ветлицкий В. Н., Юрчевский А. А., Комлев К. Н. Бортовые автономные системы управления автомобилем – Москва: Транспорт, 1984. – 189 с.
3. Гируцкий О. И., Есеновский-Пашков Ю. К., Поляк Д. Г. Электронные системы управления агрегатами автомобиля. – М.: Транспорт, 2000. – 213 с.
4. Палагута К. А. Микроконтроллеры в системах управления современных автомобилей. Учебное пособие. – М.: Издательство МГИУ. – 2007. – 219 с.
5. Смирнов Ю. А. Электронные и микропроцессорные системы управления автомобилей. – СПб.: Лань, 2012. – 619 с.

СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ ТА НАВЕДЕННЯ ДЛЯ НАЗЕМНИХ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ НА БАЗІ AHRS

А.І. Вознюк, асп.,
Н.І. Бурау, проф., д.т.н.
НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна
В.В. Цісарж, к.т.н.

ДП «НДІ «Квант-Радіолокація», м. Київ, Україна

Створення систем стабілізації та наведення обладнання, що розміщується на рухомих об'єктах, є актуальною задачею приладобудування. Серед величезної кількості такого обладнання активно використовуються і розвиваються антенні пости, оптико-електронні модулі, навігаційні системи, тощо. Також важливим напрямком є розробка стабілізаторів озброєння на наземному та морському транспорті (гармати, зенітно-ракетні комплекси).

Існує клас об'єктів, для яких в силу певних причин (зокрема масо-габаритних розмірів) конструктивна реалізація системи стабілізації і наведення являє собою двохосну редукторну або безредукторну систему. Стабілізацію таких об'єктів доцільно проводити непрямим методом, оскільки його технічна реалізація для таких об'єктів простіша, ніж прямого методу. Так як до складу будь-якої системи стабілізації входять гіроскопічні вимірювачі, які забезпечують систему інформацією про положення об'єкту, лінійні та кутові переміщення, швидкості та прискорення, важливою задачею при створенні системи є вибір такого вимірювача. Завдяки інтенсивному розвитку мікроелектроніки та мікропроцесорної техніки на сьогоднішній день існує широкий вибір гіроскопічних вимірювачів, які використовуються для побудови систем стабілізації та наведення. Одним з найперспективніших напрямів є використання вимірювальних пристроїв, побудованих за технологіями мікроелектромеханічних систем. Зокрема, застосування приладів типу AHRS, до складу яких входять три акселерометри, три магнетометри та три датчика кутової швидкості, що забезпечує видачу приладом повної інформації про положення об'єкта.

В даній статті розглядається можливість створення системи стабілізації для наземного рухомого об'єкту на прикладі двохосної системи непрямої стабілізації з використанням приладу типу AHRS в якості гіроскопічного вимірювача. Також в роботі продемонстровано алгоритм перетворення координат, що базується на теорії кінцевих поворотів твердого тіла і використанні кватерніонів з параметрами Родрига-Гамільтона.

Показані основні переваги використання приладів, виготовлених за MEMS технологіями, а також перспективи їх подальшого використання в системах стабілізації та наведення.

ОБґРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ КЕРУВАННЯ З ПРОГНОЗУЮЧИМИ МОДЕЛЯМИ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ ВИПАЛЮВАННЯ ОБКОТИШІВ

А.М. Мацуї, доц., к.т.н.,
О.В. Волошин, магістрант
Кіровоградський національний технічний університет

Одним із сучасних формалізованих підходів для аналізу і синтезу систем управління, що базуються на математичних методах оптимізації, є теорія управління динамічними об'єктами з використанням прогнозуючих моделей - Model Predictive Control (MPC).

Цей підхід почав розвиватися на початку 60-х років для управління процесами та обладнанням у нафтохімічному та енергетичному виробництві, для яких застосування традиційних методів синтезу був у край ускладнений у зв'язку з винятковою складністю математичних моделей. В даний час сфера практичного застосування MPC-методів істотно розширилася, охоплюючи різноманітні технологічні процеси в хімічній і будівельній індустрії, легкої і харчової промисловості, в аерокосмічних дослідженнях, в сучасних системах енергетики і т. д.

Основною перевагою MPC-підходу, що визначає його успішне використання в практиці побудови та експлуатації систем управління, служить відносна простота базової схеми формування зворотного зв'язку, що поєднується з високими адаптивними властивостями. Остання обставина дозволяє управляти багатомірними і багатозв'язними об'єктами зі складною структурою, що включає нелінійності, оптимізувати процеси в режимі реального часу в рамках обмежень на керуючі і керовані змінні, враховувати невизначеності в завданні об'єктів і збурень. Крім того, можливе врахування транспортного запізнювання, змін критеріїв якості в ході процесу і відмов датчиків системи вимірювання.

Сутність MPC-підходу складає наступна схема управління динамічними об'єктами за принципом зворотного зв'язку:

1. Розглядається деяка математична модель об'єкта, початковими умовами для якої служить його поточний стан. При заданому програмному управлінні виконується інтегрування рівнянь цієї моделі, що дає прогноз руху об'єкта на деякому кінцевому відрізьку часу (горизонті прогнозу).

2. Виконується оптимізація програмного управління, метою якого є наближення регульованих змінних прогнозуючої моделі до відповідних задаючих сигналів на горизонті прогнозу. Оптимізація здійснюється з урахуванням усього комплексу обмежень, накладених на керуючі і регульовані змінні.

3. На кроці обчислень, що становить фіксовану малу частину горизонту прогнозу, реалізується знайдене оптимальне управління і здійснюється вимірювання (або відновлення по виміряних змінних) фактичного стану об'єкта на кінець кроку.

4. Горизонт прогнозу зсувається на крок вперед, і повторюються пункти 1 - 3 цієї послідовності дій.

Даний підхід був обраний для того, щоб можна було якомога точніше і правильніше змодельовати систему, яка б відповідала вимогам технічного рішення, що впроваджується. Справді, після моделювання з отриманих даних деякої системи, необхідно розробити на її основі таку систему автоматичного керування, яка б якомога швидше і точніше прогнозувала результат роботи об'єкту керування у деякий наступний інтервал часу.

Саме такий метод дозволяє розроблюваній системі автоматичного керування працювати таким чином, щоб не обов'язкові енерговитрати у вигляді газоповітряної суміші зводились нанівець.

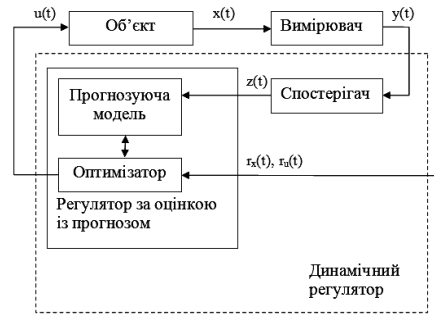


Рисунок 1 – Базовий варіант використання MPC-регулятору

Розглянемо основні положення підходу, на базі дискретної моделі об'єкту управління

$$\begin{aligned} \tilde{x}_{k+1} &= \tilde{A}\tilde{x}_k + \tilde{B}\tilde{u}_k + \tilde{H}d_k, \\ \tilde{y}_k &= \tilde{C}\tilde{x}_k + W_k, \end{aligned} \quad (1)$$

де $k = 0, 1, 2, \dots$ - номер такту, визначаючий дискретний момент часу $t = k \cdot \Delta t$, де Δt - шаг дискретності. Вектори $\tilde{x}_k \in E^n$, $\tilde{u}_k \in E^m$ та $\tilde{y}_k \in E^y$ представляють стан об'єкту, керування і вимірювання (регульовані координати) та відповідно в момент часу $t = k \cdot \Delta t$, а вектори $d_k \in E^{nd}$, $w_k \in E^y$ - зовнішнє збудження та шум у вимірюваннях в той же момент часу. Постійні матриці \tilde{A} , \tilde{B} , \tilde{H} та \tilde{C} мають відповідні розмірності.

Для оцінки якості процесу керування, введемо функціонал який заданий на рухах об'єкта.

$$\tilde{J} = \tilde{J}(\tilde{y}, \tilde{u}) = \sum_{i=1}^{\infty} [(\tilde{y}_i - r_i)^T R_i (\tilde{y}_i - r_i) + u_{i-1}^T Q_i u_{i-1}] \quad (2)$$

де r_i - значення задаючого сигналу в момент часу $t = i \cdot \Delta t$, R_i та Q_i - додатньо визначені симетричні матриці. Символами \tilde{y} та \tilde{u} позначені послідовності векторів $\tilde{y} = \{\tilde{y}_i\}$, $\tilde{u} = \{\tilde{u}_i\}$, де $i = 0, 1, 2, \dots$. Очевидно, що при однакових початкових умовах та зовнішніх впливах, функціонал (2) на рухах об'єкта (1) залежить тільки від вибору \tilde{u} . При цьому, може бути обраний оптимум вигляду

$$\tilde{J} = \tilde{J}(\tilde{y}(\tilde{u}), \tilde{u}) = \tilde{J}(\tilde{u}) \rightarrow \inf_{\tilde{u} \in \Omega_u} \quad (3)$$

де Ω_u - множина будь-яких послідовностей m -мірних векторів, тобто задача (3) – це задача без обмежень.

УДК 631.365.22+621.317

МЕТОДИКА ВИБОРУ ДАТЧИКА ВОЛОГОСТІ ПРИ НЕПОВНИХ ВИМІРЮВАННЯХ ВИХІДНИХ СИГНАЛІВ ЗЕРНОСУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З КИПЛЯЧИМ ШАРОМ

М.О. Федотова, асист.,
С.І. Осадчий, проф., д.т.н.

Кіровоградський національний технічний університет

Вступ. Виростити гарний врожай і вміло зберегти його протягом всього періоду споживання – одна з головних задач АПК України. На сьогоднішній день є беззаперечним той факт, що швидкість сушіння в установках з киплячим шаром набагато вища, в порівнянні з іншими установками, за рахунок збільшення геометричної площі дотику агента і дисперсного матеріалу, в результаті чого відбувається інтенсифікація тепломасообмінних процесів, час експозиції сушіння зменшується, що призводить до заощадження енергоресурсу, який дорожчає день від дня. Тому застосування киплячого шару для сушіння зернових є виправдане. Так, на базі нашого університету були проведені експериментальні дослідження, об'єктом яких стала зерносушильна установка з киплячим шаром каскадного типу. Складність автоматизації процесів, що відбуваються в ній, полягає в першу чергу в тому, що не всі вихідні сигнали можуть бути виміряні у повному обсязі, зокрема і висота самого киплячого шару на кожному з каскадів.

Постановка проблеми. Аналіз джерел показав, що на сьогодні існує велика кількість статичних засобів вимірювання і порозності і густини дисперсного матеріалу різними методами, головним недоліком яких є порушення гідродинаміки шару в місці заміру і неможливість застосування їх в динаміці. Тому нами і був запропонований новий підхід для визначення зміни висоти шару дисперсного матеріалу δ безпосередньо в камері сушіння за зміною його кінцевої вологості ω [4]. Сенс такого підходу в тому, щоб за відомими матрицями передаточних функцій (МПФ) $K1$, $K2$ датчиків вологості, ЗКШ F11 та збурень F12 обрати із запропонованих лише той датчик, який забезпечить найвищу якість оцінювання висоти дисперсного матеріалу на каскадах-решетах.

Рішення проблеми. Нехай вимірювання вологості дисперсного матеріалу може бути здійснене за допомогою декількох датчиків вологості: одного, принцип дії якого базується на дієлькометричному, інший – на базі мікрохвильового методу вимірювання з передаточними функціями $K1$ та $K2$ відповідно:

$$K1 = \frac{0.5}{(8s + 1)}, \quad (1)$$

$$K2 = 0,0625, \quad (2)$$

та власними шумами вимірювання з нульовим математичним очікуванням, спектральна щільність яких відповідно:

$$S_{\varphi 1} = \frac{1,5^2}{3\pi}, \quad (3)$$

$$S_{\varphi 2} = \frac{0,5^2}{3\pi}. \quad (4)$$

Зерносушильна установка з киплячим шаром є багатовимірним об'єктом з розподіленими параметрами, що може бути описана МПФ виду

$$W_{об}(s) = \begin{bmatrix} \frac{\alpha_1(s + \beta_1)}{s + \beta_2} e^{-\tau_1 s} & 0 \\ \frac{\alpha_2(s - \phi)}{s + p_2} e^{-\tau_2 s} & \frac{\alpha_3(s + \phi)}{s + p_2} e^{-\tau_3 s} \end{bmatrix} = P_i^{-1} M_i, \quad (5)$$

найвищі показники оцінювання зміни висоти зернового матеріалу за зміною його кінцевої вологості.

УДК 621-501.72

СИСТЕМНЫЙ ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ

де P_i^{-1} – матриця, що вміщує полноси МПФ ЗКШ ($i=1,2,\dots,7$ каскадів); M_i – матриця, що складається з нулів МПФ ЗКШ ($i=1,2,\dots,7$ каскадів);

Спектральна щільність збурень, що діють на об'єкт має теж багатовимірну структуру виду і залежить теж від номеру каскаду:

$$S'_{\Psi\Psi} = \begin{bmatrix} S_{11i} & S_{12i} \\ S_{21i} & S_{22i} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Тоді на основі цих передаточних функцій, використовуючи алгоритм [Азарсков] можуть бути розраховані МПФ двох систем спостереженні F_1 та F_2 , що мають наступну структуру:

$$F_1 = \begin{bmatrix} \frac{-\alpha_{11}(s - a_1)}{(s^2 + 2 \cdot d_1 \cdot f_1 \cdot s + f_1^2)} \\ \frac{\alpha_{21}(s + a_3)}{(s^2 + 2d_2 f_2 s + f_2^2)} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

$$F_2 = \begin{bmatrix} \frac{\alpha_{12}}{(s + g)} \\ \frac{\alpha_{22}}{(s^2 + 2d_2 c_2 s + c_2^2)} \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Після цього формуємо МПФ оцінки вимірювання двома системами спостереження за формулою:

$$S_{ee} = (F_i \cdot K_i^* - E_{2 \times 2}) P_i^{-1} S_{\Psi\Psi} \cdot P_i^{-1} (F_i \cdot K_i^* - E_{2 \times 2})^* + F_i \cdot S_{\Psi\Psi} \cdot F_i^*. \quad (9)$$

Визначимо дисперсію погрішності оцінювання висоти дисперсного матеріалу та вологості кожним із спостерігачів на семи каскадах одночасно, застосовуючи вирази:

$$D_v = \frac{1}{j} \int_{-j\infty}^{j\infty} \text{See}_{(1,1)}(s) ds, \quad (10)$$

$$D_w = \frac{1}{j} \int_{-j\infty}^{j\infty} \text{See}_{(2,2)}(s) ds, \quad (11)$$

де D_v – дисперсія погрішності оцінювання висоти матеріалу; D_w – дисперсія погрішності оцінювання вологості матеріалу.

Отримані дані по кожному з семи каскадів зведемо до таблиці 1.

Таблиця 1. Значення похибки (дисперсії) оцінювання висоти δ і вологості ϕ спостерігачами F_1 та F_2

| спостере-рґач | сигнал | 1 каскад | 2 каскад | 3 каскад | 4 каскад | 5 каскад | 6 каскад | 7 каскад |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------|
| F_1 | δ | 6.3245 | 6.8765 | 5.0288 | 5.2454 | 3.6269 | 2.4467 | 0.8619 |
| | ϕ | 0.4373 | 0.4373 | 0.4373 | 0.4373 | 0.4373 | 0.4373 | 0.4373 |
| F_2 | δ | 7.0912 | 7.7905 | 5.9977 | 5.7333 | 3.9579 | 2.6260 | 0.9083 |
| | ϕ | 0.5981 | 0.5981 | 0.5981 | 0.5981 | 0.5981 | 0.5981 | 0.5981 |

Висновок. З таблиці зрозуміло, що мінімальну дисперсію оцінювання як зміни висоти δ так і висоти ϕ дисперсного матеріалу має спостерігач F_1 на нижньому каскаді (каскад №7). Тому і доцільно обрати делькометричний датчик вологості з передаточною функцією K_1 , адже саме він забезпечуватиме системі спостереження

В настоящее время совершенствование операторской деятельности приобрело особую остроту в современных системах управления сложными техническими объектами (СТО). От решения этих проблем зависит дальнейшее повышение эффективности как уже эксплуатируемых, так и вновь разрабатываемых производственно-технологических комплексов и различных гибких автоматизированных производств на их основе. Эффективным средством совершенствования профессиональной подготовки операторов являются автоматизированные обучающие системы (АОС).

Человек-оператор принимает, как правило, наиболее сложные и ответственные решения по управлению СТО, причем от правильности его действий, умения своевременно найти и реализовать верное в сложной ситуации решение зависит не только эффективность выполнения задач, возлагаемых на управляемый СТО, но в ряде случаев целостность самого СТО и безопасность людей. Это, в свою очередь, остро ставит проблему совершенствования методических и технических средств при построении АОС.

Следует отметить, что большинство работ в этой области носит узкоспециализированный характер и ориентировано на специалистов определенного научного профиля. Это связано с тем, что разработка прикладных методов и моделей, описывающих различные аспекты операторской деятельности, до последнего времени осуществлялась специалистами различных областей науки и техники. Однако отдельные аспекты операторской деятельности находятся в тесной взаимосвязи друг с другом и должны рассматриваться в рамках единого подхода.

В качестве такого подхода предлагается реализация следующих взаимосвязанных этапов построения АОС с единых системных позиций с помощью различных математических методов.

На первом этапе формируются цели (глобальная, локальные) и задачи обучения оператора (операторов) конкретного СТО. Для реализации этого этапа необходимо иметь достаточно подробное описание деятельности оператора (операторов) конкретного СТО, описание функционирования самой СТО в целом и ее отдельных подсистем.

На втором этапе из комплекса обучающих задач, охватывающего все сферы деятельности оператора, формулируются текстовые задачи, каждая из которых должна быть функционально полной и законченной. При работе группы операторов для этих задач должна быть составлена структурно-логическая схема взаимодействия операторов. На основе этой схемы проводится оценка деятельности либо каждого из

НЕЙРОМЕРЕЖНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АДАПТИВНИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ

О.П. Голик, доц., к.т.н.,

Р.В. Жесан, доц., к.т.н.,

М.О. Мешкова, магістрант

Кіровоградський національний технічний університет

операторов группы при наличии комплексной оценки работы экипажа в целом (разделение оценок), либо экипажа в целом при наличии оценки работы каждого из операторов в автономных режимах (объединение оценок). При необходимости оценки работы операторов в нестандартных ситуациях необходимо произвести разделение функций операторов с приоритетом деятельности каждого из них при выходе из той или иной нестандартной ситуации.

С формированием тестовых учебных задач тесно связана задача построения и использования полной математической модели функционирования реальной технической системы.

При создании моделей, в АОС важно обеспечить лишь ограниченный изоморфизм модели и объекта в смысле расхождения выделенных выходных переменных в допустимых пределах. Оценка степени сходства подобной модели с оригиналом может быть в соответствии с условием ограниченного изоморфизма произведена с помощью критерия первого рода. Применение данного критерия не налагает ограничений на выбор внутренней структуры модели, а непосредственно влияет на выходные параметры модели, отображаемые на системе отображения информации (СОИ) пультов и обеспечивающие восприятие поведения модели оператором как реального объекта.

На третьем этапе производится формирование частных режимов работы одного или нескольких операторов в рамках каждой учебной задачи. Под частным режимом подразумевается совокупность отдельных операций (действий), имеющую определенную функциональную направленность и автономность при выполнении этих действий. В этом случае каждая учебная задача представляется совокупностью режимов, причем некоторые из них могут повторяться в различных учебных задачах. Стыковка режимов производится по входным и выходным переменным СТО.

Такое разбиение предполагает трансформирование полной математической модели на ряд частных моделей, то есть решение задачи декомпозиции и/или упрощения полной математической модели. Это позволяет, с одной стороны, существенно сократить затраты ресурсов ЭВМ на реализацию отдельной учебной задачи, с другой стороны, обеспечивает возможность синтеза эталонных реализаций каждого режима и возможность построения многоуровневых иерархических критериев контроля и оценки действий обучаемых.

На четвертом этапе решается задача синтеза эталонных динамических реализаций сформированных выше отдельных режимов обучения. При этом следует учесть то обстоятельство, что оператор должен воспринимать модель по ее проявлениям на средствах отображения информации как реальный объект. Другими словами, интересна только та часть вектора переменных, информация о которой доступна или может быть доступна оператору.

На пятом этапе формируется многоуровневая иерархическая система критериев контроля и оценки действий оператора.

Разработанный в данной статье системный принцип построения АОС является эффективным практическим инструментарием построения АОС для широкого класса ЭС, в том числе, с элементами принятия решений.

Вступ. Під якістю електричної енергії розуміють сукупність показників, які визначають відхилення та коливання напруги, синусоїдальність струму та напруги, симетричність струму та напруги, відхилення та коливання частоти трифазного змінного струму. Енергоустановки для автономного енергопостачання не завжди можуть забезпечити деякі показники якості електричної енергії (синусоїдальність та симетричність струму і напруги, відхилення частоти струму).

Світова практика показала, що найдоцільнішим способом енергозабезпечення розподілених невеликих господарств та окремих сільськогосподарських споживачів є створення власних джерел та систем енергопостачання. Коли йдеться про енергозабезпечення автономних споживачів, енергосистеми часто називають системами автономного енергопостачання (САЕП).

Постановка проблеми. Для таких систем висувують ряд вимог:

1. У відповідності до енергетичних потреб споживача забезпечувати необхідну кількість енергії, для цього необхідно визначити кліматичні та метеорологічні умови місцевості, де розташований автономний споживач.
2. Забезпечувати необхідну якість електричної енергії.
3. Мати заданий рівень надійності.
4. Бути простими та надійними в експлуатації.
5. Бути ремонтпридатними та забезпечувати швидку ліквідацію можливих аварій.
6. САЕП повинні мати системи гарантованого живлення, які призначені для накопичення енергії та надання енергії належної якості.
7. В періоди надходження енергії система керування повинна, окрім живлення споживачів, забезпечувати накопичення енергії в обсягах, достатніх для випадку відсутності надходження енергії.
8. У випадку відсутності надходження енергії енергопостачання здійснювати лише для електроприймачів, які мають максимальний пріоритет.
9. Керування системою повинно бути автоматизоване і здійснюватись таким чином, щоб максимально ефективно використовувати енергію відновлюваних джерел енергії.

Виконання даних вимог викликає певні проблеми (відновлювані джерела енергії, як правило, мають стохастичний характер надходження та ін.).

Розв'язання проблеми. Для розв'язання даної проблеми, доцільним є використання нейронних мереж, оскільки оператор має можливість «навчити» систему приймати рішення на основі знань про ситуації або випадки, що виникали раніше, і таким чином поповнювати базу знань.

При навчанні нейронної мережі оператор (експерт) повинен обрати структуру мережі, функцію активації та алгоритм опрацювання інформації, при цьому повинна створюватись база даних.

За допомогою модуля Fuzzy Logic Toolbox програмного пакету MatLab®, а саме графічного інтерфейсу гібридних (нечітких) нейронних мереж ANFIS (Adaptive

УДК 621.391

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗЕРНА СТРІЧКОВОЮ КОВШОВОЮ НОРІЄЮ

Р.М. Минайленко, доц., к.т.н.
Кіровоградський національний технічний університет

Network Based Fuzzy Inference System), можна розробити нейронну мережу з відповідним набором правил нечітких продукцій, функцій належності, а отриманий лістинг програми можна легко регенерувати на код мови програмування FCL (Fuzzy Control Language). Це дасть можливість інкапсулювати програмне забезпечення, розроблене на мові нечіткого керування FCL, у функціональний блок (на основі стандарту IEC 1131-3) програмованих логічних контролерах (PLC – Programmable Logic Controllers) у вигляді структурованого тексту. Для взаємодії алгоритму нечіткого керування системи з середовищем програмування, можна використати такі SCADA-системи як ISaGRAF та Trase Mode, вони повинні бути приховані від інших програм цього середовища.

На рис. 1 наведена структура нейронечіткої адаптивної системи керування.

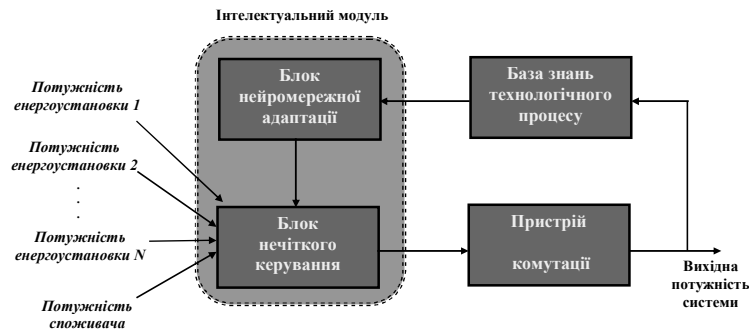


Рисунок 1 – Структура нейронечної адаптивної САЕП

На вхід надходять дані щодо потужності, яку здатні забезпечити енергетичні установки. Третій вхідний параметр – потужність, яка потрібна споживачу. В залежності від їхніх значень комутаційний пристрій повинен забезпечувати один із режимів (використання певного джерела енергії або комбінації джерел енергії).

На початковому етапі за допомогою нейронної мережі із використанням експертних даних відбувається адекватне налаштування системи керування на основі нечіткої логіки. Далі відбувається запуск САЕП.

У процесі функціонування постійно поповнюється база знань технологічного процесу. При невідповідності якості керування або через певний інтервал часу (встановлюється фахівцем-експертом) інформація із бази даних передається на інтелектуальний модуль, де за допомогою нейронної мережі здійснюється перенавчання нечіткої системи. Все це виконується на основі алгоритму зворотного розповсюдження помилки, який можна реалізувати за допомогою модуля Fuzzy Logic Toolbox програмного пакету MatLab®, а саме графічного інтерфейсу гібридних (нечітких) нейронних мереж ANFIS.

Для ефективного моделювання необхідно використовувати три блоки: навчальні (Training data), контрольні (Testing data) та перевіряльні дані (Checking data). Наявність трьох блоків покращує якість подальшої роботи системи керування, оскільки дає можливість впевнитись, що не відбулося «перенавчання» мережі.

Інформаційні блоки слід заповнювати із врахуванням особливостей нейронечної синтезу – дані повинні змінюватись плавно та максимально насичено заповнювати всю область їхніх значень.

Висновок. Використання нейронечної технології дозволяє підвищити швидкодію системи, надійність роботи, зменшити витрати на оплату праці персоналу.

Найважливішим обладнанням підприємств збереження і переробки зерна є вертикальний стрічковий ковшовий транспортер (норія). Входячи до складу технологічних ліній переміщення зерна, норія визначає основні характеристики процесу переміщення, істотно впливаючи на його питомі енерговитрати і продуктивність. Особливе значення операції переміщення зерна набувають в зв'язку з помітним розвитком сировинної бази, збільшенням вантажних потоків і підвищенням вимог до раціонального використання енергоресурсів.

Тому з метою створення автоматизованої системи керування навантаженням норії була розроблена програмна модель процесу переміщення зерна норією, яка дозволяє аналізувати навантаження норії при зміні вхідного навантаження, регулювати швидкість транспортера, що подає зерно в норію, регулювати положення засувки приймаючого бункера з метою збільшення або зменшення навантаження норії, регулювати швидкість руху стрічки норії. Головне вікно програми представлено на (рис.1):

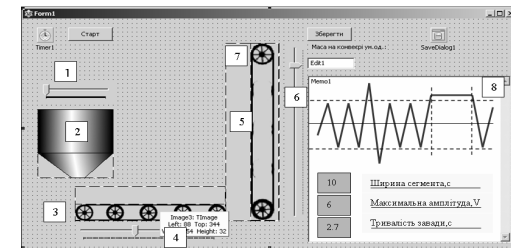


Рисунок 1 – Головне вікно програми:

- 1 – регулювання засувки приймаючого бункера; 2 – приймаючий бункер;
- 3 – транспортер, який подає зерно в норію; 4 – регулювання швидкості подачі зерна в норію;
- 5 – норія; 6 – регулювання швидкості руху приводного барабана норії; 7 – приводний барабан норії;
- 8 – відображення інформації про навантаження в графічному вигляді.

Інформація про навантаження норії відображується в графічному і цифровому вигляді. Подальші дослідження будуть направлені на вдосконалення програмної моделі, що дозволить значно розширити можливості для досліджень режимів роботи норії і спростити процес контролю її параметрів.

Список літератури

1. Ловейкін В.С. Аналіз динаміки руху стрічкового ковшового елеватора / В.С. Ловейкін, В.А. Боргун – Збірник праць ТДАТУ, вип. 11, т.2. – 2010. – С. 74-82.
2. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин. / [Ф.К. Иван-ченко и др.]. – Киев, издательское объединение “Вища школа”, Головное изд-во, 1978 – 576 с.
3. Спиваковский А.О. Теория ленточных конвейеров / А.О. Спиваковский, В.Г. Дмитриев. - М., 1982. - 192 с.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ НЕЙРО-МЕРЕЖЕВОГО КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНИМ РЕЖИМОМ У ТЕПЛИЦІ

Т.О. Прокопенко, асист.,
М.С. Мірошніченко, доц., к.т.н.,
В.О.Зубенко, доц., к.т.н.,

Кіровоградський національний технічний університет

Вступ. Однією з гострих проблем сектора агропромислового комплексу України є розвиток тепличних господарств. Урахування взаємозв'язків між режимами і параметрами мікроклімату, їх узгодження і підтримка необхідного рівня в теплицях є найважливішою умовою отримання високих урожаїв тепличних культур. Вихід режимних параметрів за межі, встановлені агротехнічними вимогами при вирощуванні овочів у закритому ґрунті впливає на врожайність і товарну якість продукції.

Постановка проблеми. Порівняльний аналіз існуючих систем керування мікрокліматом в теплицях показав, що вони не дозволяють швидко та оперативно реагувати на зміни виробничих ситуацій в реальному часі, що знижує їх ефективність і веде до нераціональних витрат енергоресурсів та зменшенню продуктивності тепличного комбінату. В результаті проведеного аналізу встановлено необхідність зміни принципу формування керуючих дій, потрібних для керування температурно-вологісним режимом у теплиці, з метою покращення енергоефективності. Зміну принципу пропонується провести за рахунок синтезу нової системи керування з використанням штучних нейронних мереж (НМ).

Метою досліджень є розробка, дослідження та оцінка ефективності синтезованої системи керування для моделювання реакції об'єкта керування (теплиця) на керуючі впливи, на основі експериментальних даних та створеної математичної моделі, що описує температурно-вологісний режим в теплиці.

Результати дослідження. В результаті попередніх досліджень розроблена математична модель, що описує температурно-вологісний режим в теплиці, та проведено комп'ютерне моделювання процесів у ньому. Основний контрольований та регульований вплив на температуру ґрунту, температуру внутрішнього повітря в приміщенні теплиці, температуру рослинного покриву та вологість повітря в теплиці при вирощуванні овочів здійснює зміна потужності обігрівачів повітря.

З метою отримання реакції об'єкта керування на керуючі впливи розробили модель технологічних процесів у теплиці, де на виході були не потужності обігрівачів повітря та ґрунту, а температура повітря біля рослин та вологість повітря у теплиці. Застосовуючі дані експериментальних досліджень та змінюючи конфігурацію входів та виходів побудували імітаційну нейромережеву модель (рис. 1).

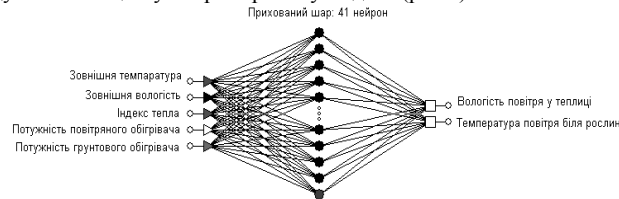


Рисунок 1 – Архітектура нейромережевої моделі температурно-вологісного режиму у теплиці (імітаційне моделювання)

Перевірка на адекватність такої моделі підтвердила її придатність для подальшого використання у імітаційному моделюванні.

Висновок. На основі нейронних мереж (тип – радіально-базисна функція) та із використанням експериментальних даних створено модель температурно-вологісного режиму у теплиці; застосування такої нейро-мережі дозволило практично забезпечити формування енергоефективних навчальних вибірок. За результатами імітаційного моделювання функціонування інтелектуальної системи керування температурно-вологісним режимом у теплиці встановлено, що її якісні характеристики наступні (стосовно обох керуючих виходів): перерегулювання: за верхнім фронтом – 0 %, за нижнім фронтом – 2,5 – 3,75%; максимальне динамічне відхилення: за верхнім фронтом – 0, за нижнім фронтом – 0,02 – 0,03; кількість напівколивань: за верхнім фронтом – 0, за нижнім фронтом – 1. Такі характеристики системи керування, особливо із врахуванням можливості її “донавчання” у штатному режимі роботи на основі зберігання та опрацювання виробничих ситуацій реального підприємства, задовольняють технологічним вимогам.

УДК:681.5.015

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ В ТЕПЛИЦЯХ АНГАРНОГО ТИПУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ОВОЧІВ

Г.С. Чабаненко, магістрант
О. М. Сербул, доц., к.т.н.

Кіровоградський національний технічний університет

Виробництво рослинної продукції в Україні відбувається в умовах помірно-континентального клімату, що призводить до його сезонності. Це означає, що близько 25% овочевої продукції, для забезпечення збалансованого харчування населення, необхідно виробляти в умовах закритого ґрунту. Для забезпечення його рентабельності необхідно постійно вдосконалювати технологію виробництва і використовувати найбільш ефективні технічні засоби і системи керування.

При вирощуванні рослин в захищеному ґрунті можливо регулювати практично всі параметри мікроклімату для найкращого їх розвитку. Особливе значення при цьому мають такі фактори як створення оптимальних умов та режимів освітлення із забезпеченням та регулюванням дози фотосинтетично активної радіації (ФАР), забезпеченість рослин вологою і поживними речовинами. Але слід відмітити, що в цих питаннях є досить нез'ясованих або недостатньо досліджених залежностей та режимів, які можуть і повинні забезпечити оптимальні умови вирощування рослин.

Дослідження взаємного впливу мікроклімату в теплиці і інтенсивності фізіологічно-активної радіації проводилося як в експериментальному так і в теоретичному напрямках.

Дослідження штучного опромінення рослин, що були виконані за останні роки дають достатню кількість експериментальних даних для аналізу температурної залежності швидкості фотосинтезу. В результаті такого аналізу можна вважати, що ця залежність має екстремальний характер, а її оптимум підвищується із збільшенням до насичуючих значень опроміненості. Апроксимація таких експериментальних досліджень показує, що залежність оптимальної температури від опроміненості має хоча і лінійну але трьохчленну функціональну залежність.

Для практичного використання така лінійна залежність являється досить складною і трудозатратною. Подальший аналіз зв'язку температури повітря і

інтенсивності штучного опромінення в межах до насичуючих значень опроміненості як апроксимуючу функцію можна використати і показникову.

$$dM / dt = C \cdot E^a, \quad (1)$$

де dM – елементарна фітомаса, яка утворена за проміжок часу; C – коефіцієнт пропорційності; E – опроміненість; a – показник ступеню.

Після інтегрування виразу (1) отримуємо вираз для накопиченої фітомаси

$$M = C \cdot E \cdot at. \quad (2)$$

Така оптимізація температури у зв'язку із зміною ФАР призводить до ще більшого енергетичного ефекту. Так, при зниженні опроміненості на 50 % затрати енергії зменшуються на 47,3 %, а термін вирощування збільшується всього на 5,5 %. По відношенню до вирощування розсади це складає всього два додаткових дні.

Таким чином, запропонована математична модель енергетики опромінення рослин в початковий період вирощування дозволяє встановити, що зниження штучної опроміненості, тобто потужності опромінювальних установок, не просто доцільно, а енергетично вигідно при оптимізації температури в зоні вирощування рослин.

УДК 681.51

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДИНАМІЧНОГО ЗВАЖУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

Р.П. Ткаченко, к.т.н., доц.,
К.С. Шестопапов, магістрант
Кіровоградський національний технічний університет

Збільшення вантажних потоків, в умовах зростання ефективності економіки, вимагає удосконалення методів та засобів визначення маси, які б давали можливість швидко та точно збирати інформацію про об'єми та напрямки перевезень вантажів, з метою оперативного контролю та управління потоками. Зокрема у сільськогосподарських підприємствах при веденні польових робіт для перевезень використовується двоосний автомобільний транспорт середньої вантажопідйомності.

В умовах великих сільськогосподарських підприємств проблема визначення маси вантажів вирішується за допомогою ваговимірювальних станцій, які забезпечують достатню точність вимірювань. Але в умовах фермерських господарств економічно недоцільно встановлювати великогабаритні стаціонарні ваги, а розроблені невеликі мобільні ваги, які забезпечують визначення маси без зупинки автомобіля, не дають достатньої точності. Проведений аналіз вагового обладнання, яке пропонується виробниками показав, що точність визначення маси динамічними вагами на порядок гірша від статичних. Аналіз конструкцій ваг показав, що як в статичних так і в динамічних вагах використовуються первинні перетворювачі, які володіють досить високою точністю, тому шлях підвищення точності динамічних ваг може лежати у створенні нових та удосконаленні існуючих методів обробки вимірної інформації.

Для підвищення точності динамічного зважування запропонована система, яка реалізує оптимальну комплексну обробку вимірювальної інформації з декількох тензодатчиків, для виділення з мінімальною похибкою корисного сигналу на фоні випадкових перешкод та нейронну мережу для ідентифікації даного корисного сигналу з метою визначення маси в умовах невизначеності стану елементів автомобіля. Визначення структури та параметрів даної системи повинно базуватися на аналізі динамічних характеристик корисних сигналів та перешкод.

Для виділення регулярного сигналу на фоні випадкових перешкод використовувався метод комплексування. Інтегральним показником якості роботи системи, який необхідно мінімізувати є сума певним чином зважених інтегральної квадратичної помилки оцінювання регулярного сигналу та дисперсії випадкової складової помилки.

Список літератури

1. Дашевский Б.А., Скалевой В.В. Комплекс цифровых измерительных приборов для тензометрических весов. – М.: Машиностроение, 1985. – 423 с.
2. Полунов Ю.Л., Гальченко В.Д. Цифровые измерительно-управляющие устройства тензометрических весов и дозаторов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 254 с.
3. Азарсков В.Н., Блохин Л.Н., Житецкий Л.С. Методология конструирования оптимальных систем стохастической стабилизации: Монография / Под ред. Л.Н. Блохина. – К.: Книжное изд-во НАУ, 2006. – 400 с.
4. Руденко О.Г., Бородянский С.В. Штучні нейронні мережі: Навчальний посібник. – Харків: ТОВ „Компанія СМІТ”, 2006. – 404 с.

УДК 681.3

ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНОГО НАВЧАЛЬНОГО ПРАКТИКУМУ ПІД ЧАС ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З АВТОМАТИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Д.В. Трушаков, доц., к.т.н.
Кіровоградський національний технічний університет
С.Й. Рендзіняк, проф., д.т.н.
Національний університет «Львівська політехніка»

У наш час сучасна вища освіта потребує нового, більш якісного підходу до проведення не тільки лабораторних робіт, а також й практичних занять. Особливо це стосується профільюючих технічних дисциплін, що викладають у вищих технічних закладах України. До прикладу, в Інституті енергетики та систем керування Національного університету «Львівська політехніка» на кафедрі теоретичної та загальної електротехніки з метою покращення якості навчального процесу проводять гібридний лабораторний практикум, у якому виконання лабораторної роботи поділяється на два етапи:

– проведення експерименту на фізичній моделі, під час якого виконується дослідження реальних процесів;

– проведення математичного експерименту, так званого віртуального моделювання, під час якого за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення підтверджуються отримані результати та визначаються додаткові характеристики досліджуваного об'єкту.

Отже, лабораторний практикум за такою схемою дозволяє поєднати у собі пояснення фізичних аспектів електротехнічних явищ із застосуванням комп'ютерних аналізаторів, що вирішує проблему альтернативності ряду дидактичних питань.

Метою наших досліджень є визначення особливостей впровадження гібридного практикуму на практичних заняттях з профільюючих дисциплін автоматичної та електротехнічних дисциплін.

Запропонований гібридний практикум (рис. 1) дає можливість:

- застосовувати стандартний підхід з вивченням теоретичної частини матеріалу і проведенням при цьому необхідних розрахунків електротехнічних систем автоматики та енергетики;
- здобути навички роботи з комп'ютером та прикладним програмним забезпеченням;
- інтерактивного опрацювання теоретичного матеріалу відповідно до теми практичної роботи;
- набути навичок оцінювання отриманого результату.



Рисунок 1 – Структура застосування гібридного практикуму під час практичних занять

На кафедрі автоматизації виробничих процесів Кіровоградського національного технічного університету для ряду дисциплін, наприклад, таких як «Математичні основи теорії систем», при виконанні практичних занять застосовується класичний підхід з використанням комп'ютерної техніки та програмного забезпечення типу MATLAB чи MathCad. Однак для інших базових дисциплін, таких як «Діагностика систем та теорія надійності», «Надійність приладів і систем автоматики», виникає необхідність проведення певних підготовчих дій. Зокрема, виконання студентами практичної роботи щодо визначення надійності персонального комп'ютера (ПК) вимагає її проведення в два етапи.

Етап 1. Використання теоретичного матеріалу для проведення необхідних розрахунків і побудови спрощеної типової структурної схеми ПК з усіма основними складовими частинами з урахуванням їхнього послідовного та паралельного з'єднання (рис. 2).

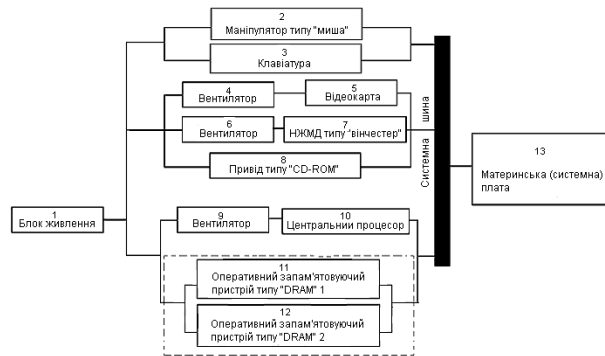


Рисунок 2 – Спрощена типова структурна схема ПК

Етап 2. Інтерактивне опрацювання теоретичного матеріалу, на якому студент показує вміння роботи з персональним комп'ютером та здобути навички роботи з прикладним програмним забезпеченням.

На підставі отриманих за допомогою лямбда-методу результатів розрахунків показників надійності ПК на відповідному програмному забезпеченні будуються графіки ймовірностей безвідмовної роботи ПК, один з яких зображено на рисунку 3.

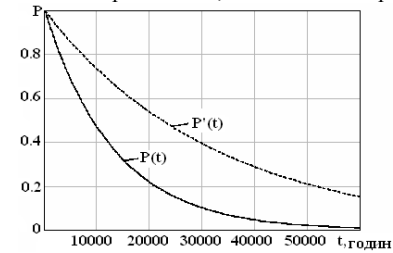


Рисунок 3 – Ймовірності безвідмовної роботи ПК: $P(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи ПК при початкових даних; $P'(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи ПК після зменшення інтенсивності відмов

На підставі отриманих розрахунків показників надійності та побудованих графіків ймовірностей безвідмовної роботи студент робить висновок про надійність ПК з врахуванням послідовного та паралельного з'єднання його складових частин.

УДК 621.314.632

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СЕРЕДОВИЩА ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ

В.О.Шалімов, доц., к.т.н.

С.В.Литвинов, магістрант

Кіровоградський національний технічний університет

Нові вимоги прискорення розвитку механізації сільськогосподарського виробництва ґрунтуються на найновітніших досягненнях науково – технічного прогресу, єдиній технічній політиці та концепції інтенсивного розвитку АПК в цілому. Перехід сільського господарства на інтенсивні методи розвитку передбачає широку програму технічного та технологічного переозброєння сільськогосподарського виробництва, різкий підйом продуктивності праці, значне збільшення середньорічного об'єму валової продукції.

Завдання, що поставлені по прискоренню науково – технічного прогресу та підвищення технічного рівня машин, все зростаюча складність комплексів та систем машин висувають нові, важливі задачі аналізу та синтезу можливих сільськогосподарських машин та їх типажу. Вже на стадіях обґрунтування конструктивних схем, створення та випробовування нових конструкцій необхідно здійснення своєчасної та надійної оцінки базових, технологічних, експлуатаційних та різноманітних конструктивних параметрів машин та агрегатів, типу та структури машин в комплексах та технологічних лініях, виявлення оптимальних режимів та умов їх використання. Прогресивний розвиток галузі машинобудування для промисловості дозволить прискорити забезпечення фермерських господарств сучасною технікою, завершити комплексну механізацію та підвищити рівень автоматизації більшості трудомістких процесів.

Визначаючим фактором нарощення виробництва всіх видів продукції та зниження її трудомісткості є створення нового покоління машин, модернізація та

широке упровадження високоефективної техніки, комплексна механізація та автоматизація виробництва на базі прогресивних технологій. Новоутворені фермерські господарства відчувають велику нестачу новітніх автоматизованих технічних засобів, які б полегшили важку ручну працю, дозволили зекономити коштовні матеріали, електроенергію, підвищили рентабельність товарів сільськогосподарського виробництва. Закуповувати з-за кордону техніку недоцільно з багатьох причин. А технічні засоби, що пропонують національні товаровиробники не виправдовують себе, вони складні за будовою, мають низьку точність і що особливо важливо в умовах економічної кризи високу собівартість, матеріальну та енергетичну ємність.

Система електронізації всієї ферми об'єднується за допомогою МІКРО-ЕВМ, яка по каналах зв'язку управляє роботою підсистем збору біологічної інформації, індивідуальної роздачі концентратів, підтримки параметрів мікроклімату та інші. У системі використовуються пакети прикладних програм зоотехнічного обліку, розрахунку раціонів і управління підсистемами нижнього рівня. Електронізація молочних ферм із застосуванням мікропроцесорів і МІКРО-ЕВМ має велику технологічну і економічну ефективність. Наприклад, індивідуальної роздачі концентрів кожній корові.

Інакше кажучи, типізація технологічних процесів полягає у встановленні загальності математичного опису процесу та їх апаратного оформлення. З цими закономірностями нерозривно пов'язані особливості та динамічні властивості об'єкту (процесу), вини обумовлюють структуру системи управління та регулювання.

Звичайно під об'єктом автоматизації розуміється апарат, машина або установка, в яких протікає той чи інший технологічний процес. Оскільки технологічний процес є визначним фактором при розробці схем автоматизації, в нашому випадку під об'єктом автоматизації розуміється технологічний процес, апарат, машина, установка або сукупність їх. В цьому зв'язку об'єкти автоматизації класифікуються нами у відповідності з типом протікаючих в них технологічних процесів, що визначають принципові рішення автоматизації – які параметри слід регулювати, контролювати, зі змінюю яких параметрів необхідно здійснювати керуючий вплив.

Технологічні процеси одного типу (наприклад, процеси нагрівання) можуть відрізнитись апаратним оформленням, властивостями перероблюваних речовин і т.д. Однак всі вони протікають за одними і тими ж законами та характеризуються аналогічними залежностями між параметрами. Характер цих залежностей в першу чергу визначає параметри, які повинні приймати участь в управлінні. Для одного типу процесів, що протікають в апараті найбільш розповсюдженої конструкції, може бути розроблено рішення по автоматизації, в принципі прийнятно для всіх різновидів цих процесів. Такі рішення є типовими. Наявність типового рішення значно полегшує роботу по складанню систем автоматичного управління для кожного конкретного випадку. В деяких об'єктах протікають процеси, що підпорядковуються різним законам. Автоматизувати такі процеси набагато складніше. Типові технологічні процеси, підпорядковуються різним законам, у більшості мають розподілені параметри та описуються диференційними рівняннями в частних похідних. Тому їх аналіз, як правило, досить складний.

Вибір системи керування типовими технологічними процесами заснований на принциповому спрощенні їх фізичної сутності. Спрощення це полягає в значному нехтуванні фактором розподіленості параметрів процесу та в заміні його об'єктами з зосередженими параметрами. Таке спрощення процесу, як правило, досить припустиме і дає задовільні результати.

При рішенні питання про оптимальні параметри технологічного процесу, що підлягає управлінню і забезпечує найкращу роботу агрегатів в стаціонарних умовах, найбільш важливим є правильний вибір керуємих величин (характерних зосереджених

параметрів) і точок їх контролю, що забезпечують необхідну інформацію про процес та достатню точність управління.

Необхідність управління технологічними процесами обумовлена наявністю різних збурень. Цими збуреннями можуть бути зміни швидкості подачі або склад сировини, коливання температури процесу та зміна швидкості підводу або відводу енергії, вимоги до зміни якості продукту або попиту на нього, а також різні комбінації перелічених факторів. Якщо б процес можна було б ізолювати від подібних збурень, то відпала б й необхідність в системі управління.

Сучасні системи управління будуються на базі агрегатних комплексів із застосуванням приладів з уніфікованими вхідними та вихідними сигналами, а також з використанням сучасних елементів автоматики при експлуатації обраних типів електропривода. Саме цим проблемам присвячені дослідження магістерської роботи.

УДК 681.5.015

ОБґРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА ЗАВАНТАЖЕННЯ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

**А. М. Мацуй, доц., к.т.н.,
О.С. Ткаченко, магістрант**

Кіровоградський національний технічний університет

Аналіз існуючих систем регулювання роботи подрібнювального агрегату (роторної дробарки) показав, що ні одна із них не задовольняє в повній мірі всім вимогам, які ставляться до систем цього типу.

Питання раціонального завантаження роторної дробарки не вирішене, оскільки всі розроблені системи на даний час основані переважно на регулюванні рудного живлення та витрати активної потужності електропривода дробарки. Проте дані два способи являються малоефективними. Тому, виходячи з цього, необхідно розробити систему, що здатна контролювати рівні завантаження дробарки.

З метою вдосконалення системи управління технологічним процесом завантаження роторної дробарки біло вирішено, застосувати нечіткий регулятор (Fuzzy-регулятор).

Інформація, що надходить на вхід нечіткого регулятора (вхідні лінгвістичні змінні), є сигналом, пропорційним продуктивності дробарки. Інформація, яка формується на виході нечіткого регулятора, відповідає сигналу завдання частоти обертання електропривода конвеєра (вихідної змінної).

Завдання частоти обертання електропривода конвеєра здійснюється формуванням сигналу відповідно з виразом

$$u_{zn} = \frac{u_{zs} K_{znp} K_{zmp}}{S_z z K_{znt} K_{zmt}}, \quad (1)$$

де K_{znp} , K_{zng} – передавальні коефіцієнти електроприводів подачі і головного руху; K_{zmp} , K_{zmg} – коефіцієнти механічних передач приводів подачі і головного руху.

Нечіткий лінгвістичний опис припускає наявність бази даних (БД), яка з'єднує між собою лінгвістичні змінні (ЛЗ) з відповідними функціями приналежності (ФП).

В якості терма-множини вхідної лінгвістичної змінної використана множина: завантаження дробарки мінімальне – МІН, завантаження дробарки максимальне – МАКС, завантаження дробарки середнє – СР, завантаження дробарки менше середнього – МСР, завантаження дробарки більше середнього – БСР.

ХАРАКТЕРИСТИКИ БИНС НА ГРУБЫХ ГИРОСКОПАХ

В.В.Мелешко, доц., к.т.н.,

С.Л. Лаккоза, асс.

НТУУ «Киевский политехнический институт»

И.А.Лазарев, к.м.н.

Институт ортопедии и травматологии НАНУ

В якості терма-множини вихідної лінгвістичної змінної використана частота обертання електроприводу конвеєра: частота обертання електроприводу мінімальна – МІН, частота обертання максимальна – МАКС, частота обертання середня – СР, частота обертання менше середньої – МСР, частота обертання більше середньої – БСР.

Приймаємо трикутну функцію приналежності, яка в загальному випадку може бути задана аналітично наступним виразом

$$\mu_{A1}(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x < a \vee c \leq x; \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{при } a \leq x \leq b; \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{при } b \leq x \leq c, \end{cases} \quad (2)$$

де a, b, c – деякі числові параметри, що приймають довільні дійсні значення і впорядковані відношенням:

Вибравши лінгвістичні змінні і склавши базу знань НР, можна перейти до етапу фазифікації, метою якого є встановлення відповідності між конкретними значеннями окремої вхідної змінної НР і значеннями функцій приналежності та відповідного їй терма вхідної лінгвістичної змінної.

По завершенні цього етапу визначено конкретні значення функцій приналежності по кожному з лінгвістичних термів, для всіх вхідних змінних.

Для знаходження ступеня істинності умов кожного з правил використовуються нечіткі логічні операції. Ті правила, ступінь істинності яких відмінний від нуля, вважаються активними і використовуються для подальших розрахунків [16].

Активізація підмножини в нечітких правилах здійснюється за формулою

$$\mu^*(y) = \min\{c_i, \mu(y)\}, \quad (3)$$

де $\mu(y)$ – функція належності терму, який є значенням деякої вхідної змінної; c_i – ступінь істинності підмножини для кожного з правил.

Акумуляція висновків нечітких правил здійснюється об'єднанням нечітких множин, відповідних термам, що належить одним і тим же вихідним лінгвістичним змінним

$$\mu_D(x) = \max\{\mu_A(y), \mu_B(y)\}, \quad (4)$$

де $\mu_A(y), \mu_B(y)$ – функції приналежності поєднаних нечітких множин.

Дефазифікація вихідних змінних здійснюється за методом центру ваги

$$y = \frac{\int_{\min}^{\max} x \mu(x) dx}{\int_{\min}^{\max} \mu(x) dx}, \quad (5)$$

де y – результат дефазифікації; x – змінна, відповідна вхідній лінгвістичній змінній; $\mu(x)$ – функція приналежності нечіткої множини; \min, \max – ліві і праві точки інтервалу носія нечіткої множини розглянутої вхідної змінної.

Отже, наступним кроком буде створення програмної моделі нечіткого регулятора. Для цього планується використати програмний пакет MATLAB, а саме інструмент для моделювання, імітації та аналізу динамічних систем Simulink, котрий дає можливість будувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи, досліджувати працездатність систем і вдосконалювати проекти. Simulink повністю інтегрований з MATLAB, що забезпечує швидкий доступ до широкого спектру інструментів аналізу і проектування. Для підтвердження працездатності системи буде побудовано перехідний процес системи та визначені прями показники якості.

В настоящее время массово выпускаются микромеханические гироскопы, акселерометры и другие приборы, позволяющие определить параметры движения подвижного объекта. Малые габариты и вес, невысокая стоимость (единицы и десятки долларов США), доступность приобретения значительно повысили интерес к разработке и использованию построенных на их основе бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) для определения, в первую очередь, угловых параметров движения подвижного объекта. Такими объектами в настоящее время, помимо широко известных, становятся роботы, медицинские диагностические приборы и др.

Основная проблема при построении таких БИНС – невысокая точность микромеханических датчиков угловой скорости, характеризующаяся ошибками измерения в десятки градусов в час. Это делает рассматриваемые БИНС практически непригодными в автономном режиме. Очевидным является интерес к корректируемому БИНС. В качестве эталонных параметров, используемых для коррекции, могут выступать линейная скорость движения (в частности, нулевая), широта (обычно известна и практически неизменна для рассматриваемых объектов), высота (обычно нулевая), оптические ориентиры. Для коррекции измеряемого курса зачастую используют магнитометры, имеющие в настоящее время приемлемые массогабаритные, точностные и стоимостные характеристики.

Обычно БИНС условно разделяют на северный, восточный и азимутальный каналы. В азимутальном канале коррекцию удобно проводить по магнитометру, сравнивая магнитный и инерциальный курсы. Но напомним, что для определения магнитного курса необходима информация о положении вертикали места, определяемая углами крена и тангажа (данными северного и восточного канала).

Рассмотрим работу северного канала. Поскольку наибольшие проблемы обычно доставляет уход гироскопа, примем его величину порядка $36^\circ/\text{час}$ ($0,01^\circ/\text{с}$). Ошибку акселерометра примем равной 10^{-2} м/с^2 . Проведем моделирование основных режимов работы БИНС.

Сначала выполняют грубую автономную выставку по сигналам акселерометров и гироскопов. Алгоритмы такой выставки можно увидеть в [1]. Точность выставки зависит от точности акселерометра. На точность работы влияют, в первую очередь, систематические ошибки гироскопа. При указанном уходе гироскопа ошибки определения ориентации достигают 10 градусов.

Для повышения точности можно использовать коррекцию по скорости. Для неподвижного объекта скорость движения равна нулю. При такой коррекции величина ошибки определения угла уменьшается до 20 угловых минут. Выход на режим возможен в течение 1 минуты.

Если скорость объекта изменяется на величину до 1 м/с , это не влияет существенно на величину ошибки.

Список литературы

1. Мелешко В.В., Нестеренко О.И. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы. Учебное пособие. – Кировоград: ПОЛИМЕД - Сервис, 2011. – 172с.

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ МПС ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ ВИКОНАВЧОГО ОРГАНУ ПІД КУТОМ

**І.І. Павленко, проф., д.т.н.,
Є.С.Костюк, асп.,
О.А. Кислун, доц, к.т.н.**

Кіровоградський національний технічний університет

Впровадження обладнання з механізмами паралельної структури у виробництво потребує визначення їх можливостей відносно здійснення конкретних операцій. Важливою складовою загальної оцінки є рухові можливості [1,2].

Розглядається поперечне переміщення точки центру рухомої платформи верстата з механізмом паралельної структури (МПС) типу «гексапод» по лінії, що знаходиться під кутом. Переміщення платформи виконавчого органу (ВО) відбувається в межах зони обслуговування робочого простору МПС. [3] Зона обслуговування верстата має різну форму залежно від його конструктивних параметрів.

Узагальнена схема МПС з усіма варіантами обмежень (рис. 1).

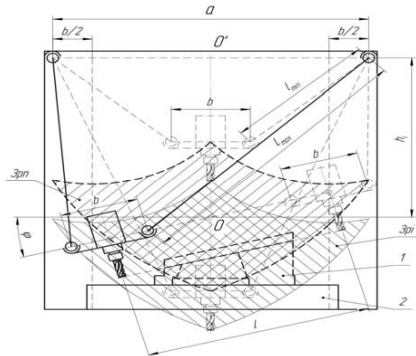


Рисунок 1 – Схема МПС та його зони обслуговування

На даній схемі показано зони можливих положень центру рухомої платформи МПС без різального інструменту – З_{рп} та зона положень вершини інструменту – З_{рi}. Оброблювана деталь 1 встановлена на технологічному пристрої 2 розміщеному на основі МПС. Параметри МПС: a, b – відстань між опорами нерухомої несучої системи та виконавчого органу відповідно; L_{max} – максимальна довжина кінематичних ланок; L_{min} – мінімальна довжина кінематичних ланок; l_i – поточна довжина кінематичних ланок; l – величина поперечного переміщення; φ – кут нахилу виконавчого органу; h_i – поточне положення ВО МПС по висоті.

Для оцінки рухових можливостей визначено показник переміщень по лінії, як відношення реальної величини переміщення (l) до теоретично можливої, яку приймаємо рівною максимальній довжині штанги (L_{max}) [1,2]: $K_{nl} = l/L_{max}$. Для виконання послідовних розрахунків використовуємо наступні позначення: $i_{min} = L_{min}/L_{max}$ – є відношенням мінімальної довжини штанг до максимально можливої; $n = b/a$ – відношення відстані між опорами рухомої та нерухомої платформ МПС;

$m = a/L_{max}$ – відношення відстані між верхніми опорами нерухомої платформи до максимальної довжини штанг;

Вихідним положенням переміщення рухомої платформи є вісь симетрії МПС з т. О в її центрі. Рухома платформа в процесі обробки нахилиться на кут φ в діапазоні від 0 до $\pi/2$ або, до $-\pi/2$. Обмежимо переміщення рухомої платформи, умовою, що штанги не переходять за вертикальне положення.

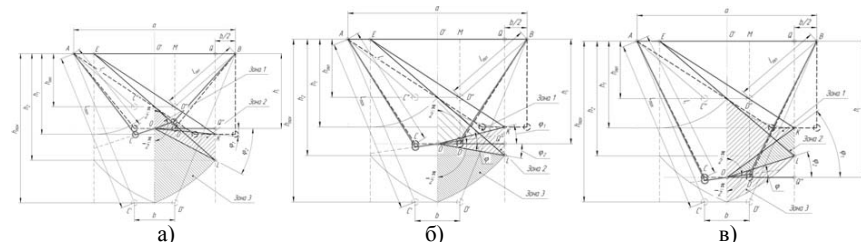


Рисунок 2 – Розрахункові схеми. (а – зона 1; б – зона 2; в – зона 3).

Висота розміщення рухомої платформи в довільному положенні h_i визначається із $\Delta MB D$, де величина його сторін: $MB = (AB - CD)/2 = (a - b)/2$; $BD = l_i = BD \cdot i_i = L_{max} \cdot i_i$, де $i_i = BD/L_{max} = l_i/L_{max}$ – відношення поточної довжини штанг до максимальної можливої;

Отже, в загальному вигляді висота розміщення h_i :

$$h_i = \sqrt{(BD \cdot i_i)^2 - \left(\frac{AB - CD}{2}\right)^2} = \sqrt{(L_{max} \cdot i_i)^2 - \left(\frac{a - b}{2}\right)^2}$$

Залежно від кута φ , наявні три зони обслуговування (від висоти h_i – три інтервали).

Таблиця 1 – Зміна кутів в залежності від інтервалу висоти положення точки О

| Інтервали | Висоти h_i | Зона 1 | Зона 2 | Зона 3 |
|---|--|--|---|--|
| $h_{1a} \geq h_i \leq h_{1n}$ рис.2а | $h_{1a} = \sqrt{L_{min}^2 - \left(\frac{a-b}{2}\right)^2}$; $h_{1n} = L_{min}$ | $\frac{\pi}{2} > \varphi \geq -\varphi$ | $-\varphi_1 \geq \varphi \geq -\varphi_2$ | $-\varphi_2 \geq \varphi > -\frac{\pi}{2}$ |
| $h_{2a} \geq h_i \leq h_{2n}$ рис.2б | $h_{2a} = L_{min}$; $h_{2n} = \sqrt{L_{max}^2 - (a-b)^2}$ | $\frac{\pi}{2} > \varphi \geq \varphi_1$ | $\varphi_1 \geq \varphi \geq -\varphi_2$ | $-\varphi_2 \geq \varphi > -\frac{\pi}{2}$ |
| $h_{3a} \geq h_i \leq h_{3n}$ рис.2в | $h_{3a} = \sqrt{L_{max}^2 - (a-b)^2}$; $h_{3n} = \sqrt{L_{max}^2 - \left(\frac{a-b}{2}\right)^2}$ | $\frac{\pi}{2} > \varphi \geq \varphi_1$ | $\varphi_1 \geq \varphi \geq \varphi_2$ | $\varphi_2 \geq \varphi > -\frac{\pi}{2}$ |

Кут φ_1 лінії траєкторії переміщення точки центру платформи, при якому права штанга відведена в крайнє праве положення, та знаходиться у максимально втягнутому стані l_{min} :

$$\varphi_1 = \arctg \frac{h_i - QK}{OQ''} = \arctg \frac{h_i - l_{min}}{(a-b)/2}$$

Кут φ_2 відповідає умові що права штанга знаходиться в крайньому правому положенні а ліва штанга досягає максимального значення довжини L_{max} .

$$\varphi_2 = \arctg \frac{Q''L}{OQ'} = \arctg \frac{h_i - \sqrt{L_{\max}^2 - (a-b)^2}}{(a-b)/2}$$

В першій зоні точка центру платформи переміщується по траєкторії під кутом в межах $\varphi_1 \leq \varphi < \pi/2$, від точки О до мінімального втягнутого стану правої штанги при цьому вона не досягає крайнього положення. До другої зони належать кути нахилу траєкторії переміщення центру платформи, при умові що штанга відведена в крайнє праве положення яке відповідає обмеженню каркасом та відповідно прямим кутом відхилення штанги в опори, а також в межах $\varphi_2 \leq \varphi \leq \varphi_2$. Третя зона утворена аналогічно першій з відмінністю в тому, що кут траєкторії переміщення центру платформи знаходиться в межах $\varphi_2 \leq \varphi < -\pi/2$, та проходить від точки О до максимально втягнутого стану лівої штанги L_{\max} . Отже для кожної з зон:

$$l_1 = L_{\min} \cdot \frac{\cos\left(\left(\pm\phi + \arctg((a-b)/(2h_i)) \mp \arcsin\left(\sqrt{((a-b)/2)^2 + h_i^2} \cdot \cos(\phi + \arctg((a-b)/(2h_i))\right)\right)/L_{\min}\right)}{\cos(\phi + \arctg((a-b)/(2h_i))}$$

$$l_2 = \frac{a-b}{2 \cdot \cos \phi};$$

$$l_3 = L_{\max} \cdot \frac{\cos\left(\left(\mp\phi + \arctg((a-b)/(2h_i)) \pm \arcsin\left(\sqrt{((a-b)/2)^2 + h_i^2} \cdot \sin(\pi/2 - \phi + \arctg((a-b)/(2h_i))\right)\right)/L_{\max}\right)}{\cos(-\phi + \arctg((a-b)/(2h_i))}$$

Загальна довжина переміщення (l) визначається як сума двох відрізків: $l = l_1 + l_3$, де l_1, l_3 - поточна довжина відрізків. Отже $K_{н.л.}$ визначатиметься $K_{н.л.} = (l_1 + l_3) / L_{\max}$

Вплив основних геометричних параметрів на рухові можливості МПС подано графічними залежностями, рис.3.

Графік впливу рухових можливостей штанг на відносне переміщення показує приріст показника переміщення на ділянці показника i від 0,45 до 0,65, далі йде ділянка на яку впливає кут нахилу лінії переміщення, при зменшенні якого збільшується переміщення, на ділянці 0,8 до 1 переміщення знову зменшується, це обумовлено складною геометрією зони обслуговування робочого простору верстату з МПС.

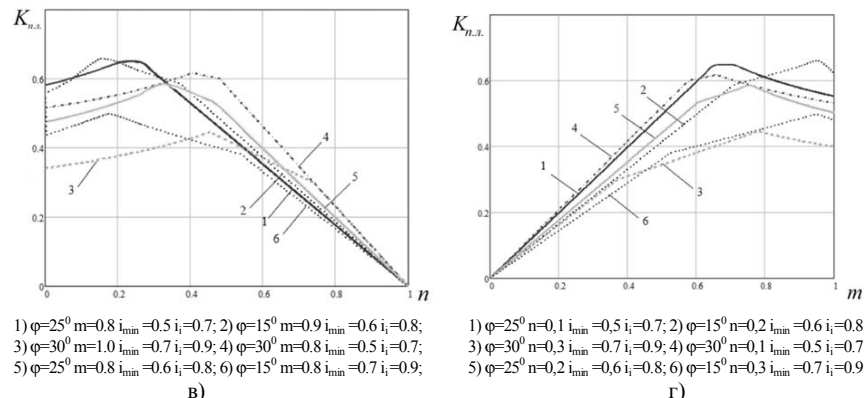
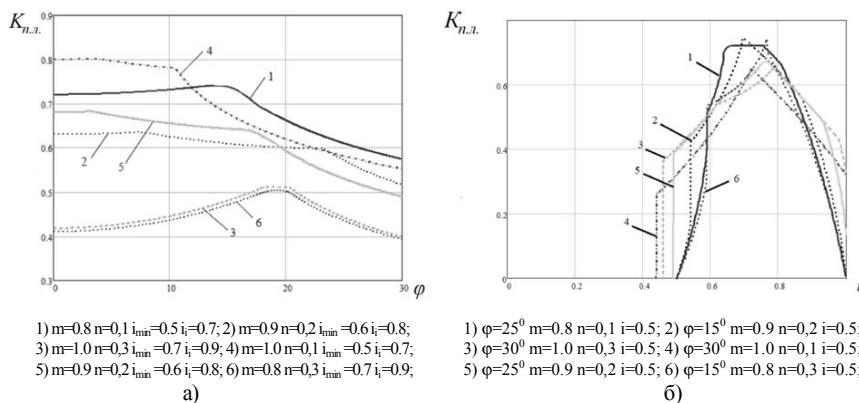


Рисунок 3 – Графіки відносного переміщення - рухових можливостей МПС в залежності від основних геометричних параметрів (а - кути нахилу, б - рухових можливостей штанг, в - відношення відстані між верхніми та нижніми опорами МПС, г - відношення максимального переміщення штанг до розміру нерухомої платформи)

Аналіз впливу відношення розмірів рухомої до нерухомої платформи нерухомої платформи, на відносне переміщення показує, що при збільшенні показника i збільшується початковий показник відносного переміщення, при значенні показника n починаючи з 0.6 його величина зменшується у всіх випадках. Вплив відношення максимального переміщення штанг до розміру нерухомої платформи, на відносне переміщення має зворотний. При збільшенні показника m збільшується показник відносного переміщення, при по дальшому збільшенні показника m видно відчутно зменшує переміщення показник i при значенні менше 0.6.

УДК 681.5.015

ДОСЛІДЖЕННЯ КУЛЬОВОГО МЛИНА ЯК БАГАТОВИМІРНОГО КЕРОВАНОВОГО ОБ'ЄКТА ЗА ПАРАМЕТРОМ ПЕРЕМІШУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ

В.О. Кондратець, проф., д.т.н.,
 А.М. Мацуй, доц., к.т.н.
 Кіровоградський національний технічний університет

Найбільша частка перевитрат при отриманні магнетитових концентратів в Україні припадає на подрібнення вихідної руди у кульових млинах, причиною яких є ряд факторів, включаючи і перемішування матеріалу в них. Неякісне перемішування приводить до перевитрати електричної енергії, куль, футеровки, корисного компоненту та недоотримання готового подрібненого продукту. Оскільки собівартість магнетитового концентрату в наслідок додаткових перевитрат на вітчизняних збагачувальних фабриках вища порівняно з зарубіжною продукцією, тема статті, спрямованої на її зниження, є актуальною. Осереднення матеріалу безпосередньо в кульових млинах розглядає ряд вітчизняних і зарубіжних авторів, однак задачу перемішування матеріалу вздовж барабана млина ніхто не досліджував.

Метою даної роботи є дослідження перемішування матеріалу вздовж барабана кульового млина, що працює у замкненому циклі з механічним односпіральним класифікатором.

Серед п'яти вихідних величин або параметрів стану кульового млина суттєвий вплив на вихід готового подрібненого продукту здійснює перемішування матеріалу вздовж барабана технологічного агрегату. Розрізняють два види перемішування матеріалів – сухих дроблених продуктів з метою осереднення їх складу за крупністю і сухого матеріалу з водою з метою осереднення і закріплення необхідної кількості води за твердим, тобто, створення пульпи певної консистенції. У кульовому млині ці два процеси відбуваються одночасно.

Показано, що осереднення твердого не дуже залежить від його форми і крупності, у кульовому млині здійснюється достатньо швидко, практично за 34 с, неперервно покращуючи показник за даний проміжок часу. Цей проміжок часу являє собою час запізнювання τ , який дорівнює відношенню довжини осереднення матеріалу до середньої швидкості його руху вздовж осі барабана. Передаточну функцію кульового млина за даним параметром можливо подати у вигляді

$$W_{ZM}(p) = \frac{k_{ZM}}{T_{ZM}p + 1} \cdot e^{-p\tau}, \quad (1)$$

де p – оператор Лапласа; k_{ZM} – передаточний коефіцієнт кульового млина відповідно параметру змішування; T_{ZM} – стала часу за параметром змішування.

Сталу часу T_{ZM} у даних процесах можливо приймати в межах 10, 20 і 30 с. Враховуючи, що у даних процесах $k_{ZM}=1$, вираз амплітудно-частотної характеристики кульового млина без запізнювання відповідно (1) дорівнює

$$A_{ZM}(\omega) = 1 / \sqrt{T_{ZM}^2 \omega^2 + 1}, \quad (2)$$

де ω – колова частота.

Аналіз амплітудних частотних характеристик кульового млина показує, що низькочастотні вхідні коливання, які відповідають керуючим діянням, проходять через нього, а більш високочастотні, викликані нерівномірністю розташування матеріалу на конвеєрній стрічці, через технологічний агрегат практично не проходить. Це дозволяє ефективно керувати завантаженням кульового млина навіть у коротких циклах. Нерівномірність розташування матеріалу на конвеєрній стрічці практично не буде впливати на даний процес.

Більш проблематичним є змішування твердого з водою. Даний процес оцінюється імовірнісним коефіцієнтом R_p , який залежить від часу перебування твердої фази та води в конкретній ділянці вздовж барабана млина і дорівнює

$$R_p = \frac{\gamma_p}{\gamma_b} = \frac{Q_{bT}T_T + Q_{bB}T_B}{(Q_{bT} + Q_{bB})T_T} 1, \quad (3)$$

де γ – відповідно густини пульпи в барабані млина і в його розвантаженні; Q_{pT} , Q_{pB} – відповідно об'ємна витрата твердого та води з кульового млина; T_T , T_B – час перебування відповідно твердої фази та води в барабані млина.

Встановлено, що імовірнісний коефіцієнт R_p в перших ділянках барабана має достатньо низькі значення 0,674...0,716 при номінальному 1,0. Це в основному викликано ефективним витісненням води, яка не зв'язана з її твердим, з першої ділянки у сусідню. Мале значення R_p підкреслює низьку ефективність перемішування твердого і води в першій і сусідніх ділянках барабана, оскільки з першої вода витісняється суцільним потоком, який погано розповсюджується між усім масивом твердого як у першій, так і наступних ділянках. Це означає, що більш-менш ефективна робота куль в наслідок вирівнювання розрідженості пульпи буде забезпечуватись лише після половини довжини барабана кульового млина. Якщо суміш в конкретній ділянці матеріалу по довжині млина води не втрачає, то ефективність перемішування твердого

з водою вважається ідеальною – $R_p = 1$. Однак вказаний критерій стосовно кульового млина прямо використати не можливо. Тому найбільш доцільним буде шлях, спрямований на покращення умов перемішування. Тобто, ставиться задача затримання води в початковій ділянці барабана кульового млина – вирівнювання часу перебування в ній твердого і води.

В процесі розв'язання цієї задачі найбільш ефективним є шлях зв'язування води з твердим матеріалом на вході в першу ділянку барабана або до неї, оскільки зв'язана з твердим вода не може бути витісненою в сусідню ділянку. Воду у кульовий млин можливо подавати трьома потоками – на поверхню вихідної руди, у приймальній пристрій завиткового живильника до граничного розрідження пісків класифікатора та безпосередньо у горловину кульового млина, розбризкуючи її в широкій зоні завантаження. Це дозволить стрімко покращити ефективність роботи куль в першій та найближчих до неї ділянках барабана, що забезпечить підвищення продуктивності кульового млина, якості подрібнення та неперевитрачання електричної енергії, куль і футеровки.

Отже, воду, призначену для забезпечення необхідної розрідженості пульпи, слід подавати до входження матеріальних потоків у кульовий млин – на поверхню дробленого продукту, в піски класифікатора, розріджуючи їх до граничного значення, та частково в зону завантаження шляхом розбризкування на значній площі. Якісне перемішування матеріалу забезпечить зменшення витрат на виробництво магнетитового концентрату і тим самим буде сприяти зниженню його собівартості.

УДК 681.5:004:635.64:004

ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗБОРУ ТА КОНТРОЛЮ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦІ, ЯК БАЗА ЗНАТЬ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Л.Г. Віхрова, проф., к.т.н.

В.М. Каліч, проф., к.т.н.

Т.О. Прокопенко, асист.

Кіровоградський національний технічний університет

Вступ. Однією з найважливіших задач в поліпшенні життєвих умов населення України є забезпечення його свіжими овочами. Споживчий ринок України в зимово-весняний період року забезпечується овочами тільки за рахунок споруд закритого ґрунту. Серед технологічних процесів, що проводяться в теплицях, особливу важливість мають процеси автоматичного контролю і підтримки параметрів мікроклімату теплиць. Усі параметри мікроклімату тісно пов'язані між собою, оскільки вони впливають один на одного, а усі разом визначають ріст та розвиток рослин певної культури. В останній час все більшого розповсюдження набувають адаптивні системи керування з використанням нейронних мереж. Застосування в автоматичних системах керування мікроклімату в теплиці математичного апарату нечіткої логіки дозволяє формалізувати і обробляти інформацію про умови контролю, витікаючи від експерта в лінгвістичній формі. Однак більшість розглянутих таких систем не мають інформації з об'єкта досліджень в реальному часі, оскільки опрацьовують бази даних з раніше отриманої інформації; та не враховують і не регулюють енерговитрати при виробництві овочів, що в теперішній час підвищення цін на енергоносії має не аби яке значення.

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ПІДТРИМУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ У ВУЛИКАХ ПРОМИСЛОВОЇ ПАСІКИ

В.В. Лесюк, магістрант

Кіровоградський національний технічний університет,

В.М. Неділько, доц., к.т.н.

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету

Останнім часом в Україні значно зменшилась кількість пасік. Знижується виробництво продуктів бджільництва. За рідкісним винятком, бджільництвом займаються в основному «приватники», аматори, що містять кілька десятків бджолиних сімей. В такій ситуації, звичайно, не можливо вести розмову про розвиток автоматизації технологічних процесів даної галузі, впровадження засобів, які полегшують умови праці пасічника та підвищують продуктивність бджолиних господарств.

Дослідження технологічних процесів бджільництва, створення засобів автоматизації та механізації дозволять підвищити продуктивність окремих пасік і сільського господарства загалом. В умовах широкого розповсюдження мікропроцесорної техніки та її здешевлення останнім часом, для полегшення праці бджоларів можливо створювати і використовувати достатньо не дорогі, прості у обслуговуванні і користуванні пристрої, засновані на базі мікропроцесорів. Звичайно, створення автоматизованих комплексів, які б забезпечували найменше втручання бджоларя у складну біологічну систему – це надто не проста задача, оскільки машину не можливо навчити тонко відчувати процеси у бджолиній сім'ї, як їх може відчувати досвідчений пасічник. Дані дослідження спрямовані на вирішення частинних задач автоматизації процесів виробництва продуктів бджільництва, а саме на розробку та дослідження системи автоматичного підтримання температурного режиму бджолиної сім'ї.

Використання такої системи дасть можливість підтримувати температурний режим бджолиного гнізда на певному заданому рівні, що сприятиме підвищенню продуктивності бджіл. Адже, знаходячись у холодному середовищі чи при зимівлі на волі, бджоли поїдають меду більше звичайного, витрачаючи його на теплотворення. А особливо навесні, бджоли підвищують виділення тепла і теж споживають більше меду й одночасно збираються щільніше на меншій площі стільників. У цьому випадку не покритий бджолами розплід прохолоджується і гине. Крім того, підігрів створює своєрідний інкубатор. Матка відкладає яйця, бджоли, запечатавши розплід, цілком ідуть з неї. Розплід дозріває при тій температурі, що дає підігрів. Це звільняє бджіл від обігріву розплоду, дозволяє більшій кількості бджіл займатися збором меду.

Об'єктом дослідження є найбільш розповсюджений на українських пасіках вулик-лежак на 20 рамок. У якості нагрівального елемента в розроблюваній системі обрано плівковий нагрівальний елемент.

В якості чутливого елемента в системі прийнято терморезистивний датчик TEWS-P12. Проте для того, щоб мати можливість використати сигнал вказаного датчика в якості інформативного параметра необхідно було визначити залежність вихідного сигналу датчика від температури повітря у вулику. Для визначення вказаної залежності були використані експериментально отримані дані. Розглядаючи експериментальні дані була помічена явна лінійна залежність вихідного сигналу датчика від температури. В результаті досліджень визначено рівняння регресії і коефіцієнт кореляції та виконана оцінка їх істотності з використанням критеріїв Стьюдента та Фішера.

Проведені дослідження покладені в основу розробки функціональної та структурної схеми системи регулювання температури повітря у вулику.

Постановка проблеми. Зазвичай режим мікроклімату в теплицях моніторять на протязі доби за фазами росту рослин з врахуванням особливостей вирощуваних культур і сортів. Вимірювання окремих змінних і визначення параметрів мікроклімату, особливо у режимі реального часу і створення цілком адекватної моделі стає досить важкою задачею. В свою чергу питання дослідження і розробки систем автоматичного контролю параметрів мікроклімату, здатних працювати в умовах інформаційної невизначеності теплиць, вивчені недостатньо. Тому, задача вивчення всієї сукупності зв'язків, що визначають параметри вихідних величин, а також підвищення надійності та ефективності роботи обладнання, отримання своєчасної технологічної інформації, зниження енергоспоживання та підвищення захисту рослин від негативних факторів, для створення системи автоматизованого збору та контролю основних параметрів мікроклімату в теплиці, як бази знань адаптивної системи керування є актуальною.

Розв'язання проблеми. Встановлено, що архітектура адаптивної системи керування температурно-вологісним режимом у теплиці аркового типу, побудованої за допомогою нейро-нечіткого підходу повинна включати блок нейромережевої адаптації, на вході якого діють агротехнічні вимоги до вирощування продукції, та базу знань технологічного процесу, яка постійно оновлюється за даними про контрольовані збурення. Стає очевидним, що без єдиної системи збору інформації і прийняття рішень на основі всіх зібраних даних не обійтись. Сучасна система управління повинна отримувати дані з об'єкта управління, прораховувати необхідну кількість енергії і розподіляти її між всіма джерелами тепла. Така система управління теплиць повинна включати комп'ютерну техніку і складатись з приладового та програмного забезпечення.

Запропонований програмно-технічний комплекс (рис.1, 2) автоматизованого збору та контролю основних параметрів мікроклімату в теплиці, як бази знань адаптивної системи керування призначений для: контролю мікроклімату в середині теплиці; відстеження зовнішніх метеоумов; аналізу одержуваних даних.



Рисунок 1 – Загальний вигляд програмно-технічного комплексу

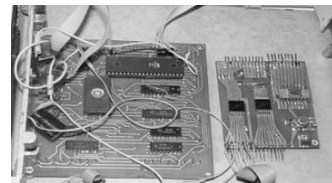


Рисунок 2 – Вигляд плати контролю програмно-технічного комплексу

Програмно-технічний комплекс, який враховує багатфакторність, нестационарність та нелінійність параметрів, доцільно використовувати для забезпечення енергоефективних параметрів процесу вирощування агротехнічних культур в овочевій теплиці. Накопичення експериментальних наборів даних, потрібно здійснювати протягом, як мінімум, одного завершеного технологічного циклу вирощування агротехнічних культур, а отримані дані можна використовувати для аналогічних конструкцій теплиць та для синтезу нейронних мереж системи керування

Висновок: Розроблений програмно-технічний комплекс автоматизованого збору та контролю основних параметрів мікроклімату овочевій теплиці в умовах реального часу дозволить створювати енергоефективну поновлювану базу знань режимів функціонування тепличного господарства для адаптивної системи керування, що дозволить підвищити ефективність вирощування овочів.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАДАЧІ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ТА ОСЬОВОГО ЗУСИЛЛЯ В ПРОЦЕСІ ФРИКЦІЙНОГО ФОРМОУТВОРЕННЯ

Ю.М. Пархоменко, доц. к.т.н.

А.В. Білоконь, магістрант

Кіровоградський національний технічний університет

Технічний прогрес у машинобудуванні знаходить своє відображення у такому розвитку виробництва, який забезпечує раціональне використання металу при високій продуктивності праці, малих енерговитратах та прийнятному рівні якості. Одним із таких технологічних напрямків є метод фрикційного формоутворення деталей. Це нова технологія, яка дозволяє підвищити коефіцієнт використання металу в декілька разів порівняно з виготовленням цих же деталей, наприклад, методом різання.

Процес фрикційного формоутворення є результатом дії декількох рухів, основними з яких є відносне кутове та лінійне переміщення тругого і деформуемого інструменту (ТДІ) і заготовки. Існує два види керування лінійним відносним переміщенням: 1) при постійній силі тиску на робочій поверхні; 2) при постійній швидкості лінійного переміщення. В даному випадку розглядається другий вид керування, який реалізується на діючих верстатах кулачковою системою управління на основі архімедової спіралі. Змінюючи профіль кулачків можна отримати будь-яку швидкість осьового руху формоутворюючого органу.

Діюча кулачкова система управління не спроможна забезпечити регулювання швидкості руху ТДІ після дотику до заготовки із-за відсутності зворотного зв'язку. Щоб подолати цей недолік, необхідно впровадити замкнуту цифрову систему автоматичного керування швидкістю руху ТДІ, яка буде вступати в дію після кожного сигналу – сповіщення від датчика про дотик формоутворюючого елемента до заготовки.

Для того, щоб розробити означену систему спершу було визначено динамічну модель (передаточну функцію) об'єкту управління - області формоутворення, вихідним параметром якої є осьове зусилля P , що виникає в місці дотику заготовки та ТДІ, за кривою розгону.

Так як розгінна крива осьового зусилля знімалася на діючому верстаті при неперервній подачі ТДІ до заготовки і після дотику, то час запізнення приймався рівним нулю ($\tau_z = 0$). Підставивши в формулу (1)

$$W_M(s) = K \overline{W}_M(s) e^{-s\tau} = K \frac{1 + b_1s + b_2s^2 + \dots + b_ms^m}{1 + a_1s + a_2s^2 + \dots + a_ns^n} e^{-s\tau}, \quad (1)$$

де K – коефіцієнт підсилення, τ – час запізнення, a_i, b_i – коефіцієнти передаточної функції, $\overline{W}_M(s) = \frac{1 + b_1s + b_2s^2 + \dots + b_ms^m}{1 + a_1s + a_2s^2 + \dots + a_ns^n}$ – передаточна функція нормованої розгінної кривої, значення коефіцієнта підсилення K (2),

$$K_{об} = \frac{\Delta \overline{P}(\infty)}{\Delta x} = \frac{500 \kappa \Gamma}{220 B} = 2.273 \kappa \Gamma / B, \quad (2)$$

де Δx – значення вхідного діяння – напруги живлення двигуна подачі, $\Delta \overline{P}(\infty)$ – максимальне значення осьового зусилля,

постійну запізнення $e^{-s\tau} = 1$ і передаточну функцію нормованої кривої $\overline{W}_M(s)$. В результаті отримаємо кінцеву формулу передаточної функції досліджуемого об'єкта, яка визначається виразом:

$$W_{об}(s) = \frac{2.273}{0.051 \cdot s^2 + 0.388 \cdot s + 1} \quad (3)$$

На основі отриманої динамічної моделі можна спроектувати замкнуту цифрову систему керування осьовим зусиллям спроможну забезпечувати стабільність технологічного процесу виготовлення деталей за методом фрикційного формоутворення.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ РЕЄСТРАЦІЇ ГАЗОВИХ СКЛАДОВИХ ОПТИЧНОГО ГАЗОВОГО АНАЛІЗАТОРА ПОБУДОВАНОГО НА ОСНОВІ ВНУТРІШНЬОРЕЗОНАНСНОЇ ЛАЗЕРНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ.

Ю.М. Пархоменко, доц. к.т.н.

В.В. Босько, доц. к.т.н.

О.А. Шаповал, магістрант

Кіровоградський національний технічний університет

На сьогодні вже не викликає заперечень теза про те, що техногенна цивілізація здійснила руйнівний вплив на біосферу планети і стала загрожувати не тільки здоров'ю людей, але й самому існуванню людства, тому проблеми створення ефективних методів і засобів діагностики стану довкілля стають особливо актуальними.

Метою даної роботи є дослідження методів та засобів реєстрації газових складових направлених на вдосконалення оптичного газового аналізатора побудованого на основі внутрішньорезонансної лазерної спектроскопії.

Теоретично досліджено методіку реєстрації газових складових шляхом аналізу багатомодового світлового потоку сформованого аргоновим лазером та розміщеними в резонаторі органічними фарбниками.

З метою вдосконалення існуючого оптичного газоаналізатора розроблено блок реєстрації спектральної інтенсивності досліджуваного світлового потоку на базі лінійного перетворювача типу G9208, попередньої обробки та передачі цифрових даних через USB- порт до ПК.

Для підвищення точності реєстрації, усереднення значень спектральної інтенсивності $\overline{H}(\omega_i)$ по усій довжині контрольованого діапазону частоти ω_i (0,9-2,55 мкм) здійснюється на підставі N вимірів ($N \leq 100$; $\tau_{засе} \leq 0,01$ с).

$$\overline{H}(\omega_i) = \sum_{j=1}^N H_j(\omega_i) / N \quad (1)$$

де: $H_j(\omega_i)$ – інтенсивність світлового потоку на частоті ω_i ; j – номер виміру.

Так як спектральна чутливість пристрою реєстрації з зарядовим зв'язком має нелінійну АЧХ, то для кожної з вимірюваних частот вводяться коефіцієнти вирівнювання $K(\omega_i)$.

$$K(\omega_i) = H_0(\omega_i) / \overline{H}(\omega_i), \quad (2)$$

де: $H_0(\omega_i) = \sum_{i=1}^{256} H(\omega_i) / 256$, $H_0(\omega_i)$ - середнє та поточні значення спектральної інтенсивності за відсутності газової суміші.

Отримані значення коефіцієнтів вирівнювання $K(\omega_i)$, які враховують не лише фактор нелінійності спектральної чутливості ПЗЗ, а і вплив інших факторів тракту переміщення світлового потоку, використовуються при визначенні реальної спектральної інтенсивності досліджуваного потоку.

З метою більш практичного визначення базової кривої відліку спектральної інтенсивності запропоновано метод послідовного визначення усередненого значення вимірів реальної інтенсивності за трьома точками виміру.

$$\bar{H}_{\text{баз}}(\omega_i) = \frac{\bar{H}(\omega_i) + 2\bar{H}(\omega_{i+1}) + \bar{H}(\omega_{i+2})}{4} \quad (3)$$

де: $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Визначення вмісту газової суміші здійснюється за формулою:

$$\Delta H(\omega_i) = \bar{H}(\omega_i) - H_{\text{баз}}(\omega_i) \quad (4)$$

Результати даної роботи можуть знайти практичну реалізацію в діючих моделях оптичних газових аналізаторів діючих на базі внутрішньорезонансної лазерної спектроскопії.

УДК 657

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ОБЛІКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ ВІДНОСИН ВЛАСНОСТІ В АГРАРНІЙ СФЕРІ

Н.М. Колос, к. е. н.

Кіровоградський національний технічний університет

Постановка проблеми. Розвиток методології обліку безпосередньо пов'язаний з розвитком відносин власності й зумовлений ним. Проте опосередковано стан обліку та досконалість облікових процедур впливають на реалізацію відносин власності. Для гармонічного розвитку суспільства є необхідним узгодження суперечностей між економічною сутністю відносин власності та юридичною формою їх прояву.

Виклад основного матеріалу. В Україні законодавчо закріплено такі повноваження власників, як право володіння, право користування та право розпорядження. Права на отримання доходу та на захист не відокремлені, проте ці повноваження є об'єктивними наслідками власності та її атрибутами. На забезпечення реалізації цих прав має бути спрямований розвиток системи обліку. В сучасних умовах зростає дезінтеграція прав власника, що зумовлює вимоги до якості облікової інформації та контроль адекватного відображення в бухгалтерському обліку процесів трансформування відносин власності. В основу земельної реформи покладено легітимність приватної власності на землю. На підставі порівняння існуючих концепцій земельного законодавства щодо розщеплення повноважень обґрунтовано необхідність узгодження інтересів суб'єктів господарювання і суспільства

Право володіння як облікова категорія в ринковому середовищі ототожнюється з капіталом. Суперечність сучасного етапу розвитку обліку відносин власності в нашій країні пов'язана з тим, що розробка та впровадження національних стандартів фінансового обліку спрямовані на потреби інформаційного забезпечення захисту

інтересів власників капіталу, що недостатньо враховує потреби суспільного контролю ринкової економіки. Проблема посилюється обмеженим розумінням капіталу лише як фінансового та фізичного. Сучасна теорія бухгалтерського обліку не повною мірою враховує тенденції еволюції власності. Обґрунтовано необхідність розширення категорії „суб'єкт власності” в сільському господарстві з віднесенням до суб'єктів власності працівника як володаря власної праці та сільської територіальної громади. Для потреб обліку є необхідним застосовувати уніфіковане визначення, яке дає можливість урахування інтересів користувачів інформації про капітал. З цієї точки зору відповідно до юридичного та економічного аспектів власний капітал – це відображення обсягу прав власників, що є джерелом розширеного відтворення та гарантією виконання підприємством своїх зобов'язань. Необхідно розмежувати в обліку та звітності зароблений і реінвестований капітал.

Повноваження власників – право на дохід реалізується в процесі формування і розподілу прибутку, що безпосередньо пов'язано з процедурою бухгалтерського обліку та її парадоксами. Суттєвий вплив на формування фінансового результату здійснює прийнята методологія оцінки, а також облікова політика підприємства та її відповідність вимогам стандартів бухгалтерського обліку і потребам управління. На даному етапі розвитку сільського господарства в інтересах власників сільськогосподарських підприємств необхідно розробити рекомендації з формування облікової політики на галузевому рівні.

Висновки. Спостерігаються методичні проблеми як в організації оренди майнових і земельних паїв, так і у відображенні цих процесів в обліку. Доцільним є застосування рахунку 474 „Забезпечення інших виплат і платежів” при створенні резерву відновлення орендованого майна в частині орендної плати. Обґрунтовано, що перспективним напрямом розвитку відносин власності в сільському господарстві є об'єднання корпоративного та земельного капіталу через передачу в якості внеску до статутного чи пайового капіталу прав користування, у тому числі і таким суб'єктом власності як сільська територіальна громада.