



СИНЬКОВ
Віктор Михайлович
1907 – 1985 рр.

Професор,
видатний вчений
і педагог, енергетик

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР «ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА
ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА»
ВАРШАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУК ПРО ЖИТТЯ
РЕСПУБЛІКИ ПОЛЬЩА



ПРОГРАМА
**V Міжнародної науково-
практичної конференції**
присвяченої пам'яті
професора Віктора
Михайловича Синькова

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЙ ТА
АВТОМАТИКИ В АПК

19 грудня 2019 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК
УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР «ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА
ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА»
ВАРШАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУК ПРО ЖИТТЯ РЕСПУБЛІКИ
ПОЛЬЩА

МАТЕРІАЛИ

V Міжнародної науково-практичної конференції
присвяченої пам'яті професора Віктора Михайловича Синькова

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЙ ТА АВТОМАТИКИ В АПК

19 грудня 2019 року

Київ, НУБіП України

УДК 621.3

Рекомендовано до друку вченою радою Навчально-наукового інституту енергетики, автоматики та енергозбереження Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол №8 від 19.11.2019 р.)

Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої пам'яті професора Віктора Михайловича Синькова «Проблеми та перспективи розвитку енергетики, електротехнологій та автоматики в АПК» ПРЕАП-2019, 19 грудня 2019 року, НУБіПУ України, Київ, 2019.

Відповідальність за зміст публікацій несуть автори.

© Національний університет біоресурсів
і природокористування України

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ І СИСТЕМИ	13
Бунько В.Я. ЦИФРОВА ПІДСТАНЦІЯ – ВАЖЛИВИЙ ЕЛЕМЕНТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ.....	13
Бунько В.Я., Хом’як І.Я. ЗАСТОСУВАННЯ КОМПАКТНИХ КЕРОВАНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ.....	14
Омельчук А.О. ОЦІНКА ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ В ЗОНІ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ 35...110 КВ В УМОВАХ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ	15
Бунько В.Я., Данів Н.В. ВИКОРИСТАННЯ НЕЛІНІЙНОГО ОБМЕЖУВАЧА ПЕРЕНАПРУГ ДЛЯ ЗАХИСТУ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ.....	16
Гладкий А.М. НЕЛІНІЙНІ СПОТВОРЕННЯ СИНУСОЇДАЛЬНОЇ НАПРУГИ ТА УМОВИ ЇХ МІНІМІЗАЦІЇ	17
Гребченко М.В., Єрмоменко Є.В. АДАПТИВНИЙ МАКСИМАЛЬНИЙ СТРУМОВИЙ ЗАХИСТ ВІД КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ	19
Зайченко Ю.М. ДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА СЕЛЕКТИВНІСТЬ СПОСТЕРІГАЧІВ ВИЩИХ ГАРМОНІК СТРУМУ ТРИФАЗНОЇ МЕРЕЖІ.....	19
Кравченко О.П., Воробей В.В. СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ (СМКЕП) ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНИХ АДАПТИВНИХ ПРИСТРОЇВ.....	21
Сабарно Л.Р. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ МЕРЕЖ З ДЖЕРЕЛАМИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ.....	22
Сивокобиленко В.Ф., Лисенко В.А. УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАХИСТУ ВІД ЗАМИКАНЬ ФАЗИ НА ЗЕМЛЮ В КОМПЕНСОВАНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ 6-35 КВ	23
Сінчук І.О. МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ З БЕЗПЕРЕРВНИМ ЦИКЛОМ ВИРОБНИЦТВА	25

Тугай Ю.І., Кучанський В.В., Мельничук В.А.	
МІНІМІЗАЦІЯ ЗАЛИШКОВОГО НАМАГНІЧУВАННЯ ОСЕРДЯ АВТОТРАНСФОРМАТОРА ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ РЕЗОНАСНИМ ПЕРЕНАПРУГАМ	26
Тугай Ю.І., Козирський В.В., Тютюнник Ф.О.	
РОЗВИТОК ПІДХОДІВ ДО ОЦІНЮВАННЯ СТІЙКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ З ДЖЕРЕЛАМИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ	27
Гай О.В., Гулевич В.К.	
ОСОБЛИВОСТІ ЗАВДАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДВООБМОТКОВОГО ТРАНСФОРМАТОРУ З РОЗЦЕПЛЕНОЮ ОБМОТКОЮ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ ТРАНСФОРМАТОРА В ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ «ELPLEK»	28
Черкашина В.В., Черемісін М.М.	
ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ НАПРУЖЕНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ	31
Гай О.В., Гусятинський Д.О.	
ОСОБЛИВОСТІ ЗАВДАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРЬОХОБМОТКОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА В ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ «ELPLEK»	32
СЕКЦІЯ 2. РОЗПОДІЛЕНІ СИСТЕМИ ГЕНЕРАЦІЇ ТА СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	35
Нікіфоров А.П., Подлужна Н.О.	
ЗАСТОСУВАННЯ СТРУКТУРНО-ІНФОРМАЦІЙНОГО МЕТОДУ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ ПРИ ПЕРЕХОДІ ДО ЕКОНОМІКИ ЗНАНЬ	35
Козирський В.В., Петренко А.В., Макаревич С.С.	
ЛІНІЙНІ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРИ ЗВОРотно-ПОСТУПАЛЬНОГО РУХУ В СХЕМІ АМОРТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	37
Шавьолкін О.О., Становський Є.Ю., Підгайний М.О.	
БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНИЙ АГРЕГАТ З ПОСЛІДОВНИМ З'ЄДНАННЯМ ІНВЕРТОРІВ ДЛЯ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО ОБ'ЄКТУ З ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЮ БАТАРЕЄЮ	38
Козирський В.В., Нікіфоров А.П., Петренко А.В., Парубов А.Н.	
НАКОПИЧУВАЧ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ІЗ МОЖЛИВІСТЮ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛА	40
A. Shavelkin, Jasim Mohmed Jasim Jasim, I. Shvedchykova	
EXPANDING THE CAPABILITIES OF THE PHOTOVOLTAIC CONVERTER UNIT OF THE ELECTRIC POWER SYSTEM IN THE INTELLIGENT ENERGY MANAGEMENT SYSTEM OF THE LOCAL OBJECT	42

Нікіфоров А.П., Беляєв В.К.	
ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ ВИСОКОЧАСТОТНОГО РЕЄСТРАТОРА ПРИЄДНАННЯ МЕРЕЖІ ІЗ АЛГОРИТМОМ ПОШУКУ ДОСТАТНЬОГО ОБСЯГУ ІНФОРМАЦІЇ.....	43
Нікіфоров А.П., Гай О.В.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОХОДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СКЛАДОВИХ ЧЕРЕЗ ВИСОКОВОЛЬТНЕ ОБЛАДНАННЯ СТРУКТУРНО- ІНФОРМАЦІЙНИМ МЕТОДОМ.....	45
Нікіфоров А.П., Волошин С.М.	
СИНТЕЗ І АДАПТАЦІЯ СТРУКТУРИ ТА ПАРАМЕТРІВ ДАТЧИКІВ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ В САПР ДЛЯ ВИСОКОЧАСТОТНОГО ЦИФРОВОГО РЕЄСТРАТОРА КОМІРКИ КРУ	47
Нікіфоров А.П., Савчук О.В.	
АВТОМАТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ СТРУКТУРОЮ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЕНЕРГОМЕРЕЖАХ СМАРТ-ГРИД	49
Гармаш Є.В., Остренко Д.О., Колларов О.Ю.	
РОЗРОБКА НОВИХ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ЕНЕРГОУСТАНОВОК З КОНЦЕНТРАТОРАМИ ПОТОКУ	51
Лежнюк П.Д., Комар В.О.	
ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ЯК МОЖЛИВИЙ ЕЛЕМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	53
Омельчук А.О., Волошин С.М., Тарасюк О.І.	
ЩОДО СПОСОБІВ ВИКОНАННЯ ЗАХИСТУ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ З ПІДСТАНЦІЯМИ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ДЖЕРЕЛ ГЕНЕРАЦІЇ	54
Пересада С.М., Ніконенко Є.О., Михальський В.М.	
ПОРІВНЯННЯ АКУМУЛЯТОРНОГО ТА ГІБРИДНОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....	55
Кузнецов В.Г., Тугай І.Ю., Нікішин Д.А.	
ВИНИКНЕННЯ РЕЗОНАНСНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРОМЕРЕЖАХ ПРИ ПІДКЛЮЧЕННІ ГЕЛІОСТАНЦІЙ	56
Кожан Д.П.	
ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЬ РОЗТАШУВАННЯ ДЖЕРЕЛ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТА ВЕЛИЧИН ЇХ ПОТУЖНОСТІ В РАДІАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ НАПРУГОЮ 35 кВ.....	57
Нікіфоров А.П., Chekavsky Glib	
ФОРМУВАННЯ СПОСОБІВ ЗАВДАННЯ ВХІД–ВИХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО МОДУЛЯ ТЕОРІЇ ІГОР В ЗАДАЧАХ БАЛАНСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ ПРИСТРОЇВ	61

Каплун В.В., Штепа В.М., Макаревич С.С.

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ
ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ У СИСТЕМІ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ
ЛОКАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ..... 62

Колларов О.Ю., Остренко Д.О.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ З ПІДТРИМКОЮ
МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ, ЗА ДОПОМОГОЮ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕРЕЖ 64

СЕКЦІЯ 3. ТЕОРЕТИЧНА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОФІЗИКА 67

Заблудський М.М., Радько І.П., Сподоба М.О.

ОСНОВНІ СКЛАДОВІ МЕТОДОЛОГІЇ ПОБУДОВИ ЗАГЛИБНОГО ЕЛЕКТРО-
МЕХАНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ БІОГАЗОВИХ КОМПЛЕКСІВ..... 67

Брагіда М.В.

ЕЛЕКТРИЧНІ ПРИСТРОЇ НА МАГНІТНО НЕ ЗВ'ЯЗАНИХ КІЛЬЦЕВИХ
ОСЕРДЯХ..... 68

Чміль А.І., Олійник Ю.О., Демчук С.О.

МЕХАНІЗМ ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНОГО ЗНЕШКОДЖЕННЯ ПАТОГЕННИХ
БАКТЕРІЙ В ТВАРИННИЦЬКИХ СТОКАХ..... 69

Червінський Л.С., Радько І.П.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ЕТАПІВ ПОБУДОВИ ЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
ОТРИМАННЯ ПРОДУКЦІЇ В ГАЛУЗЯХ АПК..... 71

M. Zablodskiy, A. Zhylytsov, V. Trokhaniak, S. Pugalendhi, P. Subramanian

CONVERSION OF PLANT BIOMASS INTO A DRY DISTILLATION CHAMBER
WITH AN EXECUTIVE DEVICE BASED ON A POLYFUNCTIONAL
ELECTROMECHANICAL TRANSDUCER..... 74

Жильцов А.В., Березюк А.О., Андросович О.Ю., Szymon Głowacki

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРУ ІНДУКЦІЙНОГО ТИПУ
ДЛЯ СУШІННЯ РОСЛИННИХ МАТЕРІАЛІВ..... 75

Брагіда М.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАЛЬНОГО
ТРАНСФОРМАТОРА..... 78

Чміль А.І., Олійник Ю.О.

ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА... 79

Пашковська Н.І., Червінський Л.С.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОМБІНОВАНОГО ОПТИЧНОГО ОПРОМІНЕННЯ НА
ПОСІВНІ ЯКОСТІ ТА РОСТОВІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ 84

Брагіда М.В.

ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ТРАНСФОРМАТОР З ДОДАТКОВОЮ ОБМОТКОЮ 85

Червінський Л.С., Романенко О.І., Книжка Т.С.	
ОПТИМІЗАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СВІТЛОКУЛЬТУРИ РОСЛИН В СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ	87
Заблудський М.М., Наливайко В.А., Ковальчук С.І.	
ОСНОВНІ АСПЕКТИ ТЕХНОЛОГІЇ ГІДРОТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ПУХО-ПР'ЯНОЇ СИРОВИНИ У ТОНКОМУ ШАРІ З ВПЛИВОМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ.....	88
Васецький Ю.М.	
ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ НА ПЛОСКІЙ ПОВЕРХНІ ПОДІЛУ ДІЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОПРОВІДНОГО СЕРЕДОВИЩ	89
Голодний І.М., Лісовенко В.А.	
КОМП'ЮТЕРНА ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА АД-160 .	91
Goncharov E. V.	
ANALYSIS OF THE MAGNETIC FIELD DISTRIBUTION IN THE ELECTROMAGNETIC FAULT CURRENT LIMITER.....	92
Коробський В.В., Солнішкін С.В.	
РАНЖУВАННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА АПАРАТИ КЕРУВАННЯ І ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК АПК	94
Мелконова І.В.	
ВПЛИВ ВИСОТИ ПОСТІЙНИХ МАГНІТІВ НА РОЗПОДІЛ МАГНІТНОГО ПОЛЯ В ДИСКОВОМУ МАГНІТНОМУ СЕПАРАТОРІ.....	95
Сорокін Д.С., Бухштаб О.П.	
ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ДВИГУНА СЕРЕДНЬОЇ ПОТУЖНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ.....	98
Радько І.П., Наливайко В.А., Окушко О.В., Міщенко А.В., Антіпов Є.О.	
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ НУБІП УКРАЇНИ.....	100
Заблудський М.М., Радько І.П., Наливайко В.А., Окушко О.В.	
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕЛЕКТИВНОСТІ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСТУ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ НАПРУГОЮ ДО 1000 В	101
Коробський В.В., Мрачковський А.М.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНТАКТНИХ МАТЕРІАЛІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПУСКАЧІВ, ЩО НАНЕСЕНІ ГАЗОПЛАЗМОВИМ МЕТОДОМ.....	103
Бойко В.В., Чорній В.П., Неділько С.Г., Тереміленко К.В., Слободяник М.С.	
ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ ВІ-ВМІСНОЇ СКЛОКЕРАМІКИ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В БІЛИХ СВІТЛОДІОДАХ	104
Чорній В.П., Бойко В.В., Неділько С.Г., Тереміленко К.В., Слободяник М.С.	

СТРУКТУРА ТА ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЧЕРВОНИХ ЛЮМІНОФОРІВ $K_2Sc_2(MoO_4)(PO_4)_2 \cdot xEu$	105
Сорокін Д.С., Овсянко Я.	
ПРИСТРІЙ ЛОКАЛЬНОГО ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВУ	106
Алмазова О.Б., Лисиченко М.Л.	
КОГЕРЕНТНЕ ТА МОНОХРОМАТИЧНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ ЗМІНЮЮТЬ ЧАС ГЕМОЛІЗУ ЕРИТРОЦИТІВ, А ТАКОЖ ШВИДКІСТЬ ЗУСТРІЧНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ ІОНІВ КРІЗЬ ЕРИТРОЦИТАРНУ МЕМБРАНУ	108
Гузенко В.В., Лисиченко М.Л.	
ДЖЕРЕЛА ВВЧ ДІАПАЗОНА ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ВПЛИВУ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ.....	111
СЕКЦІЯ 4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ	113
Батечко Н.Г., Овчар Р.Ф.	
АСИМПТОТИЧНЕ ІНТЕГРУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ТИПУ ВАН-ДЕР-ПОЛЯ.....	113
Бурлака В.В., Гулаков С.В.	
ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСТУ ДВИГУНІВ ЗМІННОГО СТРУМУ	114
Лисенко В.П., Чернова І.С.	
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ЕНТОМОФАГІВ.....	115
Бурлака В.В., Гулаков С.В., Поднебенна С.К.	
СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ СТАНУ БЕЗЩІТКОВОГО ЗБУДНИКА СИНХРОННИХ МАШИН.....	116
Луцька Н.М., Заєць Н.А., Власенко Л.О.	
ВИКОРИСТАННЯ МОВИ МОДЕЛЮВАННЯ SYSML ПРИ РОЗРОБЦІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІННЯ РІШЕНЬ.....	118
Пузанов А.П.	
ЛАЗЕРНА СИСТЕМА ПОЗИЦІОНУВАННЯ МАНІПУЛЯТОРА ДОЇЛЬНОГО РОБОТА	119
Ялова Л.К., Концур В.В.	
СТАТИСТИЧНІ ІМІТАЦІЙНІ МОДЕЛІ В УПРАВЛІННІ БІОТЕХНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ.....	122
Лисенко В.П., Якименко І.Ю.	
СИНТЕЗ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА.....	123

Andrzej Chochowski, Лисенко В.П., Решетюк В.М.	
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ АЛГОРИТМИ ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ.....	124
Болбот І.М.	
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА НЕЙРОМЕРЕЖЕВА ПІДСИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ В ПРОМИСЛОВІЙ ТЕПЛИЦІ.....	125
Васюк В.В.	
ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИЛАДІВ	127
Дудник А.О.	
ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ У ТЕПЛИЧНИХ КОМПЛЕКСАХ.....	128
Никифорова Л.Є.	
КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В РОСЛИННИЦТВІ.....	130
Коваль В.В., Самков О.В., Худинцев М.М., Осінський О.Л., Самойленко В.В.	
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ МІТОК ТОЧНОГО ЧАСУ ІНТЕГРОВАНІХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖ SMART-ТЕХНОЛОГІЙ.....	131
Луцька Н.М.	
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ, ЩО ФУНКЦІОНУЮТЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ.....	132
Панталієнко Л.А.	
ДО ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МАЛОЧУТЛИВИХ ПРИСКОРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ	133
Потапенко М.В., Рамш В.Ю., Шаршонь В.Л.	
ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ОЦІНКА І ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ НА ОСНОВІ ДІАГНОСТУВАННЯ.....	135
Romasevych Y.O., Loveikin V.S., Liashko A.P.	
ANALYSIS OF SOFTWARE FOR PID-CONTROLLERS TUNING.....	136
Стеценко С.В.	
ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ВЗАЄМОДІЮ З МАЛИМИ ЧАСТИНКАМИ КУЛЬОВОЇ ФОРМИ.....	137
Толочко О.І., Кондратенко І.П., Рижков О.М.	
КЕРУВАННЯ ВАНТАЖОПІДЙОМНИМ ПРИСТРОЄМ КРАНА-МАНІПУЛЯТОРА В ПРОЦЕСІ ОПУСКАННІ КОШИКА У ВАННУ З РОЗЧИНАМИ.....	138

Удовенко О.О., Павлусь В.	
НАВЧАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ РОЗУМНИЙ БУДИНОК НА БАЗІ ОДНОПЛАТНОГО МІНІ-КОМП'ЮТЕРА RASPBERRY PI -3B+	139
Шворов С.А., Лукін В.Є., Пасічник Н.А., Комарчук Д.С., Давиденко Т.С.	
МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ ЗБИРАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ДЛЯ БІОГАЗОВИХ КОМПЛЕКСІВ	141
Мірошник В.О., Лендел Т.І.,	
РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ ПЕРЕМІШУВАННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ	142
СЕКЦІЯ 5. ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА ТА ТЕПЛОФІЗИКА	144
Авдєєва Л.Ю., Макаренко А.А.	
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЛІПІДНИХ НАНОСТРУКТУР ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	144
Горобець В.Г., Богдан Ю.О., Троханяк В.І.	
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ І ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООБМІННИХ І ГІДРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАКТНОГО ПУЧКА ТРУБ МАЛОГО ДІАМЕТРА	145
Скрипник О.В., Клименко В.В., Свяцький В.В., Конончук С.В.	
ЗАСТОСУВАННЯ ЛЬОДОГАЗГІДРАТНИХ КАПСУЛ ДВООКИСУ ВУГЛЕЦЮ ПРИ ПАКУВАННІ, ТРАНСПОРТУВАННІ ЗБЕРІГАННІ СВІЖИХ ПРОДУКТІВ	146
Spodyniuk Nadiia	
IMPROVING TEMPERATURE CONDITIONS IN RESIDENTIAL BUILDINGS BY USING ENERGY-EFFICIENT SOLAR AIR COLLECTORS	148
Фіалко Н.М., Степанова О.І., Навродська Р.А.	
ЕФЕКТИВНІСТЬ КОТЕЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З КОМБІНОВАНОЮ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ	149
Ляшенко А.В., Корбут Н.С., Стецюк В.Г., Шеліманова О.В.	
КУПЧАСТЕ ЗБЕРІГАННЯ ТРІСКИ ПАЛИВНОЇ І ДРІБНИХ ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ В БУРТАХ ТА ВПЛИВ СЕЗОННИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕСИ, ЯКІ У НИХ ВІДБУВАЮТЬСЯ	151
Горобець В.Г., Троханяк В.І., Сердюк А.М.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛО- І МАСОПЕРЕНОСУ В РОТОРНО- ПУЛЬСАЦІЙНИХ АПАРАТАХ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ КОРМОВИХ СУМІШЕЙ МЕТОДАМИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	152
Дешко В.І., Білоус І.Ю., Буяк Н.А., Гурєєв М.В.	
ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОПОТРЕБИ НА ОСНОВІ ДИНАМІЧНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ БУДІВЕЛЬ ТА МОДЕЛЕЙ ТЕПЛООВОГО КОМФОРТУ	154

Spodyniuk Nadiia

USING ENERGY-SAVING INFRARED HEATING SYSTEMS IN INDUSTRIAL BUILDINGS..... 156

Фіалко Н.М., Степанова О.І., Навродська Р.А..... 157

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕКСЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК З РІЗНИМИ СХЕМАМИ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЇ..... 157

Ляшенко А.В., Кремньов В.О., Шпільберг Л.Ю., Шеліманова О.В.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛО- І МАСООБМІНУ В ПРОЦЕСІ СУШІННЯ ОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ, ПОЄДНАНОГО З ДИСПЕРГУВАННЯМ У РОТОРНИХ АПАРАТАХ..... 159

Дешко В.І., Суходуб І.О., Білоус І.Ю., Гетманчук Г.О.

МОДЕЛЮВАННЯ ОБТІКАННЯ ЗОВНІШНІМ ПОВІТРЯМ БУДІВЕЛЬ СЕРЕДНЬОЇ ПОВЕРХОВОСТІ..... 160

Spodyniuk Nadiia

HEAT EXCHANGE PROCESSES ON THE SURFACE OF INFRARED HEATER 162

Фіалко Н.М., Гнедаш Г.О., Шевчук С.І., Пресіч Г.О.

ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК З ПІДВИЩЕНИМ ВОЛОГОВІСТОМ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ..... 163

Беляев Г.В., Корбут Н.С., Кремньов В.О., Шеліманова О.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНЕВОДНЕННЯ МУЛОВИХ ВІДКЛАДЕНЬ СТІЧНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ ДОВКІЛЛЯ..... 165

Фіалко Н.М., Навродська Р.О., Шевчук С.І., Гнедаш Г.О.

ЗАПОБІГАННЯ КОНДЕНСАТОУТВОРЕННЮ В ГАЗОВІДВІДНИХ ТРАКТАХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК ПРИ ЗАСТОСУВАННІ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЇ..... 167

Беляева І.П., Корбут Н.С., Стецюк В.Г., Шеліманова О.В.

МЕХАНІЧНЕ ЧАСТКОВЕ ЗНЕВОДНЕННЯ МІСЬКИХ ОРГАНІЧНИХ СТОКІВ 169

Шеліманова О.В.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ВНУТРІШНЬОГО ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСА ПРИ ПЕРЕРОБЦІ СИРОВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ..... 169

Білик С.Г.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТВЕРДОПАЛИВНОГО КОТЛА ТРИВАЛОГО ГОРІННЯ..... 171

Книжка Т.С.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЖИВИЛЬНОГО РОЗЧИНУ У СПЕКТРІ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ 172

Любименко О.М., Колларов О.Ю., Остренко Д.О., Штепа О.А.	
ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ВОДНЕМ В ПРОМИСЛОВОСТІ	173
Пашкевич В.З., Шепітчак В.Б., Крайовський В.Я., Желих В.М.	
ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ НА ОСНОВІ ВИЗНАЧЕННЯ БАЗОВОГО РІВНЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	179
Клименко В.В., Босий М.В., Якименко М.С., Гуцул В.І.	
КОМПРЕСОРНО-ГАЗОГІДРАТНА ТЕХНОЛОГІЯ СТИСКУВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В АГНКС.....	177
Клименко Г.М., Лабай В.Й., Ярослав В.Ю., Довбуш О.М.	
ОПИСАННЯ РОБОТИМАЛОШВИДКІСНОГО ПОВІТРОРОЗПОДІЛЬНИКА КРИТЕРІАЛЬНИМ РІВНЯННЯМ.....	179
Турчина Т.Я., Жукотський Е.К., Авдєєва Л.Ю., Макаренко А.А.	
ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЯХ РОЗПИЛЮВАЛЬНОГО СУШІННЯ	180
Мороз О. М., Мірошник О. О., Павлов А. О., Ганус О. І.	
ЕТАПИ ТА ЗАДАЧІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ БУДІВНИЦТВА СЕС	180
Бобровник В.М.	
УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	180
СЕКЦІЯ 6. ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ В ГАЛУЗІ.....	186
Астаф'єва М.М.	
ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КЕЙС-МЕТОДУ ПРИ ВИКЛАДАННІ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ	186
Batechko N.G., Gladka Yu.A.	
NEW EDUCATIONAL TECHNOLOGIES OF STUDYING MATHEMATICS IN HIGHER SCHOOL	188
Дібрівна Е.І.	
НЕОБХІДНІСТЬ РОЗВИТКУ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ.....	189
Семеніхіна О.В., Прошкін В.В.	
ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МАТЕМАТИЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ У ПРОЦЕСІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ.....	191
Лут М.Т.	
ЩОДО РОЗВИТКУ ВИЩОЇ ІНЖЕНЕРНОЇ ОСВІТИ.....	193

СЕКЦІЯ 1. ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ І СИСТЕМИ

Бунько В.Я.

кандидат технічних наук, доцент

ВП Національного університету біоресурсів і природокористування України

«Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани

VBunko@gmail.com

ЦИФРОВА ПІДСТАНЦІЯ — ВАЖЛИВИЙ ЕЛЕМЕНТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ

Мета роботи. В даний час в галузі існує велика різноманітність точок зору і підходів до того, що розуміти під терміном «цифрова підстанція». Для успішного розвитку автоматизації процесів передачі, перетворення і розподілу електроенергії в масштабах розвитку енергосистеми, зараз необхідно розробити загальну концепцію програмно-апаратного комплексу цифрової підстанції.

Результати досліджень. З часу початку розробок у вітчизняній електроенергетиці проектів автоматизованої системи управління технологічним процесом підстанції (АСУ ТП ПС) відбувся істотний розвиток апаратних і програмних засобів систем управління для застосування на електричних підстанціях. З'явилися високовольтні цифрові трансформатори струму і напруги, розробляється первинне і вторинне електромережеве обладнання з вбудованими комунікаційними портами, застосовуються мікропроцесорні контролери, оснащені інструментальними засобами розробки, на базі яких можливе створення надійного програмно-апаратного комплексу ПС, прийнятий міжнародний стандарт МЕК 61850, що регламентує подання даних про ПС як об'єкта автоматизації, а також протоколи цифрового обміну даними між мікропроцесорними інтелектуальними електронними пристроями (IED) ПС, включаючи пристрої контролю та управління, релейного захисту та автоматики (РЗА), протиаварійної автоматики (ПА), телемеханіки, лічильників електроенергії і т.д. Все це створює передумови для побудови підстанції нового покоління — цифрової підстанції (ЦПС), в якій організація всіх потоків інформації при вирішенні завдань моніторингу, аналізу та управління здійснюється в цифровій формі.

Перехід до передачі сигналів в цифровому вигляді на всіх рівнях управління ПС дозволить отримати цілий ряд переваг, у тому числі:

- істотно скоротити витрати на кабельні вторинні кола та канали їх прокладки, наблизивши джерела цифрових сигналів до первинного обладнання;
- підвищити електромагнітну сумісність сучасного вторинного обладнання — мікропроцесорних пристроїв і вторинних ланцюгів завдяки переходу на оптичні зв'язку;
- спростити і, в кінцевому підсумку, здешевити конструкцію мікропроцесорних інтелектуальних електронних пристроїв за рахунок виключення трактів введення аналогових сигналів;
- уніфікувати інтерфейси пристроїв IED, істотно спростити взаємозамінність цих пристроїв (в тому числі заміну пристроїв одного виробника на пристрої іншого виробника) та ін.

Висновки. Створення та впровадження такої системи дасть можливість:

- зменшити вартість терміналів (уніфікація апаратної частини, заміна модулів введення на цифрові інтерфейси);

- зменшити площу земельних ділянок, необхідних для облаштування ПС (застосування оптичних цифрових ТС і ТН, сучасного мікропроцесорного вторинного обладнання);
- збільшити термін служби силового електрообладнання (розширена діагностика);
- зменшити витрат на проектування, монтаж та пусконаладку (зменшення кількості кабелів, зменшення кількості обладнання, розширення можливостей по типізації проектних рішень в частині шафового обладнання та цифрових зв'язків).

Бунько В.Я.

кандидат технічних наук, доцент

ВП Національного університету біоресурсів і природокористування України

«Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани

VBunko@gmail.com

Хом'як І.Я.

магістр 2 року навчання факультету енергетики та електротехніки

ВП Національного університету біоресурсів і природокористування України

«Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПАКТНИХ КЕРОВАНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Мета роботи. Перш за все треба відзначити, що при прийнятті рішень про застосування ПЛ нових типів слід брати до уваги те, що вони мають підвищену пропускну здатність, завдяки чому область їх доцільного застосування відрізняється від області застосування ПЛ традиційних конструкцій.

Результати досліджень. Основним показником, за яким характеризуються зіставлені типи ПЛ, є величина їх натуральної потужності. В якості інших, не менш важливих, слід також вважати такі показники, як питомі капітальні вкладення на одиницю величини переданої потужності, питому площу і ширину смуги відчуження, а також екологічні параметри, і, в першу чергу, акустичні шуми, радіоперешкоди, рівні напруженості електричного поля під ПЛ поблизу поверхні землі. Технічні вимоги до керованих ПЛ нового покоління, створеним на базі ПЛ підвищеної пропускну здатності, визначаються тією роллю, яка покладається на ПЛ, а також розрахунковими умовами і обмеженнями.

При порівняннях і обґрунтуванні варіантів слід розглядати такі типи ПЛ змінного струму: 1) компактні одноколові трифазні ПЛ змінного струму виконуються у вигляді нових конструкцій, що відрізняються від звичайних ПЛ тих же класів напруг головним чином тим, що у них зменшені відстані між фазами, змінена конструкція розщеплених фаз, конфігурація їх розташування.

Застосування нових типів ізоляційних підвісок на опорах. Завдяки цим технічним рішенням забезпечується поліпшення параметрів і підвищення пропускну спроможності ліній; 2) компактні двоколові ПЛ змінного струму відрізняються від звичайних двоколових ліній електропередач тим, що у них кожний трифазний ланцюг виконаний у вигляді компактної трифазної лінії, аналогічної описаній вище однокової компактної ПЛ. Власні параметри трифазних кіл компактних двоколових ПЛ в процесі роботи залишаються незмінними.

Області застосування ПЛ нового покоління складають:

1. Застосування в якості міжсистемних транспортних зв'язків, в тому числі — для здійснення обмінних перетоків потужності між автономно працюючими енергосистемами або між вузлами складної замкнутої енергосистеми.

2. Використання для видачі потужності від віддалених електростанцій. При цьому ефективною може виявитися заміна існуючих ПЛ традиційної конструкції на компактні ПЛ при збільшенні генеруючих потужностей.

3. Застосування для електропостачання віддалених великих споживачів, в тому числі заміна існуючих ПЛ традиційної конструкції на компактні ПЛ при збільшенні споживаної потужності і неможливості будівництва додаткових ПЛ.

Висновки. Отже слід зазначити, що особливі вимоги до ПЛ нового покоління, що впливають з особливостей зазначених областей застосування ПЛ, можуть бути: забезпечення заданого запасу статичної та динамічної стійкості електропередачі; створення можливостей регулювання величини переданої потужності, включаючи і зміну напрямку передачі потужності; вилучення мінімально можливих земельних смуг відчуження під будівництво ПЛ. Тому, облік цих додаткових переваг сприяє досягненню відповідно ще більшої економічної і технічної ефективності компактных керованих ПЛ в порівнянні з ПЛ звичайного типу.

Омельчук А.О.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

м. Київ, Україна

ОЦІНКА ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ В ЗОНІ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ 35...110 КВ В УМОВАХ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Проведені дослідження підтверджують те, що компенсація реактивного навантаження суттєво розвантажує електричну мережу, в т.ч і трансформаторну підстанцію.

Одночасно зменшуються втрати активної потужності в трансформаторі — величина зниження втрат потужності залежить і від ступеня завантаження трансформатора, і від коефіцієнтів потужності навантаження.

Отримані результати доцільно використовувати при обґрунтуванні заходів щодо підвищення пропускної здатності електричної мережі збільшенням встановленої потужності підстанції і провідності ліній електропередавання, а також для вибору оптимального режиму роботи засобів компенсації реактивної потужності, встановлених на вторинній стороні силового трансформатора за визначеними критеріями.

Необхідно враховувати і те, що за зменшення переданої по мережі реактивної потужності на величину, генеровану КУ, зменшуються втрати активної потужності в мережі і підвищується напруга мережі (оскільки втрати напруги зменшуються). Підвищення напруги мережі в свою чергу також знижує втрати активної потужності в живильній мережі. Ці явища підвищують ефективність використання КУ і їх необхідно враховувати.

Бунько В.Я.

кандидат технічних наук, доцент

ВП Національного університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани

VBunko@gmail.com

Данів Н.В.

Магістр 2 року навчання факультету енергетики та електротехніки

ВП Національного університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани

ВИКОРИСТАННЯ НЕЛІНІЙНОГО ОБМЕЖУВАЧА ПЕРЕНАПРУГ ДЛЯ ЗАХИСТУ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

Мета роботи. В даний час існує дискусія на тему використання нелінійного обмежувача перенапруг, його економічної та технічної необхідності. Деякі спеціалісти кажуть, що встановлення ОПН лише тоді може бути визнана технічно та економічно виправданим, якщо показники надійності експлуатації ПЛ, обладнаних захисними апаратами, підвищуються. На сьогодні немає однозначної відповіді про необхідність використання нелінійного обмежувача перенапруг (ОПН). Безумовно, що електроустаткування потрібно захищати від перенапруг, тому ми з'ясуємо потребу використання ОПН для різних відстаней кабельних ліній. При дослідженні була використана програма Micro-Cap 11 Evaluation Version, яка має додаткову функцію аналізу схем будь-якої складності.

Результати досліджень. Змодельуємо в програмі Micro-Cap обмежувач.

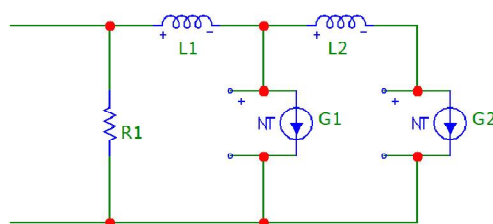


Рис. 1. ОПН змодельований в Micro-Cap

Зберемо в програмі загальну схему захисту кабельних ліній від грозових перенапруг.

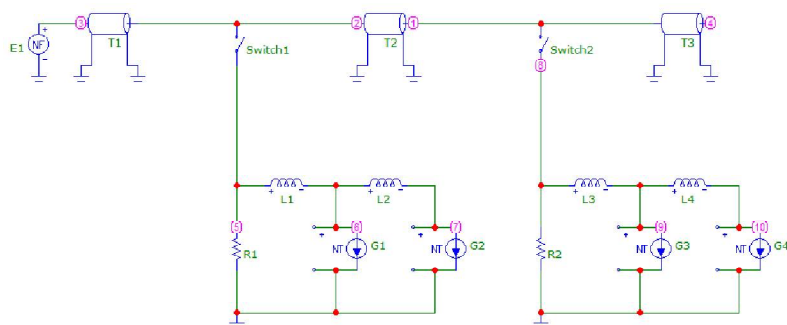


Рис. 2. Схема захисту кабелю в Micro-Cap 11 Evaluation Version від грозових перенапруг (без ОПН)

Розглянемо графіки напруги до та після включення ОПН для кабельних ліній довжиною 1000 метрів.

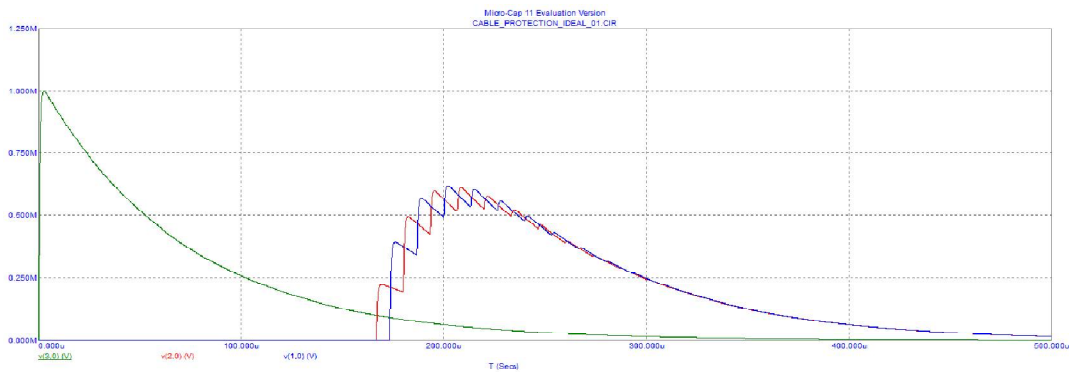


Рис.3. Графік напруги при довжині кабелю 1000м (ОПН не підключено)

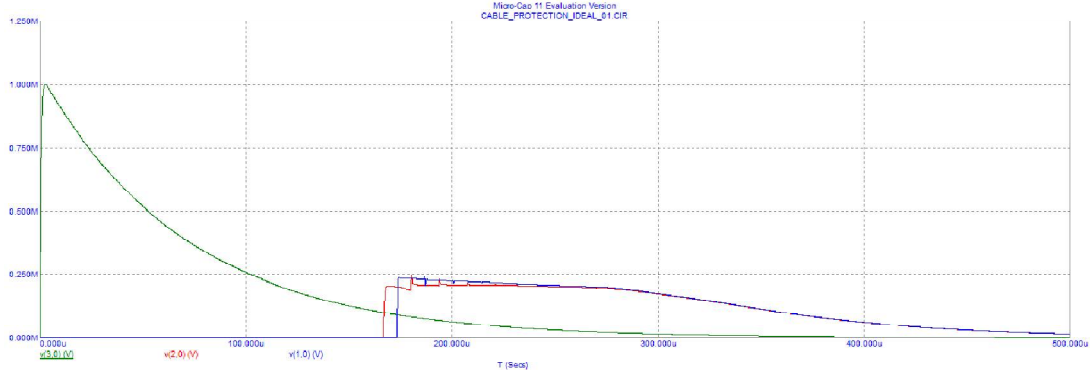


Рис.4. Графік напруги при довжині кабелю 1000м (ОПН підключено)

Висновки. Отже, в результаті проведених досліджень можна підтвердити ефективність використання нелінійних обмежувачів перенапруг для захисту кабельних ліній електропередач. Застосування ОПН дозволило знизити рівень перенапруг у кабельних лініях до 45%.

При дослідженні було використано сучасний програмний продукт, який дозволяє аналізувати дані їх при введенні.

Гладкий А.М.

к.ф.-м.н., с.н.с., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

НЕЛІНІЙНІ СПОТВОРЕННЯ СИНУСОЇДАЛЬНОЇ НАПРУГИ ТА УМОВИ ЇХ МІНІМІЗАЦІЇ

В електричних колах, що містять нелінійні елементи (зокрема, засоби промислової електроніки, обчислювальної техніки, газорозрядної освітлювальної апаратури) виникають спотворення форми синусоїдальної напруги, обумовлюючи зниження ККД електричних машин і енергетичні втрати, порушення в роботі пристроїв автоматики і вимірювальної техніки, перегрів і скорочення терміну служби обладнання та інші негативні наслідки [2]. В зв'язку з цим, розробки нових методів досліджень, аналізу і мінімізації нелінійних спотворень є особливо актуальними.

Мета роботи – дослідження нелінійних спотворень форми синусоїдальної напруги та визначення умов їх мінімізації.

Проведено дослідження спотворень синусоїдальної напруги шляхом числового моделювання миттєвих значень напруги $u(t)$, що містить першу та третю гармоніки [1].

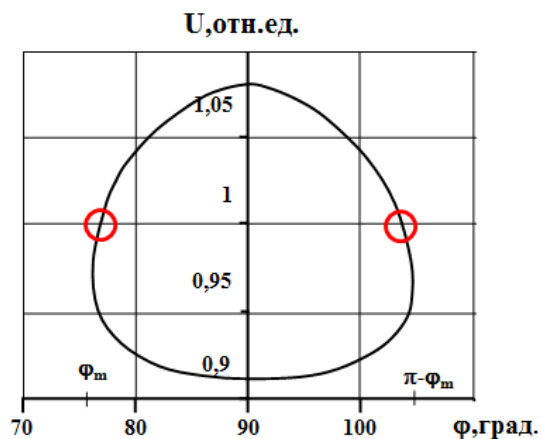


Рис. 1. Залежність огинаючої U від фази φ при $K_3=1/12$

Показано, що при певних значеннях фази $\varphi \neq \pi/2$, які залежать від значень амплітуди K_3 і фази φ_3 гармоніки і визначаються системою рівнянь:

$$\begin{cases} \cos \varphi + 3K_3 \cos(3\varphi + \varphi_3) = 0; \\ \sin \varphi + K_3 \sin(3\varphi + \varphi_3) = 1; \\ K_3^2 + 2K_3 \cos(2\varphi + \varphi_3) = 0, \end{cases}$$

огинаюча U дорівнює амплітуді першої гармоніки і спотворення амплітуди напруги $u(t)$ дорівнюють нулю, рис. 1, точки, відмічені червоним кольором.

Визначено умови нульових спотворень амплітуди напруги $u(t)$ в системі координат, що обертається з частотою основної гармоніки:

$$\begin{cases} \psi = 2\varphi + \varphi_3; \\ \varphi = \operatorname{arccctg} \left(\frac{3K_3 \sin \psi}{1 + K_3 \cos \psi} \right); \\ \psi = -\arccos \left(\frac{K_3^2}{2K_3} \right) = 0. \end{cases}$$

Показано, що при значеннях φ , K_3 , φ_3 , які визначаються цими залежностями, спотворення амплітуди напруги $u(t)$ дорівнюють нулю.

Висновки. Отримано формули для розрахунку залежностей початкових фаз третьої гармоніки φ_3 за рівнем гармоніки K_3 , які забезпечують нульові спотворення амплітуди напруги.

Відповідне управління фазою φ_3 дозволяє мінімізувати спотворення форми напруги, спричинені третьою гармонікою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гладкий А.М. Дослідження динаміки процесу спотворення синусоїдальної напруги вищими гармоніками / А.М. Гладкий // Науковий вісник НУБіП України, серія «Техніка та енергетика АПК». – 2018. – Вип. 283. – С.167-174.
2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения / И.В. Жежеленко – М.: Энергоатомиздат. – 2010. – 375 с.

Гребченко М.В.

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

Срьоменко Є.В.

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

АДАПТИВНИЙ МАКСИМАЛЬНИЙ СТРУМОВИЙ ЗАХИСТ ВІД КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ

Конфігурація сучасних розподільних мереж постійно ускладнюється за рахунок впровадження нових зв'язків, а також із-за впровадження нових відновлювальних джерел генерації.

Зміна конфігурації мережі, зміна навантаження, зміна потужності джерел генерації приводить до того, що струм короткого замикання змінюється у дуже широкому діапазоні.

У цих умовах все складніше забезпечувати необхідні чутливість і селективність дії захистів.

Раніш був запропонований алгоритм роботи струмового захисту [1], заснований на співставленні вимірних параметрів режиму короткого замикання й параметрів розрахованого режиму для передбачуваної точки к.з. Розрахунок виконується для плинного стану електричної мережі.

Не дуже ускладнюючи захист розв'язати проблему можна шляхом забезпечення адаптації струму спрацювання захисту до плинного режиму, тобто значення струму спрацювання постійно змінюється у залежності від навантаження, конфігурації мережі й сумарної потужності джерел генерації.

Для підвищення селективності пропонується додати вимірювання напруги, що дає можливість визначати опір до точки к.з.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Grebchenko N.V., Osipov D.Y., Teslya A.G., Bozok J.B., Koval I.I. Adaptive Current Short-Circuit Protection in Electric Systems with Distributed Generation 23rd International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion SPEEDAM 22nd – 24th June 2016. 978-1-5090-2067-6/16/\$31.00 ©2016 IEEE. Capri, Italy., pp. 1281–1285.

Зайченко Ю.М.

аспірант

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

ДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА СЕЛЕКТИВНІСТЬ СПОСТЕРІГАЧІВ ВИЩИХ ГАРМОНІК СТРУМУ ТРИФАЗНОЇ МЕРЕЖІ

Постановка проблеми. Значна частина електроенергії, що надходить до споживача з мережі живлення, перетворюється в інші види енергії за допомогою напівпровідникових перетворювачів, які є нелінійним навантаженням, наприклад регульовані електроприводи, системи освітлення, сучасні джерела живлення промислової, побутової та офісної техніки та ін. Такі пристрої споживають з мережі

струм, форма якого значно відрізняється від синусоїди [1]. Це призводить до появи вищих гармонічних складових струму і, як наслідок, до виникнення ряду проблем.

Силові активні фільтри дають можливість здійснювати ефективну компенсацію паразитних гармонічних складових та реактивної потужності, тому все частіше зустрічаються в системах електропостачання. Для формування компенсуючого струму необхідно виконувати аналіз гармонічного складу струму мережі, для чого можуть використовуватися різні методи: теорію миттєвої потужності [2], підходи в часовій області, методи швидкого перетворення Фур'є (FFT) [3] та інші. Одним з ефективних підходів до аналізу наявного гармонічного складу струму мережі є застосування спостерігача стану, запропонованого в [4]. Однак при налаштуванні такого спостерігача потрібно враховувати, що він або забезпечує високу швидкодію з втратою селективності, або забезпечує високий рівень селективності, при довшій тривалості процесу оцінювання. Для ефективного аналізу гармонічного складу трифазного сигналу за допомогою спостерігача стану [5] необхідно встановити допустимий діапазон значень коефіцієнтів налаштування, при якому зберігаються властивості селективності та підвищується швидкодія оцінювання.

Результати дослідження. Налаштування спостерігача забезпечується конструюванням матриці коефіцієнтів зворотніх зв'язків, які розраховуються на основі обраного коефіцієнту затухання. Дослідження проведено методом математичного моделювання в середовищі Matlab. Для аналізу динамічної поведінки спостерігача будувалися перехідні процеси оцінювання гармонічного складу для встановлення швидкодії процесів оцінювання та амплітудно-частотні характеристики похибок оцінювання, які давали можливість встановити наявність властивостей селективності. Описане вище протиріччя полягає в тому, що збільшення коефіцієнта затухання призводить до швидшого оцінювання гармонічного складу, проте при цьому спостерігається погіршення селективності, що проявляється в розширенні полос резонансу амплітудно-частотної характеристики абсолютного значення похибки оцінювання. Зменшення коефіцієнту затухання призводить до довшого процесу оцінювання, проте не втрачаються властивості селективного оцінювання гармонік.

Висновки. Результати дослідження динамічної поведінки спостерігача гармонік свідчать про те, що на різних частотах однаковий підхід до налаштування спостерігача для певної гармоніки може призвести до некоректного оцінювання гармонічного складу в селективному режимі. Для підвищення точності оцінювання всієї системи необхідно проводити розрахунок коефіцієнтів спостерігача окремо для кожної гармоніки, і при цьому враховувати вплив коефіцієнтів налаштування на швидкість оцінювання. Оскільки частоти, яким відповідають вищі гармоніки, є фіксованими значеннями, такий підхід є доцільним, бо потребує лише єдиноразового розрахунку коефіцієнтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. D. Schwanz, A. Bagheri, M. Bollen and A. Larsson, "Active harmonic filters: Control techniques review," 2016 17th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), Belo Horizonte, 2016, pp. 36–41.
2. H. Akagi, E. H. Watanabe, M. Aredes. Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning, Wiley-IEEE Press, 2017, 472 p.

3. H. Liu, H. Hu, H. Chen, L. Zhang, and Y. Xing, "Fast and Flexible Selective Harmonic Extraction Methods Based on the Generalized Discrete Fourier Transform," in IEEE Trans. Power Electron., vol. PP, no. 99, pp. 1–1, 2017.

4. F. Ronchi and A. Tilli, "Three-phase positive and negative sequences estimator to generate current reference for selective active filters," IEEE Mediterranean conference on control and automation. MED2002, Lisbon, 2002.

5. S. Peresada, Y. Zaichenko, S. Kovbasa and Y. Nikonenko, "Three-phase current harmonics estimation for shunt active power filters" 2017 International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), Kremenchuk, 2017, pp. 272–275.

Кравченко О.П.

к.т.н., доцент кафедри енергоменеджменту та прикладної електроніки КНУТД,

Воробей В.В.

студент КНУТД

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ (СМКЕП) ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНИХ АДАПТИВНИХ ПРИСТРОЇВ

Мета роботи. Розробка та створення системи моніторингу і алгоритмів керування електричними параметрами інтелектуальної електричної мережі на основі дистанційно керованих адаптивних пристроїв, функціонування якої направлена на: досягнення оптимального балансу між генерацією та споживанням електроенергії в автономній локалізованій електричній мережі з розподіленими джерелами електрогенерації.

Результати дослідження. Основним компонентом СМКЕП інтелектуальної електричної мережі є центральний процесор (ЦП), в якому закладений алгоритм обміну інформаційними масивами для моніторингу параметрів локальної електричної системи та керування on/off-пристроями з метою оптимізації її функціонування (рис. 1).

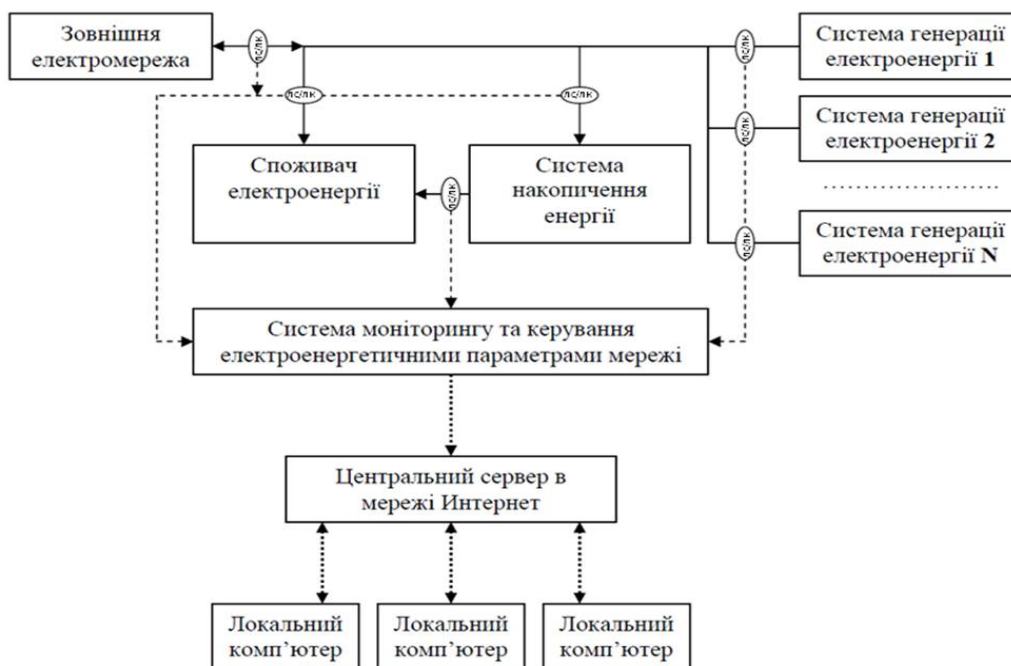


Рис.1. Загальна схема моніторингу та керування електричними параметрами інтелектуальної електромережі

Функціонування такої системи забезпечується дистанційно керованими адаптивними пристроями, що представляють собою комбінацію локального сенсору (ЛС) та локального контролера (ЛК). Оптимізація здійснюється на основі узгодження профілю генерації електричної енергії та її споживання.

До локальних сенсорів відносяться датчики струму на кожен одиницю генеруючої та споживчої потужності, освітленості та температури. До локальних контролерів належать комутативні реле, які вимикають або вмикають одиниці генеруючої та споживчої потужності.

Висновки. Система моніторингу та керування енергетичними параметрами інтелектуальної локальної електричної мережі дозволяє створювати інформаційні масиви даних щодо профілю генерації та споживання локального об'єкту з наступною розробкою функціональних алгоритмів вмикання або вимкнення одиниць генерації та споживання за допомогою керуючих пристроїв. Крім цього, масиви даних виконують прогностичну функцію щодо відповідних профілів споживання та генерації в конкретний наступний проміжок часу.

Сабарно Л.Р.

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Інститут електродинаміки Національної академії наук України, м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ МЕРЕЖ З ДЖЕРЕЛАМИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

Впровадження розподіленої генерації (РГ) в енергетику України має безсумнівні переваги, але, в той же час, і створює ряд проблем, у тому числі з належним функціонуванням релейного захисту і автоматики (РЗА). За рахунок частої зміни схеми живлення змінюються значення струмів КЗ, що призводить до хибних спрацьовувань і порушень узгодженості дії пристроїв РЗА. РГ може стати причиною збільшення або зменшення зон дії РЗА, порушення селективності і перерви в електропостачанні споживачів. На рівні розподільчої мережі стає можливим багатостороннє живлення місця пошкодження, з'являються нові, раніше нехарактерні види збурень і аварій, змінюються характеристики електромагнітних і електромеханічних перехідних процесів. Проблеми при побудові і налаштуванні РЗА істотно розширюються і ускладнюються.

Особливості джерел розподіленої генерації (ДРГ) обумовили детальне вивчення їх властивостей і характеристик, розробку відповідних математичних моделей роботи в різних режимах. При цьому були удосконалені методи аналізу режимів роботи систем електропостачання, що враховують особливості джерел РГ, їх надійності, стійкості тощо.

Встановлено, що в розподільчих мережах з РГ зміни режимів роботи джерел і зміни схеми живлення призводять до помилкових спрацьовувань і порушення узгодженості дій пристроїв РЗ. Оскільки у таких мережах не передбачена адаптація налаштувань РЗА, при виникненні пошкоджень для підтримання функціонування мережі відключаються всі джерела РГ. Це допомагає відновити структуру радіальної розподільчої мережі і узгоджену дію пристроїв РЗА, однак при цьому відключаються споживачі, що безпосередньо живляться від джерел РГ. Отримані результати свідчать про необхідність розробки пристроїв захисту, адаптивних до змін режимів роботи і експлуатаційних параметрів мережі.

Проведений аналіз публікацій показав, що елементи існуючих моделей мереж не відповідають параметрам реального електрообладнання, а також немає моделей пристроїв струмового захисту, що дозволяють їх інтегрувати з розробленими в середовищі SIMULINK моделями електричних мереж.

Було розроблено моделі мережі РГ з ізольованою нейтраллю і пристрої струмових захистів. Елементи моделі відповідають електричним параметрам реальних компонентів енергосистеми, таких як джерело енергії, лінія електропередачі, асинхронний електродвигун. Розроблена модель струмових захистів дозволяє перевіряти розраховані для пристроїв захисту уставки і характеристики спрацьовування, а також виявляти режими, що призводять до неправильних їх дій. Результати імітаційного моделювання аварійних режимів роботи мережі (трифазне КЗ, двофазне КЗ і ОЗЗ) при незмінній напрузі мережі показали, що модель працює коректно, режими і часові характеристики відповідають реальним режимам роботи і характеристикам пристроїв струмового захисту.

Визначено критерії функціонування універсальних адаптивних систем струмових захистів. Розроблено алгоритм роботи і модель системи адаптації струмових захистів, яка призначена для використання спільно з розробленою імітаційною моделлю.

Запропонована система адаптації уставок струмових захистів здатна істотно підвищити надійність спрацьовування пристроїв РЗА при пошкодженнях мережі та може бути інтегрована з сучасними мікропроцесорними пристроями РЗА.

Сивокобиленко В.Ф.

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, Україна

Лисенко В.А.

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАХИСТУ ВІД ЗАМИКАНЬ ФАЗИ НА ЗЕМЛЮ В КОМПЕНСОВАНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ 6–35 кВ

Мета. Для компенсованих електричних мереж 6–35 кВ підвищити чутливість направленого захисту від замикань фази на землю, оснований на виділенні із струму і напруги нульової послідовності гармонійних складових з частотою вищою за промислову.

Результати досліджень. Суттєвим недоліком електричних систем з компенсацією ємнісного струму замикання на землю є те, що традиційні системи релейного захисту від замикань фази на землю не забезпечують необхідної селективності і чутливості. Відомі роботи [1], в яких, для усунення цього недоліку, запропоновано визначати напрямок реактивної потужності за допомогою виділених із струму і напруги нульової послідовності гармонійних складових з частотою вищою за промислову. Ці складові реактором не компенсуються і отже після їх виділення за допомогою частотних фільтрів вони можуть бути використані в пристроях захисту [2]. Проте дослідження таких пристроїв захисту показали на недостатню їх чутливість при замиканнях фази на землю через активні опори більше 10 Ом, а також можливість їх неселективної роботи при наявності відносно великих значень аперіодичних складових в струмах і напругах нульової послідовностей.

Для усунення указаних недоліків в даній роботі запропоновано удосконалений захист, в якому для зменшення впливу аперіодичних складових в струмах і напругах нульової послідовності для останніх спочатку знаходять їх похідні, а потім подають на смугові частотні фільтри для виділення сигналів однією з частот із діапазону 200–350 Гц. При цьому запропоновано використовувати напрямок сумарної реактивної потужності, знайденою за допомогою складових двох частот, наприклад 250 і 350 Гц. Для зменшення часу спрацювання реле ці складові виділяють за допомогою частотних фільтрів, що діють за алгоритмів Гертцеля.

Блок-схема удосконаленого захисту приведена на рис.1. Сигнали з виходів АЦП подаються на блоки диференціювання d/dt , після чого вони поступають фільтри Гертцеля ФГ для виділення складових струму і напруги з частотами f_1 та f_2 . Реактивні потужності для частот $Q(f_1)$ і $Q(f_2)$ обчислюються в блоках добутку X , а після їх підсумовування вони поступають до виконавчого органу ВО.

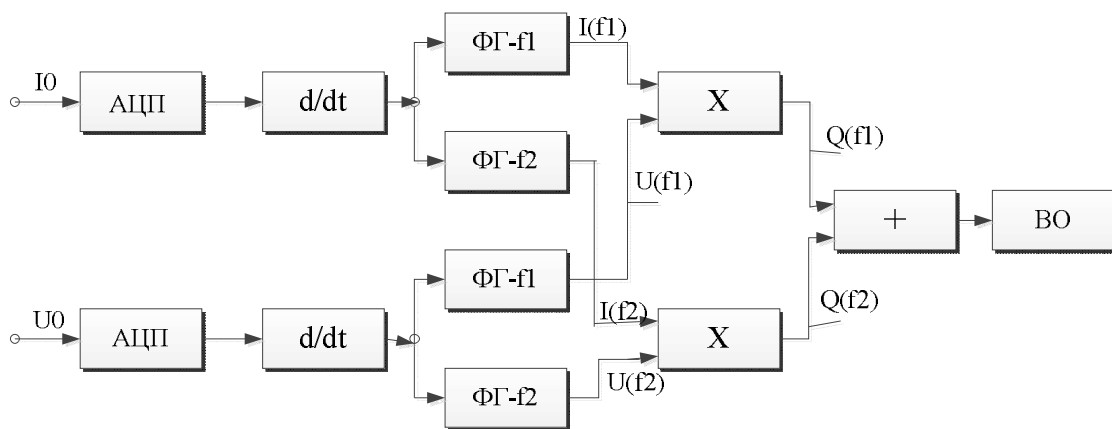


Рис.1. Блок-схема удосконаленого реле

Достовірність роботи розробленого реле підтверджена результатами математичного моделювання та дослідженнями на фізичній моделі напругою 0,4 кВ. Чутливість розробленого реле на порядок перевищує відомі розробки.

Висновки. Поставлена мета підвищення чутливості направленого реле захисту від замикань фази на землю досягнута за рахунок виділення із струму і напруги нульової послідовності гармонійних складових двох різних частот і блоків знаходження їх похідних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Pitot F., Venkataraman k., Vassilevsky N., Teon C. P. [Wattmetric earth fault protection – innovation for compensated distribution networks] 23rd International Conference on Electricity Distribution, Lyon, 2015 Paper 0963.
2. Сивокобыленко В.Ф. Лысенко В.А. [Микропроцессорная селективная защита от замыканий фазы на землю в электрических сетях с катушкой Петерсена в нейтрали]. Техн. Електродинаміка. 2019. № 2 с.54–62.

Сінчук І.О.

кандидат технічних наук, доцент
Криворізький національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ З БЕЗПЕРЕРВНИМ ЦИКЛОМ ВИРОБНИЦТВА

Ринкові відносини викликають постійні зміни навколишнього середовища, появу нових виробників, зміну попиту і пропозиції, конкуренцію між виробниками продукції, коливання цін тощо. Ці фактори впливають на стратегію і тактику розвитку підприємств взагалі та підприємств з безперервним циклом виробництва окремо. Між тим, саме ці види підприємств є найбільш капіталоемкими і цілком залежними від наявності відповідної сировинної бази, рівнем прогресивності технології та загальною організацією виробництва. У підсумку ці фактори обумовлюють рівні споживання електроенергії (ЕЕ) і стан виробничої діяльності підприємств в цілому.

Постійний моніторинг рівнів електроспоживання здійснює регулярну оцінку діяльності відповідних підприємств і здійснює відбір найбільш діючих оцінюючих показників.

Проведені дослідження автора направлені на моделювання та порівняльний аналіз особливостей взаємодії складових елементів споживання електроенергії на підприємствах з безперервним циклом виробництва, вирішення проблеми оптимізації режимів, що в кінцевому підсумку дозволить побудувати відповідні засоби управління розподіленням електроспоживання.

Вирішенням відповідної проблематики присвячені численні науково-дослідницькі публікації в яких пропонується деякий час стримувати безумовно негативний, проте логічний процес зростання витрат енергії. Проте сьогоденне функціонування тих видів підприємств, що аналізуються, потребує нової логіки рішення, нового підходу до вирішення проблеми їх енергоефективності щодо ускладнення технології по ряду як об'єктивних так і не об'єктивних причин.

Як один із кроків до досягнення такої «логіки», пропонується вимірювати кількісно зв'язки між рівнями споживання електроенергії та відповідними складовими, що впливають їх значення.

Результати досліджень показали, що найпридатнішими для оцінювання рівнів споживання електроенергії є економетричної моделі з такими аналітичними формами функцій, як лінійна (адитивна) та степенева (мультиплікативна). При цьому степенева функція реалізується як лінійна, якщо вихідні дані для побудови моделі брати не в абсолютних одиницях їх виміру, а в логарифмах.

Відповідно розрахункові функції за вибірковою сукупністю будуть такі:

$$1. Y = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 X_1 + \hat{a}_2 X_2 + \hat{a}_3 X_3 + \hat{a}_4 X_4;$$

$$2. Y = \hat{a}_0 X_1^{\hat{a}_1} X_2^{\hat{a}_2} X_3^{\hat{a}_3} X_4^{\hat{a}_4},$$

$$3. Y = \hat{a}_0 * X_1^{\hat{a}_1} * X_2^{\hat{a}_2} * X_3^{\hat{a}_3} * X_4^{\hat{a}_4} * e^{\hat{a}_5 * t},$$

де Y — рівні споживання електроенергії для підприємств з безперервним циклом виробництва; x_1 — значення рівнів споживання ЕЕ для об'єкту 1; x_2 — значення рівнів споживання ЕЕ для об'єкту 2; x_3 — значення рівнів споживання ЕЕ для об'єкту 3;

x_4 — значення рівнів споживання ЕЕ для об'єкту 4. Зауважимо, що степеневі функції реалізуються як лінійно-логарифмічні.

Опрацьовано відповідні дані щодо споживання ЕЕ на підприємствах з безперервним циклом виробництва, отримано три регресійних моделі у вигляді лінійної та степеневі функцій, а також степеневі функції включно з визначеними чинниками впливу на рівні споживання ЕЕ. Всі моделі перевірено на адекватність та встановлено, що вони є достатньо достовірними і можуть бути використані для подальшого прогнозування та факторного аналізу ефективності споживання ЕЕ, ступеня впливу окремих чинників.

Тугай Ю.І.

доктор технічних наук,

Інститут електродинаміки Національної академії наук України, м. Київ

Кучанський В.В.

кандидат технічних наук,

Інститут електродинаміки Національної академії наук України, м. Київ

Мельничук В.А.

Інститут електродинаміки Національної академії наук України, м. Київ

МІНІМІЗАЦІЯ ЗАЛИШКОВОГО НАМАГНІЧУВАННЯ ОСЕРДЯ АВТОТРАНСФОРМАТОРА ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ РЕЗОНАСНИМ ПЕРЕНАПРУГАМ

В електричних мережах на особливу увагу заслуговують резонансні перенапруги, які виникають у результаті несприятливої комбінації схеми сполучень та параметрів її режиму. На відміну від комутаційних перенапруг, які з'являються в результаті будь-яких відключень чи підключень і тривають соті частки секунди, резонансні виникають непередбачено і можуть існувати порівняно тривалий час. Тому ймовірність виникнення аварійних режимів, навіть при невеликих резонансних перенапругах, значна. Також необхідно звернути увагу на той факт, що зараз електричні мережі мають достатню кількість технічних засобів боротьби з комутаційними перенапругами, а ось для боротьби з резонансними перенапругами такі засоби практично відсутні.

Однією з причин резонансних перенапруг в електричних мережах є поява несинусоїдальних режимів. Типовим прикладом такого розвитку подій є аномальний режим, що може виникнути при включенні лінії електропередачі на ненавантажений автотрансформатор. Слід зазначити, що цей режим може супроводжуватися не тільки резонансними перенапругами, але і надструмами намагнічення. Тому розробники сучасних пристроїв керованої комутації при програмуванні їх роботи повинні враховувати обидва фактори та обирати моменти вмикання електричних вимикачів для успішного вирішення двох завдань: зменшення як струмів намагнічення, так і резонансних перенапруг.

У роботі розглядається вплив залишкового намагнічування ненавантаженого автотрансформатора на резонансні перенапруги та струми намагнічування. Взагалі, головною проблемою вивчення резонансних перенапруг даного типу, є те, що на сьогодні немає однозначної відповіді на питання про фізичну природу процесів, які викликають перенапруження парних гармонійних складових. З початку 50-х років минулого сторіччя, як тільки почали будувати та експлуатувати магістральні лінії

електропередачі і на практиці зіткнулися з цим явищем, проводяться дослідження з метою виявлення визначальних факторів виникнення резонансних перенапруг на вищих гармонічних складових. Але, незважаючи на досить велику кількість публікацій на цю тему, причини та умови появи парних гармонічних складових все ще не достатньо виявлені. Більше того, опубліковані за темою наукові праці різних авторів часто суперечать один одному в важливих питаннях. Основним недоліком теоретичних досліджень, які є на цей час, є відсутність фундаментального теоретичного обґрунтування природи виникнення резонансних коливань на парних гармонічних складових у схемах з нелінійною індуктивністю.

Все ж можна вважати доведеним як теоретично, так і на практиці, що залишкова намагніченість автотрансформатора є одним із ключових факторів, який впливає на появу резонансних перенапруг на вищих гармонічних складових. Найбільш обґрунтованою видається точка зору, що залишкова намагніченість має значну величину, коли ненавантажений автотрансформатор вимикається у несприятливий момент, і саме вона призводить до автопараметричного резонансного процесу та модуляції вищих гармонічних складових.

За результатами вивчення засобів запобігання появи вищих гармонічних складових, зроблено висновок, що найбільш ефективним є програмування процесу комутації, оскільки сучасні елегазові вимикачі з високою швидкістю дозволяють обирати для своїх операцій довільні моменти відповідно до зміни миттєвих значень параметрів режиму. Використання пристрою керованої комутації для відключення ненавантаженого автотрансформатора у відповідний момент дозволяє звести значення залишкової намагніченості до мінімуму, тому така комутація запобігає появі парних гармонічних складових.

Тугай Ю.І.

доктор технічних наук, професор

Інститут електродинаміки НАН України, м. Київ, Україна

Козирський В.В.

доктор технічних наук, професор

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження НУБіП України, м. Київ, Україна

Тютюнник Ф.О.

аспірант

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження НУБіП України, м. Київ, Україна

РОЗВИТОК ПІДХОДІВ ДО ОЦІНЮВАННЯ СТІЙКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ З ДЖЕРЕЛАМИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

Зростання кількості джерел розподіленої генерації створює нові задачі та проблеми в динаміці та оцінюванні перехідних процесів електроенергетичної системи на всіх її рівнях.

Принцип розподіленої генерації передбачає використання різних первинних видів енергії. З цим пов'язано наявність великої кількості типів систем перетворення енергії, які побудовані на принципово різних фізичних основах. Генерація, передача та споживання різних видів енергії здійснюється посередництвом електромагнітної енергії.

Підключення нових джерел генерації викликає збільшення розмірності системи. Даний факт обумовлює постійно зростаючу складність при моделюванні та оцінюванні процесів які протікають в системі.

З метою забезпечення адекватного оцінювання стійкості, в умовах впливу перелічених факторів, було проаналізовано можливості тензорного аналізу, як математичного апарату для моделювання. Базові рівняння малих коливань для елементарної машини мають вигляд [1]:

$$\Delta e = (R + Lp + p\theta G) \cdot \Delta i + G \cdot i_0 \Delta p\theta,$$

$$\Delta T = Mp^2 \Delta \theta - i_0 \cdot (G + G_t) \cdot \Delta i.$$

До основних видів розподіленої генерації належать турбогенератори малої потужності, гідрогенератори малої потужності, вітрові генератори та сонячні електростанції. Турбогенератори малої потужності використовують синхронні генератори. На вітрових електростанціях можуть використовуватись синхронні генератори, асинхронні («біляче колесо», фазний ротор, подвійного живлення), генератори на постійних магнітах та різні новітні конструкції генераторів. На сонячних електростанціях – напівпровідникові силові перетворювачі.

На даний час, серед перелічених видів перетворювачів, наявні моделі в тензорній формі для синхронного генератора та асинхронного («біляче колесо»). Задача полягає в отриманні моделей електричних машин різних типів шляхом перетворення моделі елементарної машини.

Ключовим в тензорному аналізі є акцент на дійсних фізичних величинах [1–2]. Проаналізовано процеси протікання та перетворення енергій в джерелах розподіленої генерації, відповідно до засад тензорного аналізу. Виконано перший етап по створенню цілісної математичної моделі. Окремо сфокусовано увагу на підключених через інвертор джерелах розподіленої генерації, які використовують відновлювані види енергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kron G. The application of tensors to the analysis of rotating electrical machinery. – New York: General Electric Review, 1935
2. Kron G. Tensor analysis of networks. – New York: John Wiley and Sons, inc., 1965. – 704 p.

Гай О.В.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Гулевич В.К.

кандидат технічних наук, доцент

ОСОБЛИВОСТІ ЗАВДАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДВООБМОТКОВОГО ТРАНСФОРМАТОРУ З РОЗЩЕПЛЕНОЮ ОБМОТКОЮ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ ТРАНСФОРМАТОРА В ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ «ELPLEK»

Анотація. Розробляється спосіб завдання параметрів різних трансформаторів в програмному продукті «Elplek» та перевіряється адекватність сформованих моделей.

Це дозволить одержувати додатковий об'єм інформації при автоматизованому розрахунку складних електричних систем та провести моделювання роботи цих структур.

Проблема. Періодично при вирішенні задач моделювання та вивчення процесів в складних структурах виникає складність адекватного завдання її параметрів..

Рішення задачі. «Elplek» – це одна з кращих безкоштовних програм, призначених для розрахунків всіх видів струмів короткого замикання (трифазний, міжлінійний, замикання на землю, міжлінійне замикання на землю), для знаходження залишкових напруг у мережі, а також для симуляції дій пристроїв релейного захисту.

Проаналізуємо особливості завдання параметрів елементів на схемі заміщення для двообмоткового трансформатора з розщепленою обмоткою низької напруги.

Вихідна інформація з довідникових параметрів трансформатора, що використовувався в розрахунках наступна:

ТДРН-25000/37/6.3 Напруги 37/6,3/6,3; $U_{kВНН1}=U_{kВНН2}=10,5\%$; $dP_k=115\text{кВт}$

Розрахунок параметрів двообмоткового трансформатора з розщепленою обмоткою низької напруги для завдання в програмному продукті Elplek наведені нижче:

$$dP3 := 115000 = 1.15 \times 10^5 \quad St3 := 25 \cdot 10^6$$

$$U_{vt3} := 37 \cdot 10^3$$

$$Unt3 := 6.3 \cdot 10^3 \quad U_{kv_nn} := 10.5 = 10.5$$

$$rt21 := \frac{dP3}{St3} \cdot \frac{(U_{vt3})^2}{St3} = 0.252$$

$$rt22 := \frac{2 \cdot dP3}{St3} \cdot \frac{(Unt3)^2}{St3} = 0.015$$

$$Zt2bV1 := \frac{0.125 U_{kv_nn}}{100} \cdot \frac{(U_{vt3})^2}{St3} = 0.719$$

$$Zt2bN3 := \frac{1.75 U_{kv_nn}}{100} \cdot \frac{(U_{vt3})^2}{St3} = 10.062$$

$$xV1 := \sqrt{Zt2bV1^2 - (rt21)^2} = 0.673$$

$$xC2 := \sqrt{Zt2bN3^2 - (rt21)^2} = 10.059$$

$$xN3 := \sqrt{Zt2bN3^2 - (rt21)^2} = 10.059$$

$$x12 := xV1 + xC2 = 10.732$$

$$x13 := xV1 + xN3 = 10.732$$

$$x23 := (xN3 + xC2) \cdot \left(\frac{Unt3}{U_{vt3}} \right)^2 = 0.583$$

Схема для розрахунку струму $k3$ обрана тестова та зображена на рисунку 1.

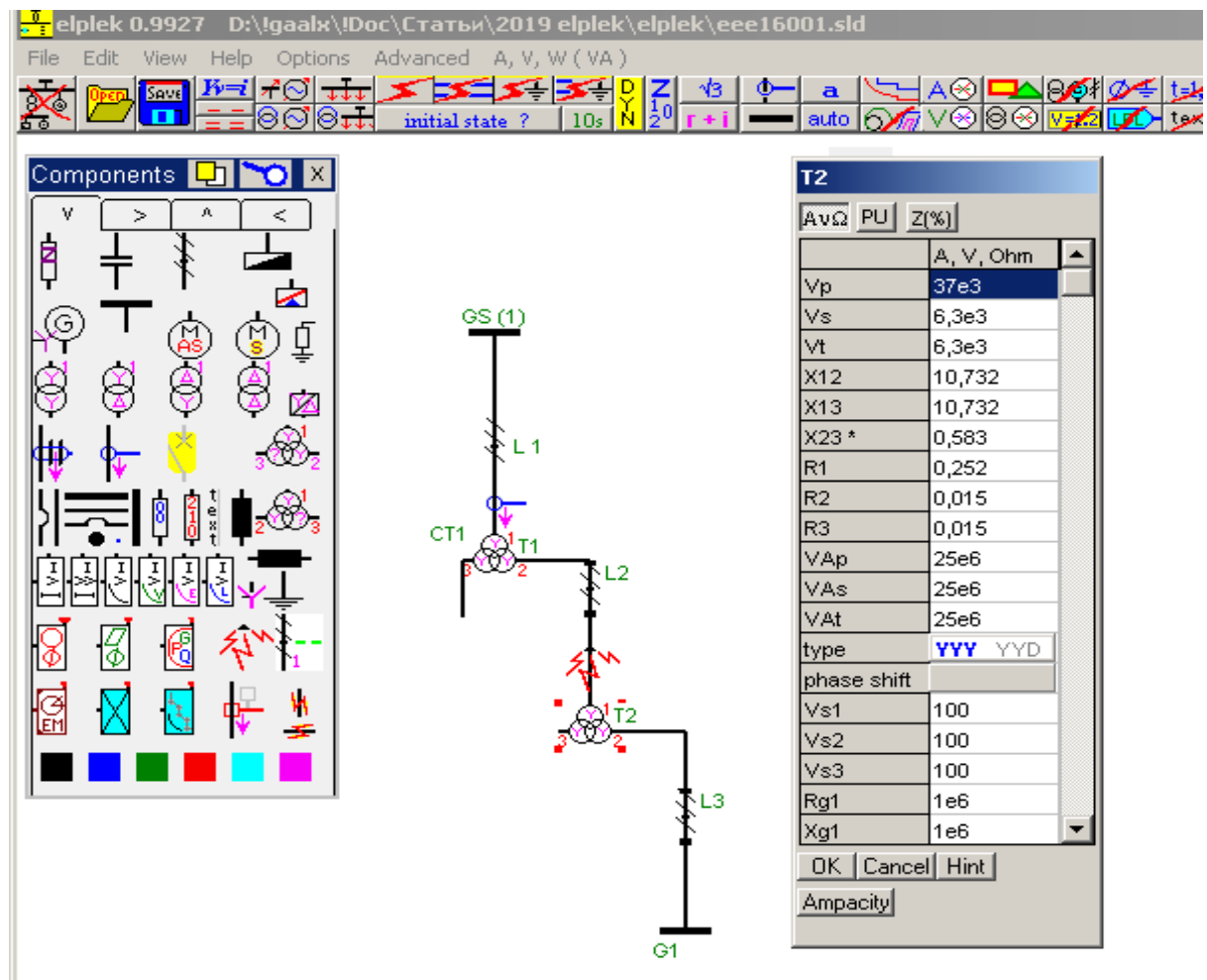


Рис. 1. Тестова схема фрагмента системи електропостачання з результатами моделювання

Висновки. Отримано практичні і методичні результати — сформовані особливості завдання параметрів різних трансформаторів в програмному продукті «Elplek» та перевірили адекватність сформованих моделей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ProgramElplek: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://pp.kpnet.fi/ijl>.
2. Півняк Г.Г. Перехідні процеси в системах електропостачання. Підручник для вузів. / Г.Г. Півняк, В.М. Винославський, А.Я. Рибалко, Л.І. Несен; за ред. акад. НАН України Г.Г. Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий унів. – 2002. – 597 с.
3. РЗА. Все о релейной защите: [Електронний ресурс] / Расчет релейной защиты. ELPLEK. Русская версия помощи – 2011. – Режим доступу: http://rza.org.ua/elplek/view/Raschet-releynoy-zashchiti-ELPLEK-Russkaya-versiya-pomoshchi_2.html

Черкашина В.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Черемісін М.М.

Харківський Національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ НАПРУЖЕНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

Мета роботи. Вдосконалити метод оцінювання напруженості електричного поля (ЕП) повітряних ліній (ПЛ) шляхом реалізації рівнянь Максвелла для системи «провода – (троси) – земля» з метою уточнення межі санітарно-захисної зони під час вибору варіанту проектування ПЛ.

Результати досліджень. Для визначення ЕП ПЛ відносно землі обчислюється середній потенціал точок поля, які знаходяться на певній відстані від системи проводів. Розрахунок проводиться на основі рівнянь Максвелла для системи "провода – (троси) – земля" [1–2]:

$$U_{ij} = \sum_{n=1}^n \alpha_{ij} \cdot q_{ij}, \quad (1)$$

де U_{ij} – фазні напруги проводів ПЛ; α_{ij} – потенційні коефіцієнти; q_{ij} – заряди проводів на одиницю довжини.

Потенційні коефіцієнти α_{ij} визначаються з наступних співвідношень:

– власні потенційні коефіцієнти $i = j$:

$$\alpha_{ii} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \ln \frac{H_{ii}}{r_{ii}}, \quad (2)$$

де H_{ii} – відстань між i -тим проводом і його віддзеркаленням; r_{ii} – еквівалентний радіус проводу (тросу);

– взаємні потенційні коефіцієнти $i \neq j$:

$$\alpha_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \ln \frac{H_{ij}}{r_{ij}}, \quad (3)$$

де H_{ij} – відстань між i -тим проводом і віддзеркаленням j -того проводу;

r_{ij} – відстань між i і j -тими проводами.

Використовуючи рівняння (2–3) визначаються потенційні коефіцієнти впливу на об'єкт A – α_{jA} :

$$\alpha_{jA} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \ln \frac{H_{jA}}{r_{ji}} + l, \quad (4)$$

де H_{jA} – відстань між j – тим проводом і об'єктом A ; r_{ji} – відстань між i і j -тими проводами; l – відстань від проекції проводу до об'єкту A .

Для визначення зарядів на проводах формується система рівнянь:

$$q_{ij} = \sum_{n=1}^n \beta_{ij} \cdot U_{ij}. \quad (5)$$

Система рівнянь (5) використовується для формування коефіцієнтів β_{ij} :

$$\beta_{ij} = (-1)^{i+j} \Delta_{ij} / \Delta, \quad (6)$$

де Δ – визначник матриці, складений з коефіцієнтів α_{ij} системи рівнянь Максвелла (1);

Δ_{ij} — алгебраїчне доповнення i -го і j -го елементів.

Потенціал \dot{U}_A в точці (об'єкт A) на висоті від землі (h_A) і відстані від проєкції проводу до об'єкту A (l) визначається за рівняннями (1–6):

$$\dot{U}_A = U \{ \sum [\beta_{ij} - 0,5(\beta_{ij} + \beta_{ij})\alpha_{jA}] + \sum j 0,86 [(\beta_{ij} - \beta_{ij})\alpha_{jA}] \}. \quad (7)$$

Аналогічно (1–7) визначається \dot{U}'_A на висоті від землі (h'_A).

Напруженість ЕП ПЛ на об'єкт A визначається за виразом:

$$E_A = \frac{U_A - U'_A}{\Delta h}. \quad (8)$$

Отримане значення E_A відповідає середньому значенню напруженості ЕП ПЛ на певній відстані від землі ($h_A - h'_A = \Delta h$).

Висновок. Вдосконалений метод оцінювання напруженості ЕП на відміну від існуючих є більш універсальним тому, що прийнятний для розрахунку напруженості ЕП ПЛ різних напруг і конструкцій, а також враховує габарити ліній і віддалення від них для уточнення межі санітарно-захисної зони під час вибору варіанту проектування ПЛ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Здановський В.Г. Загальні підходи до моделювання просторових розподілів електромагнітних полів електротехнічного обладнання / В.Г. Здановський, В.А. Глива, Л.О. Левченко // Проблеми охорони праці в Україні. – 2014. – Вип. 27. – С.18-24.
2. Дьяков А.Ф. Электрические сети сверх- и ультравысокого напряжения. Теоретические и практические основы / под общ. ред. А.Ф. Дьякова // Электропередачи переменного тока. – М.: НТФ «Энергопрогресс» Корпорации «ЕЭЭК», 2012. – Т.1. – 696 с.

Гай О.В.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Гусятинський Д.О.

кандидат технічних наук, доцент

ОСОБЛИВОСТІ ЗАВДАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРЬОХОБМОТКОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА В ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ «ELPLEK»

Анотація. Розробляється спосіб завдання параметрів різних трансформаторів в програмному продукті «Elplek» та перевіряється адекватність сформованих моделей. Це дозволить одержувати додатковий об'єм інформації при автоматизованому розрахунку складних електричних систем та провести моделювання роботи цих структур.

Проблема. Періодично при вирішенні задач моделювання та вивчення процесів в складних структурах виникає складність адекватного завдання її параметрів..

Рішення задачі. «Elplek» – це одна з кращих безкоштовних програм, призначених для розрахунків всіх видів струмів короткого замикання (трифазний, міжлінійний, замикання на землю, міжлінійне замикання на землю), для знаходження залишкових напруг у мережі, а також для симуляції дій пристроїв релейного захисту.

Проаналізуємо особливості завдання параметрів елементів на схемі заміщення для трьохфазного триобмоткового трансформатора.

Вихідна інформація з довідникових параметрів трансформатору, що використовувався в розрахунках наступна:

ТДТН-40000/110 Напруги 115/37/6,3; $U_{kBC}=10,5\%$; $U_{kBN}=17,5\%$; $U_{kCH}=6,5\%$; $dP_k=200\text{кВт}$

Розрахунок параметрів трьохфазного триобмоткового трансформатору для завдання в програмному продукті Elplek наведені нижче:

$$\begin{aligned} dP2 &:= 200000 \quad St2 := 40 \cdot 10^6 & U_{vt2} &:= 115 \cdot 10^3 \quad U_{ct2} := 37 \cdot 10^3 \quad U_{nt2} := 6.3 \cdot 10^3 \\ rt21 &:= \frac{dP2}{2 \cdot St2} \cdot \frac{(U_{vt2})^2}{St2} = 0.827 & rt22 &:= \frac{dP2}{2 \cdot St2} \cdot \frac{(U_{ct2})^2}{St2} = 0.086 \\ rt23 &:= \frac{dP2}{2 \cdot St2} \cdot \frac{(U_{nt2})^2}{St2} = 2.481 \times 10^{-3} & Zt2bV1 &:= \frac{0.5}{100} (10.5 + 17.5 - 6.5) \cdot \frac{(U_{vt2})^2}{St2} = 35.542 \\ Zt2bN3 &:= \frac{0.5}{100} [(-10.5 + 17.5) + 6.5] \cdot \frac{(U_{vt2})^2}{St2} = 22.317 & Zt2bC2 &:= 0 \\ xV1 &:= \sqrt{Zt2bV1^2 - (rt21)^2} = 35.533 \quad xC2 := 0 = 0 & xN3 &:= \sqrt{Zt2bN3^2 - (rt21)^2} = 22.302 \\ x12 &:= xV1 + xC2 = 35.533 & x13 &:= xV1 + xN3 = 57.834 \\ x23 &:= (xN3 + xC2) \cdot \left(\frac{U_{ct2}}{U_{vt2}} \right)^2 = 2.309 \end{aligned}$$

Схема для розрахунку струму кз обрана тестова та зображена на рисунку 1.

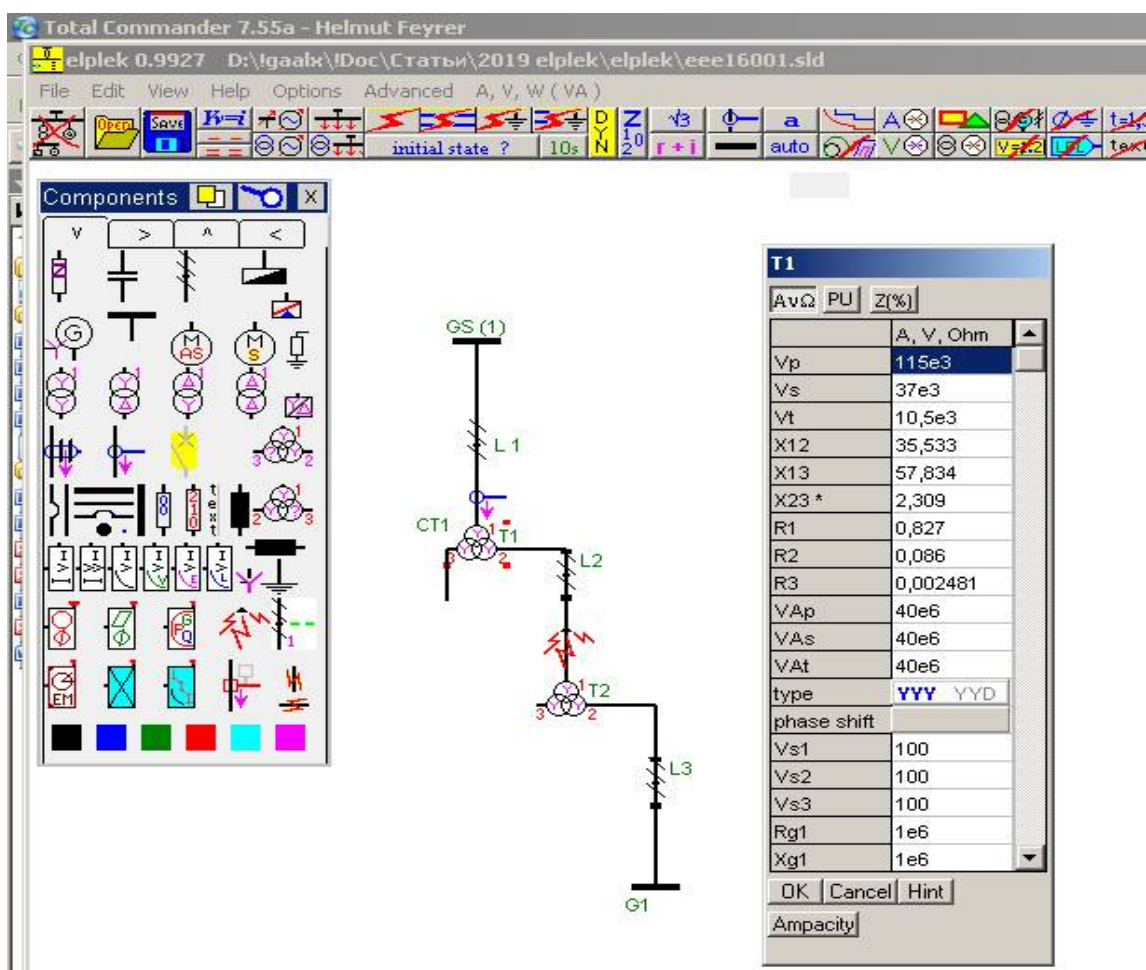


Рис. 1. Тестова схема фрагмента системи електропостачання з результатами моделювання

Висновки. Отримано практичні і методичні результати –сформовані особливості завдання параметрів різних трансформаторів в програмному продукті «Elplek» та перевірили адекватність сформованих моделей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ProgramElplek: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://pp.kpnet.fi/ijl>.
2. Півняк Г.Г. Перехідні процеси в системах електропостачання. Підручник для вузів. / Г.Г. Півняк, В.М. Винославський, А.Я. Рибалко, Л.І. Несен; за ред. акад. НАН України Г.Г. Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий унів. – 2002. – 597 с.
3. РЗА. Все о релейной защите: [Електронний ресурс] / Расчет релейной защиты. ELPLEK. Русская версия помощи – 2011. – Режим доступу: http://rza.org.ua/elplek/view/Raschet-releynoy-zashchiti-ELPLEK-Russkaya-versiya-pomoshchi_2.html

СЕКЦІЯ 2. РОЗПОДІЛЕНІ СИСТЕМИ ГЕНЕРАЦІЇ ТА СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Нікіфоров А.П.

доктор технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Подлужна Н.О.

доктор економічних наук, доцент

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ СТРУКТУРНО-ІНФОРМАЦІЙНОГО МЕТОДУ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ ПРИ ПЕРЕХОДІ ДО ЕКОНОМІКИ ЗНАНЬ

Анотація. Розвиток електроенергетики відбувається згідно концепціям «Смарт-грид», «Цифрова підстанція», «Аутсорсинг послуг», в економіці згідно із концепцією зміни стадій розвитку економіки країн світу «Індустріальна→Економіка знань».

Одним із положень концепцій є побудова цілісних алгоритмів підтримки стійкості роботи систем автоматичного управління технологічними процесами в електроенергетиці і економіці при збурюючих впливах, пов'язаних із економічними складовими. Ставиться і вирішується завдання виявлення внутрішніх структурних складових узагальненої еквівалентної структурної схеми економіки. Завдання походить із потреби формування автоматичних і автоматизованих алгоритмів розрахунку порогів перемикання «Купівля–Продаж» при роботі автомата–диспетчера системи автоматичної стабілізації нормального режиму роботи вузла смарт-грид мережі.

Постановка задачі. Зміна стадій прогресу економіки проходить за ієрархічним шляхом «Проста–Досконала». Отже, подальші дослідження ґрунтується на визначенні структурних характеристик, що описують стадії розвитку економіки країн світу «Індустріальна→Економіка знань». Згідно SI-методу кожен об'єкт можна представити схемою узагальненої еквівалентної структури (GES). Схема економіки GES_{ECONOM} є об'єктом управління і контролю (ОСР) в системі автоматичної стабілізації нормального режиму (АСНОР) роботи. Показана на схемі $GES_{АСНОР}$ (рис. 1).

Схему GES_{ECONOM} можливо описати 3 шаблонами і їх взаємозв'язками (рис. 2) – структурне дерево формування або зворотне йому дерево розпізнавання, інерційний БІХ-фільтр, автомат умовних переходів.

Зовнішні зв'язки елементарних інформаційних складових схеми встановлюються із використанням відомих історичних відомостей. Внутрішні зв'язки встановлюються моделюванням роботи схеми в САПР. Внутрішні складові схеми описуються граматикою $G_{ECONOM}=(TS,NTS,PS,PB,KS,KB,S)$.

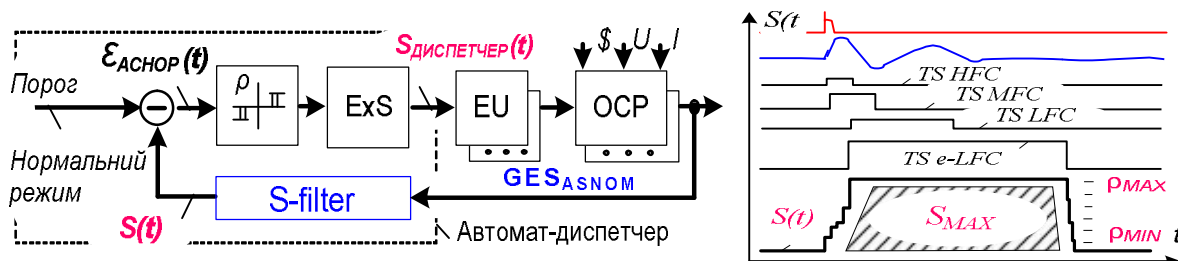


Рис. 1. Система АСНОР по смысловому сигналу $S_{диспетчер}(t)$

Смисловий сигнал $S(t)=3a(t)-Протн(t)$ формується S-детектором із багатопороговим елементом рN. $S(t)$ оцінює реакцію структури економіки GES_{ECONOM} на вхідні смислові ситуації SN. Формуються вибірки навчальних і контрольних SN. Ставлячи відому SN як вхідну і порівнюючи реакцію із відомою вихідною SN можна з'ясувати вплив окремої внутрішньої складової схеми GES_{ECONOM} . Після встановлення параметрів схемимodelюються прогнозні реакції на сигнали SN контрольної вибірки.

Результати реакції оцінюються по зміні сигналу $S(t)$ способом сканування на інтервалі часу, як реакція економіки із фіксованими смисловими відповідями «Норма»—...—«Аварія». Таким чином, можливо будувати нові еволюційні і ієрархічні структури економік, що вже були, та формувати необхідні внутрішні взаємозв'язки для сталого розвитку наступних економік.

Рішення завдання. Згідно SI-методу динамічного розпізнавання послідовних процесів на структуру схеми GES_{ECONOM} діють динамічні і послідовні кроки переходів із одних внутрішніх смислових станів в інші. Стани фіксуються смисловими ситуаціями SN, які задають часовий зріз.

На схемі (рис. 2) показано три ієрархічних рівня МорфА, СинтА. Третій СемА спостерігає за структурою GES. У СемА формується смисловий сигнал $S(t)$ і оцінюється елементом рN. В результаті з'являється смисловий S-фільтр.

Моделювання роботи схеми GES_{ECONOM} . Моделювання виконується в САПР на основі ієрархічного поділу етапів моделювання [1]:

Етап 1 «Моделювання роботи мережі». Етап 2 «Моделювання роботи схеми GES_{ECONOM} ». Етап 3 «Моделювання схеми GES_{ASNOM} ».

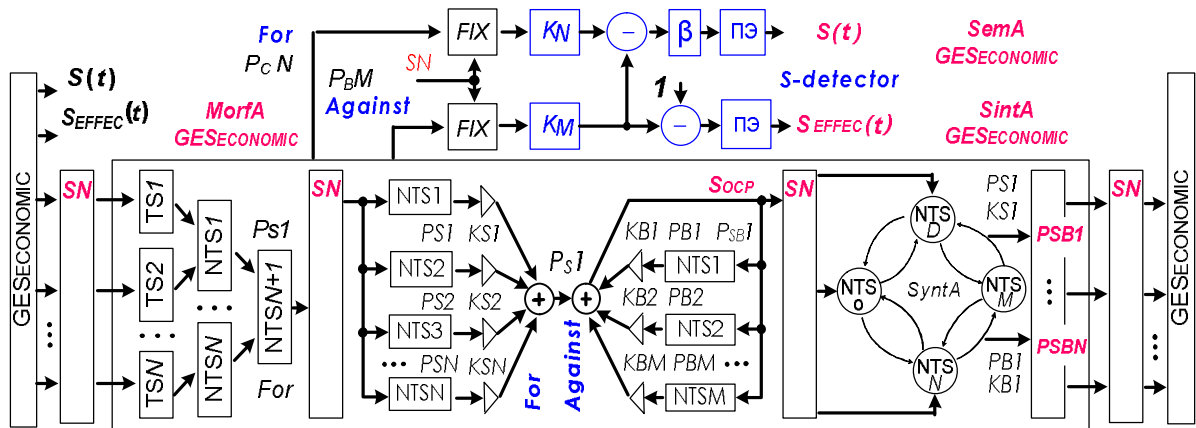


Рис. 2. Схема GES_{ECONOM} із контрольними точками у вигляді смислових ситуацій та S-детектор смислового сигналу $S(t)$

Висновки. 1. Представлено спосіб переходу між структурами різного типу економік. Спосіб заснований на реструктуризації накопиченої інформації на елементарні структурні складові із ваговими коефіцієнтами та встановленням шаблонів взаємозв'язків. 2. Структурна схема економіки є смисловим S-фільтром із багатопороговим виходом в системі автоматичної стабілізації нормального режиму роботи. S-фільтр контролює формування інформаційних потоків, розглядаючи еволюційне дерево розвитку по історичній інформації суспільства і технічних конструкцій. 3. Реалізувати економіку знань можливо на основі роботи колективів або індивідуальних експертів в певних галузях знань в рамках аутсорсингових робочих місць.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. A. P. Nikiforov, Application of The Theorem of ‘About the Unity of the Structural Description of RPA Devices’ for the Simulation of a Power Network Smart-Grid, 3rd Renewable Energy and Green Technology International Conference (REEGETECH), Jakarta, Indonesia, Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering, Vol. 9, No. 1–5, pp. 39–48, 2017, ISSN: 2180–1843, e-ISSN: 2289–8131, <http://journal.utem.edu.my/index.php/jtec/article/view/1831>.

Козирський В.В.

доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

epafort1@ukr.net

Петренко А.В.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

sciencepost@ukr.net

Макаревич С.С.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

birma0125@gmail.com

ЛІНІЙНІ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРИ ЗВОРотно-ПОСТУПАЛЬНОГО РУХУ В СХЕМІ АМОРТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Значне зростання кількості транспортних засобів на двигунах внутрішнього згоряння поступово призводить до забруднення екології. Важливим кроком до зменшення негативного впливу на екологію навколишнього середовища є зростання ролі електротранспорту, зокрема в електроавтомобілебудуванні. Завдяки постійним існуючим дослідженням, що ініціюють відомі світові компанії, електроавтомобілі набувають широкого використання у всіх доступних для впровадження галузях.

Об'єднує тягові електродвигуни змінного струму та електродвигуни постійного струму у колах керування електроавтомобілів, що використані в промисловому машинобудуванні, їх обертальний навколо вісі рух. Враховуючи поширене застосування тягових електродвигунів змінного струму у якості приводного механізму електроавтомобілів, можна стверджувати про актуальність їх дослідження, а також високий рівень їх вивчення. Однак, використання лише обертових електрогенераторів в автомобілебудуванні не забезпечує достатню кількість генерування електроенергії для заряджання акумулятора. Основним недоліком сучасних електроавтомобілів є значні витрати електроенергії на рух та керування додатковими функціями. Все це призводить до зменшення тривалості експлуатації електроавтомобілем. Проте дослідження [1–2] свідчать про ефективність додаткових джерел електроенергії та способу керування з використанням магнітоелектричних електромашин поєднаних з амортизаторами у транспортних засобах.

Метою дослідження є підвищення ефективності генерування електроенергії в схемі електроавтотранспорту шляхом використання лінійних електрогенераторів з магнітоелектричним збудженням.

Застосування лінійних електрогенераторів в схемі амортизації автомобіля в різних умовах руху, або стану поверхні ґрунту, забезпечує додаткове генерування електроенергії для заряджання акумуляторних батарей. Проаналізувати динамічні процеси, за умови однофазного виконання магнітоелектричного лінійного генератора, в зворотно-поступальному русі амортизатора можливо використовуючи за основу математичну модель [3]:

$$L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dx_r} \frac{dx_r}{dt} + \frac{d\Psi_{PM}}{dx_r} \frac{dx_r}{dt} + i(R_0 + R_H) = 0 \quad (1)$$

$$\text{де } L(x_r) = L_0 - L_m \cos \frac{2\pi(x_r - x_0)}{\tau}, \quad \frac{dL}{dx_r} = \frac{2\pi L_m}{\tau} \sin \frac{2\pi(x_r - x_0)}{\tau},$$

$$\Psi_{PM}(x_r) = W\Phi_{\max} \cos \frac{\pi(x_r - x_0)}{\tau},$$

$$\frac{d\Psi_{PM}}{dx_r} = -\frac{W\Phi_{\max}\pi}{\tau} \sin \frac{\pi(x_r - x_0)}{\tau}. \quad (2)$$

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сергиенко А.Н. Результаты имитационного моделирования ЭМП-амортизатора при движении автомобиля по неровностям / А.Н. сергиенко, Б.Г. Любарский, Н.Г. Медведев, Н.Е. Сергиенко // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 10 (1119). – С. 157–164.
2. Козирський В.В. Спосіб енергоефективного керування магнітоелектричними амортизаторами у транспортних засобах / В.В. Козирський, А.В. Петренко // Міжнародна науково-практична конференція «Цілі сталого розвитку третього тисячоліття: виклики для університетів наук про життя», Київ: НУБіП України. Том 5. – 23–25.05.2018. – С. 10–12.
3. Подольцев А.Д. Анализ динамических процессов в однофазном магнитоэлектрическом линейном генераторе возвратно-поступательного движения / А.Д. Подольцев, В.В. Козырский, А.В. Петренко // Технічна електродинаміка. – 2009. – №5. – С. 22–31.

Шавьолкін О.О.

Київський національний університет технологій та дизайну,
вул. Немировича-Данченко, 2, Київ-11, 01011, Україна

Становський Є.Ю.

Київський національний університет технологій та дизайну,
вул. Немировича-Данченко, 2, Київ-11, 01011, Україна

Підгайний М.О.

Київський національний університет технологій та дизайну,
вул. Немировича-Данченко, 2, Київ-11, 01011, Україна

БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНИЙ АГРЕГАТ З ПОСЛІДОВНИМ З'ЄДНАННЯМ ІНВЕРТОРІВ ДЛЯ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЛОКАЛЬНОГО ОБ'ЄКТУ З ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЮ БАТАРЕЄЮ

Мета. Удосконалення структури та обґрунтування параметрів багатофункціонального перетворювального агрегату (БПА) з послідовним з'єднанням

автономних інверторів напруги (АІН) для комбінованої системи електроживлення (КСЕ) локального об'єкту з фотоелектричною батареєю (СБ).

Основні матеріали дослідження. Структура силових кіл БПА з каскадним з'єднанням двох мережевих АІН (рис. 1) містить два однофазних мостових АІН, що через вихідний реактор L і ємнісний фільтр C_f (з невеликим резистором R_f) підключені до розподільчої мережі (РМ).

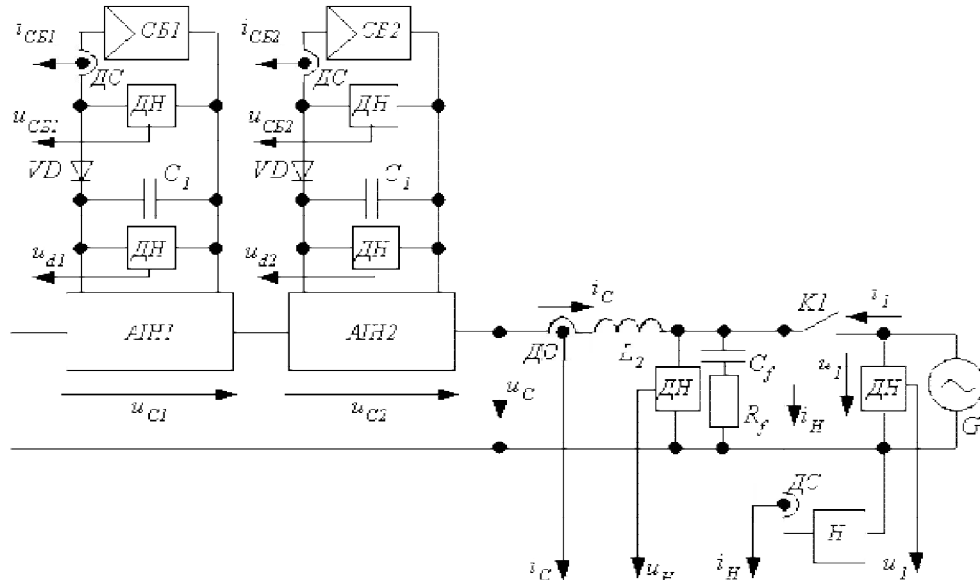


Рис. 1. Структура силових кіл БПА з каскадним з'єднанням АІН

Навантаження активно-індуктивне і нелінійне (некерований випрямляч). СБ підключені до входів АІН через діоди, що виключають зміну напрямку струму у перехідних режимах. Для вимірювання напруги та струму в колах встановлені відповідні датчики (ДН, ДС).

Висновки. На підставі аналізу процесу формування струму за багаторівневої ШІМ обґрунтовані параметри ланок для компенсації збурюючих впливів напруги РМ і нелінійного навантаження в структурі контуру регулювання струму (КРС) за спільним для всіх АІН каналом відхилення струму. Це дозволяє забезпечити $\text{THD} \leq 5\%$ для струму в точці підключення АІН до мережі практично у всьому діапазоні його значень за частоти 3400 Гц і зменшенні індуктивності вихідного реактору БПА в декілька разів. Удосконалено одноканальну структуру системи керування з підпорядкованим КРС зі спільним для всіх АІН каналом відхилення струму і зовнішнім регулятором відповідно режиму роботи: за роботи паралельно з мережею це регулятор струму (напруги) СБ, яка за поточних умов має меншу потужність; за відсутності генерації енергії це регулятор вхідної напруги одного з АІН; в автономному режимі – регулятор напруги навантаження. Удосконалено математичну модель СБ з використанням її паспортних даних і керованого джерела струму для підключення до загальної моделі БПА. Розроблено математичну модель системи «мережа – БПА з СБ – навантаження» з блоком визначення втрат потужності в ключах. Показано обмеження для використання БПА з послідовним з'єднанням АІН – для забезпечення відбору максимальної потужності СБ, що використовуються в схемі, вони повинні мати близькі значення інтенсивності сонячного випромінювання. За використання IGBT на 600 В і значень частоти модуляції до 6.8 кГц превалюючими є втрати провідності, тому використання

схем з трьома і більше АІН призведе до погіршення ККД БПА за рахунок збільшення втрат провідності в ключах.

Козирський В.В.

доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Нікіфоров А.П.

доктор технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Петренко А.В.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Парубов А.Н.

НАКОПИЧУВАЧ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ІЗ МОЖЛИВІСТЮ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛА

Актуальність. Наявність накопичувача електроенергії відкриває можливості реалізації концепції розвитку електроенергетики «Смарт-грид» (рис. 1). На практиці утворюється локальна конструкція, що працює в режимі джерела безперебійного живлення із задіянням додаткових джерел (теплової, сонячної енергії). Працює в режимах:

- 1) забезпечення власних потреб технологічних установок;
- 2) аварійні ситуації при втраті зовнішнього джерела електроенергії;
- 3) перерозподіл енергії в добовому циклі;
- 4) покупка–продаж електроенергії.

Джерела реалізовані на рівні нано-, мікро- грид. Для рівня смарт-грид теплові джерела залишаються незатребуваними, хоча є поширеними. Утворюються як наслідок формування комерційної технологічної продукції. Це пов'язано із відсутністю потужних перетворювачів «Тепло–Електроенергія». Потужність оцінюється найменшою величиною внутрішнього опору джерела електроенергії.

Вимоги до розв'язання проблеми. Джерела тепла, що вивчаються далі, зазвичай використовують нетрадиційні види палива. Може застосовуватись «зелений тариф» по ряду пунктів (екологічні норми, боротьба із парниковими газами, утилізація). Працює в режимах:

- 1) утилізація тепла від зовнішнього джерела тепла;
- 2) нагрівання теплоносія від джерела електроенергії для задач добового циклу.

Джерела не є конструктивно тепловими електростанціями, не мають пароводяного циклу, деяких інших технологічних циклів, необхідних для класичної компоновки електрогенераторів. У зв'язку із цим утворюється ніша локальних конструкцій накопичувачів електроенергії серед тих, що випускаються промисловістю. Ніша обмежена знизу малими потужностями 3–20 кВт джерел із електронним внутрішнім опором, зверху — потужністю 5 МВт класичних пароводяних електрогенераторів. Наприклад, потрібно забезпечення потужності 150 кВт власних потреб технологічних установок із 5 електродвигунами по 22 кВт. На цільовому ринку є потреба в накопичувачі середньої потужності 1 МВт.

Постановка проблеми. Необхідно реалізувати накопичувач у вигляді окремого виробу, що має конструктивні характеристики — компактність, вхід для утилізації

тепла від зовнішнього джерела, нагрівач від джерела електроенергії, ланцюжок перетворення «Тепло–Електроенергія» із внутрішнім теплоносієм. Дослідження відомих способів перетворення показують їх не ефективність для зазначених вище потужностей. Ще одним завданням є забезпечення стійкості роботи ділянки ZN із накопичувачем B (рис. 1). Для вирішення завдань необхідний синтез в САПР роботи накопичувача та його алгоритмів управління зі створенням робочого місця для вдосконалення пристроїв забезпечення роботи.

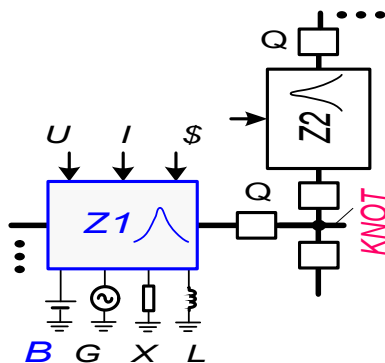


Рис. 1. Уніфікована схема мережі смарт-грид із накопичувачем електроенергії

Спосіб розв’язання проблеми. Розробляється спосіб перетворення «Тепло–Електроенергія» на основі послідовного ланцюжка «Тепловий носій із фазовими переходами–Двигун Гінеля із використанням металу із пам'яттю зі зміщеним центром обертання–Механічне обертання–Електрогенератор». Робота двигуна Гінеля полягає у тому (рис. 2), що в робочому колесі відбувається подовження та скорочення спіралей із сплаву з ефектом пам'яті форми в залежності від різниці температур гарячого та холодного середовищ. Вісь робочого колеса зміщена відносно осі генератора. При нагріванні спіралей виникає обертальний момент. Охолодження відбувається у термоізоляційному охолоджуючому середовищі. Це викликає обертання робочого колеса двигуна Гінеля, яке обертає вісь електрогенератора, наприклад, Трегуба [1]. В електрогенераторі Трегуба спільно формується магнітна подушка для зменшення втрат на обертання та елементи генерації джерела електроенергії синусоїдальної напруги.

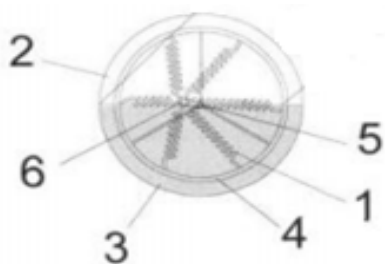


Рис. 2. Двигун Гінеля (1 – пружини; 2 – корпус; 3 – бак із гарячим теплоносієм; 4 – корпус двигуна; 5 – вал до якого приєднані пружини; 6 – електрогенератор)

Хід процесу розробки алгоритмів керування. Згідно структурно-інформаційного (SI) методу відбувається рішення задачі в динаміці на інтервалі часу добового циклу навантаження [2]. У спільній моделі в САПР із накопичувача, ділянки мережі смарт-грид розробляються алгоритми реального часу автомат-диспетчера для управління ділянкою (рис. 1). Синтезовані алгоритми та програми списуються для

реалізації в мікросхеми приладів забезпечення роботи обладнання. Для зміни режимів роботи ділянки мережі введені джерела тестових смислових ситуацій, що імітують добовий графік навантаження. Для цього застосовуються реальні сигнали аварійних файлів. Моделюються різні критерії оптимізації роботи ділянки. Проблема із часом моделювання [2], що обумовлена обмеженістю обчислювальних ресурсів, вирішується розділенням задачі за частотами та смислом. Для цього загальна модель розділяється на окремі ієрархічно підпорядковані розрахункові проекти морфологічного, синтаксичного, семантичного інформаційних рівнів. Це дозволяє вирішувати локальне питання в окремому проекті. Розрахунок загальної роботи ділянки мережі здійснюється по мірі проходження інформації та зміни ресурсів в моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Спосіб генерування електроенергії із двигуном Гінеля. Козирський В.В., Петренко А.В., Віхоть Б.М. Патент на корисну модель. Заявлено в Україні, № гос. Рег. 126027, Дата пріоритету 11.06.2018.
2. A. P. Nikiforov, Modelling Infralow Circuits in Real-Time Systems Smart-grid on the Basis of Separation of Motions in Frequency and Sensing, IEPS2016. '2016 2th International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS)', Kiev, Ukraine. IEEE Catalog Number: CFP1605X-PRT, ISBN: 978-1-5090-1767-6, pp. 67-72, 978-1-5090-1769-0/16/S31.00, DOI:10.1109/IEPS.2016.7521853. Scopus

A. Shavelkin

Kyiv National University of Technologies and Design (KNUTD)
Nemyrovycha-Danchenka str., 2, Kyiv, 01011, Ukraine

Jasim Mohmed Jasim Jasim

²Al-Furat Al-Awsat Technical University – Al-Musssaib Technical college
Al-Najaf Baghdad main road, 15, Al-Kufa, 54001, Iraq

I. Shvedchykova

Kyiv National University of Technologies and Design (KNUTD)
Nemyrovycha-Danchenka str., 2, Kyiv, 01011, Ukraine

EXPANDING THE CAPABILITIES OF THE PHOTOVOLTAIC CONVERTER UNIT OF THE ELECTRIC POWER SYSTEM IN THE INTELLIGENT ENERGY MANAGEMENT SYSTEM OF THE LOCAL OBJECT

Purpose. Studying the possibilities of expanding the functionality of the converter unit of a combined electric power system (EPS) with a photovoltaic battery (PV) when it is integrated with an intelligent energy management system (IEMS) of a local object.

The variant is considered when, in the combined EPS of a local object, the load is supplied from a PV and multifunctional converter unit (MCU) [1–2] and the AC distribution grid (DG). In the presence of two (or more) sources of electricity, the use of a high-priced accumulator battery for the entire load power is inappropriate. To eliminate emergency situations, a small accumulator battery can be used when using a MCU as an uninterruptible power supply. In the absence of a battery, there is a restriction on the implementation of certain MCU functions, in particular, on the implementation of autonomous operating mode (AOM). This relates to matching the power that is generated by the PV with the power consumed by the load.

Conclusions. As a result of the analysis, it was found that the integration of the control system of the MCU with the IEMS allows solving certain issues if the following additional functions will delegate to the IEMS:

- estimation of the current value of power P_{PVMAX} and control of the process of measuring short-circuit current I_{SC} of PV;
- determination (or regulation) of the set value of the load voltage in the AOM, depending on the ratio of power P_{PVMAX} and power load P_L ;
- initiation a decision to switch to the AOM in case of DG shutdown or in case of an unacceptable voltage deviation of the DG, stopping the generation of PV energy (for systems with generating in the DG);
- making decision on the implementation of regulation of the power of the PV in the case of excess generation.

The structure of power circuits of the MCU with the introduction of an additional circuit with a transistor switch for measuring the short circuit current of the PV is proposed. The MCU control system is supplemented by the interface unit with the IEMS, an additional circuit is introduced into the PV current control channel. This allows the IEMS to control power when the MCU is operating in parallel with the grid. Combined EPS simulation results confirm the efficiency of the proposed solutions. A further area of work is the expansion of the capabilities of the combined EPS when using the computational capabilities of IEMS in the implementation of various scenarios of work of the system.

REFERENCES

1. Zheng Zeng, Huan Yang, Rongxiang Zhao, Chong Cheng. Topologies and control strategies of multi-functional grid-connected inverters for power quality enhancement: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No 24, 2013, pp. 223–270. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.033>.

2. Shavelkin A., Shvedchykova I. (2018) Multifunctional converter for single-phase combined power supply systems for local objects with a photovoltaic solar battery. *«Tekhnichna elektrodinamika» IED NAN Ukrayiny*, No 5, 2018, pp.92–95. <https://doi.org/10.15407/techned2018.05.092>.

Нікіфоров А.П.

доктор технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Бсляєв В.К.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ ВИСОКОЧАСТОТНОГО РЕЄСТРАТОРА ПРИЄДНАННЯ МЕРЕЖІ ІЗ АЛГОРИТМОМ ПОШУКУ ДОСТАТНЬОГО ОБСЯГУ ІНФОРМАЦІЇ

Актуальність. Стійкість роботи пристроїв осередку КРУ 6–35 кВ можна реалізувати на основі алгоритму селективного пошуку достатнього обсягу інформації для виконання функцій релейного захисту та автоматики (РЗА). Розглядаються різні типи пошкодження, такі як ОЗЗ, КЗ на великих відстанях, КЗ на землю. Обсяг

інформації накопичується із ряду інформаційних складових. Наприклад, тип пошкодження, стійкість розвитку ушкодження, місце пошкодження, наявність селективних і блокуючих ознак для пошкодженого і неушкоджених ділянок мережі, відсутність сторонніх смислових ситуацій та ін. Алгоритми контролю обсягу інформації реалізуються в реєстраторі з інформаційними датчиками загального призначення і функцією арбітражу роботи алгоритмів РЗА (рис. 1–2). Пристрій розташовується в кожному осередку КРУ (рис. 2) та працює на основі смислових сигналів $S(t)$. Його робота контролюється через віджет. Може застосовуватися в якості універсального реєстратора рідкісних подій, подій осередку КРУ, типового фіксатора сигналів (рис. 1).

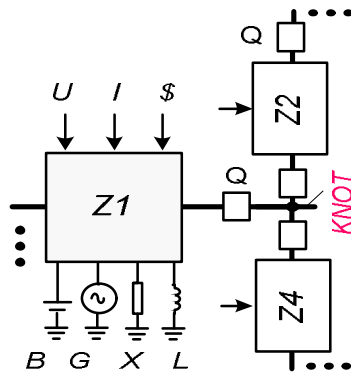


Рис. 1. Уніфікована
схема смарт-гريد мережі
Driver-EU-OCP

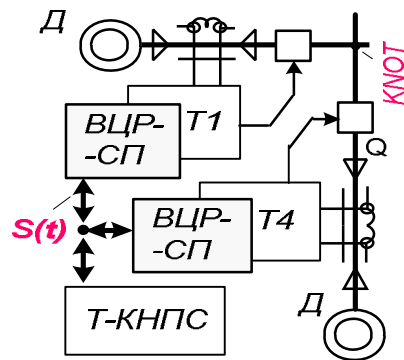


Рис. 2. Схема смарт-гريد мережі, відносно
локальної інформаційної мережі і
смислового сигналу $S(t)$. T – термінал РЗА

Постановка проблеми. Виявлення ділянки або місця пошкодження із зазначених типів ушкоджень є складним завданням для реалізації на практиці (рис. 1). Селективні реле випускаються окремо великою кількістю, широко поширені, однак характеризується нестійкістю роботи. Реле із однаковими алгоритмами встановлюються в різні мережі. У кожній мережі високовольтне обладнання має свою історію та специфіку експлуатації, фактори вичерпання ресурсів та ін. Тому можливе формування складних додаткових сигналів в місцях встановлення пристроїв, присутніх на тривалих інтервалах часу та на які не розраховане застосування пристроїв.

Вимоги. Пристрій вирішує наступні завдання в рамках системи автоматичної стабілізації: 1. Усунення неоднозначності визначення суті перехідних процесів; 2. Контроль необхідного обсягу інформації для роботи алгоритмів РЗА; 3. Контроль поточної можливості самоліквідації місця пошкодження; 4. Контроль ефективності заходів на тривалих інтервалах часу; 5. Реалізація вимог самоконтролю, діагностики «під напругою».

Ідея. Побудувати стійко працюючий універсальний уніфікований високочастотний реєстратор осередку КРУ. Пристрій повинен мати апаратну та алгоритмічну реалізацію вимог електромагнітної сумісності, дотримання метрологічних характеристик для одержання сертифікату відповідності. Відповідати концепціям розвитку електроенергетики «Смарт-гريد», «Цифрова підстанція», «Аутсорсинг послуг».

Спосіб реалізації. Заповнити нестачу обсягу інформації при складних смислових ситуаціях можна за рахунок нових способів отримання інформації, додаткових інформаційних датчиків, підвищення їх якості роботи. Необхідна наявність окремих

датчиків для всіх параметрів вхідних сигналів – частота, фаза, час проходження, співвідношення особливих моментів в сигналах перехідних процесів в мережі.

Побудова робочого місця. В САПР Матлаб будується робоче місце синтезу способів забезпечення електромагнітної сумісності для структурної схеми пристрою із алгоритмами реального часу. Джерела сигналів перешкод підключаються до контрольних точок пристрою для «злому» та посилення завад у смислових ситуаціях при пошкодженнях. Сигнали формуються моделями горіння дуги та перешкод при різних типах та характеру розвитку пошкодження ізоляції. А також формуються із навчальної та контрольної вибірок сигналів реальних аварійних файлів перехідних процесів в мережі. Моделі пристрою представлені також схемами узагальненими еквівалентними структурними [1]. Чим більш докладно та структуровано отримано опис таких схем, тим якісніше можна побудувати стійко працюючі розпізнаючи алгоритми пристрою.

Хід роботи. Результати моделювання представлені у вигляді альбому плакатів сигналів аварійних файлів. Випробовується та контролюється вплив джерел перешкод на вихідні параметри роботи схеми і алгоритмів. Підбираються варіанти «злому» окремо для блокуючих, селективних правил інформаційних датчиків та автоматів розпізнавання пристрою. Фіксуються результати «злому» та алгоритмів протидії «злому». Порушення стійкості усуваються синтезованими алгоритмами та засобами.

Висновки. 1. Синтезовано засоби для забезпечення стійкості роботи алгоритмів реального часу, які можуть бути реалізовані у реєстраторі «ІІ-ВЦР-СП», терміналі «Т-КНПС», віджеті «В-КНПС», а також терміналах Т РЗА загального призначення (рис 2). 2. Накопичується альбом результатів моделювання аварійних файлів із результатами «злому» алгоритмів та протидії «злому». 3. Показано способи захисту пристрою із дотриманням метрологічних характеристик для одержання сертифікату відповідності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. A. P. Nikiforov, Application of The Theorem of ‘About the Unity of the Structural Description of RPA Devices’ for the Simulation of a Power Network Smart-Grid, 3rd Renewable Energy and Green Technology International Conference (REEGETECH), Jakarta, Indonesia, Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering, Vol. 9, No. 1-5, pp. 39-48, 2017, ISSN: 2180-1843, e-ISSN: 2289-8131, <http://journal.utem.edu.my/index.php/jtec/article/view/1831>. Scopus

Нікіфоров А.П.

доктор технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Гай О.В.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

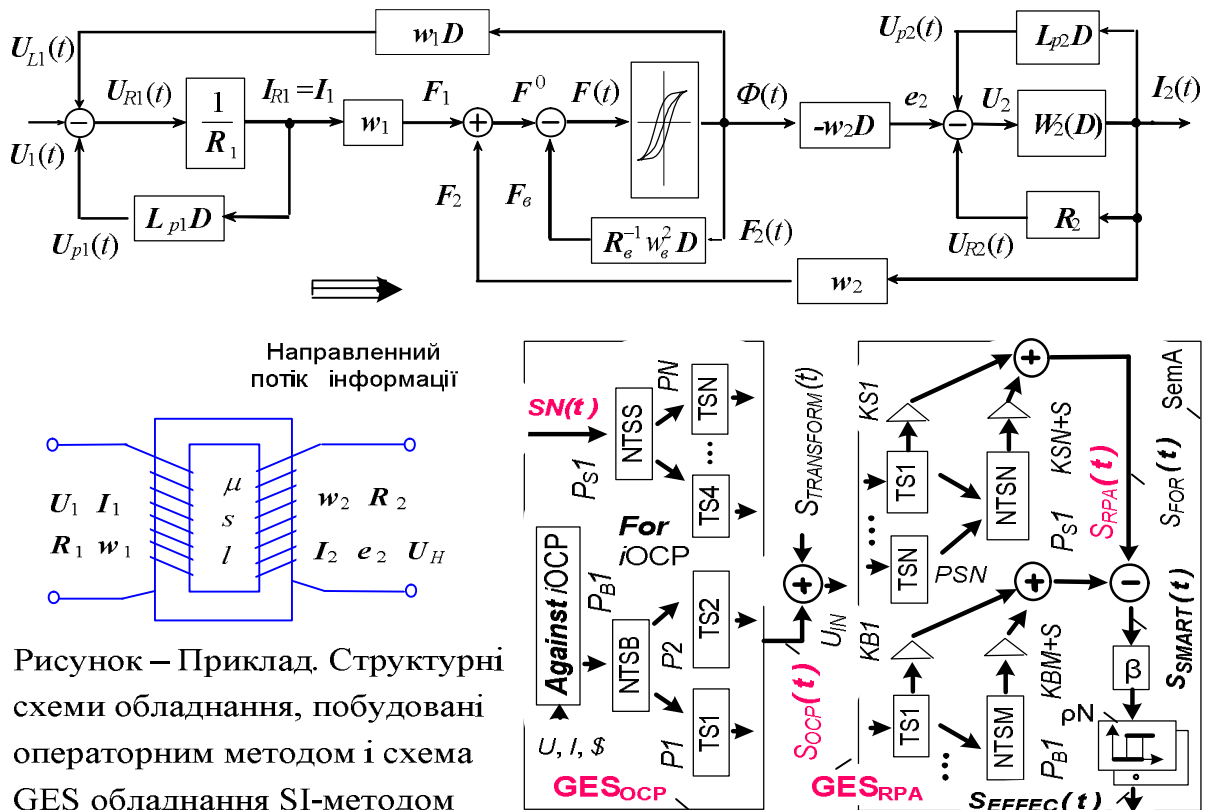
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОХОДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СКЛАДОВИХ ЧЕРЕЗ ВИСОКОВОЛЬТНЕ ОБЛАДНАННЯ СТРУКТУРНО-ІНФОРМАЦІЙНИМ МЕТОДОМ

Анотація. Розробляється спосіб опису внутрішньої структури розподільної високовольтної мережі та обладнання елементарними інформаційними складовими для смарт-грид мереж в рамках сучасних концепцій розвитку електроенергетики. Це

дозволить одержувати додатковий об'єм інформації для забезпечення стійкості роботи пристроїв релейного захисту і автоматики (РЗА) на тривалих інтервалах часу. Моделюється в САПР проходження інформаційних складових смислової ситуації SN через структурно-інформаційні моделі електрично пов'язаного обладнання (рис.) об'єкта управління і захисту (ОСР) із залученням сигналів реальних аварійних файлів, що поставляються сучасними приладами.

Проблема. Відомо описи структурно-операторним методом для схем мережі як об'єкта управління та алгоритмів управління контуром нульової послідовності мережі. Однак при вирішенні супутніх задач, а саме РЗА, виявилось, що засобів цього методу недостатньо. Інші роботи уточнювали розпізнавану граматику для задач вдосконалення алгоритмів пристроїв РЗА. Нерозроблено формування задаючої граматики ОСР. Необхідно розробити узгоджені дерева розпізнавання ОСР та РЗА відносно смислового сигналу $S(t)$, а також метод наскрізного математичного опису перехідних процесів у ієрархічному ланцюжку «Обладнання мережі–Пристрої РЗА» в системі автоматичного управління (рис.). Це є частиною розробляемого структурно-інформаційного (SI) методу.

Рішення задачі. Формуються узагальнені еквівалентні структурні схеми (GES) устаткування мережі із залученням структурно-операторного і SI-методу (рис.) та спосіб переходу між ними. Схеми формують смисловий сигнал $S(t)$. Задіюються відомі способи опису сигналів перехідних процесів для цілісного, швидкого, простого отримання результатів.



Висновки. Отримано практичні і методичні результати – розрахунок коефіцієнтів дерев, граматики, схем GES, алгоритми, що списуються в готові пристрої, удосконалюються для кожної мережі, реакції алгоритмів на сигнали реальних аварійних файлів, моделі мережі в САПР.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. A. P. Nikiforov, Application of The Theorem of 'About the Unity of the Structural Description of RPA Devices' for the Simulation of a Power Network Smart-Grid, 3rd Renewable Energy and Green Technology International Conference (REEGETECH), Jakarta, Indonesia, Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering, Vol. 9, No. 1–5, pp. 39–48, 2017, ISSN: 2180–1843, e-ISSN: 2289–8131, <http://journal.utem.edu.my/index.php/jtec/article/view/1831>.

Нікіфоров А.П.

доктор технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Волошин С.М.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

СИНТЕЗ І АДАПТАЦІЯ СТРУКТУРИ ТА ПАРАМЕТРІВ ДАТЧИКІВ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ В САПР ДЛЯ ВИСОКОЧАСТОТНОГО ЦИФРОВОГО РЕЄСТРАТОРА КОМІРКИ КРУ

Актуальність. Інтелектуальні алгоритми управління часто реалізуються багатоядерними інформаційними датчиками та многопороговими елементами. Виникає необхідність розробки алгоритмів автоматизації процесу адаптації параметрів інформаційних датчиків та алгоритмів пристроїв до умов реальних електричних мереж. Адаптація відбувається централізованим оновленням програм та конфігурації пристроїв дистанційно в рамках концепції розвитку енергетики «*Аутсорсинг послуг*».

Постановка проблеми. Для забезпечення стійкості роботи пристроїв релейного захисту та автоматики виявляється, що в деяких випадках недостатньо вибору уставок спрацьовування. Причиною є обмеження об'єму вхідної інформації для прийняття рішення. Згідно SI-методу для чисельного виміру об'єму застосовується смисловий фільтр і многопороговий елемент [1–2]. Виявлено, що обмеження об'єму може бути наслідком:

- 1) мінімізації та недоробку синтезованих алгоритмів розпізнавання;
- 2) вплив різних умов конкретних ділянок мережі при впровадженні пристроїв із однаковими алгоритмами;
- 3) відсутність надмірності об'єму при отриманні та обробці сигналів.

У селективних реле цих вимог зазвичай не дотримуються не дивлячись на те, що об'єм повинен відповідати складності розв'язуваної задачі. Розглянемо способи усунення цих причин порушення розпізнавання динамічно змінюваної інформації.

Вимоги до розв'язання проблеми. SI-метод показує необхідність використання всієї інформації, черпаючи її в миттєвих співвідношеннях складових та при розвитку перехідного процесу в об'єкті управління. До скорочення об'єму інформації може призвести поява перешкод та спотворень при специфічних умовах роботи конкретної ділянки мережі. Також важливою відомою властивістю надійності роботи з інформацією є забезпечення надмірності об'єму інформації для можливості роботи при спотвореннях, сторонніх сигналах, завадах та інше. Якщо при моделюванні в САПР на спільній моделі датчиків і об'єкта виявиться, що смисловий сигнал, що є виходом

смыслового фільтру, не відслідковує градації змін перехідного процесу, змінюється грубо, не розрізняючи близьких смислових ситуацій, це є ознакою недостатності об'єму інформації для розпізнавання. Для розв'язання задачі розпізнавання необхідно забезпечити достатній об'єм. Якщо виявиться необхідність задіяння внутрішньої координати об'єкта, то необхідно забезпечити наявність такої інформації. Для цього потрібен додатковий датчик прямого чи непрямого одержання інформації.

Спосіб розв'язання проблеми. Інформаційні датчики є термінальними символами (TS) в задачі розпізнавання образів. Для TS характерна послідовність елементів її узагальненої еквівалентної структурної (GES) схеми обробки інформації (рис. 1). Схема складається із фільтруючих та порогових елементів рN. Потрібно адаптувати структуродатчиків, їх параметрів та вагові коефіцієнти KS структурних правил PS настільки, щоб досягти здатності відображати структуру об'єкта управління та захисту ОСР, тобто $GES_{ОСР} \approx \sum GES_{TS}$. На початку експлуатації і далі періодично виконується моделювання в САПР моделі реального часу для контролю на сигналах свого конкретного приєднання мережі. Контролюється працездатність алгоритмів, якість формування сигналів джерелами в мережі та вхідними ланцюгами пристроїв, інтервали часу роботи та кінцевий результат управління ділянки мережі за сигналами перехідного процесу.

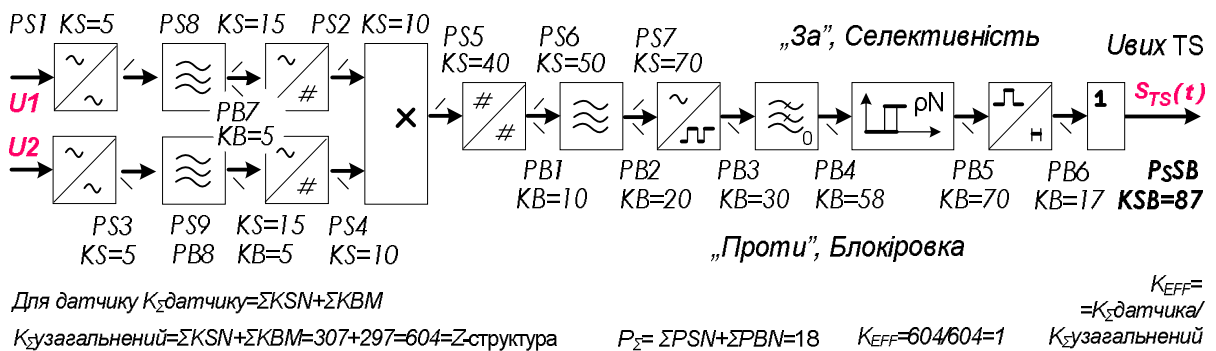


Рис. 1. Схема GES_{TS} у автоматі MorphA для інформаційних датчиків TS

Хід процесу автоматичної адаптації. При автоматичному виявленні смислової ситуації, що призводить до невідповідності між реакцією структури TS (рис. 1) та роботою пристроїв, починається розслідування ситуації. По-перше, призначається, що вихід датчика TS формується максимально якісно. Випробовується якість роботи автоматів синтаксичного та семантичного рівнів розпізнавання, що знаходяться в схемах пристроїв на більш високому рівні розпізнавання. Якщо здатність до розпізнавання зберігається та обсяг інформації достатній, то починається другий етап розслідування – налагодження та уточнення параметрів інформаційних датчиків, їх вагових коефіцієнтів значущості та якості роботи структурних елементів TS. Датчики знаходяться на початковому морфологічному рівні розпізнавання (автомат MorphA). Встановлюється якість роботи кожного структурного елементу TS починаючи із кінцевого до початкового (рис. 1). Якщо завдання не вирішується, треба цікавитися далі по ланцюжку формування інформації. Тобто далі має вивчатися структурне дерево формування інформації всередині об'єкта управління (високовольтного устаткування мережі).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. A. P. Nikiforov, Modelling Infralow Circuits in Real-Time Systems Smart-grid on the Basis of Separation of Motions in Frequency and Sensing, IEPS2016. '2016 2th International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS)', Kiev, Ukraine. IEEE Catalog Number: CFP1605X-PRT, ISBN: 978-1-5090-1767-6, pp. 67–72, 978-1-5090-1769-0/16/S31.00, DOI:10.1109/IEPS.2016.7521853. Scopus

2. Сивокобиленко В.Ф., Нікіфоров А.П. Розробка узагальненої еквівалентної схеми морфологічного рівня розпізнавання перехідних процесів у розподільних енергомережах смарт-грид / Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Електротехніка і енергетика» №1(19)-2(20)'2018, – С. 47–62. Покровськ, 2019 р., Україна, ДАК, ISSN 2074-2630, DOI:10.13140/RG.2.2.14513.94568, ДАК.

Нікіфоров А.П.

доктор технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Савчук О.В.

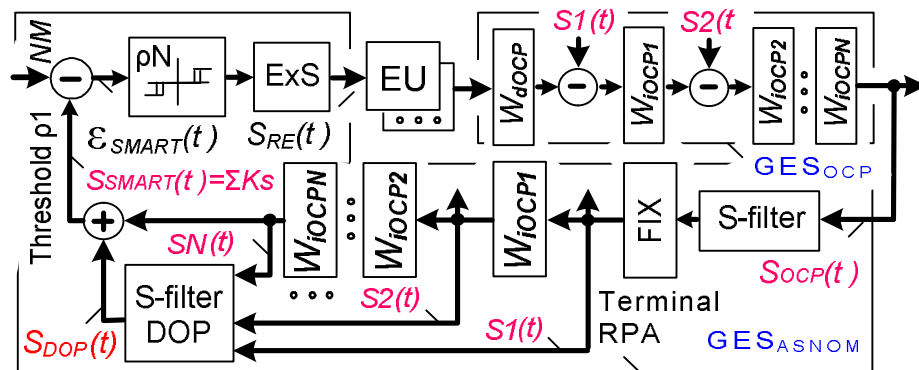
кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

АВТОМАТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ СТРУКТУРОЮ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЕНЕРГОМЕРЕЖАХ СМАРТ-ГРИД

Анотація. Розглядаються алгоритми управління і захисту для класу об'єктів із перебудовуємою внутрішньою структурою. Актуальність виходить із концепцій розвитку електроенергетики «Смарт-грид», «Цифрова підстанція», «Аутсорсинг послуг». Клас виділяється для окремого теоретичного вивчення його властивостей з мінімальною прив'язкою до параметрів енергомереж. Властивостями класу об'єктів управління і захисту (ОСР) є розподіленість в просторі, багато варіантів зміни структури, руху в коливальних контурах на власних частотах від надвисоких до супернизьких. Характерною особливістю об'єкта є послідовні у часі сценарії розвитку внутрішніх пошкоджень і, як наслідок, зміна його структури. Вхідною координатою є вектор зміни структури ОСР. Вихідною координатою являється потужність спеціально формованого сигналу $S(t)$ про стан об'єкта за змістом [1]. Об'єкт описується на часовій осі відповідними смисловими ситуаціями $SN(t)$. Сценарій зміни ситуацій може складатися із однієї або декількох $SN(t)$.

Актуальність. Управління об'єктами виконується в рамках сформованої автоматичної системи стабілізації нормального режиму (АЧНОМ) роботи [2]. Стабілізація досягається за критерієм мінімуму відхилення потужності смислового сигналу $S(t)$ від уставки системи «Нормальний режим» (NM) роботи (рис.). Виконавчі органи ЕУ перебудовують структуру об'єкта ОСР імпульсно, програмно, використовуючи можливості об'єкта до самовідновлення, ресурси по резервуванню і приведення в початковий стан. При неможливості стабілізації пошкоджена ділянка виключається зі структури об'єкта. Управління класом об'єктів відрізняється від адаптивних систем, для яких характерна зміна параметрів або структури регулятора в залежності від зміни параметрів об'єкта або зовнішніх збурень.



2. A. P. Nikiforov, Modelling Infralow Circuits in Real-Time Systems Smart-grid on the Basis of Separation of Motions in Frequency and Sensing, IEPS2016. '2016 2th International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS)', Kiev, Ukraine. IEEE Catalog Number: CFP1605X-PRT, ISBN: 978-1-5090-1767-6, pp. 67-72, 978-1-5090-1769-0/16/S31.00, DOI:10.1109/IEPS.2016.7521853, Scopus

Гармаш Є.В.

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, Україна

Остренко Д.О.

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, Україна

Колларов О.Ю.

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, Україна

РОЗРОБКА НОВИХ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ЕНЕРГОУСТАНОВОК З КОНЦЕНТРАТОРАМИ ПОТОКУ

В даний час існує велика різноманітність конструктивних рішень концентраторів потоку і потокоформуючих елементів енергоустановок. Крім того, за останнє десятиліття розроблено на рівні винаходів величезна кількість нових перспективних пропозицій щодо їх вдосконалення, а наявні класифікації потокоформуючих елементів не охоплюють всю широту цих рішень.

З метою систематизації концентраторів потоку і потокоформуючих елементів, до яких відносяться конфузори, дифузори і комбіновані концентратори, класифікувати їх потрібно за кількома ознаками, основними з яких є:

Перше — за призначенням. Ця ознака передбачає розділити потоконапрямлення пристрою в залежності від мети їх використання. Наприклад: а) змінюють гідравлічні умови потоку; б) покращують енергетичні характеристики; в) забезпечують природоохоронний ефект, г) службовці для поліпшення соціальних умов і т.п. Зокрема, використання в конструкції вітроенергетичної установки концентратора потоку, дозволяє істотно збільшити коефіцієнт використання енергії вітру і вироблення електроенергії на самій установці, особливо це важливо для ВЕА, що розміщуються в регіонах із середнім вітропотенціалом.

Друге — в залежності від робочого середовища (наприклад: рідка або газоподібна), в якій розміщена енергоустановка з концентратором.

Третє — по розташуванню щодо рухомого середовища. Тут доцільно виділити пристрою: зовнішні, внутрішні і комбіновані. Зовнішні розміщуються таким чином, що весь потік рухається тільки всередині таких напрямних пристроїв (наприклад: проточний тракт гідроенергетичних установок, відсмоктують або водопідвідних труби). Внутрішні, навпаки, розташовуються тільки всередині потоку (наприклад: вітроенергетичні установки з концентраторами потоку). У комбінованих є якісь елементи або площини, які не взаємодіють з потоком.

Четверте — за матеріалом (металеві, бетонні, залізобетонні, полімерні, пластмасові, скляні, поліетиленові і т.д.). Наприклад в конструкції вітроагрегата, концентратор зроблений з легкого матеріалу (типу капрону або еластичною плівки), що дозволяє забезпечити зменшення матеріалоємності та зниження вартості всієї вітроустановки.

П'яте — за конструктивними ознаками. Тут передбачається розглядати концентратори по виду (плоскі і об'ємні); по симетрії (симетричні і асиметричні); за

ступенем свободи (статичні і динамічні); за кількістю складових елементів (моносистемні, бісистемні, полісистемні); за ступенем жорсткості (жорсткі, гнучкі та еластичні).

Шосте – за функціональними особливостями. Найбільш характерні риси за цією ознакою відображені в наступних позиціях: за принципом роботи можуть бути автоматично включені в роботу і з приводним механізмом; за часом дії розрізняються постійно діючі, періодично діючі і діють за певного режиму; в залежності від зміни швидкості і живого перетину потоку можливі концентратори і потокоформуючі елементи, що збільшують швидкість, що зменшують швидкість і діють комбіновано; за впливом на напрямок потоку можуть бути не змінюючи напрямок, а також що змінюють напрямок і закручують потік.

Розроблена класифікація концентраторів потоку і потокоформуючих елементів.

Аналіз показав, що при розробці класифікації концентраторів потоку, поряд з основними конструктивними типами необхідно виділяти підтипи, що використовують додаткові пристрої, які дозволяють врахувати специфічні умови роботи концентраторів, підвищити ефективність їх роботи, забезпечити захисні заходи по відношенню до навколишнього середовища і т.п. Таким чином, уточнена класифікація дозволяє більш повно представити всю різноманітність концентраторів потоку і потокоформуючих елементів, полегшити їх вибір для конкретних умов сприяти вибору ефективних шляхів розвитку і вдосконалення таких пристроїв.

Виконані вдосконалення конструктивних рішень енергоустановок з концентраторами потоку і уточнення за класифікацією концентраторів потоку дозволяють сформулювати такі висновки:

1. Найбільш перспективними для практичного використання є енергетичні установки, що працюють з автоматичними регулюючими пристроями, а також установки, забезпечені потокоформуючими елементами і концентраторами потоку. В цьому випадку екологічні умови і вимоги ефективної роботи енергоустановки забезпечуються автоматично і регулюючих систем. Концентратори, навіть найпростішої конструкції, вельми ефективні для ВЕА. Вони дозволяють використовувати малі швидкості ветропотока і істотно підвищити потужність і вироблення електроенергії.

2. Існуючі напрямки та шляхи вдосконалення конструктивних рішень енергоустановок дозволяють активізувати роботу зі створення нових технічних рішень енергоустановок і їх елементів з цілеспрямованим формуванням необхідних властивостей, що забезпечують підвищення ефективності і екологічності гідро- і вітроенергетичних установок.

3. В результаті аналізу нових конструктивних пропозицій розроблена класифікація концентраторів потоку, яка дозволяє більш повно представити всю різноманітність потоконаправних пристроїв, полегшити їх вибір для конкретних умов і сприяти вибору ефективних шляхів розвитку і вдосконалення таких пристроїв.

4. Розроблено нові перспективні технічні рішення по конструкціях найбільш важливих елементів енергоустановок, що використовують енергію течії потоку, які дозволяють істотно підвищити ефективність роботи основних елементів і енергоустановок в цілому.

5. На подальший розгляд виноситься конструкція концентратора потоку комбінованого типу вітроенергоагрегата.

Ефективність використання такої конструкції можна оцінити при проведенні багатопланових експериментальних досліджень.

Таким чином, технічні рішення відкривають можливість більш широкого використання енергоустановок на основі нетрадиційних джерел енергії, і в першу чергу, вітроустановок, в районах із середнім вітровим потенціалом, оскільки забезпечують істотне підвищення їх ефективності та економічності.

Лежнюк П.Д.

доктор технічних наук, професор

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

Комар В.О.

кандидат технічних наук, доцент

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ЯК МОЖЛИВИЙ ЕЛЕМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

В електричних мережах, особливо в розподільних, активно розбудовуються відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) – фотоелектричні та вітрові електростанції (ФЕС та ВЕС). Суттєво змінюються умови експлуатації електричних мереж – змінюється конфігурація, методи керування потоками потужності, критерії оптимізації тощо. З розбудовою ВДЕ актуальним стає визначення їх впливу на енергоефективність систем електропостачання.

Енергоефективність систем електропостачання визначається декількома чинниками. Це, зокрема, надійність, технологічні втрати в електричних мережах та якість електричної енергії. На сьогодні середня кількість перерв в електропостачанні (SAIFI) для України становить 5–6 в рік, а тривалість перерв в електропостачанні (SAIDI) становить 600–300 хв/рік [1]. Загальні технологічні витрати електроенергії (ТВЕ) в 2018 р. становили 17,0 млрд. кВт-год або 11,82% від відпуску електроенергії в мережу, нормативна (технічна) складова становила 19,1 млрд. кВт-год або 13,3% [2]. З якістю електроенергії також не все гаразд, зокрема з напругою, оскільки рівень компенсації реактивної потужності в електричних мережах не достатній, а трансформатори з РПН використовуються в неповній мірі зі своїми можливостями, надто в автоматичному режимі.

Метою досліджень є використання потенційних можливостей відновлювальних джерел електроенергії впливати на підвищення енергоефективності систем електропостачання.

Показано, що порівняно з існуючими електричними мережами в мережах на базі концепції SmartGrid приймаються або розвиваються інші функціональні властивості. До них відносяться в першу чергу: двосторонні комунікації між всіма елементами мережі, включно і електроспоживачами; розподілене генерування з резервуванням від електроенергетичної системи (ЕЕС); зміна топології від радіальної до замкненої і ліній електропередачі зі двостороннім живлення; керування потоками потужності з метою зменшення втрат електроенергії і покращання її якості; автоматизація керування режимами електричних мереж з метою їх самооптимізації; дистанційний моніторинг та

діагностика технічного стану обладнання, що дозволяє формувати дії на попередження аварій.

В результаті оптимізації потужності ВДЕ в електричній мережі та місця їх під'єднання, реалізації системи автоматичного керування режимами роботи ВДЕ та мережі, побудованій з використанням SmartGrid технологій, підвищується структурна і балансова надійність, зменшуються втрати електроенергії, а також створюються умови щодо покращання якості напруги.

Інтегрування ВДЕ, зокрема ФЕС, може і повинно здійснюватися з врахуванням інтересів електричних мереж. Розбудова ФЕС в електричних мережах може супроводжуватися підвищенням надійності (покращанням SAIDIiSAIFI), зменшення втрат електроенергії і покращання її якості. Впровадження SMARTGRID технологій на рівні децентралізованих систем електропостачання покращує їх техніко-економічну ефективність. Перехід на нову технологічну платформу обіцяє підвищити надійність, якість та економічність електропостачання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Zvit pro rezul'taty diyal'nosti u 2017 rotsi [Elektronnyy resurs] // Zatverdzheno postanovoyu NKREKP vid 23 bereznaya 2018 roku № 360. Rezhym dostupu do resursu – URL: http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Catalog3/Richnyi_zvit_NKREKP_2017.pdf
2. Техніко-економічний аналіз діяльності ПЕК за січень-грудень 2018 року / ГО «Науково-технічна спілка енергетиків та електротехніків України».

Омельчук А.О.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Волошин С.М.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Тарасюк О.І.

аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ЩОДО СПОСОБІВ ВИКОНАННЯ ЗАХИСТУ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ З ПІДСТАНЦІЯМИ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ДЖЕРЕЛ ГЕНЕРАЦІЇ

Розглянуті проблеми використання релейного захисту для ліній зв'язку з підстанціями розосереджених джерел генерації. Враховано особливості роботи захисту при різних режимах роботи даних ліній.

Такі захисти повинні задовольняти загальні вимоги забезпечення необхідної чутливості, селективності дії при різних видах пошкоджень. Труднощі в забезпеченні необхідної чутливості при використанні максимальних струмових захистів на таких лініях пов'язані з малим рівнем струмів короткого замикання від розосереджених джерел генерації і місцевих електричних систем.

Проаналізовані особливості виконання релейного захисту при резервуванні електропостачання споживачів з використанням розосереджених джерел генерації.

Максимальний робочий струм лінії, котрий споживається з електричної системи, в 2...3 рази перевищує номінальний струм, котрий визначається потужністю

генераторів розосереджених джерел. При цьому струми короткого замикання від генераторів малопотужних розосереджених джерел генерації виявляються співрозмірними з максимальними робочими струмами лінії.

Пересада С.М.

доктор технічних наук

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Ніконенко Є.О.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Михальський В.М.

доктор технічних наук

Інститут електродинаміки НАН України

ПОРІВНЯННЯ АКУМУЛЯТОРНОГО ТА ГІБРИДНОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Мета роботи. Гібридні джерела живлення (ГДЖ) на основі акумуляторних батарей (АКБ) та суперконденсаторів (СК) набувають поширення в електричних транспортних засобах (ЕТЗ), так як дозволяють покращити режими роботи АКБ. Метою роботи є порівняльне дослідження енергетичних характеристик ГДЖ та акумуляторного живлення для ЕТЗ.

Результати досліджень. Для повномасштабного дослідження режимів роботи повністю керованої схеми ГДЖ розроблено та створено станцію швидкого прототипного тестування (Rapid Prototyping Station). Вона складається з АКБ, блоку СК, двох DC-DC перетворювачів для керування потоками енергії та повністю керованого навантаження.

В якості навантаження використовується кероване джерело струму на основі 1-фазного інвертора, який емулює електропривод ЕТЗ, що дозволяє досліджувати профіль руху ЕТЗ або будь-який інший тип навантаження.

Застосовано Літій-іонні АКБ типу Swing ємністю 5300 мАгод у вигляді блоків по 50 В та 10.6 Агод, а також блок СК з максимальною напругою 100 В та ємністю 1.2 Ф з елементів ESHSR-0050C0-002R7. Для випадку акумуляторного живлення приймалося, що кількість акумуляторних елементів така сама, проте сумарна напруга складає 100 В. Це забезпечує умови, за яких можна проводити порівняння двох систем.

Керуючий контролер станції виконано на базі 32-х розрядного цифрового сигнального процесору TMS320F28335 з плаваючою комою.

Синтезовано алгоритм керування DC-DC перетворювачами, що забезпечує асимптотичне регулювання напруги в ланці постійного струму та відпрацювання вхідних струмів АКБ та СК. Алгоритм містить зовнішній ПІ-регулятор вихідної напруги ГДЖ, фільтр розділення частот (ФРЧ) для розділення сигналів на швидкі (до блоку СК) та повільні (до АКБ), а також два внутрішніх ПІ-регулятора струмів.

Процедура тестувань була наступною. Задавався певний вигляд навантажувальної діаграми руху ЕТЗ, який генерується в середовищі CarMaker. З даних про швидкість та момент двигуна розраховувався еквівалентний струм навантаження для ГДЖ. Цей профіль навантаження прикладався до джерела живлення за умови стабілізації напруги ланки постійного струму на певному рівні.

Досліджувався вплив встановлення різних значень сталої часу ФРЧ на процеси енергорозподілу між АКБ та СК, а також вплив різних значень прискорення ЕТЗ. З проведених тестів слідує, що налаштування ФРЧ не впливає на збереження енергії в АКБ, так як інтегральне значення струму АКБ не змінюється. Збільшення розподілу часу призводить до більшого згладжування струму АКБ та до зменшення максимального значення струму АКБ. Також встановлено, що ГДЖ дозволяє досягти значно більшого прискорення ЕТЗ ніж акумуляторне джерело живлення, забезпечуючи при цьому обмеження струму АКБ та швидкості його зміни.

В перехідних процесах переважно працює блок СК. В режимі рекуперативного гальмування, коли струм рекуперації стрімко спадає, СК додатково розряджаються на АКБ для формування гладкої форми струму. Разом, обмеження струму та швидкості зміни струму АКБ дозволяє зберегти циклічний термін служби АКБ.

Висновки. Представлено порівняння енергетичних характеристик акумуляторного джерела живлення та ГДЖ для електричних транспортних засобів. Доведено, що ГДЖ дозволяє досягти менших значень максимального струму АКБ та обмежити швидкість його зміни. Це зменшує циклічне старіння АКБ та підвищує термін їхньої служби.

Кузнецов В.Г.

член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук
Інститут електродинаміки Національної академії наук України, м. Київ

Тугай І.Ю.

кандидат технічних наук,
Інститут електродинаміки Національної академії наук України, м. Київ

Нікішин Д.А.

Інститут електродинаміки Національної академії наук України, м. Київ

ВИНИКНЕННЯ РЕЗОНАНСНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРОМЕРЕЖАХ ПРИ ПІДКЛЮЧЕННІ ГЕЛІОСТАНЦІЙ

Впровадження альтернативних джерел енергії є актуальною науково-технічною проблемою. Галузь відновлювальної енергетики, у тому числі, виробництво електричної енергії на основі сонячних електростанцій, постійно розвивається. Але зі зростанням кількості сонячних електростанцій, які підключаються до електричних мереж загального призначення, зростає і ймовірність появи нетрадиційних резонансних процесів. Метою роботи було дослідження умов виникнення та розвитку небезпечних аномальних режимів даного типу в електромережах.

Передача електричної енергії від базових інверторних комірок до підстанції, яка підключена до енергосистеми, в більшості випадків відбувається по мережі 10 кВ з ізолюваною нейтраллю. В таких мережах резонанси зазвичай спостерігаються в коливних контурах, де індуктивним елементом є обмотка електромагнітних трансформаторів напруги, оскільки вони працюють в режимах наближених до холостого ходу з мінімальним затуханням коливань. Для аналізу режимів роботи була розроблена модель мережі зв'язку сонячної електростанції з енергосистемою. Модель має блочну структуру і складається з блоків, які моделюють:

- сонячну електростанцію;
- шини розподільчого устрою підстанції 10 кВ з трансформаторами напруги;
- струмообмежуючі реактори;

- силовий трансформатор 115/11/11 кВ;
- зовнішню енергосистему.

Для перевірки умов виникнення резонансних коливань в системі був проведений аналіз частотної характеристики вхідного опору щодо шин 10 кВ підстанції. Були виконані розрахунки залежності величини вхідного опору однієї з фаз мережі відносно землі при нормальній схемі магістральних мереж енергосистеми. Виявилося що вхідний опір приймає резонансний характер на частоті наближеній до 25 Гц. Дослідження впливу різних режимів роботи магістральних мереж на величину резонансної частоти показало, що зі зростанням значення еквівалентного опору відбувається певне підвищення резонансної частоти в розглянутій схемі. Але все одно при типовій схемі підключення резонансні коливання в мережі можуть виникати переважно на частоті другої субгармоніки.

Цей висновок підтверджується експериментальними осцилограмами, які були отримані на підстанції. В миттєвих значеннях напруги зворотної послідовності кожної з секцій була помічена частотна складова 25 Гц. При наявності в мережі джерела субгармонік відповідної частоти виникають резонансні коливання. Даний аномальний режим є небезпечним, оскільки викликає пошкодження обладнання не тільки внаслідок перенапруг, але й надструмів (індуктивний опір обмоток на частотах субгармонік нижчий за номінальний). Також можлива некоректна робота систем релейного захисту та автоматики через зростання напруги зворотної послідовності. Джерелом напруги другої субгармоніки можуть бути як інверторні комірки, так і перехідні процеси при виконанні комутацій в електричній мережі.

З метою попередження розвитку резонансного процесу необхідно запобігти можливості виникнення в мережі коливань з частотами близькими до 25 Гц шляхом установки відповідних фільтруючих пристроїв у інверторні комірки. Також результати виконаного аналізу показали, що установка активних опорів величиною 800 Ом в нейтраль первинних обмоток трансформаторів напруги є достатньо ефективним заходом для загасання коливного процесу в досліджуваній системі. Як варіант можливе демпфірування активним опором обмотки розімкнутого трикутника трансформаторів напруги. В останньому випадку активний опір впливає на режим електричної мережі тільки при асиметрії фаз, яка виникає в результаті коливань.

Кожан Д.П.

здобувач

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЬ РОЗТАШУВАННЯ ДЖЕРЕЛ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТА ВЕЛИЧИН ЇХ ПОТУЖНОСТІ В РАДІАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ НАПРУГОЮ 35 кВ

Мета роботи. Обґрунтувати ефективність використання математичних моделей визначення економічно доцільних місць розташування та величин потужності джерел розподіленої генерації (ДРГ) в радіальних розподільних електричних мережах напругою 35 кВ, що живляться від системного електропостачання.

Моделювання щодо визначення економічно доцільних місць розташування та обґрунтованих величин потужності ДРГ виконано на прикладі реальної схеми

розподільної електричної мережі напругою 35 кВ з параметрами ділянок та величинами вузлового навантаження (згідно відгалужень I, II, III, IV і V), приведеними відповідно на рис. 1.

Схема включає 20 вузлів і 19 ділянок. Вузол живлення має номер 20. Вузлові навантаження задані активними і реактивними потужностями відповідно в кВт і кВар, а ділянки – марками проводів та довжинами.

Примітка. Відгалуження I, V, IV, II і III для визначення активних і реактивних потужностей ДРГ, а відгалуження I, V, III, IV і II тільки для активних.

Дані щодо результатів моделювання режиму максимального навантаження у виді вузових напруг приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Розрахункові значення вузових напруг схеми

№ вузла	21	26	32	35	34	36	22	27	28	23	29	37	33	30	38	39	25	24	31
U, кВ	35,22	34,69	33,67	32,2	32,13	31,91	35,61	35,4	35,22	35,61	34,8	34,41	33,85	35,34	35,24	34,94	35,03	34,83	34,69

Втрати активної потужності в режимі максимального навантаження реальної розподільної електричної мережі склали $\Delta P = 1246,33$ кВт.

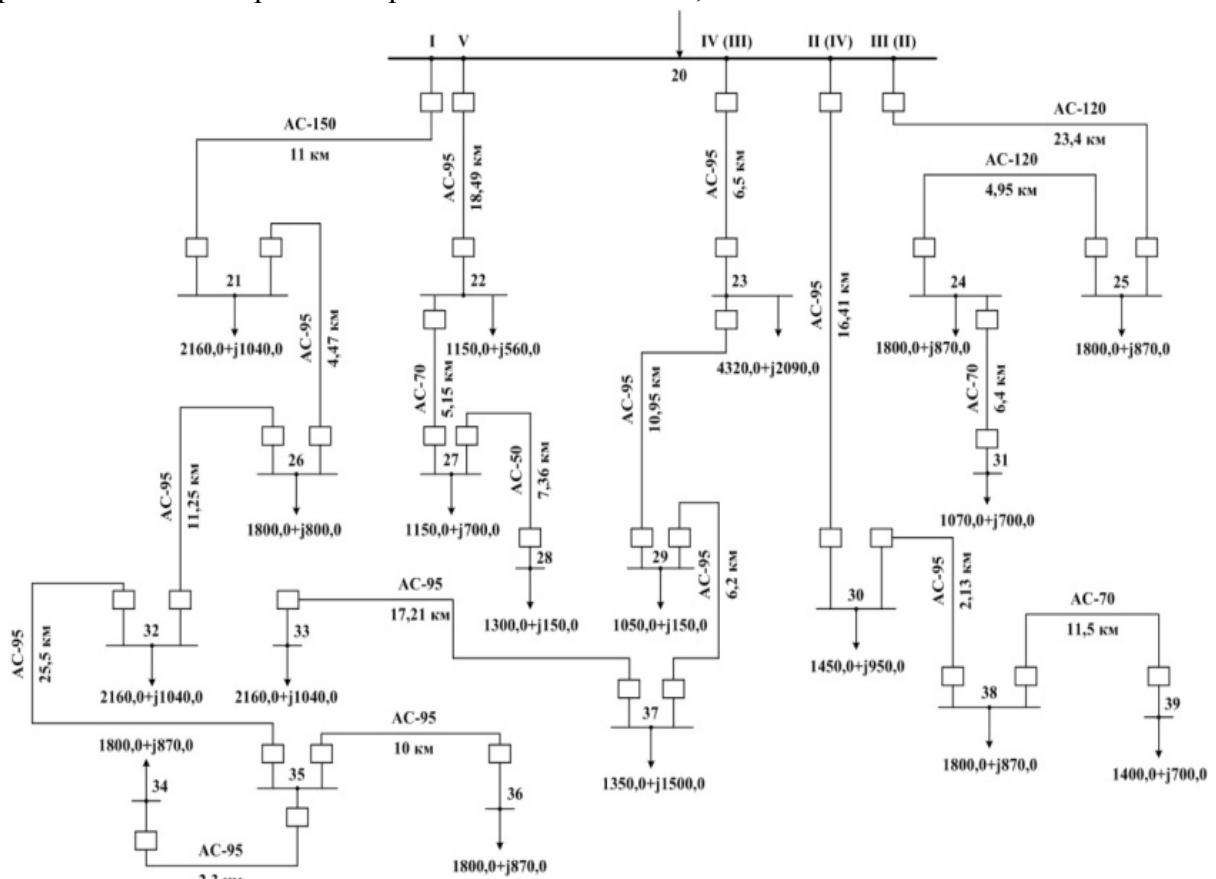


Рис. 1. Схема розподільної електричної мережі напругою 35 кВ.

Результати досліджень. Проведені розрахунки вузових питомих транспортних витрат (ПТВ) для визначення місць розташування активних і реактивних або тільки активних потужностей ДРГ на основі результатів моделювання режиму максимального навантаження реальної схеми, приведені відповідно в табл. 2 і 3.

Таблиця 2

Результати розрахунку вузових ПТВ

Номер вузла схеми	Напруга вузла системного електропостачання	
	36,5 кВ	
	Величини похідних	
	$\partial\pi/\partial P_i$	$\partial\pi/\partial Q_i$
21	-0,00712	0,05811
26	0,00174	0,03550
32	0,02183	0,10071
35	-0,00938	-0,03912
34	-0,00900	-0,03340
36	-0,00346	0,00736
22	0,04198	0,09223
27	0,05365	-0,03782
28	-0,03843	-0,27340
23	0,00593	0,02046
29	0,04071	0,04554
37	0,00371	0,01618
33	0,02539	0,13593
30	0,01257	0,00654
38	-0,02638	-0,05056
39	0,04960	0,02543
25	-0,04780	-0,33159
24	0,04160	-0,24492
31	0,02400	-0,35168

Таблиця 3

Результати розрахунку вузових ПТВ

Номер вузла схеми	Напруга вузла системного електропостачання	
	36,5 кВ	
	Величини похідних	
	$\partial\pi/\partial P_i$	$\partial\pi/\partial Q_i$
21	-0,00712	0,05811
26	0,00174	0,03550
32	0,02183	0,10071
35	-0,00938	-0,03912
34	-0,00900	-0,03340
36	-0,00346	0,00736
22	-0,00064	0,01942
27	0,00201	-0,02114
28	0,01416	-0,03131
23	-0,00801	-0,02264
29	0,00277	-0,02373

37	0,01166	-0,01762
33	0,02495	-0,05662
30	-0,14150	-0,16401
38	-0,02395	-0,00746
39	0,66549	0,63996
25	-0,10464	-0,23094
24	-0,00322	-0,07603
31	0,05956	-0,02592

Основні результати експериментальних досліджень щодо визначення економічно доцільних місць розташування та обґрунтованих величин активних і реактивних потужностей ДРГ наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Основні результати експериментальних досліджень

Порядок впровадження ДРГ	Місця розташування (вузли)	Модуль напруги, кВ	Генерація активної потужності, кВт	Генерація реактивної потужності, кВар	$\cos \varphi$	Зниження втрат ΔP_{Σ} по схемі, кВт
1	32	36,5	7762,5	3644,8	0,91	801,13
2	39	36,5	3268,43	1593,91	0,9	697,82
3	24	36,5	4360,36	2293,82	0,9	556,65
4	29	36,5	6228,56	3549,93	0,9	326,69
5	27	36,5	3341	1245,33	0,94	248,89

Проведені також експериментальні дослідження щодо визначення обґрунтованих величин активних потужностей ДРГ при рівності кутів вузлових напруг. При цьому величина активної генерації джерел живлення у вузлі 32 склала 5428,4 кВт, у вузлі 31 – 2469,02 кВт, у вузлі 33 – 2367,55 кВт, у вузлі 39 – 1930,81 кВт і у вузлі 28 – 2046,13 кВт. Сумарні втрати активної потужності по схемі зменшились з 1246,33 до 542,17 кВт.

Висновки. Експериментальні розрахунки показали, що найбільш ефективним є визначення обґрунтованої величини активної і реактивної генерації при рівності вузлових напруг та їх кутів у місцях розташування джерел живлення, включаючи місце системного електропостачання.

Також дослідження показали, що зміна місць розташування ДРГ або збільшення чи зменшення визначеної генерації у вузлах з найбільшими ПТВ призводять до збільшення втрат активної потужності в мережі, що свідчить про економічну доцільність визначених місць розташування та обґрунтованість величин активних і реактивних потужностей ДРГ для заданих умов експлуатації розподільної електричної мережі.

Крім того в результаті досліджень було виявлено: використання принципу рівності напруг джерел живлення в процесі експлуатації надає можливість отримувати обґрунтовані значення активних потужностей впроваджених в радіальну розподільну електричну мережу ДРГ при зміні експлуатаційного режиму вузлового навантаження мережі; найбільш ефективним при впровадженні ДРГ є використання в різних комбінаціях як активних, так і реактивних джерел енергії.

Нікіфоров А.П.

доктор технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

м. Київ, Україна

Chekavsky Glib

PhD, Senior Scientist,

ABB Corporate Technology Centr, Krakow, Poland

ФОРМУВАННЯ СПОСОБІВ ЗАВДАННЯ ВХІД–ВИХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО МОДУЛЯ ТЕОРІЇ ІГОР В ЗАДАЧАХ БАЛАНСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ ПРИСТРОЇВ

Анотація. Задача «Балансування» в алгоритмах «За–Проти» становить основу багатьох задач побудови схем релейного захисту та автоматики (РЗА), пов'язаних із процесами отримання та обробки інформації, прийняття рішень, диспетчеризації, в алгоритмах автоматичного балансування пристроїв. Актуальність виходить із концепцій розвитку електроенергетики «Смарт-грид», «Цифрова підстанція», «Аутсорсинг послуг».

Постановка проблеми. Дослідження привели до вирішення задачі на основі теорії ігор. Універсальний алгоритм вирішення оформляється у вигляді обчислювального модуля. Проблема застосування універсальних модулів полягає у можливості багатоваріантної інтерпретації при постановці завдання та при аналізі результатів. Для однозначності роботи із модулем необхідний практичний досвід його застосування. Сформувані досвід можна на основі моделювання в САПР. Проявилися аспекти цієї проблеми:

- а) потрібно бути експертом у конкретній розв'язуваній задачі;
- б) бути впевненим у можливості застосування модуля для рішення саме цього завдання;
- в) потрібна наявність навчальної та контролюючої вибірок реальних смислових ситуацій для тестування і перевірки результатів.

Короткий опис обчислювального модуля. Суть теорії ігор полягає в наявності платіжної матриці, в якій вказуються варіанти можливих станів між гравцями [1]. Кожний стан має свою вагу. Модуль можна адаптувати для багатьох завдань динамічної обробки інформації. Він може застосовуватися для всіх ієрархічних рівнів обробки інформації — датчик, пристрій, термінал, SCADA система.

Короткий опис способу. Загальний спосіб вирішення задачі заснований на залученні обчислювального модуля в рамках структурно-інформаційного (SI) методу [1]. SI-методом виконується постановка завдання та використання результатів обчислювального модуля. Завдання формується на основі застосування послідовності шаблонів SI-методу — узагальнених еквівалентних структурних схем. Ці схеми оцінюють конкретні смислові ситуації в аварійних файлах.

Спосіб вирішення задачі. Застосовується метод функціонального моделювання. При моделюванні обчислювального модуля в середовищі Матлаб на прикладах відомих задач РЗА поступово накопичуються загальні рекомендації застосування обчислювального модуля. Загальне рішення задачі отримується при розділенні на підзадачі:

а) формування способів завдання вхід-вихідних даних для обчислювального модуля;

б) виявлення способів інтерпретації специфічних результатів, що дозволять отримати нову або додаткову інформацію про динамічних і статичних процесах у первинній високовольтній мережі;

в) адаптація обчислювального модуля для універсального застосування, уніфікації параметрів його внутрішньої структурної схеми, для можливо більш широкого застосування в задачах РЗА;

г) формування альбому типових прикладів застосування модуля при моделюванні статичних і динамічних алгоритмів автоматичного управління, а також автоматичного розпізнавання смислових ситуацій в сигналах аварійних процесів при автоматичному аналізі аварійних файлів.

Висновки. 1. Отримано обчислювальний модуль для застосування в задачах РЗА. 2. Розроблено методику формування інформації, що не допускає неправильне використання модуля та полегшує інтерпретацію результатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Nikiforov A. P., Solving the Problem of Balancing Algorithms for Relay Protection and Automation Using Game Theory, IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS), pp. 177–182, 2019, 978-1-7281-2159-8/19/\$31.00©2019 IEEE, IEEE Catalog Number: CFP19U02-USB, ISBN: 978-1-7281-2159-8, Kyiv, Ukraine.

Каплун В.В.

доктор технічних наук, професор
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Штепа В.М.

кандидат технічних наук, доцент
Поліський державний університет, Республіка Білорусь

Макаревич С.С.

кандидат технічних наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ У СИСТЕМІ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЛОКАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Однією з нагальних потреб економіки України є вирішення проблеми зменшення споживання енергетичних ресурсів. Відновлювані джерела енергії останнім часом стали системоутворюючими елементами комбінованих систем електроживлення (КСЕ). Однак, існуюча практика оперує лише фактичним даними про енергоспоживання за минулі періоди, що надзвичайно утруднює процес оперативного аналізу і, відповідно, ускладнює процеси прийняття управлінських рішень щодо оптимального використання енергоносіїв.

Сучасні КСЕ локальних об'єктів варто уявляти як єдині енергоінформаційні комплекси, в яких енергоефективність є ключовим чинником функціонування, і разом з тим забезпечуються належні показники надійності електроживлення, якості електроенергії, можливість її акумулювання, управління міжсистемними перетіканнями,

сегментація, ієрархія силових енергетичних та інформаційних потоків, розподіл прийнятих управлінських рішень (поточних і перспективних) на основі прогнозування пропозиції та попиту на рівні локального об'єкту. Дослідження такого прототипу сучасних мікроенергетичних мереж створить умови для подальшої модернізації електроенергетики на новій організаційній та інформаційно-технологічній основі.

Основою методології побудови КСЕ з декількома різномірними джерелами у широкому сенсі є комплекс теоретично обґрунтованих процедур, спрямованих на підвищення енергоефективності електроспоживання локальних об'єктів.

Метою дослідження є обґрунтування та реалізація нейромережевої моделі (НМ) для прогнозування генерації відновлюваними джерелами у системі енергоменеджменту локальних об'єктів.

Відомі дослідження [1–4] доводять, що ефективним математичним апаратом для прогнозування короткотривалого (до 1 години) процесу генерації відновлюваними джерелами є теорія нейронних мереж [5]. Для розв'язання поставленого наукового завдання використані нейромережеве моделювання, теорія обчислювального інтелекту та градієнтні оптимізаційні методи аналізу поведінки багатокомпонентних систем. Запропонований підхід щодо інтелектуального управління КСЕ локальних об'єктів на основі нейромережевого прогнозування генерації електроенергії відновлюваними джерелами шляхом ресурсно-процесного моделювання з використання умовного динамічного тарифу [6]. Ключовою перевагою такого підходу для реалізації інтелектуального управління комбінованим електрозабезпеченням локальних об'єктів є його адаптивність та здатність оперативно змінювати режими роботи в залежності від отриманих даних щодо прогнозів генерації відновлюваних джерел: особливості режиму електроспоживання (зміна графіка навантаження), потужність генерації відновлюваними джерелами, вплив користувача на формування попиту тощо.

Розподіл енергоресурсів реалізовано з використанням математичного апарату ресурсно-процесної моделі [7]. При цьому КСЕ розглядається як система розподіленої обробки одночасно взаємодіючих конкуруючих процесів включаючи в себе p , $p \geq 2$, опрацювуючи пристроїв з паралельними процесами, n , $n \geq 2$, розподілених конкуруючих взаємодіючих процесів, s , $s \geq 2$, блоків програмного ресурсу, матрицю $T = [t_{ij}]$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, s}$, часів виконання блоків програмного ресурсу конкуруючими процесами. Параметр $\epsilon > 0$ характеризує час, який витрачається на паралельне використання блоків програмного забезпечення. Такий підхід являється базовим для вирішення завдань оптимізації змішаних режимів виконання паралельних процесів з розподіленою генерацією.

Шляхом моделювання встановлено, що архітектура ефективної НМ для прогнозування генерації сонячною електростанцією (СЕС) являє собою багатошаровий перцептрон із одним прихованим шаром (кількість нейронів у ньому від 2 до 7). Це підтверджено якістю моделювання: максимальна середньоквадратична похибка опрацювання навчальної вибірки — 0,980214%, максимальна середньоквадратична похибка опрацювання тестової вибірки — 0,98674%.

Обґрунтовано, що для прогнозування генерації вітросонячною системою (ВЕС) НМ доцільно використовувати багатошаровий перцептрон із одним прихованим шаром (кількість нейронів у ньому від 2 до 6); при цьому досягається якість моделювання: максимальна середньоквадратична похибка опрацювання навчальної вибірки —

0,756942%, максимальна середньоквадратична похибка опрацювання тестової вибірки – 0,749334%.

Реалізація моделі показала недолік нейромережевого прогнозування генерації від СЕС та ВЕС: при переході від нульової генерації (її відсутності) або при її різкому збільшенні НМ показують значне короточасне погіршення якості предикту (для СЕС – 50–70%, для ВЕС – 50–80%).

Одержані результати показали, що використання умовного динамічного тарифу як інтегрального показника поточної вартості електроенергії дає змогу знайти найбільш ефективне поєднання спроможності генерації відновлюваних джерел для забезпечення графіка електроспоживання і мінімізації витрат на електрозабезпечення локальних об'єктів.

В подальшому одержані результати нейромережевого моделювання будуть використані для розроблення алгоритмів автоматизованих систем управління КСЕ з декількома джерелами, їх програмної та апаратної реалізації з адаптацією до управління у реальному часі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Cortes C., Vapnik V. N. Support-Vector Networks // Machine Learning, 20, 1995.
2. Smola A. J., Schoelkopf B. A tutorial on support vector regression. Statistics and Computing, 1998.
3. Y-K Wu, and J-S Hong, "A literature review of wind forecasting technology in the world," IEEE Power Tech 2007, Lausanne, pp. 504-509, 1-5 July 2007.
4. "Load Forecasting" Chapter 12, E.A Feinberg and Dora Genethlio, Page 269 – 285
5. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В.В. Круглов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с.
6. Каплун В. В. Умовний динамічний тариф як критерій ефективності функціонування мікроенергетичних систем локальних об'єктів / В. В. Каплун // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія : Технічні науки. – 2016. – № 3. – С. 50–58.
7. Каплун В.В. Ресурсно-процесний підхід к построению математической модели микроэнергетической системы / В. В. Каплун, П. А. Павлов, В. Н. Штепа // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія "Технічні науки" : рецензований науковий журнал. – 2016. – № 2. – С. 48-60.

Колларов О.Ю.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

Остренко Д.О.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ З ПІДТРИМКОЮ МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕРЕЖ

В роботі приведено приклад застосування штучного інтелекту – нейронної мережі з метою пошуку значення точки максимальної потужності в системі електроживлення

з геотермальним джерелом енергії. Сама нейронна мережа написана у вигляді скрипт кода, а її архітектура має багат шарову структуру, де перший (вхідний) шар має функцію активацію — гіперболічний тангес, а другий (вихідний) — лінійну функцію).

Однією з головних переваг геотермальної енергії є її практична невичерпність, а також повна незалежність від умов навколишнього середовища, часу доби і року. Коефіцієнт використання встановленої потужності геотермальних ТЕС може досягати 75%, що є недосяжним для інших альтернативної енергетики.



Рис. 1. Таблиця класифікації геотермальних електричних установок

У природних умовах геотермальний теплоносії (ГТ) характеризується широким діапазоном тиску, температури, хімічного складу газу. Схеми геотермальних електричних установок, за класифікацією, можна розділити на чотири основні групи [2], які приведені на рис. 1.

Нейронна мережа – це певне та зазвичай велика кількість нейронів, що послідовно з'єднуються між собою спеціальний сполучною ланкою. Ця ланка має назву синапс.

Сама структура будь-якої нейронної мережі взялась з середовища біології. Пристрій, який має нейронну мережу може отримувати та використовувати будь-яку інформацію, отриману від джерел та аналізувати її, а також прогнозувати результат в залежності від даних, що запрограмовані в систему.

Розрізняють декілька видів нейронних мереж. Найпростіша і стандартна є мережа прямого поширення. В цьому випадку весь потік інформації протікає лише в одну сторону і по шляху накопичується. Тут нейрони мають послідовне з'єднання, які об'єднуються в нейронні шару.

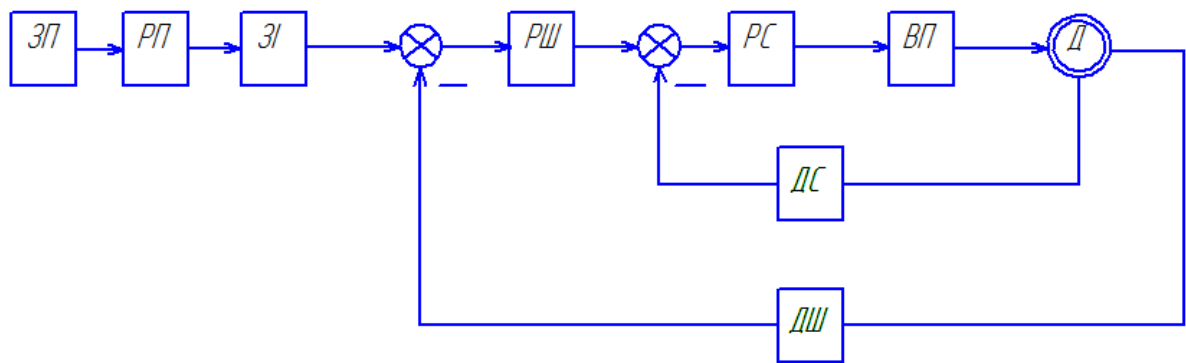


Рис. 2. Структурна схема керування компресора

В даній роботі розглянуто основні особливості керування теплого насоса, що працює в геотермальній системі, за допомогою нейронних мереж (рис. 2). Виконано математичне моделювання цього процесу в програмі Matlab.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електроний ресурс: <https://avenston.com/ru/articles/geothermal-pp-pros-cons/> (дата звернення 17.08.19) – Геотермальні електростанції: переваги і недоліки.
2. Електроний ресурс: <http://www.altenergo-nii.ru/renewable/geothermal/> (дата звернення 22.08.19) – Геотермальна енергія.
3. Чорний О.П., Луговий А.В., Родькін Д.І. Моделювання електромеханічних систем. Кременчук. –2001 р. 374 с.

СЕКЦІЯ 3. ТЕОРЕТИЧНА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОФІЗИКА

Заблудський М.М.

доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Радько І.П.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сподоба М.О.

аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ОСНОВНІ СКЛАДОВІ МЕТОДОЛОГІЇ ПОБУДОВИ ЗАГЛИБНОГО ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ БІОГАЗОВИХ КОМПЛЕКСІВ

Розвиток біогазових технологій стримує низька ефективність процесу біометаногенезу і тому актуальним завданням стає розробка методів інтенсифікації процесу виробництва біогазу іншими засобами і методами, наприклад, стимуляцією мікроорганізмів електричним і магнітними полями. Вплив мультиполів здатен активізувати діяльність деяких з метаноутворюючих бактерій, значно підвищити швидкість засвоєння ними сировини та збільшити газовиділення. Але на цей час не розроблені енергетично ефективні технічні засоби для реалізації таких функцій у складних умовах біогазових комплексів.

Мета досліджень полягає в розробці методичних засад побудови заглибного електромеханічного перетворювача для біогазових комплексів.

Розроблено стратегію проектування нового класу поліфункціональних заглибних електромеханічних перетворювачів енергії (ПЕМП), термодинамічна система яких складається з двох основних частин, які обмінюються енергією: електромагнітна система, включаючи ротор (зовнішня оболонка ПЕМП); робоче навантажувально-охолоджуюче середовище (РНОС), у даному випадку субстрат, що знаходиться в безпосередньому контакті з ротором ПЕМП і формує для ПЕМП механічне навантаження, є одночасно охолоджуючим агентом і об'єктом впливу мультиполів. Відповідно до вихідних даних і вимог технічного завдання виконується розгляд матеріального і енергетичного балансу РНОС.

На основі принципів структурно-функціональної інтеграції ми делегуємо ПЕМП такі основні функції: виконавчого механізму; основного нагрівального елементу з максимальною інтеграцією теплових потоків і використанням евристичних методів, наприклад, «пинч-аналізу», і асинхронного привода з редукацією швидкості. Важливими аспектами методології процесу проектування заглибного електромеханічного перетворювача є забезпечення його герметичності, вибухобезпечності, суміщеність з системою частотного керування, застосування магнітної рідини з фазовим переходом для поліпшення механічних і енергетичних характеристик і умов теплообміну. Розглядаються три варіанти конструктивного виконання заглибного електромеханічного перетворювача: циліндрична система із зовнішнім електромагнітним осцилятором; циліндрична система із зовнішнім і внутрішнім електромагнітним осцилятором; лінійна електромагнітна система елеваторного типу із зовнішнім електромагнітним осцилятором. В результаті проведених досліджень

отримані результати тривимірного розподілу електромагнітного поля в активній частині електромеханічного перетворювача із зовнішнім масивним ротором, що дозволяє врахувати реальну тривимірну природу поля і отримати адекватну проектну інформацію.

Таким чином, застосування запропонованої методології побудови заглибного електромеханічного перетворювача здатне забезпечити вдосконалення технологічних систем біореактора, які будуть адаптовані до унікального контролю біофізичних і хімічних процесів в субстратах біогазових комплексів з метою гнучкої організації і інтенсифікації цих процесів.

Брагіда М.В.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

bragida556@ukr.net

ЕЛЕКТРИЧНІ ПРИСТРОЇ НА МАГНІТНО НЕ ЗВ'ЯЗАНИХ КІЛЬЦЕВИХ ОСЕРДЯХ

Електричні пристрої на магнітно незв'язаних магнітопроводах, як правило, являють собою кільцеві осердя не менше двох на які можуть бути намотані обмотки. Ці осердя електрично зв'язані між собою однією або декількома обмотками (обмотки зв'язку).



Рис. 1. Кільцеве осердя 3 та трансформатори на кільцевих осердях 1, 2

Такого типу пристрої можуть бути реалізовані в сфері дугового електрозварювання, індукційних нагрівачах, трансформаторах зі зміною числа фаз.

Практичну апробацію пройшли зварювальні трансформатори рис.1–2 [1–2]. Такого типу трансформатори складаються із двох кільцевих осердь I та II з обмотками 3. На основному осерді I розміщена первинна обмотка 1, яка під'єднується до електричної мережі; на осерді II – обмотка регулювання струму зварювання. Осердя охоплені обмоткою зв'язку 4.

Вторинна обмотка (рис.1) розміщена на основному осерді поверх первинної. Одним кінцем вона приєднується до зварювальної деталі, а другим послідовно до обмотки регулювання-обмотки зв'язку. Обмотка зв'язку налічує 5÷7 витків.

На рис. 2 приведена удосконалена конструкція [2]. В ній обмоткою зв'язку служить вторинна обмотка 2. Вона охоплює обидва кільцеві осердя. Максимальний струм зварювання буде при розімкненій обмотці регулювання. Замкнувши обмотку на опір, і змінюючи його, отримаємо плавну зміну струму зварювання в певному діапазоні.

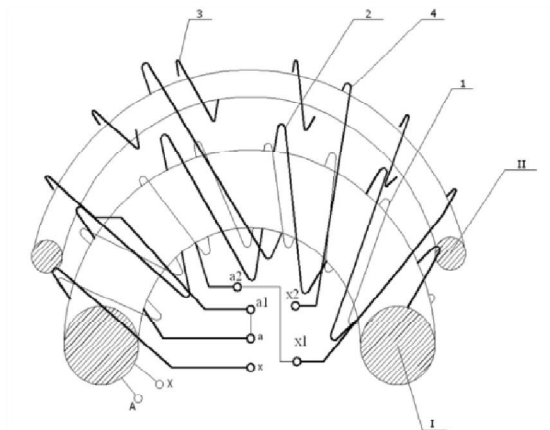


Рис.1. Конструктивне виконання зварювального трансформатора

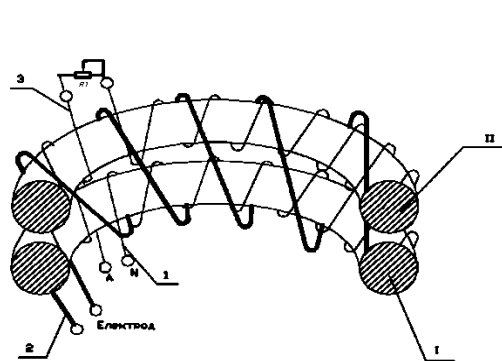


Рис.2. Удосконалене конструктивне виконання зварювального трансформатора

1. Пат. 94540 України МПК Н 01 F 30/16/ Трансформатор для зварювання /Брагіда М. В., Гаврилук В.В., Брагіда Є.М.; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – а201005756; заявл. 12. 05. 10; опубл. 10. 05 11. Бюл. №9.
2. Пат. 72397 України МПК Н 01 F 30/06/ Трансформатор для зварювання /Васьковський Ю. М., Брагіда М. В., Чуєнко Р. М., Брагіда Є. М.; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – №201014661; заявл. 06. 12. 10; опубл. 27. 08 12. Бюл. №16.

доктор технічних наук, професор
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ
a.chmil@ukr.net

аспірант
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

магістр
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

Відомо, що тваринницькі комплекси належать до найвищого класу забрудненості за рівнем заподіяної шкоди оточуючому середовищу. Велике скупчення фекальних мас та гною створюють антисанітарні умови не лише на території підприємства, а і за її межами. Застарілі методи очистки не дають повною мірою забезпечити ефективне

очищення. В природніх умовах утилізація проходить повільно, оскільки на оброблюваних сільськогосподарських угіддях немає необхідної різноманітності мікроорганізмів в потрібній концентрації. Важливою потребою для ефективного функціонування великих свиновідгодівельних комплексів є переробка і утилізація стоків із знешкодженням патогенних мікроорганізмів.

Широкий спектр застосування електротехнологій в сільському господарстві, дає передумови застосування їх в очистці відходів. Механізм електроімпульсної обробки речовин та матеріалів викликає все більше зацікавлення в науковців. Використання електричного розряду в рідинах для їх очистки дуже перспективне направлення в електротехнології.

Для вивчення впливу електроімпульсної обробки на патогенні бактерії тваринницьких стоків, нами розроблено лабораторну установку. Дослідження механізму знешкодження бактерій здійснювалось з використанням положень теорії основ електротехніки, та згідно нормативних документів.

Робоча експериментальна установка складається: з робочої камери з формуючим проміжком, високовольтного джерела живлення, високовольтного конденсатора на 10,5 кВ, випрямного моста, захисного розрядника та з'єднувального електрокабеля. Паралельно робочій камері під'єднано подільник напруги для обмеження струму заряду низької та високої напруги та безпечного обслуговування персоналом.

Під час роботи установки енергія, що була накопичена в конденсаторі, поступає в робочий проміжок у вигляді короткого електричного імпульсу високої потужності. Відбувається електрогідралічний ефект, що супроводжується підвищенням температури та тиску. Виникає кавітація, що полягає у виникненні в рідині повітряних бульбашок які під дією розряду спричиняють ерозійну дію розщеплюючи білки які містяться в стоках, тим самим знешкоджуючи патогенні бактерії. Сила кавітаційних бульбашок пов'язана з випромінюванням ударної хвилі та утворенням високошвидкісних мікроструй, що руйнують бульбашки.

Переваги даного механізму обробки полягають в прискоренні очистки та дезінфекції стоків, оскільки гній можна вносити в ґрунт лише 2–3 місяці в рік, а відходи накопичуються кожного дня. Виникає потреба зберігати великий об'єм без шкоди для навколишнього середовища, оскільки сфера утилізації тваринницьких відходів ретельно контролюється державними органами. Після електроімпульсного знешкодження патогенних мікроорганізмів, також зменшуються втрати азоту в ґрунтах в порівнянні з внесенням необроблених відходів, що позитивно впливає на врожайність сільськогосподарських культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Голодний І.М. Використання електрогідроефекту для руйнування клітин водорості спіруліни. // Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 92. 2007.
2. Іваницький Г.К. Дослідження впливу кавітаційного механізму при пульсаційному екстрагуванні рослинної сировини / Іваницький Г.К., Штурчкова Ю.О., Ганзенко В.В., Гоженко Л.П. та інш. // Наукові праці ОНАХТ Міністерствоосвіти і науки України. – Одеса. 2014. – Вип. 45. –Том 2 – с. 112 – 115.

3. Демчук М.В., Решетник А.О., Лайтер-Москалюк С.В., проблеми утилізації гною в сучасному тваринництві. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького Том 12 № 3(45) Частина 4, 2010.

4. ГОСТ 31343 Машины и оборудование для переработки и обеззараживания жидкого навоза. Методы испытаний.-М.: Стандартиформ, 2009. – 31 с.

Червінський Л.С.

доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

lchervinsky@nubip.edu.ua

Радько І.П.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ЕТАПІВ ПОБУДОВИ ЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ПРОДУКЦІЇ В ГАЛУЗЯХ АПК

Анотація. Розроблено алгоритм етапів побудови ефективної технології отримання продукції в галузях АПК на основі збирання в єдиний критерій системного значення часткових критеріїв факторів впливу, що суттєво скорочує пошук оптимуму.

Ключові слова: критерії, алгоритм дослідження, оптимізації, технологічний процес, продукція галузі АПК, фактори.

Мета дослідження. Обґрунтувати визначальні показники для розробки, створення та реалізації технології одержання продукції сільськогосподарського виробництва за умови підвищення якості та кількості цієї продукції при мінімальних матеріальних, енергетичних і екологічних затратах.

Матеріали та методика дослідження. Методологічні дослідження показують, що ефективного результату можна досягти лише при чіткому визначенні і обґрунтуванні всіх факторів, які безпосередньо впливають на продукцію, визначенні взаємозв'язків і встановленні величини їх параметрів. У даній статті пропонуються результати досліджень з розробки методичних підходів до оптимізації технології отримання продукції в галузях АПК. З метою підвищення ефективності технологічного процесу одержання продукції запропоновано на основі визначення і аналізу впливових факторів технології одержання максимальної кількості якісної продукції визначити та обґрунтувати критерії нормування факторів.

Результати дослідження. На основі проведених теоретичних досліджень щодо визначення та узагальнення факторів, які впливають на виробництво будь якого продукту аграрного виробництва було запропоновано і створено узагальнюючий алгоритм етапів розробки і формування факторів які впливають на технологію виробництва заданого продукту АПК та встановлено їх взаємозв'язки для розробки відповідних технологічних ліній з можливістю загальної автоматизації процесу на основі мінімізації витрат та максимізації прибутку від виробництва заданої продукції. На рис.1 наведений розроблений алгоритм етапів визначення і дослідження параметрів технологічного фактору та врахування його в технологічному процесі одержання продукції.

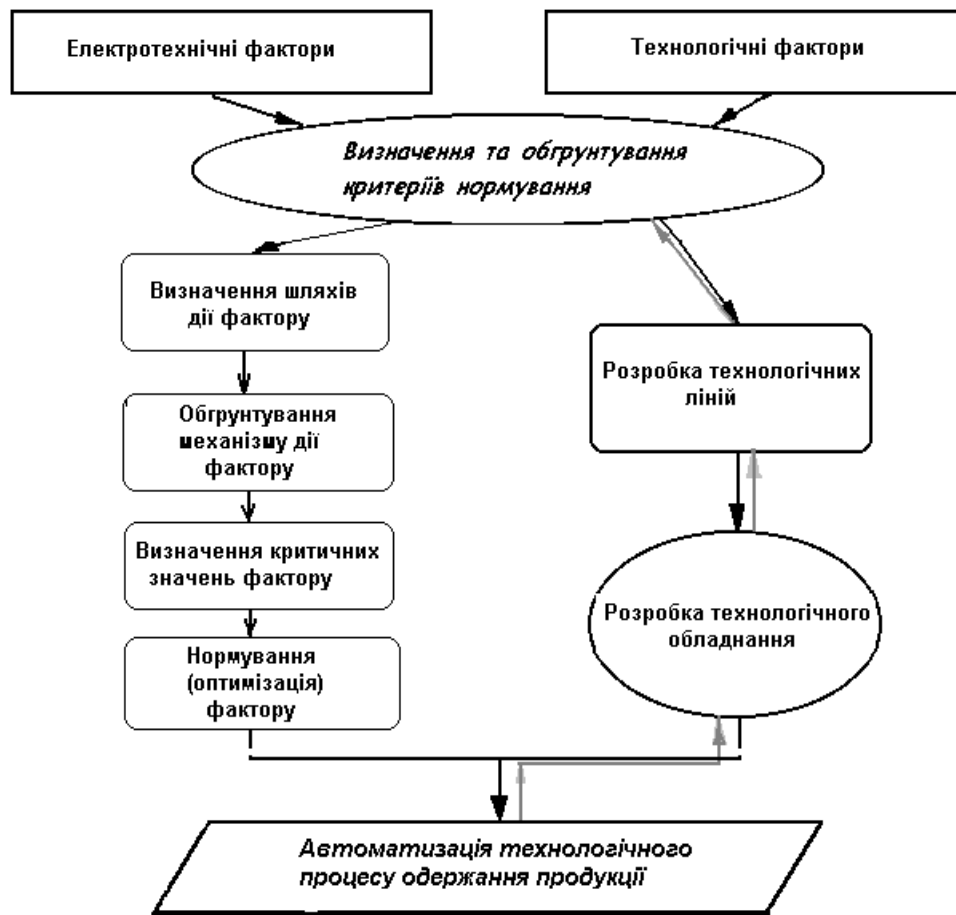


Рис. 1. Алгоритм етапів побудови ефективної технології отримання продукції в галузях АПК

Вищевикладене підтверджує та враховує, що одержання продукції є багатофакторним технологічним процесом.

Так залежність зміни параметра кожного фактора в часі пропонується описати векторним диференціальним рівнянням типу:

$$\frac{dx}{dt} = f(x, u, t), \rightarrow x(t_0) = x_0, \quad (1)$$

де $x = x(t)$ – n -вимірний вектор стану; $u = u(t)$ – m -вимірний вектор керування ($m < n$); f – вектор-функція узагальненої сили, яка неперервна і неперервно диференційована за сукупністю змінних t, x, u ; $t_0[t_0, T]$ – час, граничне значення якого T може бути задане як період часу до отримання максимальної кількості якісної продукції.

Якість керування щодо оптимізації величини факторів технологічного процесу тоді можна оцінити сукупністю часткових критеріїв, що задані функціоналами:

$$I_j = \Theta_j[x(T), T] + \int_{t_0}^T \varphi_j(x, u, t) dt, \quad (2)$$

де $j = 1, 2, 3, \dots, r$; функції Θ та φ мають неперервні часткові похідні по x і u . Слід зазначити, що змінювані параметри $U(t)$ повинні забезпечувати не один локальний мінімум, а задовольняти r – умовам глобальної оптимізації динамічних процесів отримання продукції в цілому. Багатокритеріальна задача синтезу такого оптимального

керування [3] полягає у визначенні екстремалей $\{x^*(t), u^*(t)\}, u^* \in U, I^* \in I, t \in [t_0, T]$, які при заданих диференціальних зв'язках (1) оптимізують векторний функціонал (2), що характеризує ефективність впливу технологічних факторів на одержання продукції. Припустимо, що векторний критерій обмежений допустимою областю ефективних значень $I \in \Omega(I)$ і при цьому, кожна компонента векторного критерію I описується функціоналом (2), визначеним на розв'язках векторного диференціального рівняння (1) із керуванням в класі допустимих керувань, що реалізуються в межах області $u \in U$. Відповідно потрібно визначити закон мінімізації векторного функціоналу I . Згідно з вище приведеною математичною моделлю, допустима область його зміни задається системою обмежень

$$0 \leq I_j \leq A_j = I_j^{\sup}, j \in [1, r], \quad (3)$$

де A_j – верхня межа допустимого значення компоненти I_j векторного критерію I .

Таким чином, оптимальне адаптивне керування забезпечить досягнення сукупності визначених цілей оптимальним шляхом для всього класу режимних ситуацій. Конкретні поточні ситуації належать до класу. Що визначається декартовим добутком $\{S\} = X \times F$, де $X \supset \{x_i\}_{i=1}^n$ – простір стану об'єкта керування, на який впливають $F \supset \{f_j\}_{j=1}^l$ – зовнішні фактори (технологічні, електротехнічні). Іншими словами, багатокритеріальність отримання максимальної кількості якісної продукції обумовлена множиною ціле позначень складових технології отримання продукції, різноманітністю функціонування її у різних режимах зв'язку із зовнішніми факторами. Дані викладки підтверджують відомий теоретичний принцип про неможливість існування абсолютного оптимума (тому, що завжди можливо визначити додатково нові часткові фактори і їх критерії) і ведуть до використання алгоритмів обмеження числа факторів та застосування компромісних рішень, що буде обґрунтовано в подальших дослідженнях [4].

Висновки. Даний підхід до визначення граничних значень параметрів факторів технологічного процесу одержання продукції АПК і розробки на їх основі оптимізаційної моделі побудови та автоматичного керування технологією одержання максимально можливої кількості продукції легко і ефективно вирішується з використанням ПЕОМ на сучасному програмному забезпеченні рекомендується при розробках сучасних ефергоефективних екологічних технологій виробництва продукції АПК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дифференциальные преобразования функций и уравнений. Пухов Г.Е. – Киев: Наук. думка. 1980. – 419 с.
2. Прикладная теория оптимального управления. Брайсон А., Хо Ю-Ши. – М.: Мир. 1972. – 554 с.
3. Многокритериальный синтез динамических систем. Воронин А.И. – Киев. Наук. думка. 1992. – 160 с.
4. Методологічний підхід до багатокритеріальної оптимізації технологічного процесу одержання продукції тваринництва./ Червінський Л.С //Науковий вісник НУБІП. Вип.139, 2009. С. 44–50.

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM OF STAGES OF BUILDING EFFECTIVE PRODUCTION TECHNOLOGY IN AIC PRODUCTS

The algorithm of stages of construction of effective production technology in the branches of agro-industrial complex is developed on the basis of collecting in the single criterion of systemic value of partial criteria of factors of influence, which significantly reduces the search for the optimal one.

Criteria for optimization, process technology, animal husbandry, technological factors, electrotechnical factors

M. Zablodskiy

doctor of engineering sciences, professor
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

A. Zhyltsov

doctor of engineering sciences, professor
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

V. Trokhaniak

Ph.D, associate professor
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

S. Pugalendhi

Ph.D., professor
Tamil Nadu Agricultural University, India

P. Subramanian

Ph.D., professor
Tamil Nadu Agricultural University, India

CONVERSION OF PLANT BIOMASS INTO A DRY DISTILLATION CHAMBER WITH AN EXECUTIVE DEVICE BASED ON A POLYFUNCTIONAL ELECTROMECHANICAL TRANSDUCER

Analysis of the thermochemical conversion technologies of low-grade and small-scale species of plant biomass has also shown that energy technologies are the most promising at present day. The energy-technology method of converting plant biomass is a comprehensive method of harnessing its energy potential, since alongside with combustible gas there is the possibility of producing another valuable product (such as biocarbon) that is more cost-effective than pressing, gasification or incineration. In addition, it is impossible to effectively carry out the conversion process based on only one product, i.e. biogas. Therefore, solving problems related to the development and improvement of technologies and techniques for the conversion of plant biomass aimed at improving its energy efficiency is relevant and requires additional research.

These researches are aimed at analyzing the processes of plant biomass conversion in a dry distillation chamber with an executive device based on a multifunctional electromechanical converter with the influence of an oscillating magnetic field and the possibilities of heat recovery.

Це передбачає обґрунтування режимних параметрів технологічної лінії гідротермічної обробки пухо-пір'яних відходів по операціях тонкого подрібнення, впливу магнітного поля і короткочасного високотемпературного гідролізу в тонкому шарі для виробництва білкового концентрату з перетравністю не нижче 85%. Суть процесу – перехід від багатогодинної (6–12 год) дискретної обробки при температурних

режимах 130–140 °С до переробки у безперервному режимі протягом 60–90 с при температурі 180–200 °С. Всі стадії обробки пир'я супроводжуються впливом магнітного поля. Якість білкового концентрату при переробці пухо-пир'яних відходів забезпечується дією електромагнітного поля в процесі тонкого подрібнення і водного гідролізу кератину у тонкому шарі двошнекового електромеханічного гідролізера на базі поліфункціонального електромеханічного перетворювача. Регулювання біотропних параметрів поля (інтенсивності; кругової частоти; градієнта поля; форми імпульсу; тривалості впливу) визначає біологічно значущі фізико-хімічні механізми дії на субстрат. В окремих зонах реакції електромеханічного гідролізера може відбуватись як термодинамічний процес при постійній теплоємності системи, так і адіабатний або ізотермічний процеси. За рахунок здвигових процесів у вологій пухо-пир'яній суміші генерується теплова енергія, яку можна визначити через механічну складову енергії електромеханічного гідролізера: $Q = 3,6 \cdot 10^3 \cdot N$ кДж. Таким чином до дисипативної складової електромеханічної системи додається дисипація пухо-пир'яної суміші.

На основі знайдених закономірностей здійснюється обґрунтування та розробка конструкції двошнекового електромеханічного гідролізера на базі поліфункціонального електромеханічного перетворювача з підключенням до біогазової установки і використанням дисипативної складової енергії.

REFERENCES

1. Mokrejs, P., et al., Processing poultry feathers into keratin hydrolysate through alkaline-enzymatic hydrolysis. Waste Management and Research, 2011. 29 (Compendex). p. 260–267.
2. Chen J, Ding S, Ji Y, et al. Microwave-enhanced hydrolysis of poultry feather to produce amino acid. ChemEng Process Intensification. 2015; 87:104-9.

Жильцов А.В.

д.т.н., професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

Березюк А.О.

к.т.н., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

Андросович О.Ю.

аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

Szymon Glowacki

Assistant of professor, Dr hab. inż.

Department of Fundamental Engineering, Warsaw University of Life Sciences, Poland

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРУ ІНДУКЦІЙНОГО ТИПУ ДЛЯ СУШІННЯ РОСЛИННИХ МАТЕРІАЛІВ

Сушка продуктів рослинного походження, таких як фрукти, овочі, гриби – один із найдавніших способів консервування та зберігання їжі. Посіви зазвичай сушать конвекцією, а коефіцієнт сушіння – зазвичай нагріте повітря.

Цей процес має на меті вилучити значну кількість води, яку містить висушений продукт, що безпосередньо впливає на якість та харчову цінність продукту. Крім того,

це значно зменшує вагу продуктів і дозволяє довго зберігати при відповідних умовах. Важливо підтримувати якість продукції під час сушіння.

Важливим елементом сушіння овочів і фруктів у сушарках є енергетичні та матеріальні витрати, які зазвичай визначають рентабельність сушіння. Багато досліджень показують, що існують можливості для значної економії енергії та палива, і, таким чином, підвищення охорони навколишнього середовища.

Процес сушіння дуже енергозатратний і дорогий, але також незамінний. Практично в кожній галузі обробки рослин використовується сушка як певний етап.

Застосування в технологіях сушіння рослинних матеріалів теплогенераторів індукційного типу обумовлено можливістю безконтактного впливу на теплоносії, що має переваги на відмінну від традиційних теплогенераторів, де сушильним агентом є нагріте повітря продуктами згоряння мінерального палива, що призводить до забруднення продукції канцерогенами, погіршення екології, створює небезпеку виникнення пожежі за рахунок можливих відкладень пилу та сміття на камерах згорання палива, яке може спалахнути.

Незважаючи на досить широке промислове впровадження вказаних технологій, питання створення нових та удосконалення відомих систем індукційного нагріву для технологій сушки рослинного походження залишаються актуальними, а методи їхнього проектування вимагають подальшого розвитку та узагальнення.

Питаннями щодо методів розрахунку електромагнітних полів при індукційному нагріві займалися ряд видатних вчених, серед яких можна виділити роботи В.П. Вологдіна, Л.Р. Неймана, Г.І. Бабата, Н.Н. Родигіна, А.Є. Слухоцького, А.В. Донського, А.А. Простякова, А.М. Вайнберга, А.Б. Кувалдіна, Н.А. Павлова, В.С. Немкова, В.Б. Демидовича, А.П. Ращепкіна, І.П. Кондратенко, О.Д. Подольцева, І.Н. Кучервой, Д.С. Яримбаша та ін.

При аналізі електромагнітного поля в феромагнітному середовищі з нелінійною магнітною проникністю найбільшого розповсюдження набули аналітичні й чисельні методи розрахунку, а також фізичне моделювання.

Незважаючи на досягнуті результати в області моделювання електромагнітних процесів та процесів масопереносу, розробка ефективних методів і засобів математичного та комп'ютерного моделювання систем індукційного нагріву для сушіння рослинних матеріалів є актуальним науково-прикладним завданням. Крім того, актуальною залишається задача чисельного аналізу процесу нагріву в установках промислової частоти з урахуванням послаблення поля на краях обмоток, нерівномірних втрат потужності у багатошарових обмотках та ін.

На рис. 1 наведено загальний вигляд однієї фази трифазної індукційної установки, що складається з циліндричного індуктора, намотаного мідною шиною з ізоляцією і завантаження (пучок феромагнітних труб).

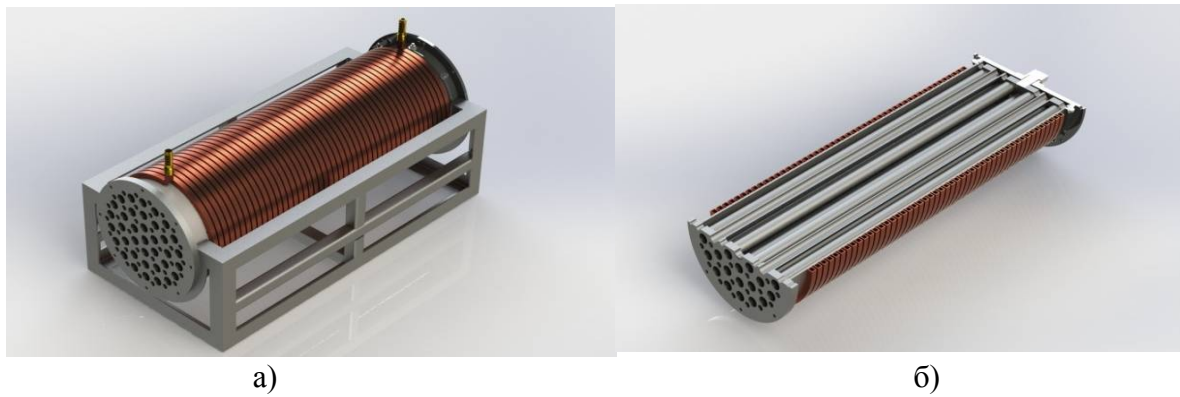


Рис. 1. Загальний вигляд індукційної установки

Аналіз фізичних процесів в індукційних установках наскрізного нагріву зі струмами промислової частоти може бути виконаний за допомогою комбінованої математичної моделі на основі чисельних методів. Модель повинна описувати взаємодію електромагнітного та теплового полів в індукційній системі нагрівача, а також їх вплив на електромагнітні режими в електросилової частині установки.

Однак, на сьогодні, такі математичні моделі, які у комплексі досліджують наведені вище явища, є не досить розвинутими, а рекомендацій з розрахунку індукційних нагрівачів з урахуванням наведених особливостей недостатньо.

Для отримання екологічно чистого теплоносія, індукційний нагрів є одним з найбільш придатних способів нагріву. Однак для систем підігріву теплоносіїв необхідна розгалужена поверхня теплообмінного апарата. Розподіл електромагнітних і температурних полів у таких системах доцільно реалізовувати шляхом редукції тривимірній задачі для рівнянь електромагнітного та теплового поля до системи інтегро-диференціальних рівнянь з наступним їх чисельним розв'язком.

Конструктивні особливості пристроїв індукційного нагріву такі (рис. 1), що застосування методу скінченних різниць або кінцевих елементів веде до виконання великого обсягу надлишкових обчислень. Це пов'язано з тим, що в розглянутих пристроях мають місце сильні магнітні поля розсіювання. Для їх врахування при застосуванні зазначених методів необхідно вибирати діаметр розрахункової області в кілька разів більше, ніж діаметр пристроїв. При цьому магнітне поле розраховується у всіх вузлах сітки, якою покривається розрахункова область, в той час як необхідність в настільки повної інформації немає. Для визначення джерел тепла у провідних феромагнітних елементах пристроїв індукційного нагріву, що потрібно для розв'язку теплової задачі, необхідно знати розподіл струмів в обмотках, в масивних провідниках і розподіл вторинних джерел (наприклад, простого шару струмів) на поверхні феромагнітних тел. Виходячи з цього, оптимальним з точки зору зменшення області пошуку розв'язання, і як наслідок оптимального використання ресурсів обчислювальної техніки, що особливо актуально при проведенні різноманітних розрахунків, є метод інтегро-диференціальних рівнянь щодо джерел, які визначають електромагнітне поле у пристроях індукційного нагріву. Ці рівняння точно враховують поля розсіювання в необмеженому просторі і мають мінімальну розрахункову область: об'єми провідників і поверхні магнітопроводів.

Таким чином, на основі методу редукції крайової задачі для рівнянь електродинаміки та рівнянь тепломасопереносу до систем інтегро-диференціальних

рівнянь розроблено тривимірну математичну модель нестационарного електромагнітного та теплового процесу у неоднорідних середовищах для систем індукційного нагріву на основі єдиної теоретичної бази, що дозволить суттєво підвищити достовірність та адекватність результатів та встановити режимні параметри роботи теплогенератора індукційного типу за умови підвищення енергоефективності установок сушіння рослинних матеріалів.

Брагіда М.В.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

bragida556@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Проведені лабораторні дослідження зварювального трансформатора з плавним регулюванням струму зварювання (рис. 1) та отримані характеристики електромагнітних процесів.

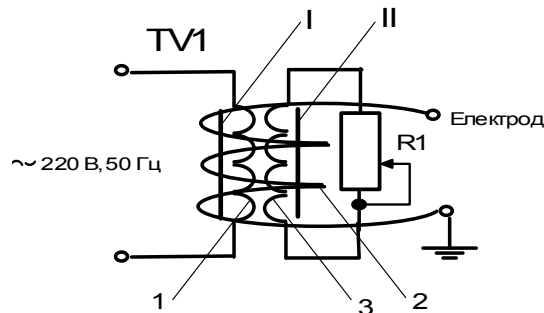


Рис.1. Схема принципова електрична зварювального трансформатора

Заслужують на увагу характеристики короткого замикання (рис. 2–3). Вони залежать від струму регулювання. Маємо діапазон в межах якого можна регулювати струм зварювання.

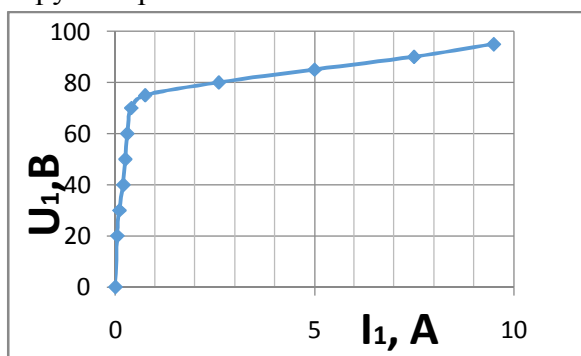


Рис. 2. Характеристика короткого замикання при $I_p = 0$

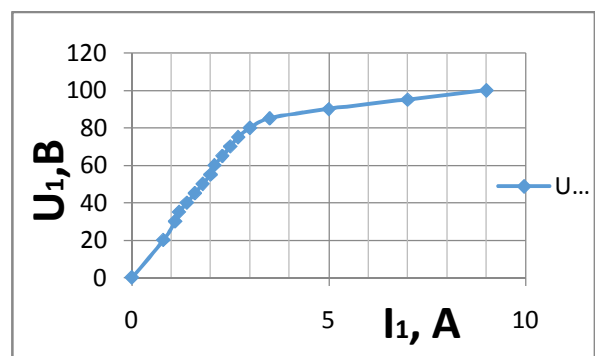


Рис. 3. Характеристика короткого замикання при $I_p = 10 \text{ A}$

Регулювальна характеристика (рис. 4) має мінімальне значення струму мережі, до якого доцільно збільшувати струм регулювання. Подальше збільшення струму регулювання недоцільне, так як зростає струм мережі.

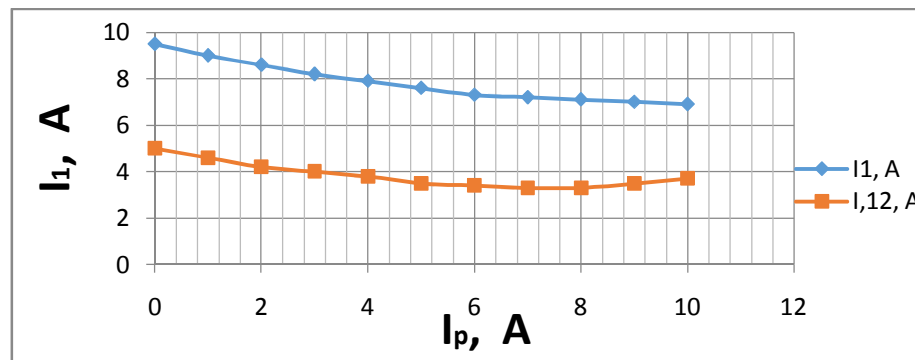


Рис. 4. Регулювальні характеристики зварювального трансформатора
 I_1 – при напрузі 100 В; I_{12} – при напрузі 85 В

Чміль А.І.

доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

a.chmil@ukr.net

Олійник Ю.О.

аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

oljinik1202@ukr.net

ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА

Анотація. Галузь тваринництва займає одне із провідних місць у створенні екологічних проблем. Кількість відходів тваринництва з кожним роком збільшується і починає перевищувати обсяг побутових стоків. Поблизу свиновідгодівельних комплексів біосфера перенасичується мікрофлорою, аміаком, сірководнем тощо. Негативну роль також відіграють атмосферні опади, які сприяють прискоренню перемішування шкідливих компонентів із ґрунтом. Особливу небезпеку несуть відходи свинарства насичені геогельмінтами. Проблемою також є те, що деякі виробники для збільшення продуктивності використовують незбалансовані раціони у яких підвищення кількість поживних речовин, відповідно надлишок компонентів накопичується у відходах.

Важливо зазначити, що підвищення родючості ґрунту, та урожайності, можливе лише при застосуванні традиційних органічних добрив. Проблемою є внесення їх в недостатній кількості, та низька якість рідких органічних добрив.

Враховуючи, що відходи життєдіяльності тварин не можна вносити без обробки, важливо при проектуванні свиновідгодівельних комплексів розробити найбільш ефективний та екологічно безпечний технологічний процес їх утилізації.

В статті розглянуті існуючі методи обробки відходів, їх особливості та запропоновано найбільш перспективний напрям в даній сфері – електротехнології.

Ключові слова: утилізація відходів, екологічна безпека, свиновідгодівельні комплекси, електротехнології.

Актуальність. Найбільш прогресивною формою розвитку тваринництва, спрямованою на збільшення виробництва продукції та електрифікації і автоматизації технологічних процесів стали великі промислові тваринницькі комплекси. Із збільшенням потужності комплексів, збільшується кількість тварин, а відповідно -

нагромадження відходів життєдіяльності тварин. За умов неправильного зберігання відходи тваринницьких комплексів стали основним джерелом забруднення водойм, ґрунту та повітря. Необроблений гній та гнойові стоки стають основними чинниками захворювань тварин, та є небезпечними для людей, через загрозу поширення інфекційних захворювань та гельмінтів. На території комплексів нагромаджується велика кількість відходів які потребують утилізації. Особливо небезпечними є рідкий гній та гнойові стоки, оскільки в них не відбуваються процеси самонагрівання, відповідно тривалість терміну виживання збудників інфекційних захворювань збільшується. Навіть за умов попереднього очищення рідких гнойок, в них містяться патогенні бактерії, збудники кишкової палички та яйця гельмінтів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В даний час застосовують декілька способів очистки та утилізації відходів на тваринницьких комплексах. Найбільш сучасною є технологія розділення відходів на рідку і тверду фракцію з подальшою переробкою на добрива, паливо для піролізних генераторів [4]. На території комплексів роблять лагуни для накопичення гною, а також окремо для карантинування та знезараження. Існує декілька способів знезараження рідкого гною: природний, фізичний, хімічний, та біологічний. Значно складніше знезаражувати рідкий гній, оскільки в ньому відсутня термофільна мікрофлора, а для природнього знезараження гнойки відбувається за наявності великих площ земель. Але вносити гній в ґрунт можна лише 2-3 місяці в рік, а накопичення відходів відбувається щоденно. В господарствах, в яких було виявлено збудники сальмонельозу, ящура та інші інфекційні захворювань, відходи знезаражують хімічним способом, однак згідно санітарних вимог, даний спосіб не підходить для широкого застосування, оскільки при внесенні оброблених таким методом відходів, відбуваються порушення біохімічних процесів. Виникає потреба розробки нових методів для ефективного утилізації відходів, із зменшенням негативного впливу на навколишнє середовище [1, 3, 5].

Широке застосування електротехнологій в різних галузях, в тому числі і в сільськогосподарському виробництві викликає все більше уваги і спонукає до розробки нових способів утилізації відходів.

Мета досліджень – розробка електротехнологічних методів утилізації відходів.

Методика досліджень. Для оцінки різних технологій утилізації відходів тваринництва, та розробки технологічної схеми з електроімпульсною обробкою, проводився аналіз робочих проектів, та нормативних документів.

Результати досліджень. При проектуванні свиновідгодівельних комплексів потрібно обрати технологію очистки відходів, яка ефективно виконувала б свої функції та відповідала нормам проектування. Важливо щоб розроблений технологічний процес очистки відходів забезпечував: економічність будівництва та експлуатації споруд; високий рівень механізації, електрифікації та автоматизації виробничих процесів видалення та підготовки гною до використання; виконання ветеринарно-санітарних та санітарно-гігієнічних вимог експлуатації тваринницьких підприємств при мінімальній витраті води; гарантовану охорону навколишнього середовища від забруднень гноем та продуктами його переробки та ін. Вибір системи гноевидалення обирається в залежності від способу утримання тварин – з підстилкою чи без [3].

Вибір способу обробки гною має здійснюватися з урахуванням екологічної безпеки навколишнього природнього середовища, спеціалізації, типорозміру

підприємства, способу утримання тварин, наявності достатніх площ полів для внесення органічних добрив, кліматичних, ґрунтових, та гідро-геологічних умов рельєфу місцевості. Існують такі основні способи обробки та утилізації відходів: механічний, фізичний, хімічний та біологічний метод.

Технологічна схема що передбачає механічну очистку є попереднім заходом і застосовується для видалення із стічних вод нерозчинних мінеральних та органічних домішок. Вона включає статичні (горизонтальні та вертикальні відстійники) і динамічні (вакуум фільтри, віброгрохоти, центрифуги) методи. Вони дають можливість видаляти завислі речовини із січних вод до 90%, а зниження органічних речовин до 20–25%.

До фізичних методів обробки відносять: термічний, радіаційний, електрогідрравлічний удар, електрофлотокоагуляція, ультрафіолетове опромінення.

Біологічні методи очистки можуть протікати в природніх (поля зрошення, біологічні стави, рибоводно-біологічні ставки) або в штучних умовах (аеротенки, біофільтри, метантенки, культиватори нижчих і вищих організмів).

Електрохімічні методи очистки, які використовують фізичний ефект впливу електричних полів на частинки оброблюваної речовини, можна розділити на три групи: методи перетворення, розділення та комбіновані методи.

Із збільшенням накопичення великої кількості відходів та застарілість існуючих методів очистки, виникла потреба удосконалення способів утилізації відходів. Це стало поштовхом для розробки нової технологічної схеми утилізації відходів із застосуванням електроімпульсної обробки.

При застосуванні вище вказаних методів, необхідно проводити дегельмінтизацію, застосовуючи безводний аміак, або застосовувати високотемпературне сушіння, яке забезпечило б надійне знезараження гною. Висушений таким чином гній позбувається неприємного запаху і може до двох років зберігатись без зміни своїх якостей. Недоліком сушіння є висока вартість обробки та сушильних установок, та значні втрати азоту [1–2].

Нами запропонована технологічна схема утилізації відходів на основі електроімпульсної обробки органічної сировини (рис. 1).

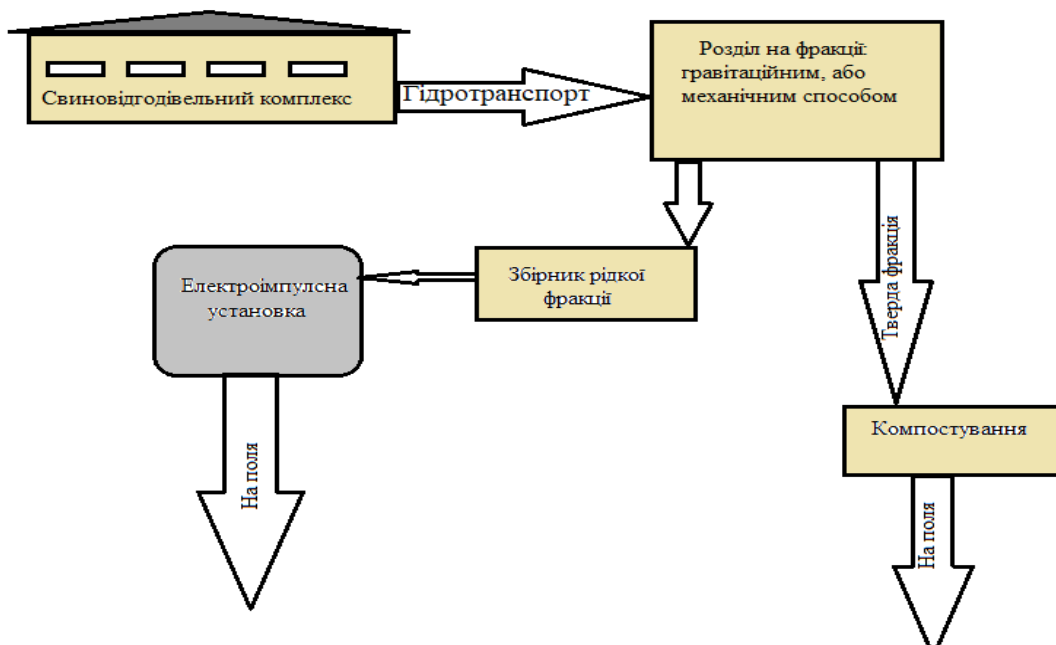


Рис. 1. Технологічна схема утилізації відходів на основі електроімпульсної обробки органічної сировини

Стоки з свиновідгодівельного комплексу за допомогою гідротранспорту подають в резервуар для поділу на фракції. Поділ на фракції здійснюється гравітаційним способом: розділяється на фракції у вертикальних відстійниках. Тверда фракція відправляється на компостування, а рідка накопичується в збірнику, де і відбувається в електроімпульсна обробка органічної сировини. Особливість запропонованої схеми полягає в тому, що при існуючих технологічних схемах, рідкий гній потрібно відправляти в карантинні місткості, потім проводити дезінфекцію, термічним чи хімічним способом. При електроімпульсній обробці не потрібно застосовувати додаткові ємності для карантинування, та спрощується процес знезараження відходів.

Для дослідження процесів, що відбуваються при електроімпульсній обробці відходів, нами розроблена лабораторна установка, основним елементом якої є робоча камера. В робочу камеру вмонтовані мідні електроди: рухомий, ізольований анод у вигляді стержня, та нерухомий плоский – катод. Схема робочої камери електроімпульсної установки зображена на рис. 2.

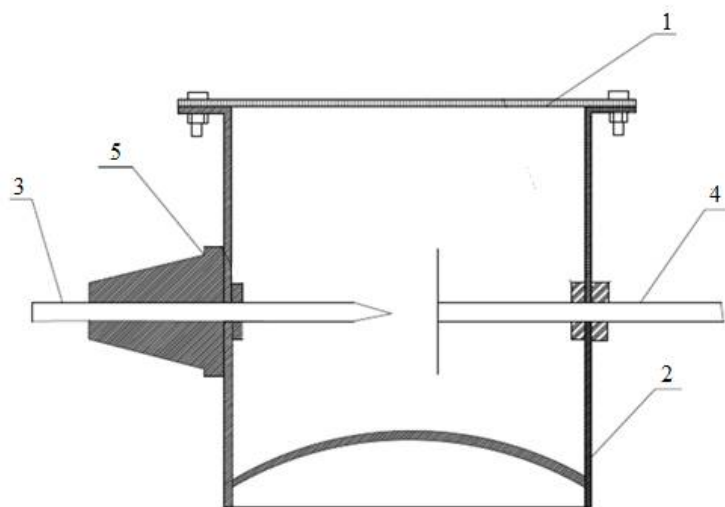


Рис. 2. Схема робочої камери електроімпульсної установки:
1 – кришка; 2 – корпус; 3 – анод; 4 – катод; 5 – ізолятор

Висновки. Проаналізовано існуючі технології утилізації рідких відходів свиновідгодівельних комплексів. Враховуючи недоліки існуючих технологій обробки та утилізації рідких відходів розроблено схему технологічного процесу утилізації відходів із використанням електроімпульсної установки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Головка А.Н., Бондаренко А.М. Перспективы использования электрических методов для очистки жидких органических отходов животноводства. / Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование. Вестник аграрной науки Дона. Вип. 1(41) 2018. – 52–57 с.
2. Чміль А.І. Енергетична ефективність і екологічна безпека замкнутих еколого-біотехнічних систем в тваринництві / А.І. Чміль: Монографія. – К.: ЦК «Компринт», 2015. – 163 с.
3. ВНТП-АПК-09-06. Відомчі норми технічного проектування. Системи видалення, обробки, підготовки та використання гною. – К.: Міністерство аграрної політики, 2006–100с.

4. Іванов М.Ю., Волощук В.М, Іванов В.О. Сучасна технологія утилізації гною на свинокомплексі. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво», випуск 2/2 (25), 2014. – 172–176 с.

5. Максінко Л.М. Екобезпечні технології переробки й утилізації відходів свинарства і птахівництва. дис. канд. с-г. наук. / Максінко Л.М. –Львів 2017, –200 с.

REFERENCES

1. Golovko A.N., Bondarenko A.M. (2018). Perspektivy yspolzovaniya elektrycheskyykh metodov dlya ochystky zhydkeyh organycheskyykh otkodov zhyvotnovodstva. [Prospects for the use of electrical methods for cleaning liquid organic animal waste.] / Tekhnologyy, sredstva mexanyzatsyy y energetycheskoe oborudovanye. Vestnyk agrarnoy nauky Dona. Vyp 1(41) 52–57.

2. Chmil A.I. (2015). Enerhetychna efektyvnist i ekolohichna bezpeka zamknytykh ekoloho-biotekhnichnykh system v tvarynnystvi [Energy efficiency and ecological safety of closed ecological and biotechnical systems in animal husbandry]. Kyiv, «Kompynt», 163.

3. VNTP-APK-09-06. Vidomchi normy tekhnichnoho proektuvannia. Systemy vydalennia, obrobky, pidhotovky ta vykorystannia hnoiu. – K.: Ministerstvo ahrarnoi polityky, 2006–100.

4. Ivanov M.Yu., Voloshhuk V.M, Ivanov V.O. (2014). Suchasna texnologiya utylizatsiyi gnoyu na svynokompleksi.[Modern technology of utilization of manure at a pig complex.] Visnyk Sumskogo nacionalnogo agrarnogo universytetu. Seriya «Tvarynnycztvo», випуск 2/2 (25) 172–176.

5. Maksishko L.M. (2017) Ekolobezpechni texnologiyi pererobky j utylizatsiyi vidxodiv svynarstva i ptaxivnyctva. [Ecological technologies for processing and disposal of pig and poultry waste]dys. kand. s-g. nauk. Lviv – 200.

A. Chmil, doctor of technical sciences, professor

Y. Oliinyk, graduate student

ELECTROTECHNOLOGICAL METHODS FOR DISPOSAL OF ANIMAL BREEDING

Annotation. The livestock industry occupies one of the leading places in creating environmental problems. The amount of animal husbandry waste increases every year and begins to exceed the volume of household wastewater. Near the pig-feeding complexes, the biosphere is oversaturated with microflora, ammonia, hydrogen sulfide, etc. The negative role is played by precipitation, which accelerates the mixing of harmful components with the soil. Pig breeding waste saturated with geohelminths is of particular danger. The problem is also that some manufacturers use unbalanced diets to increase productivity, in which there is an increased amount of nutrients, respectively, an excess of components accumulates in the waste.

It is important to note that increasing soil fertility and productivity is only possible with traditional organic fertilizers. The problem is the lack of them, and the low quality of liquid organic fertilizers.

Given that animal waste cannot be introduced without finishing, it is important when designing pig-breeding complexes to develop the most effective and environmentally friendly technological process for their disposal.

The article considers the existing methods of waste treatment, their features and suggests the most promising direction in this area – electrical technology.

Keywords: waste disposal, environmental safety, pig-breeding complexes, electrical technologies.

Пашковська Н.І.

здобувач

Червінський Л.С.

доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОМБІНОВАНОГО ОПТИЧНОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ПОСІВНІ ЯКОСТІ ТА РОСТОВІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Мета дослідження. Дослідити ефективність впливу передпосівної обробки насіння озимої пшениці ультрафіолетовим і інфрачервоним випромінюванням на її схожість та енергію проростання.

Результати дослідження. Насіння озимої пшениці виробництва Секобра речерс опромінювали ультрафіолетовим і інфрачервоним випромінюванням лампи ДРТ-400(375) на відстані 25–30 см від лампи протягом часу від 30–35 сек в лабораторії «Електричного освітлення і опромінення» НУБіП України. Після чого вивчали енергію проростання, схожість насіння та ростові параметри проростків насіння в лабораторії біосенсорики кафедри молекулярної біології, мікробіології та безпеки НУБіП.

Результати дослідження зведено в Табл. 1

Таблиця 1

Вплив передпосівного УФ опромінення насіння на посівні якості озимої пшениці

Варіанти	Енергія проростання, %	Схожість насіння, %
Насіння хіміоброблене (еталон)	66%	84%
ІЧ-УФ опр.	74%	95%

Із таблиці видно, що показник енергії проростання за дії ДРТ-400 виріс на 7% ніж у контролі. Показник схожості насіння пшениці зимової у контрольному варіанті становить 84%, а після обробки ДРТ-400 даний показник виріс на 11% відповідно до контролю.

Таблиця 2

Вплив передпосівного УФ опромінення насіння на ростові показники озимої пшениці

Варіанти	Довжина підземної частини проростка, см	Довжина наземної частини проростка, см
Насіння хіміоброблене (еталон)	1,9	1,975
ІЧ-УФ опр.	3,3	4,425

Таким чином можна стверджувати, що передпосівна обробка лампою ДРТ-400 стимулює енергію проростання та схожість насіння, що є дуже важливим показником для отримання врожаю.

Показник при обробці ДРТ-400 становить: довжина верхньої частини перевищує контроль 2,45, що на 224,05% більше ніж в контрольному значенні.

Висновки. До основних переваг метода передпосівної стимуляції зерна інфрачервоним і ультрафіолетовим опроміненням відносяться:

- низька собівартість обеззараження і стимуляція насіння;
- суттєве збільшення врожаю, що позбавляє з мінімальними затратами отримати максимальний прибуток;
- зростання енергії схожості проростання зерна, яке потрапило під вплив фото стимуляції УФ випромінювання, і як правило знизилася втрата врожаю за недостатньої вологості ґрунту в період посіву.
- перехід продукції в розряд зелених технологій й органічного землеробства, що впливає на збільшення експортного потенціалу вирощування продукції, зумовлене відмовою від прийому

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пашковська Н.І., Савчук М.В., Червінський Л.С. Дослідження впливу інфрачервоного проміння на посівні якості та ростові показники рослин озимої пшениці. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 195 «Проблеми енергозабезпечення в АПК України». – Харків : ХНТУСГ, 2018–178 с.
2. Кондратьєва Н.П. Перспективы использования электротехнологий для повышения посевных качеств семян УФ-излучения Н.П. Кондратьева, В.Ю. Романов, М.Н. Чефранова, Т.В. Нурияева, Д.А. Корепанова, М.Г. Корепанов, М.Г. Краснолуцкая, Р.Г. Большин, Известия Международной академии образования, –2015. –№24. –С.10–13.
3. Адамень Ф. Состояние и направление развития семеноводства в Украине (текст) Ф.Адамень Междунар. с-х. журнал, 1997, –№2, – с.49–50.
4. Грицаенко З.М., Грицаенко А.О., Карпенко В.П., Методи біологічних та агрономічних досліджень рослин і ґрунтів. К.:ЗАТ «НІЧЛАВА» 2003. –20.

Брагіда М.В.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

bragida556@ukr.net

ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ТРАНСФОРМАТОР З ДОДАТКОВОЮ ОБМОТКОЮ

В трансформаторі для зварювання рис. 1, що складається із першого тороїдального магнітопроводу, на який намотана первинна обмотка, та другого тороїдального магнітопроводу, на який намотана обмотка регулювання величини струму зварювання, та вторинної обмотки, що намотана поверх первинної та обмотки регулювання намотана додаткова обмотка. Додаткова обмотка намотана на перший магнітопровід і приєднана через пристрій регулювання струму до обмотки регулювання. Плавню змінюючи струм в обмотці регулювання, змінюється величина індуктивного опору вторинної обмотки, а значить плавно регулюється струм зварювання. Струм регулювання, протікаючи по додатковій обмотці підмагнічує (зустрічне з'єднання обмоток) або розмагнічує (узгоджене з'єднання обмоток) перший магнітопровід. В першому випадку струм, що споживається із мережі зменшується при збільшенні струму регулювання, а в другому збільшується.

На рис. 2 приведена залежності струму, що споживається із електричної мережі від струму регулювання при постійній напрузі (I_1 – без додаткової обмотки; I_{13} – додаткова обмотка підмагнічує магнітопровід I; I_{12} – додаткова обмотка розмагнічує магнітопровід I).

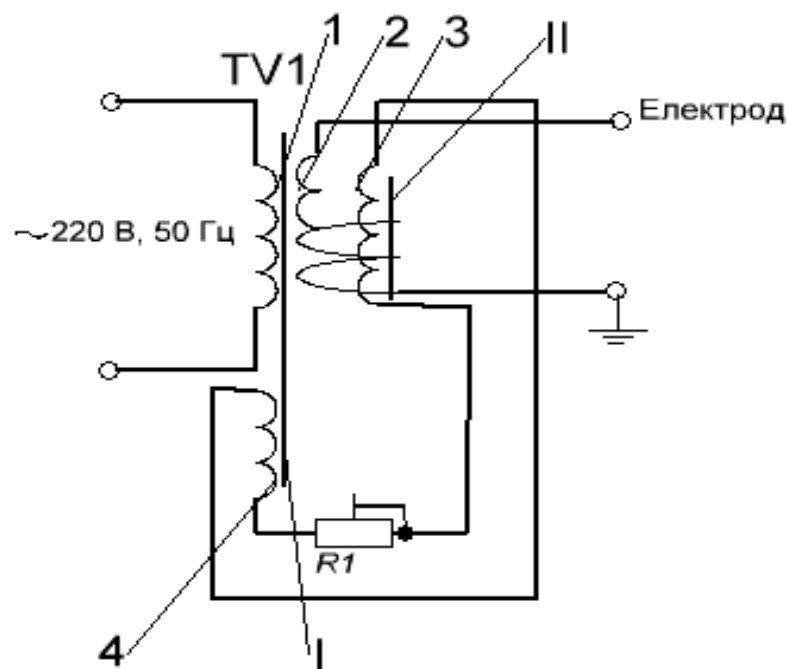


Рис. 1. Схема зварювального трансформатора

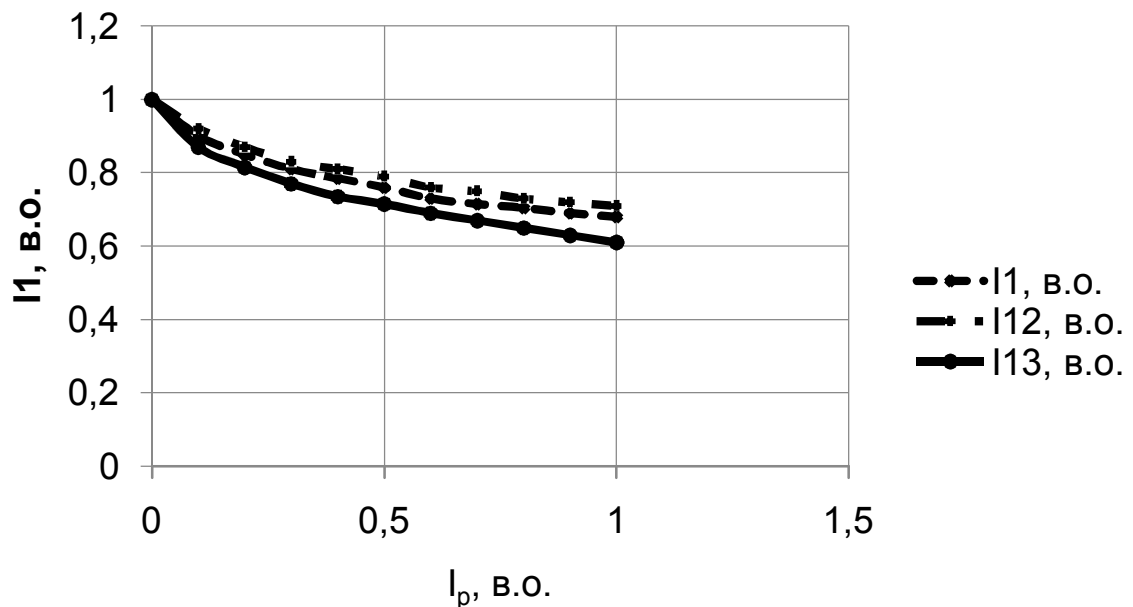


Рис. 2. Залежність струму мережі від струму регулювання

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пат. 127726 України МПК H01F 30/06; B23K 9/00 Трансформатор для зварювання / Брагіда М. В., Заблодський М. М.; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – №201711930; заявл. 05.12.17; опубл. 27.08.18. Бюл. №16.

Червінський Л.С.

доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м.Київ

lchervinsky@gmail.com

Романенко О.І.

кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м.Київ

Книжка Т.С.

кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м.Київ

ОПТИМІЗАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СВІТЛОКУЛЬТУРИ РОСЛИН В СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

При вирощуванні рослин в середовищі захищеного ґрунту важливим фактором, що впливає на формування якості та врожайності культур є опромінення, особливо в пори року, коли сонячного світла є недостатньо.

Сучасна світлокультура рослин, як новий високоінтенсивний тип сільськогосподарського виробництва, являє собою широку комплексну проблему, успішне вирішення якої пов'язано з участю різних спеціалістів – фізіологів рослин і світлотехніків, агрономів і електротехніків.

Розрахунки показують, що витрати електроенергії в оптичних технологіях в аграрному секторі економіки становлять 15–20% від загальних витрат у галузі. Це надає особливої актуальності проблемі енергозбереження в технологіях опромінення, важливе місце серед яких займає вирощування рослин у закритому ґрунті [1].

Основними факторами, що впливають на розвиток і ріст рослин є: режим опромінення, ефективність засвоєння поживних речовин, вплив коливань температури і вологості [2–3].

Регресійну залежність впливу факторів опромінення в загальному вигляді можна представити виразом:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (1)$$

де b_0 – вільний член, що характеризує сталі параметри мікроклімату;

b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти впливу факторів;

x_1, x_2, x_3 – фактори впливу;

x_1 – інтенсивність (доза) випромінювання,

x_2 – час дії опромінення,

x_3 – спектральний склад потоку оптичного випромінювання.

Взаємодію цих факторів і, відповідно, ефективність характеризують три останні члени рівняння регресії.

Тому задачею оптимізації технологічних процесів у спорудах захищеного ґрунту є отримання наступних результатів :

- якщо вихідним результатом процесу є збільшення врожайності, то він (результат) повинен прагнути до максимального значення;
- якщо ж вихідним результатом є зменшення собівартості виробленої продукції, то цей результат має прагнути до мінімуму.

Вирішуючи наведені задачі оптимізації можна знайти найбільш ефективні значення факторів впливу [4]. При цьому можна використовувати різні методи:

математичний, експериментальний, метод експертних оцінок Дельфі, тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Червінський Л.С. Світлокультура рослин. Процес становлення / Л.С. Червінський, Л.О. Сторожук // Енергетика і автоматика. – 2010. – № 3(5) [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http:// www.nbu.gov.ua/e - journals/eia/2010-3/index.htm](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/eia/2010-3/index.htm) (електронне фахове видання).
2. Червінський Л.С. Математичне моделювання просторової фотосинтезної опроміненості в спорудах захищеного ґрунту/ Червінський Л.С., Луцак Я.М. / Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти, Вип. №4. Мелітополь, – 2016. С. 53–61.
3. Червинский Л.С. Обоснование влияния спектрального состава источников световой энергии на жизнедеятельность растений в сооружениях закрытого грунта / Червинский Л.С., Луцак Я.Н. // Теоретический и научно-практический журнал Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства «Инновации в сельском хозяйстве». – Москва: – ВИЭСХ. 2016 – Выпуск №4(9) – С. 180–187.
4. Червінський Л.С. Метод визначення просторової фотосинтезної опроміненості / Червінський Л.С., Усенко С.М., Книжка Т.С., Луцак Я.М. // Технічна електродинаміка/ Інст. Електродинаміки НАН України, №5 – 2016, – м. Київ, С. 88–90.

Заблудський М.М.

доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Наливайко В.А.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Ковальчук С.І.

аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ОСНОВНІ АСПЕКТИ ТЕХНОЛОГІЇ ГІДРОТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ПУХО-ПІР'ЯНОЇ СИРОВИНИ У ТОНКОМУ ШАРІ З ВПЛИВОМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

Побічним продуктом птахівництва є куряче пір'я, яке Wallace Corporation перетворює у борошно, що використовується як домішки, добрива або як натуральне полімерне волокно з високою міцністю на розрив [1]. В останні роки активно розвивається технологія гідротермічного гідролізу пера для підвищення доступності його протеїну [2]. Проте в Україні необхідні обладнання і відпрацьована енергоефективна технологія гідротермічної переробки пухо-пір'яних побічних продуктів у білковий концентрат не розроблені. Крім того, пір'єва мука має також потенціал для використання у виробництві біополімерів і гетерогенних каталізаторів.

Мета досліджень полягає у формуванні основних режимів гідротермічної обробки пухо-пір'яної сировини у тонкому шарі з впливом електромагнітного поля.

Це передбачає обґрунтування режимних параметрів технологічної лінії гідротермічної обробки пухо-пір'яних відходів по операціях тонкого подрібнення,

впливу магнітного поля і короткочасного високотемпературного гідролізу в тонкому шарі для виробництва білкового концентрату з перетравністю не нижче 85%. Суть процесу – перехід від багатогодинної (6–12 год) дискретної обробки при температурних режимах 130–140 °С до переробки у безперервному режимі протягом 60–90 с при температурі 180–200 °С. Всі стадії обробки пір'я супроводжуються впливом магнітного поля. Якість білкового концентрату при переробці пухо-пір'яних відходів забезпечується дією електромагнітного поля в процесі тонкого подрібнення і водного гідролізу кератину у тонкому шарі двошнекового електромеханічного гідролізера на базі поліфункціонального електромеханічного перетворювача.

Регулювання біотропних параметрів поля (інтенсивності; кругової частоти; градієнта поля; форми імпульсу; тривалості впливу) визначає біологічно значущі фізико-хімічні механізми дії на субстрат. В окремих зонах реакції електромеханічного гідролізера може відбуватись як термодинамічний процес при постійній теплоємності системи, так і адіабатний або ізотермічний процеси. За рахунок здвигових процесів у вологій пухо-пір'яній суміші генерується теплова енергія, яку можна визначити через механічну складову енергії електромеханічного гідролізера: $Q = 3,6 \cdot 10^3 \cdot N$ кДж. Таким чином до дисипативної складової електромеханічної системи додається дисипація пухо-пір'яної суміші.

На основі знайдених закономірностей здійснюється обґрунтування та розробка конструкції двошнекового електромеханічного гідролізера на базі поліфункціонального електромеханічного перетворювача з підключенням до біогазової установки і використанням дисипативної складової енергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Mokrejs, P., et al., Processing poultry feathers into keratin hydrolysate through alkaline-enzymatic hydrolysis. Waste Management and Research, 2011. 29 (Compendex). p. 260–267.
2. Chen J, Ding S, Ji Y, et al. Microwave-enhanced hydrolysis of poultry feather to produce amino acid. ChemEng Process Intensification. 2015;87:104-9.

Васецький Ю.М.

доктор технічних наук, професор
Інститут електродинаміки НАН України
yuriy.vasetsky@gmail.com

ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ НА ПЛОСКІЙ ПОВЕРХНІ ПОДІЛУ ДІЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОПРОВІДНОГО СЕРЕДОВИЩ

Метою доповіді є результати аналізу взаємодії неоднорідного тривимірного квазістаціонарного електромагнітного поля з електропровідним середовищем за умови, що межа поділу середовищ є плоскою. Дослідження ґрунтуються на отриманому точному аналітичному розв'язку задачі про поле змінного струму, що протікає замкнутим контуром поблизу електропровідного півпростору. Розв'язок отримано без обмежень на геометрію і орієнтацію контуру, електрофізичні властивості середовища (електропровідність γ і відносну магнітну проникність μ) та частоту поля ω [1–2] і

дозволяє знайти всі характеристики електромагнітного поля в довільній точці діелектричної і електропровідної областей, у тому числі на межі поділу середовищ.

Вирази для поля в діелектричній області значно спрощуються у випадку, коли джерела зовнішнього поля знаходяться від точок спостереження на відстані, що перевищує глибину проникнення $\delta = \sqrt{2/\omega\mu\mu_0\gamma}$. Малим параметром у цьому випадку виступає величина $\varepsilon = \mu\delta/\sqrt{2}r_1$, де r_1 – відстань між точкою спостереження і точкою витоку на дзеркально відбитому від поверхні контурі. Наближені вирази для потенціалів і векторів поля вдається представити у вигляді розкладання по параметру ε в асимптотичні ряди, які обмежені певною кількістю членів N .

Вирази для дотичних до поверхні поділу середовищ комплексних амплітуд напруженостей магнітного $\dot{\mathbf{H}}_{\parallel}$ і електричного $\dot{\mathbf{E}}_{\parallel}$ полів приймають вигляд

$$\dot{\mathbf{H}}_{\parallel}(z=0) = -\sum_{n=0}^{N+1} 2a_{n-1}(\mu) \left(\frac{\mu}{p}\right)^n \left\{ \frac{\partial^{(n)} \dot{\mathbf{H}}_{0\parallel}}{\partial z^n} \right\} \Bigg|_{z=0}, \quad (1)$$

$$\dot{\mathbf{E}}_{\parallel}(z=0) = \varsigma \sum_{n=0}^N 2a_n(\mu) \left(\frac{\mu}{p}\right)^n \left\{ \frac{\partial^{(n)}}{\partial z^n} \mathbf{e}_z \times \dot{\mathbf{H}}_{0\parallel} \right\} \Bigg|_{z=0}, \quad (2)$$

де $\dot{\mathbf{H}}_{0\parallel}$ – дотична компонента напруженості магнітного поля зовнішніх джерел, $p = \sqrt{i\omega\mu\mu_0\gamma}$, $\varsigma = p/\gamma$ – поверхневий імпеданс, $a_n(\mu)$ – коефіцієнти розкладання в степеневий ряд підінтегральної функції [3], i – умовна одиниця, z – координата в напрямку одиничного вектора \mathbf{e}_z , перпендикулярного до поверхні.

Вирази (1) і (2), які є наслідком точного аналітичного розв’язку за умови малості параметра ε , дозволяють визначити електромагнітне поле на межі поділу середовищ, знаючи тільки розподіл поля зовнішніх джерел у поверхні. На відміну від звичайно використовуваних моделей наявність похідних свідчить, що електромагнітне поле на поверхні визначається не тільки значенням поля зовнішніх джерел, воно залежить також від ступеня неоднорідності зовнішнього поля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Васецкий Ю.М., Дзюба К.К. Аналитический метод расчета квазистационарного трехмерного электромагнитного поля тока, протекающего по контуру произвольной конфигурации вблизи электропроводного тела. *Технічна електродинаміка*. 2017. № 5. С. 7–17.
2. Vasetsky Yu.M, Dziuba K.K. Three-Dimensional Quasi-Stationary Electromagnetic Field Generated by Arbitrary Current Contour Near Conducting Body. *Технічна електродинаміка*. 2018. № 1. С. 3–12.
3. Васецкий Ю.М. Трехмерное квазистационарное электромагнитное поле тока, протекающего вблизи электропроводного тела. Киев: Про Формат, 2019. 212 с.

Голодний І.М.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Лісовенко В.А.

студент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

КОМП'ЮТЕРНА ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА АД-160

Для зменшення витрат часу і коштів при визначенні робочих характеристик електромашин доцільно використовувати комп'ютерне моделювання. Зокрема, для дослідження характеристик синхронного генератора АД-160 розроблена комп'ютерна віртуальна модель в системі MatLab.

Модель складається:

- досліджуваний трифазний синхронний генератор Simplified Synchronous із бібліотеки Power System Blockset/Machines;
- вимірювач параметрів стану генератора Machines Measurement із бібліотеки Power System Blockset/Machines;
- трифазне навантаження 3-Phase Load із бібліотеки Power System Blockset/Extras/Three-Phase Library;
- блок RMS.Vs для вимірювання діючого значення напруги на навантаженні;
- блоки Display і Display 1 для кількісного показу виміряних величин;
- блок Scope для спостереження стуму якоря, швидкості і електромагнітної потужності синхронного генератора;
- блок Eo для задавання ЕРС збудження.

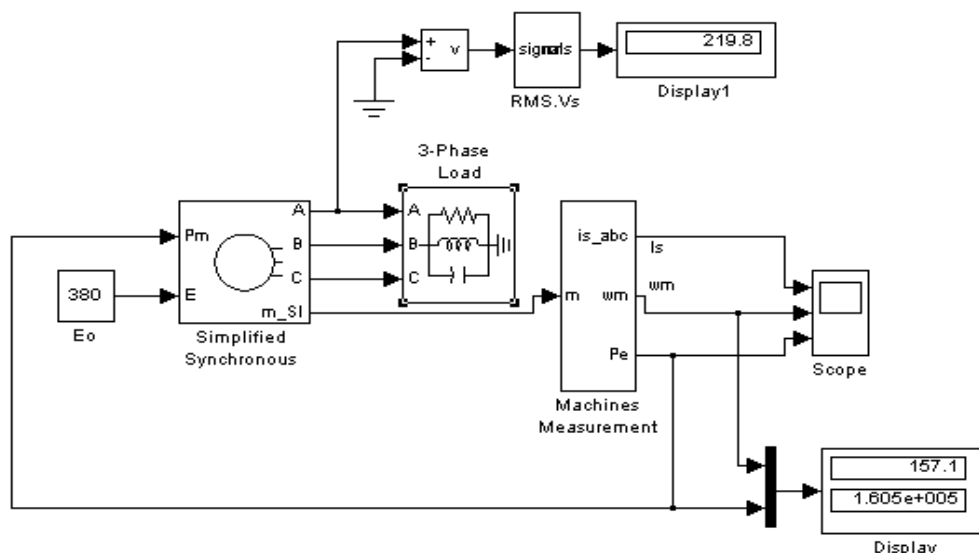


Рис. Комп'ютерна модель для дослідження синхронного генератора

В полях вікна настройки параметрів синхронного генератора послідовно задається:

- схема з'єднання обмоток статора. У меню цього поля можна вибрати з'єднання зіркою без нульового і з нульовим проводом;
- повна потужність, діюча лінійна напруга і частота;

- момент інерції, коефіцієнт демпфірування, кількість пар полюсів;
- активний опір і індуктивність обмотки якоря;
- початкові умови при пуску моделі.

В полях вікна настройки параметрів навантаження вводяться діюча лінійна напруга і частота, які погоджені з напругою і частотою генератора, активна, реактивна (індуктивна і ємнісна) потужності навантаження.

За допомогою моделі синхронного генератора можна визначати зовнішню $U_1=f(I_A)$ та робочі $U_1=f(P_T)$, $\cos\varphi=f(P_T)$, $I_A=f(P_T)$ характеристики генератора. Їх отримують при постійному струмі збудження, коефіцієнті потужності і частоті генератора.

Миттєві значення струмів в фазах якоря генератора, швидкість і потужність генератора спостерігаємо за допомогою осцилографа Scope.

Goncharov E.V.

National technical university "Kharkiv polytechnic institute", Kharkiv, Ukraine

ANALYSIS OF THE MAGNETIC FIELD DISTRIBUTION IN THE ELECTROMAGNETIC FAULT CURRENT LIMITER

The emergence of short-circuit currents in electrical networks causes the destruction of electrical equipment, and protection from this negative phenomenon is a very important task. Various types of electrical power protection and electrical equipment for emergency currents are known: fuses, switches, reactors and various short-circuit current limiting devices. One of the directions of electric power supply protection is the use of electromagnetic fault current limiter (EFCL).

The principle of the operating of an EFCL with a moving anchor shown on Fig. 1 is that under the nominal load current ($I = I_n$), the magnetic induction B_δ in the air gap δ between the core 1 and anchor 2, which is held by the spring 4 is enough small, so the anchor 2 is not drawn to the core.

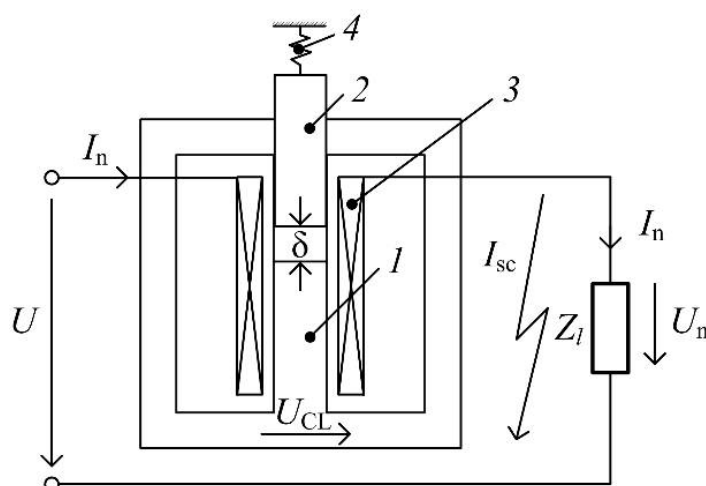


Fig. 1. Electromagnetic SCCL (1 – core; 2 – anchor; 3 – coil; 4 – spring)

At short-circuit current I sharply increases for a short time ($I_{sc} > I_n$), and the tractive force of the anchor at this stage is proportional to the current in the square.

Therefore the anchor is attracted to the core and closes it. The inductive resistance of the current limiter $X_{L_{CL}} = 2\pi fL$ increases many times, which leads to a decrease in current. Due to the magnetic nonlinear properties of the ferromagnetic core the anchor is further stretched.

After disconnecting the power supply to eliminate short-circuit, the electromagnetic current limiter is switched off and the anchor returns to its original position. The presence of a movable anchor is associated with such disadvantage as the additional inertia of electromagnetic fault current limiter. The use of such current limiting device can improve the protection of electric networks and power equipment, which will increase the efficiency of the equipment of protection.

The distribution of the magnetic field affects on the electromagnetic parameters of the winding of the EFCL magnetic system. Thus, it is necessary to determine the influence of the geometry of the magnetic core cross section in the core gap of the EFCL with the winding on the distribution of the magnetic field. For the analysis, a magnetic system with an armored magnetic coil with a winding and air gap $\delta=8$ mm is considered. Number of turns of the copper winding $w=200$, magnetic core is of Steel 1511, current in the winding $I=6$ A.

The calculation of the distribution of the magnetic field of an EFCL is carried out using the finite element method in the FEMM mathematical package, satisfying the Maxwell equation through the vector potential [1]:

$$\begin{cases} \text{rot } H = J; \\ \text{div } B = 0; \\ B = \mu H. \end{cases}$$

The figure shows the magnetic field distribution of the plane section of the middle rod of the magnetic circuit (fig. 2, *a*), as well as for the case of the oblique section of the plates of the middle rod (fig. 2, *b*).

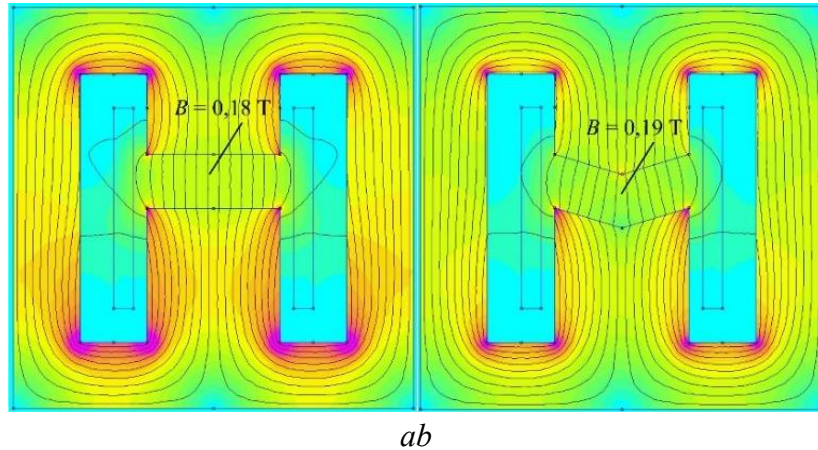


Fig. 2. Distribution of the magnetic field of an EFCL magnetic system
(*a* – flat section of the rod; *b* – oblique section of the rod)

From the analysis of the magnetic field distribution it follows that for the oblique section of the plates of the rod of the EFCL magnetic core, the mean value of the induction of magnetic flux is more than 5%, than for a plane cross section. Coil inductance: $L = \Psi / I$, where Ψ is the flux linkage; I – current in the winding. The inductance of the winding of an EFCL is for the first variant $L = 6,8$ mH and in 3 % more for the second variant of the magnetic core rod cross section.

According to the results of the analysis, it is determined that the magnitude of the magnetic flux in a magnetic circuit of an EFCL with a oblique section of the plates of the core in the gap is slightly higher, and therefore the voltage drop on the winding will be larger.

REFERENCES

1. *David Meeker* Finite Element Method Magnetics Version 4.2: User's Manual. – 2006. – 155 p.

Коробський В.В.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

kor.vladlen.2002@gmail.com

Солнишкін С.В.

студент магістратури

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

РАНЖУВАННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА АПАРАТИ КЕРУВАННЯ І ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК АПК

Мета дослідження – провести класифікацію факторів впливу на електричний апарат та визначити найбільш значущі експлуатаційні фактори, які впливають на параметри надійності електромагнітного пускача (комутаційну зносостійкість, надійність контактування, стійкість проти зварювання), що забезпечить пошук і розробку пускачів, які б мали підвищені показники надійності $P(t)$, $T_{\text{слу}}$, за рахунок деякого зниження показників $T_{\text{рук}}$, $T_{\text{к}}$, $T_{\text{м}}$.

Результати дослідження. При аналізі фундаментальних праць з надійності (автори Бруєвич Н.Г., Сифоров В.І., Гнеденко В.Б., Базовський І., Дружинін Г.В., Шор Я.Б.) можна простежити дві основні тенденції дослідження надійності систем і апаратів. Перша тенденція базується на вивченні статистичних, суцільно ймовірністичних характеристик закономірностей появи несправностей і відмов при експлуатації або під час спеціальних досліджень. Друга тенденція ґрунтується на вивченні детерміністичного підходу до фізичної теорії надійності апаратів і встановлює закономірності протікання фізико-хімічних процесів в них, зв'язок механіко-фізичних параметрів, умов експлуатації, навантаження з показниками надійності за результатами досліджень і вивчення механізмів відмов. Вивчення надійності електричних контактів комутаційних апаратів є предметом досліджень багатьох авторів. Особливо плідно над цією проблемою працював Сотсков Б.С., який акцентував увагу на визначенні показників надійності електричних контактів.

Проблеми і аспекти фізичної природи зношування, процесу старіння електричних комутаційних апаратів та вплив окремих факторів на їх працездатність, особливо слаботочних контактів розвинули Декабрун І.Е., Штремберг Т.К., Кузнецов Р.С.

Як відомо з багатьох джерел, в яких розглядаються електричні апарати та питання їх надійності, найбільша кількість відмов низьковольтної апаратури спостерігається в комутуючих пристроях (контактній системі) — 60%, в механізмі керування (електромагнітних котушках) — 27%...20%, в механічній системі — 13%...20%.

Класифікацію незначимих і значимих факторів впливу здійснено методом рангової кореляції із застосуванням коефіцієнта конкордації w (по Кендалу), значущість якого оцінювалася за критерієм χ^2 . Визначення середніх і екстремальних значень факторів впливу проводиться на основі аналізу експлуатаційних даних за допомогою методів математичної статистики.

ВИСНОВКИ

1. Фактори, які впливають на показник надійності окремо і на працездатність контактної системи пускача в цілому можна розділити на три основні групи: головні, суттєві і несуттєві.

2. Застосований метод апіорної рангової кореляції факторів впливу на параметри надійності пускача дозволяє при відпрацюванні методики дослідження пускачів виділити фактори впливу: силу струму (для комутаційної зносостійкості сума рангів - 15), наявність агресивного середовища (для надійності контактування сума рангів — 25) і силу струму та матеріал контактів (для стійкості проти зварювання, сума рангів — 15, 28) як головні фактори, що визначають надійність електромагнітних пускачів.

3. Результати ранжування дають підстави цілеспрямованості пошук і розробку пускачів, які б мали підвищені показники надійності $P(t)$, $T_{\text{слз}}$, за рахунок деякого зниження показників $T_{\text{рук}}$, $T_{\text{к}}$, $T_{\text{м}}$.

Мелконова І.В.

старший викладач

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Сєверодонецьк, Україна

ВПЛИВ ВИСОТИ ПОСТІЙНИХ МАГНІТІВ НА РОЗПОДІЛ МАГНІТНОГО ПОЛЯ В ДИСКОВОМУ МАГНІТНОМУ СЕПАРАТОРІ

В даний час високоенергетичні спечені магніти Nd-Fe-B можна розглядати як найбільш перспективні для використання в магнітосепаруючих пристроях [1–2]. Однак з використанням магнітів Nd-Fe-B, які є досить дорогими, виникає проблема про співвідношення ціни магнітної системи і сили вилучення. Це, в свою чергу, приводить до необхідності розв'язання задачі щодо вдосконалення конструктивних параметрів сепаруючих пристроїв. Одним із способів підвищення сили вилучення феромагнітних частинок є збільшення висоти магнітів, що використовуються в магнітній системі сепаратора.

Для перевірки цього твердження було проведено дослідження дискового сепаратора з магнітною системою спірального типу (рис. 1) чисельним методом скінченних елементів за допомогою програмного комплексу Comsol Multiphysics 3.5a [3].

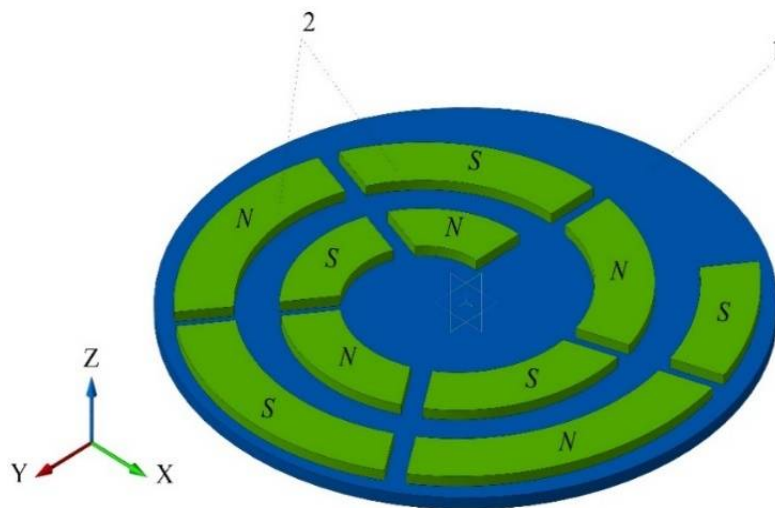


Рис. 1. Магнітна система дискового сепаратора:
1 – феромагнітний диск; 2 – постійні магніти

При дослідженні було обрано 16 моделей дискового магнітного сепаратора на постійних магнітах Nd-Fe-B, які відрізнялися лише висотою магнітів h_m , що змінювалася з рівномірним шагом у діапазоні (6,25...100) мм. Ефективність досліджуваних моделей оцінювалася за значеннями магнітної індукції B в двох характерних точках – 7 або 9 (точки розташовані симетрично) та 8 (рис. 2) на відстані $Z=0...66$ мм від поверхні магнітів (повітряний проміжок $\delta=12,5$ мм).

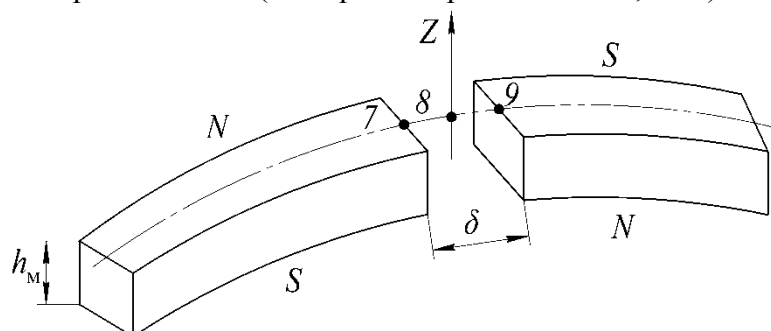


Рис. 2. Розташування характерних точок

В результаті дослідження була отримана залежність індукції B в характерних точках від висоти магнітів h_m (рис. 3). Як видно з рис. 3, а, магнітна індукція B зростає зі збільшенням висоти постійного магніту. Так, порівнюючи отримані значення максимальної магнітної індукції $B=0,38$ Тл при $h_m=6,25$ мм та максимальної $B=0,85$ Тл, при $h_m=100$ в точці 8 на поверхні магнітів, можна побачити, що різниця між максимальним та мінімальним значенням магнітної індукції становить 44,7 %, що доводить необхідність збільшення висоти постійних магнітів при проектуванні магнітних сепараторів.

При збільшенні висоти h_m магніту з 6,25 мм до 37,5 мм спостерігається суттєве зростання магнітної індукції на поверхні магнітів. При висоті магніту $h_m=37,5$ мм магнітна індукція приймає максимальне значення ($B_{max}=0,96$ Тл на поверхні магніту в точках 7 та 9). При подальшому збільшенні висоти магніту h_m від 37,5 мм до 100 мм магнітна індукція B залишається практично незмінною.

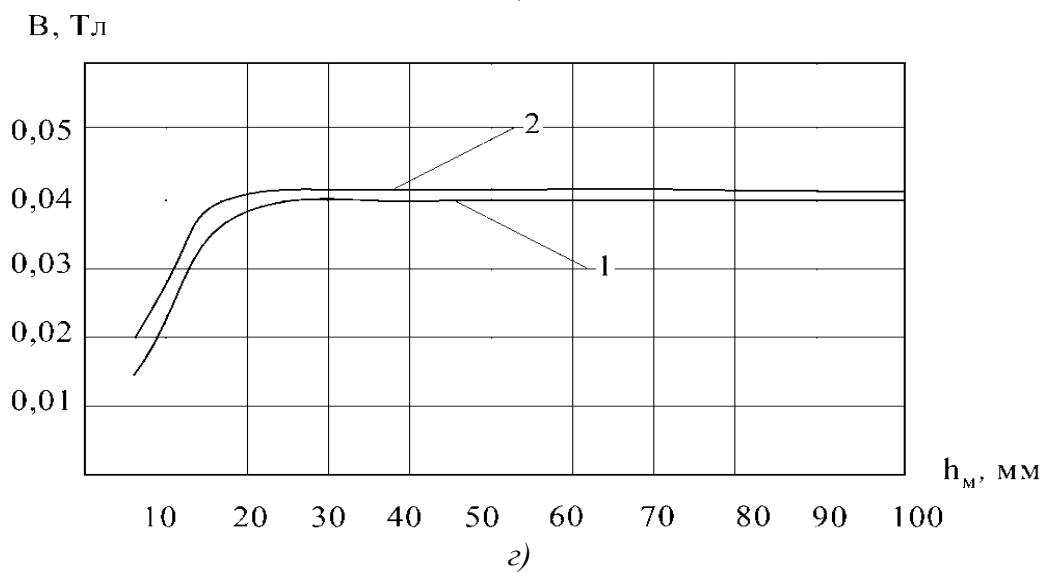
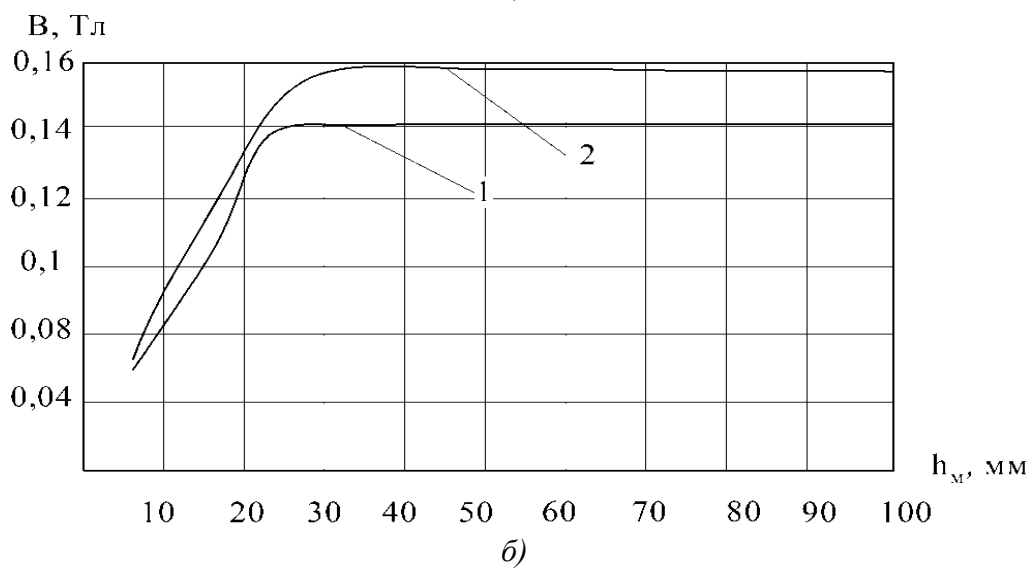
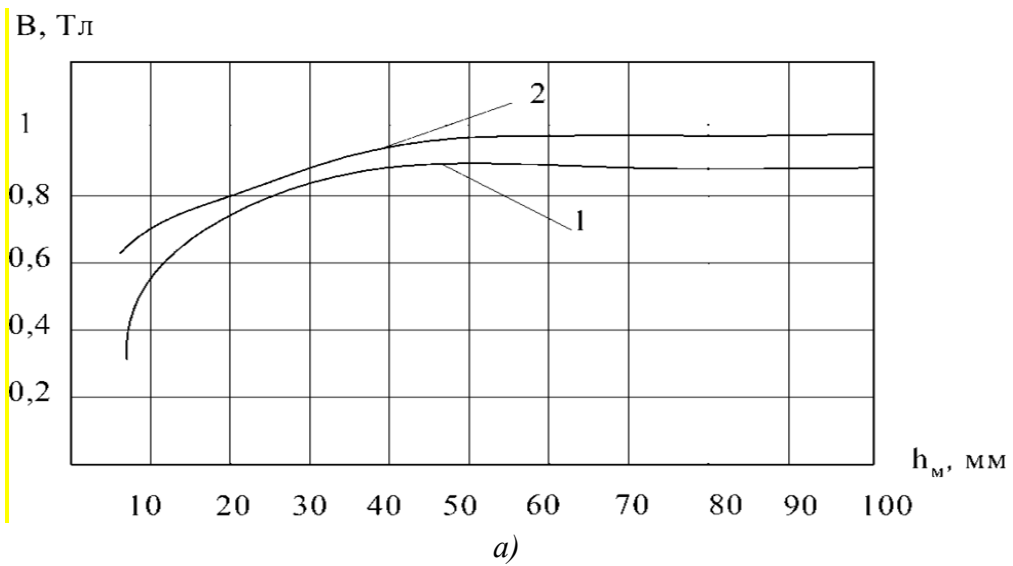


Рис. 3. Магнітна індукція в характерних точках 8 (крива 1) та 7 (крива 2): а – на поверхні магніту; б – на відстані 33 мм; г – на відстані 66 мм

Розрахунок магнітних полів на відстані 33 мм та 66 мм (рис. 3, б та рис. 3, г) від поверхні магнітів показав, що магнітна індукція в точках 7–9 приймає максимальне значення при висоті магнітів $h_m=25$ мм та далі не зростає. Так, для точок 7, 9 на відстані 33 мм – $B_{max}=0,15$ Тл, на відстані 66 мм – $B_{max}=0,042$ Тл. Для точки 8 на відстані 33 мм – $B_{max}=0,14$ Тл, на відстані 66 мм – $B_{max}=0,04$ Тл.

Виходячи з проведених досліджень, можна зробити висновок, що збільшення висоти магнітів призводить до збільшення магнітної індукції, але до певної межі. На поверхні магнітів магнітна індукція залишається незмінною при висоті магнітів h_m , що перевищує 37,5 мм. На відстані 33–66 мм магнітна індукція залишається незмінною при висоті магнітів h_m , що перевищує 25 мм. Тому при проектуванні магнітних сепараторів на постійних магнітах необхідно враховувати цей фактор.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Yufeng L., Fengtao Y. Research progress and development trend of permanent magnetic separators in China and abroad // Proceedings of 3rd International Conference on Vehicle, Mechanical and Electrical Engineering (ICMVEE 2016). – U.S.A., 2016. doi: 10.12783/dtetr/icvmee2016/4873-359. doi: 10.1016/j.mineng.2014.10.009.
2. Магнітна система з постійними магнітами для локалізації магнітних наночастинок у заданій області біологічних середовищ / Карлов О. М., Кондратенко І. П., Кришук Р. С, Ращепкін А. П. // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. 2014. Т 4. № 28. С. 79–85.
3. COMSOL Multiphysics, version 3.5a. AC/DC Module Reference Guide. – www.comsol.com.

Сорокін Д.С.

кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Бухштаб О.П.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ДВИГУНА СЕРЕДНЬОЇ ПОТУЖНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ

Електричні машини, в тому числі і асинхронні двигуни, прийнято розділяти по потужності на три групи: великої, середньої і малої потужності. У загальному випадку представники різних груп, крім потужності, відрізняються також конструктивними, функціональними, експлуатаційними та іншими особливостями. Розподіл на три групи є умовним і не має чітких меж але верхня межа потужності асинхронних мікромашин зазвичай не перевищує 2 кВт.

Асинхронні мікродвигуни з короткозамкненим ротором, як трифазні, так і однофазні, є найпоширенішими типами двигунів змінного струму. Вони застосовуються для приводу величезного числа механізмів в промисловості, сільському господарстві, в системах автоматики і в електроприводах побутової техніки.

Асинхронні мікродвигуни мають ряд переваг порівняно з іншими типами машин, зокрема з колекторними:

- 1) простота конструкції і низька вартість виробництва;

- 2) відсутність джерела радіоперешкод;
- 3) мала галасливість двигуна;
- 4) простота і надійність в експлуатації.

До недоліків асинхронних двигунів слід віднести відносно погані регульовальні характеристики.

Однак цей недолік відноситься лише до машин нормального виконання з короткозамкненим ротором.

Дана робота присвячена питанням проектування асинхронних двигунів малої потужності з короткозамкнутим і масивним роторами, а також методам дослідження і визначення їх параметрів і характеристик.

Мета роботи: Дослідити роботу електричних двигунів середньої потужності різних конструкцій в різних режимах роботи з використанням перетворювачів частоти.

Відповідно до мети були сформульовані задачі:

1. Провести аналіз літературних джерел на предмет проектування та дослідження роботи двигунів малої та середньої потужності
2. Виконати аналіз методик проектування електричних двигунів малої та середньої потужності
3. Провести дослідження параметрів частотних перетворювачів.
4. Зробити дослідження втрат та ККД роботи електричного двигуна з частотним перетворювачем.
5. Розробити схеми керування електричним двигуном середньої потужності при різних режимах роботи.
6. Провести експериментальні дослідження для підтвердження правильності основних положень роботи.

В роботі проведено аналіз методів проектування електричних двигунів середньої потужності різної конструкції, досліджено принципи роботи частотних перетворювачів. Виявлені основні закони керування електричними двигунами за допомогою частотних перетворювачів.

В ході роботи розробляються програми для керування електричними двигунами. Будуть проведені експериментальні дослідження на базі лабораторії керованого електроприводу

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Проектирование электрических машин: учебник для вузов / под ред. И.П. Копылова. – 4-е изд., перер. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 767 с. – (Основы наук).
2. Галиновский А.М., Бобер В.А., Давыдов А.Н., Вишневский А.С. Совершенствование методики расчета рабочих и пусковых характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Проблемы энергоресурсосбережения в электромеханических системах. Наука, освіта, практика. Наукове видання. Кременчук: КНУ, 2011, – Вип. 1/2011 (1), – с. 276-277.

Радько І.П.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

Наливайко В.А.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

Окушко О.В.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

oaleks@ukr.net

Міщенко А.В.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

Антіпов Є.О.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ НУБІП УКРАЇНИ

Енергозбереження як засіб енергоефективності це процес внаслідок якого зменшується потреба у використанні різних видів енергії, тобто споживається тільки та частина енергії (електрична або теплова), що необхідна для створення оптимальних умов праці людини. Це призводить до необхідності її заощадження і, як наслідок, до забезпечення максимальної ефективності при її використанні. Проблема енергозбереження тісно пов'язана з питаннями технічної та структурної перебудови будь-якого господарчого суб'єкта в цілому.

В останні роки НУБіП України зіткнувся із загостренням проблем енергопостачання, що викликано недостатнім бюджетним фінансуванням та їх низькою енергоефективністю, як споживачів енергоресурсів і енергоносіїв. Ця проблема, в першу чергу, постала в наслідок того, що на території університету є велика кількість навчальних і житлових будівель і зумовлена, в першу чергу, факторами на які ще в недалекому минулому не звертали уваги, а саме дешевизною енергоресурсів та відсутністю дієвих стимулів до енергоощадності.

Метою роботи є підвищення енергоефективності будівель НУБіП України та зменшення витрат різних видів енергоносіїв.

Результати досліджень. Враховуючи загострення відповідної проблеми, фахівцями ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження НУБіП України були визначені і розроблені певні заходи для зменшення споживання енергоносіїв, які полягають в структурно-технологічній перебудові господарчої частини університету, що сприятиме підвищенню енергоефективності використання енергоносіїв.

Основними стратегічними напрямками підвищення енергоефективності та реалізації потенціалу енергозбереження в НУБіП України були визначені, в першу чергу, організаційно-технічні заходи, що пов'язані в основному з підвищенням якості технічного обслуговування електротехнічного обладнання і його своєчасного ремонту, пошуку сучасних методів і режимів його експлуатації, розробці ефективних інструментів моніторингу і управління споживання енергетичними ресурсами в університеті, а також пошуку механізмів стимулювання заходів з підвищення енергоефективності і енергозбереження. На основі цих рекомендацій в НУБіП України

була розроблена відповідна Програма з енергозбереження, що дозволило підвищити рівень енергоефективності.

Деяка робота в цьому напрямі була зроблена. Так, наприклад, відбулося утеплення конструкцій будівель теплоізолюючими матеріалами та встановлення у навчальних корпусах і гуртожитках тепловодолічильників відбувається оснащення теплових пунктів вузлами регулювання витрат теплоносія з програмним обмеженням тепло споживання у нічний час і у вихідні (святкові) дні.

ВИСНОВКИ

1. Першими результатами дії Програми було зменшення споживання енергоресурсів університету після початку дії Програми з енергозбереження до 30 %, і це не є межею.

2. Отримана економія енергоресурсів дала можливість зменшити платежі за спожиту теплову енергію і зменшити фінансовий тиск зі сторони держави на університет, що пов'язано з недостатнім фінансуванням та збільшенням тарифів на енергоносії.

Заблудський М.М.

доктор технічних наук, професор кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Радько І.П.

кандидати технічних наук, доцент кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Наливайко В.А.

кандидати технічних наук, доцент кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій

Національний університет біоресурсів і природокористування України

nva041@ukr.net

Окушко О.В.

кандидати технічних наук, доцент кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕЛЕКТИВНОСТІ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСТУ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ НАПРУГОЮ ДО 1000 В

Обґрунтування параметрів пристроїв захисту від коротких замикань в електричних мережах напругою до 1000 В залежить від достовірних значень струмів однофазних та трифазних коротких замикань. При виборі апаратів захисту необхідно також забезпечувати селективність захисту. Автоматичні вимикачі з номінальним струмом до 300 А, як апарати які найчастіше використовуються для влаштування захисту від коротких замикань, відзначаються однаковим часом вимикання (0,05 с), оскільки не мають регульованої затримки часу вимикання. На практиці це призводить до того, що спрацьовує не тільки найближчий до місця короткого замикання автоматичний вимикач, але і декілька інших апаратів в цій лінії. Це призводить до порушення роботи технологічного обладнання.

Метою роботи є підвищення експлуатаційної надійності електрообладнання.

Результати досліджень. Науково обґрунтованої селективності захисту низьковольтних мереж можна досягти за рахунок правильного підбору уставок автоматичних вимикачів різних рівнів при врахуванні точних значень струмів коротких замикань. Складність розрахунків полягає в тому, що не завжди є достовірні дані про характеристики мережі, до якої має бути приєднаний новий енергетичний об'єкт.

Для усунення вказаного недоліку пропонується частину мережі 0,4 кВ розглядати як активний чотириполюсник. Для подальших розрахунків необхідно знати напругу на зажимах чотириполюсника та внутрішній повний опір. Ці характеристики можна отримати при експериментальному вимірюванні струмів однофазного короткого замикання.

Відповідно до ПУЕ-2017 кожна групова лінія повинна мати захист від коротких замикань. Миттєве відключення (відсічку) лінії при виникненні коротких замикань забезпечує електромагнітний розчіплювач автоматичного вимикача. Надійне вимикання при цьому можливе, якщо струм однофазного короткого замикання буде не нижчим уставки струму миттєвого спрацювання, помноженої на коефіцієнт, що враховує розпад (за заводськими даними) і на коефіцієнт запасу 1,1.

Струм однофазного короткого замикання визначається за наближеною формулою:

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{U_{4p}}{z_{4p} + z_n}, \quad (1)$$

де U_{4p} – значення напруги в місці приєднання, В;

z_4 – виміряне значення повного опору петлі «фаза–нуль» в місці приєднання (внутрішній опір чотириполюсника), Ом;

z_n – розрахункове значення комплексу опору петлі фазний провід – нульовий провід, Ом.

Вимірювання значення повного опору петлі «фаза–нуль» рекомендується за допомогою вимірювача ЦК 0220, який визначає активну і реактивну складові повного електричного опору кола «фаза–нуль» та кут зсуву фаз між напругою і струмом. Оскільки даний вимірювач використовує достатньо малий обмежувальний опір, то вимірювання проводяться в максимально наближеному до режиму реального короткого замикання.

Розрахункове значення опору петлі «фаза–нуль» визначається як сума наступних опорів:

$$z_n = \sqrt{(\sum R_n)^2 + (\sum X_n)^2}, \quad (2)$$

де $\sum R_n$ – сума активних опорів окремих елементів петлі, Ом;

$\sum X_n$ – сума реактивних опорів окремих елементів петлі, Ом.

Висновки. Таким чином, поєднавши експериментальні та розрахункові дані можна визначити очікувані струми коротких замикань з найменшою похибкою. При використанні даної методики можна підібрати автоматичні вимикачі з різною кратністю відсічки таким чином, щоб при виникненні локальних коротких замикань спрацьовував тільки один груповий автоматичний вимикач. При близьких значеннях очікуваних струмів коротких замикань на різних рівнях доцільно замість загальних автоматичних вимикачів встановлювати рубильники в модульному виконанні.

Коробський В.В.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

kor.vladlen.2002@gmail.com

Мрачковський А.М.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНТАКТНИХ МАТЕРІАЛІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПУСКАЧІВ, ЩО НАНЕСЕНІ ГАЗОПЛАЗМОВИМ МЕТОДОМ

Мета дослідження — дослідити залежності фізико-механічних властивостей поверхні контактування (перенесеного матеріалу) нанесеного газоплазмовим напилюванням при погодженні часових параметрів технологічного процесу відновлення, які б дозволили підвищити ефективність і експлуатаційну надійність комутаційних апаратів завдяки застосуванню в них економічно доцільних композиційних контактних матеріалів на основі міді та срібла.

Результати дослідження. Виявлено закономірності фізико-механічних процесів, які відбуваються при напилюванні поверхні відновлених контактних вузлів електромагнітних пускачів; досліджено залежності якості та товщини покриття, а також кількості перенесеного матеріалу від електричних характеристик технологічного процесу газоплазмового напилювання. Встановлені закономірності формування покриття з високими механічними властивостями на контакт-деталях.

Для відновлення робочого шару контактів електромагнітних пускачів ПМЛ-1200.04 пропонуються дослідні контактні матеріали на основі міді та срібла. Для порівняння фізико-механічних властивостей були взяті матеріали: мідь, латунь, алюміній, матеріал СОК15. Визначалися в процесі дослідження наступні фізико-механічні властивості: твердість при комутаційних випробуваннях, густина напилених матеріалів, пористість газоплазмового покриття, міцність на втому напилених матеріалів, визначення товщини покриттів. Природно, що всі наведені фізико-механічні властивості напиленого матеріалу обумовлюються технологічними параметрами режиму напилювання, які суттєво впливають на радіус розсіювання матеріалу, який залежить від конструкції плазмотрону (діаметру аноду, способу газової стабілізації тощо) та режиму напилювання (електричної потужності, складу і витрати плазмоутворюючого газу, відстані напилювання). Як правило, його значення знаходиться в діапазоні 4–8 мм. Нанесення покриття на задану площу відбувалося за рахунок лінійного переміщення плазмотрону в поєднанні або з поперечним зміщенням плазмотрону або контакт-деталі.

Специфічний механізм утворення покриттів з напилених матеріалів і складність виготовлення експериментальних зразків визначили необхідність проведення спеціальних досліджень властивостей напилених покриттів: міцності при розтягуванні і стисканні, пружних характеристик напруженого стану, теплового розширення і теплопровідності та комутаційної зносостійкості відновлених контактів.

ВИСНОВКИ

1. Газотермічне напилювання дає можливість наносити працездатні покриття практично будь-якої необхідної товщини (0,01–10 мм). Процес напилювання при

нормальних умовах і режимах можна проводити з нагріванням контактів до температури не більше 100°C.

2. Не дивлячись на низькі механічні властивості напилених покриттів, їх міцність при сумісній роботі достатня, щоб відновлені контакти пускачів витримали комутаційний ресурс в 300 тис. циклів комутації.

3. Для газоплазмового напилювання створені композиційні контактні матеріали, що виготовляється методами порошкової металургії наступного складу: 85%Cu+10%Mo+2%MoO₃+1%C+2%Ni та 94,5%Ag+2,0%Co₂O₃+2,0%C++1,5%Y₂O₃.

Бойко В.В.

к.ф.-м.н., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Чорний В.П.

к.ф.-м.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Неділько С.Г.

д.ф.-м.н., старший науковий співробітник

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

Теребіленко К.В.

к.х.н., доцент

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

Слободяник М.С.

д.х.н., професор

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ Ві-ВМІСНОЇ СКЛОКЕРАМІКИ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В БІЛИХ СВІТЛОДІОДАХ

Світлодіодні лампи є одними із найбільш ефективних джерел випромінювання, з погляду перетворення електроенергії в світло. Серед таких ламп для зовнішнього та внутрішньо-будинкового освітлення, найбільшу увагу привертають ті, що складаються із «білих» світлодіодів – пристроїв, випромінювання яких сприймається оком спостерігача як біле світло. В таких пристроях, як правило, синє або УФ світло генерується з р-п переходу напівпровідникового діода, а далі – люмінофор (Y₃Al₅O₁₂:Ce³⁺, Y₂O₃:Eu³⁺, Y₂O₂S:Eu³⁺ або YVO₄:Eu³⁺) перетворює частину цього світла в жовте або червоне випромінювання. Один із недоліків таких білих світлодіодів пов'язаний з матеріалом за допомогою якого люмінофор наносять на чип. Зазвичай це полімер, типу силікону, який, за тривалої дії високих температур та потужних світлових потоків, зазнає погіршення оптичних властивостей: зростання поглинання в жовтій спектральній області, погіршення кольорових характеристик випромінювання і, як наслідок, зменшення енергетичної ефективності світлодіода. Заміна полімерної матриці на скляну або склокерамічну має усунути зазначений недолік.

В цій роботі представлено результати досліджень морфології та оптичних властивостей ряду зразків Ві-вмісних молібдатних склокерамік. Зразки були охарактеризовані методами скануючої електронної мікроскопії, UV-Vis та люмінесцентної спектроскопії. Виходячи зі зв'язку між поглинанням та відбиванням, що описується формулою Кубелки-Мунка, було зроблено висновок про суттєве поглинання світла зразками склокерамік в області довжин хвиль, коротших 415 нм. Всі

досліджувані зразки склокерамік виявляють широкосмугову фотолюмінесценцію в видимій спектральній області при збудженні на 405 нм при кімнатній температурі. Дві смуги фотолюмінесценції притаманні всім зразкам та мають максимуми при 580 та 650 нм. Смуга в синій області з максимумом близько 450 нм чітко спостерігається для зразків з фосфором. Смуги в синій та зеленій спектральних ділянках віднесено до свічення центрів на основі іонів Bi^{3+} в кисневому оточенні, а смуга в червоній ділянці, ймовірно, пов'язана із випромінюванням центрів фотолюмінесценції на основі молібдатних груп. Оптичні властивості досліджених склокерамік, за винятком зразка з ванадієм, вказують на перспективи їх застосування в світлодіодах білого світла. Подальше покращення оптичних характеристик може бути здійснене шляхом збільшення вмісту лужного металу та фосфору в розплаві.

Чорний В.П.

к.ф.-м.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Бойко В.В.

к.ф.-м.н., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Неділько С.Г.

д.ф.-м.н., старший науковий співробітник

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

Теребіленко К.В.

к.х.н., доцент

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

Слободяник М.С.

д.х.н., професор

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

СТРУКТУРА ТА ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЧЕРВОНИХ ЛЮМІНОФОРІВ $\text{K}_2\text{Sc}_2(\text{MoO}_4)(\text{PO}_4)_2:\text{xEu}$

Сполуки зі структурою лангбейніту привертають значну увагу дослідників у зв'язку із гарними оптичними властивостями та перспективами застосування в світлодіодах, біомедичній діагностиці, оптичному зв'язку та в сенсорах. Легування таких фосфатів іонами рідкісноземельних елементів (РЗЕ) дозволяє одержати матеріали з інтенсивною фотолюмінесценцією. Гарні люмінесцентні властивості іонів РЗЕ в цих матрицях пов'язані з особливостями структури лангбейнітів.

В цій роботі представлено результати синтезу серії сполук $\text{K}_2\text{Sc}_2(\text{MoO}_4)(\text{PO}_4)_2:\text{xEu}$ ($\text{x}=0.1\text{--}1.0$ мол. %), які містять змішані тетраедри $(\text{P/Mo})\text{O}_4$. Зразки серії було охарактеризовано методами рентгенівської дифракції на порошках, скануючої електронної мікроскопії та люмінесцентної спектроскопії. Показано вплив легування іонами європію на фазовий склад, морфологію, кристалічну структуру та люмінесцентні властивості матриці.

Встановлено, що при концентрації домішки у розмірі 0,8 мол. % та вище утворюється додаткова кристалічна фаза – ScPO_4 . Зразки складаються переважно з сферичних окремих частинок розміром 3–7 мкм при низьких концентраціях домішки. При збільшенні вмісту європію до 1,0 мол. % формуються агрегати за рахунок «склеювання» окремих частинок. Як показали результати спектроскопії дифузного

відбивання, для всіх концентрацій легуючої домішки ширина забороненої зони матеріалу лежить в межах 3,73–3,81 еВ. Розрахунок електронної зонної будови ідеальних кристалів $K_2Sc_2(MoO_4)(PO_4)_2$ показав, що стеля валентної зони формується станами оксигенів, які належать фосфатним групам, в той час як дно зони провідності утворено спільно станами скандію та молібдену.

Всі досліджувані зразки мають інтенсивну червону фотолюмінесценцію при її збудженні як в області зона-зонних переходів в матриці, так і в смугах внутрішніх $f-f$ переходів в іонах європію. Люмінесцентні характеристики (спектри фотолюмінесценції та її збудження, їх інтенсивність, кінетика загасання) вказують на формування двох центрів випромінювання. Один із них пов'язаний із іонами європію на позиціях калію в регулярній кристалічній ґратці, а інший – з іонами європію на позиціях скандію. Залежності характеристик фотолюмінесценції від концентрації домішки вказують на те, що іони європію є основою зазначених центрів, а оксиген та молібден є складовими, які модифікують люмінесцентні характеристики. Розраховані колірні характеристики випромінювання зразків серії вказують на перспективність застосування $K_2Sc_2(MoO_4)(PO_4)_2:0,8Eu$ як червоного люмінофора в світлодіодах.

Сорокін Д.С.

кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Овсянко Я.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ПРИСТРІЙ ЛОКАЛЬНОГО ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВУ

Індукційний нагрів – це процес технологічної обробки металу під впливом високих температур. У виробництві індукційний нагрів використовується для зварювання, плавлення, пайки високої частоти, гасіння, кування, деформації та термічної обробки [3]. Сучасні металообробні компанії використовують індукційний опалення, оскільки він має багато переваг перед іншими методами обігріву об'єктів, серед яких бажано звернути увагу на високу швидкість роботи, енергоефективність приладів, а також автоматизований контроль робочого процесу [2].

Метою даної роботи є дослідження пристрою локального високочастотного індукційного нагріву з дослідженням режимів роботи.

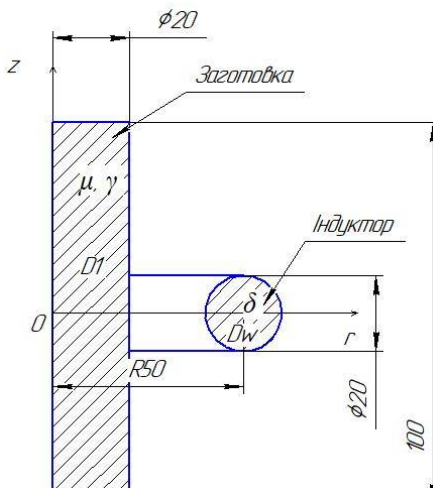


Рис. 1. Переріз пристрою індукційного нагріву

Розрахунок проводився у програмному комплексі ComsolMultiphysics 3.5a [1].

Максимальне значення вихрових струмів спостерігається навпроти індуктора. Глибина проникнення вихрових струмів зменшується зі збільшенням частоти.

На рис. 2 наведено графік залежності глибини проникнення вихрових струмів (мм) від частоти (Гц).

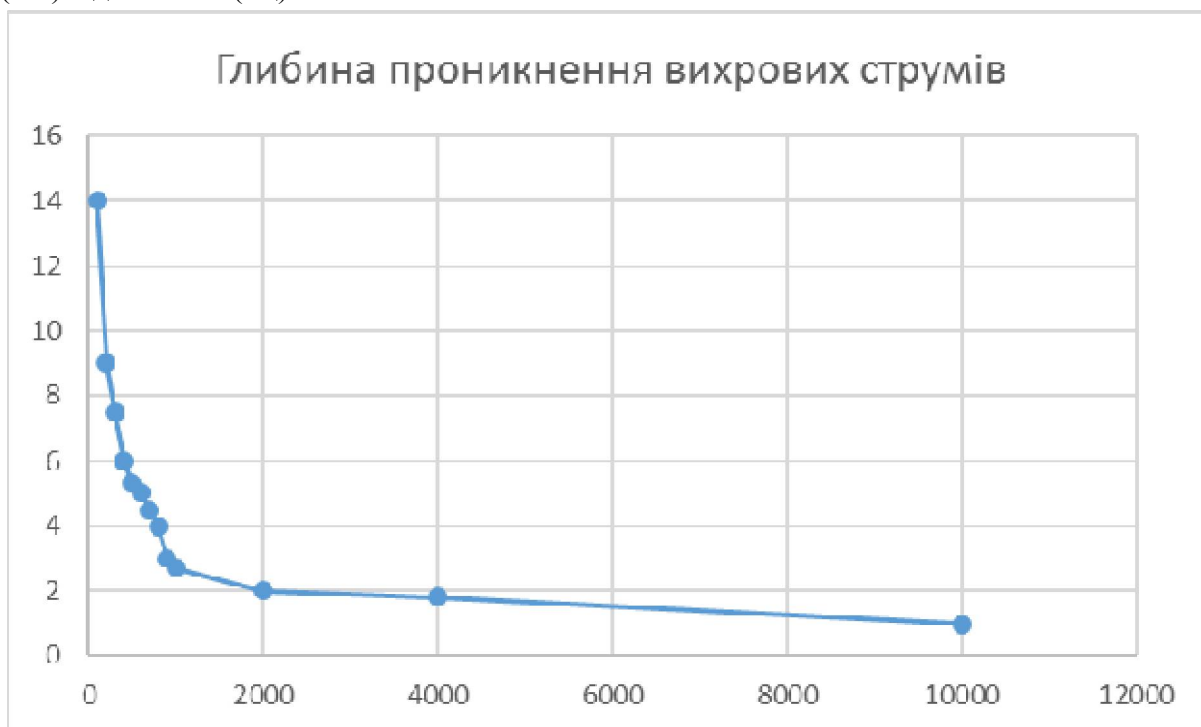


Рис. 2. Глибина проникнення вихрових струмів у заготовку (мм)

Задача моделювання процесу індукційного нагріву для отримання інформації про необхідні температури в заданих зонах нагрівання заготовки з, як об'єкта управління є складним завданням. Створення індукційного нагрівача що задовольняє всім технологічним вимогам, неможливо без попередніх досліджень на основі математичної моделі, яка досить повно і точно відображає процес індукційного нагріву.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Математическое моделирование нестационарных электро-механических процессов в коаксиально-линейном двигателе с массивным магнитопроводом / А. В. Жильцов, И. П. Кондратенко, А. П. Ращепкин, Д. С. Сорокин // *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. – 2010. – №14. – С. 124–127.
2. Гордиенко А. И. Новые направления развития технологий и оборудования индукционного нагрева / А. И. Гордиенко, А. И. Михлюк, И. И. Вегера. // *Весті Нацыянальнай Акадэміі Навук Беларусі № 1 2016 Серыя фізіка-тэхнічных навук*. – 2016. – №1. – с. 5–13.
3. Моделирование индукционных нагревателей с учетом особенностей работы тиристорного преобразователя частоты с параллельным инвертором / [В. Б. Демидович, Е. А. Григорьев, Ф. В. Чмиленко та ін.]. // *Электричество*. – 2013. – №10. – с. 52–59.

Алмазова О.Б.

старший викладач

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

Лисиченко М.Л.

доктор технічних наук, професор

Харківський національний технічний університет сільського господарства

імени Петра Василенко, м. Харків, Україна

КОГЕРЕНТНЕ ТА МОНОХРОМАТИЧНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ ЗМІНЮЮТЬ ЧАС ГЕМОЛІЗУ ЕРИТРОЦИТІВ, А ТАКОЖ ШВИДКІСТЬ ЗУСТРІЧНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ ІОНІВ КРІЗЬ ЕРИТРОЦИТАРНУ МЕМБРАНУ

Досліджували еритроцити донорської крові людини методом хімічних (кислотних) еритрограмм, що визначають якісний склад крові. Принцип методу дослідження розподілу еритроцитів за їх кислотною стійкістю полягає в фотоелектричній реєстрації зменшення кількості еритроцитів в процесі гемолізу, що розвивається під дією розчину соляної кислоти в стабільних умовах [7]. Кінетика гемолізу досліджувалася фотоелектричним колориметром типу КФК-2. Знімалася залежність оптичної густини D від часу t . Отримана крива - статистична диференціальна функція розподілу еритроцитів за кислотною стійкістю - кислотна еритрограмма [2, 8].

Були виконані вимірювання кислотних еритрограмм для неопроміненої крові і для крові 5 донорів, що опромінена за допомогою лазера ($\lambda=640$ нм) та за допомогою світловипромінювальних діодів: «жовтого» ($\lambda=592$ нм); «фіолетового» ($\lambda=400$ нм); «зеленого» ($\lambda=525$ нм) (експозиції 15 і 30 хвилин). Для узагальнення величин змін в параметрах за зразками крові всіх донорів порівнювали відносні зміни часу напівгемолізу (δ^{H-T}) (часу, протягом якого руйнується половина клітин крові), моди (δ^M) (максимуму функції розподілу статистичного ансамблю), ширини на напіввисоті (δ^{III}) (характеризує ступінь однорідності еритроцитів за їх кислотною стійкістю) шляхом відповідного усереднення.

Отримано: 1) – зі збільшенням тривалості часу опромінення час напівгемолізу монотонно зменшується (див. табл. 1); 2) – зі збільшенням тривалості часу опромінення величина переміщення моди в більш «ранню» область монотонно зростає (див. табл. 2); 3) – зі збільшенням тривалості часу опромінення, ширина на напіввисоті зменшується (див. табл. 3).

Для зручності проведення порівняльного аналізу впливу випромінювача на час напівгемолізу, зібрані усереднені дані за зразками крові всіх донорів (див. табл. 4), звідки видно, що зі збільшенням тривалості часу опромінення час напівгемолізу зменшується; відносна зміна δ^{H-T} збільшується.

Отримані результати відповідають відомим уявленням про перенесення молекул крізь клітинну мембрану [6]. Величина потоку молекул крізь мембрану та назад пропорційна товщині мембрани. Очевидно, що найбільш ефективно впливає на еритроцити «жовтий» світловипромінювальний діод (див. табл. 4). За ним за ефективністю впливає лазер, «фіолетовий» і «зелений» світловипромінювальні діоди.

Метод кислотних еритрограмм передбачає введення в суспензію клітин крові розчину HCl. Молекули HCl дифундують до мембрани крізь неперемішуваний примембранний водяний шар, після чого контактують з мембраною, руйнуючи її.

Молекули HCl за більш короткий час приходять до мембрани, ніж у разі, коли суспензія не зазнала опромінення. Гемоліз в опроміненіх клітинах починається раніше. Час напівгемолізу еритроцитів, опроміненіх «жовтим» світловипромінювальним діодом менше, ніж час напівгемолізу еритроцитів, опроміненіх іншими світловими джерелами. Дані результати змушують припустити, що опромінення світлового діапазону (світловипромінювальні діоди та лазер) зменшує товщину примембранного водяного шару. Одержані результати корелюють з результатами, отриманими при селективному опроміненні зразка крові спектральною лінією ($\lambda=577$ нм) газоразрядної ртутної лампи типу ВМТ [1].

Методом кислотних еритрограмм отримано, що при опроміненні зразків крові низькоінтенсивним лазером ($\lambda=640$ нм), «фіолетовим» ($\lambda=400$ нм), «зеленим» ($\lambda=540$ нм), «жовтим» ($\lambda=592$ нм) світловипромінювальними діодами відбувається зменшення часу напівгемолізу, що спостерігається при введенні кислоти в суспензію крові. Зі збільшенням тривалості опромінення час напівгемолізу монотонно зменшується (табл. 4).

Таблиця 1

Зміна часу напівгемолізу від експозиції, усереднені за зразками крові всіх донорів

Експозиція τ , хв.	15	30
Відносна зміна $t_{1/2}$, $\delta\Pi\text{-}\Gamma = (t_{1/2} - t_{1/2}^0) / t_{1/2}^0$, %	8,83	13,7

Таблиця 2

Зміна моди розподілу еритроцитів від експозиції, усереднені за зразками крові всіх донорів

Експозиція τ , хв.	15	30
Відносна зміна t_{\max} , $\delta M = (t_{\max} - t_{\max}^0) / t_{\max}^0$, %	8,1	11,2

Таблиця 3

Зміна ширини функції розподілу еритроцитів (виміряної на напіввисоті) від експозиції, усереднені за зразками крові всіх донорів

Експозиція τ , хв.	15	30
Відносна зміна $\Delta_{1/2}$, $\delta\Pi = (\Delta_{1/2} - \Delta_{1/2}^0) / \Delta_{1/2}^0$, %	7,43	13,13

Таблиця 4

Зміна часу напівгемолізу від експозиції і типу випромінювача, усереднені за зразками крові всіх донорів

Експозиція τ , хв.	Типи випромінювача	15	30
Відносна зміна $t_{1/2}$, $\delta\Pi\text{-}\Gamma = (t_{1/2} - t_{1/2}^0) / t_{1/2}^0$, %	Лазер ($\lambda=640$ нм)	5,5	15,2
	«Фіолетовий» світлодіод ($\lambda=400$ нм)	10,2	12,3
	«Зелений» світлодіод ($\lambda=525$ нм)	7,6	12
	«Жовтий» світлодіод ($\lambda=592$ нм)	12	15,3

Також одним з параметрів, за яким визначається рівень біологічної відповіді на опромінення світлового діапазону, є швидкість зустрічного переміщення іонів хлору Cl^- і гідроксиду OH^- крізь мембрану.

Оброблені еритроцити разом з водним розчином сахарози містилися в вимірювальну комірку іономіра (ЕВ-74). За допомогою вимірювання концентрації іонів водню (величини рН середовища) водневим електродом іономіра (ЕСЛ-43-07) визначалась кількість еритроцитів іонів хлору, що залишили розчин [3]. Визначивши зміну рівня закислення за певний період часу, визначали швидкість спадання рН, що дозволяло визначити сумарний (від всіх еритроцитів, що містяться в комірці) потік іонів Cl^- , які обмінюються на сумарний потік іонів OH^- .

Використовуючи співвідношення, що описують залежність потоку іонів через поверхню мембрани від різниці концентрацій речовини, товщини мембрани, коефіцієнта дифузії та ін., на підставі вимірних значень отримали відносну зміну товщини дифузійного примембранного шару еритроцитів δ_D , які зазнали опромінення, по відношенню до товщини зазначеного шару неопромінених еритроцитів [5–6].

На основі вищеописаної методики, були виконані вимірювання неопроміненої та опроміненої крові людини світловими джерелами: лазер ($\lambda=640$ нм), «фіолетовий» ($\lambda=400$ нм), «зелений» ($\lambda=540$ нм) та «жовтий» ($\lambda=592$ нм) світловипромінювальні діоди.

Вимірювання показали, що, хоча індивідуальні значення обмінних потоків іонів $\text{Cl}^- / \text{OH}^-$ у зразків, отриманих від різних донорів різнилися в певних межах, але тим не менш, у всіх зразках потоки через опромінені клітини перевищували потоки через неопромінені клітини. Отримано, що в результаті 20-хвилинного опромінення співвідношення величин потоків, усереднених по 4 донорам дорівнює $J(*) / J(0) = 1,22 \pm 0,06$, тобто потік іонів через опромінені клітини зростає у порівнянні з потоком через неопромінені в середньому на 17%, товщина дифузійного водяного шару зменшилася на 15%, або $\delta_D(*) = 0,82 \cdot \delta_D(0)$. Цей результат корелює з результатом, отриманим при вимірюванні, опромінених гелій-неоновим лазером еритроцитів за допомогою методу парамагнітного допінгу [4]. Таким чином, при опроміненні світловими джерелами, примембранний водяний шар стає тоншим для дифузії молекул води і іонів (Cl^- , OH^-), що призводить до прискорення перенесення речовин крізь мембрану еритроцитів.

Фізичний механізм цього явища полягає в тому, що випромінювання, як лазера, так і світловипромінювальних діодів, різних діапазонів довжин хвиль впливає на бульбашки повітря, що знаходяться в біологічній рідині, в тому числі і в примембранному водяному шарі, і які відіграють роль своєрідних «перемішувачів» [4]. Під впливом випромінювання світлового діапазону збільшуються розміри і швидкість руху цих бульбашок, внаслідок чого реалізується більш активне перемішування примембранного шару; «ефективна товщина» його стає менше, збільшується проникність системи «клітинна мембрана плюс примембранний водяний шар».

ВИСНОВКИ

1. Низькоінтенсивне лазерне випромінювання, а також випромінювання «фіолетового» ($\lambda=400$ нм), «зеленого» ($\lambda=540$ нм), «жовтого» ($\lambda=592$ нм) світловипромінювальних діодів збільшують швидкість зустрічного переміщення іонів крізь еритроцитарні мембрани.

2. Зменшення часу напівгемолізу і збільшення швидкості зустрічного перенесення іонів опромінених зразків крові обумовлено зменшенням «ефективної» товщини примембранного дифузійного шару.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алмазова Е.Б., Емец Б.Г. О механизме влияния излучения газоразрядной ртутной ультрафиолетовой лампы на толщину примембранного водного слоя эритроцитов человека. *Біофізичний вісник*. – 2008. – вип. 21 (2). – С. 88–94.
2. Буйлин В.А. Лазеро- и светотерапия облитерирующих заболеваний нижних конечностей./Буйлин В.А., Брехов Е.И., Ларюшин А.И. и др. // *Лазерная медицина*. 2002, №6 (3). С. 4–6.
3. Васильев Н.Е. *Лазерная медицина*. 2000. Т.3 (3-4). С.16–20.
4. Емец Б.Г. Эффекты взаимодействия низкоинтенсивных электромагнитных волн с наноразмерными газовыми включениями в жидких средах./Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, Харьков, – 2004. – 336 с.
5. Кару Т.Й. Первичные и вторичные клеточные механизмы лазерной терапии // *Низкоинтенсивная лазерная терапия* / Под ред. Москвина С.В. и Буйлина В.А.-М.; ТОО «Фирма «Техника», 2000. – С.71–94.
6. Котык А., Яначек К. *Мембранный транспорт*. М.: Мир, 1980. – 338 с.
7. Терсков И.А. Метод химических (кислотных) эритрограмм / И.А. Терсков, И.И. Гительзон//*Биофизика*. – 1957. – Т.2, № 2. –С.259-266.
8. Толстых П.А., Карабоев У.Г., Шехтер А.М. *Лазерная медицина*. 2001. № 5 (2). С. 8–13.

Гузенко В.В.

асистент

Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенко, м. Харків, Україна

Лисиченко М.Л.

науковий керівник

доктор технічних наук, професор

Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенко, м. Харків, Україна

ДЖЕРЕЛА ВВЧ ДІАПАЗОНА ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ВПЛИВУ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

Теоретичний та експериментальний матеріали по проблемі впливу електромагнітних полів вкрай високочастотного (ВВЧ) діапазона на біологічні об'єкти показує, що для більш ефективного використання електромагнітного поля в технологічних процесах медицини, біології та сільському господарстві, потрібно використовувати джерела електромагнітної енергії в міліметровому діапазоні довжини хвиль з відносною нестабільністю частоти у межах $10^{-7} \dots 10^{-8}$ і вихідною потужністю 20...30 мВт [1].

У сучасний час для генерування та підсилення електромагнітних коливань у ВВЧ діапазоні довжин хвиль використовуються електровакуумні пристрої ЛБВ, ЛОВ,

клінотрони, клистри та магнетрони [2–3]. Проведений аналіз показує, що пристроям з електровакуумними приборами присущі існуючі недоліки: великі об'ємно-масові характеристики, високовольтні джерела живлення, системи рідинного та повітряного охолодження, нестабільність частоти у межах 10^{-3} .

Аналіз сучасної напівпровідникової техніки показує, що у ВВЧ діапазоні широке використання знаходять напівпровідникові генератори на лавинно-пробійних діодах (ЛПД), які у більш електричних (мала напруга та струм) і експлуатаційних параметрів (габарити, маса, надійність) перевищують електровакуумні пристрої у діапазоні частот від 30 до 300 ГГц [4]. Експлуатаційні характеристики генераторів на ЛПД (вихідна потужність, частота, ККД, діапазон перебудови, стабільність частоти, якості спектру), а також режим роботи залежить не тільки від параметрів ЛПД, але і типу резонансної системи [4]. Для отримання потужності величиною 20...30 мВт, у діапазоні частот 30...300 ГГц, у генераторі на ЛПД необхідно використовувати метод складання потужностей на єдине навантаження, в якості якої потрібно використовувати електродинамічні системи квазіоптичного типу. Підвищена увага до квазіоптичним резонаторам пояснюється тим, що у діапазоні ВВЧ добротність ОР на кілька порядків вища, чим у об'ємних і досягає десятки тисяч, що в більшій мірі покращує спектральні та енергетичні параметри генераторів. Відкриті резонатори з гладкими сферичними чи плоскими дзеркалами використовуються як високодобротна система при розробці суматорів потужності у діапазоні ВВЧ. Особливий інтерес представляють суматори потужності на основі відкритих бочкообразних резонаторів (ВБР).

ВИСНОВКИ

1. У діодних генераторах ВВЧ діапазона, для отримання потужностей величиною 20...30 мВт, потрібно використовувати ЛПД, які працюють на єдину електродинамічне навантаження квазіоптичного типу.

2. Використання ВБР в якості суматорів потужності дозволяє отримувати діодні генератори у ВВЧ діапазоні з високими спектральними і енергетичними характеристиками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Микровхвильові технології у народному господарстві. Втілення. Проблеми. Перспективи: [Зб.наук. пр./ред.акад. МАІ Калінін Л.Г.] – Київ-Одеса, 2002. – Вип.4. – 220 стр.

2. R. Parker. Vacuum Electronics/ R. Parker, R/ Abrams, B. Danly, B. Levush// IEEE Transactions on MTT. – 2002/– V/50, №3. – P. 835–845.

3. Электровакуумные приборы диапазона миллиметровых волн/ Л.В. Касаткин, В.П.Рукин, В.Д. Еремка и др. – Севастополь: Вебер, 2007. – 252 стр.

4. Касаткин Л.В. Полупроводниковые устройства диапазона миллиметровых волн/ Л.В. Касаткин, В.Е. Чайка. – Севастополь: Вебер, 2006. – 319 стр.

СЕКЦІЯ 4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Батечко Н.Г.

доктор педагогічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Овчар Р.Ф.

канд. фіз.-мат. наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

АСИМПТОТИЧНЕ ІНТЕГРУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ТИПУ ВАН-ДЕР-ПОЛЯ

Загальновідоме значення теорії нелінійних диференціальних рівнянь для розв'язання прикладних задач різних галузей природознавства. Створення математичних моделей під час цього процесу, як правило призводить до ускладнення диференціальних рівнянь та збільшення їхнього порядку [1]. Тому, і наразі, залишаються актуальними наближені методи розв'язування нелінійних диференціальних рівнянь, серед яких вагоме місце займають асимптотичні методи малого параметра [2].

Метою статті є отримання точних формул для визначення асимптотичних розкладів розв'язків слабонелінійних диференціальних рівнянь, зокрема, для рівняння Ван-дер-Поля.

Розглянемо метод побудови асимптотичних наближень для диференціального рівняння виду:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = \varepsilon f\left(x; \frac{dx}{dt}\right), \quad (1)$$

де ε – малий додатний параметр.

За відсутності збурень, тобто при $\varepsilon = 0$, очевидно, що коливання будуть гармонійними: $x = a \cos \psi$. Наявність нелінійного збурення ($\varepsilon \neq 0$) призводить до залежності миттєвої частоти $\frac{d\psi}{dt}$ від амплітуди, лише викликати систематичне збільшення чи зменшення амплітуди коливань в залежності від притоку чи налипання енергії збурюючими силами.

Приймати до уваги вказане, загальний розв'язок рівняння (1) будемо шукати у вигляді:

$$x = a \cos \psi + \varepsilon u_1(a; \psi) + \varepsilon^2 u_2(a; \psi) + \varepsilon^3 u_3(a; \psi) + \dots, \quad (2)$$

в якому $u_1(a; \psi)$, $u_2(a; \psi)$, ... є періодичними функціями кута ψ з періодом 2π , а величини a, ψ , як функції часу, визначається системою диференціальних рівнянь

$$\begin{cases} \frac{da}{dt} = \varepsilon A_1(a) + \varepsilon^2 A_2(a) + \dots, \\ \frac{d\psi}{dt} = \omega + \varepsilon B_1(a) + \varepsilon^2 B_2(a) + \dots \end{cases} \quad (3)$$

Зауважимо, що визначення розв'язків (2) не являє собою принципових складнощів, однак в зв'язку зі швидким ускладненням формул, практично ефективно можуть бути знайдені лише два-три перших членів розкладу.

Для побудови точних формул знаходження асимптотичних розв'язків слабонелінійних диференціальних рівнянь типу Ван-дер-Поля, зокрема, для запису синусоїдальних коливань введемо комплексну форму запису:

$$x = \frac{1}{2}ae^{i\psi} + \frac{1}{2}ae^{-i\psi} + \varepsilon^j u_j(a; \psi). \quad (4)$$

Така методика спростить обчислення, зробить їх більш однотипними та буде корисною для проведення часткового автоматичного контролю із застосуванням сучасних програмних продуктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мосєєнков Ю. Б. Асимптотичні методи інтегрування звичайних диференціальних рівнянь, систем звичайних диференціальних рівнянь та їх практичне застосування. КНУ Ім. Тараса Шевченка. – Київ, 2000, 92 с.
2. Ярова О. А. Асимптотичний аналіз та перехідні явища в марковських випадкових еволюціях. Автор. реф. дисерт. на здобуття наук. ступеня канд. фізико-математичних наук. – Київ, 2019.

Бурлака В.В.

доктор технічних наук, доцент

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна

Гулаков С.В.

доктор технічних наук, професор

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна

ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСТУ ДВИГУНІВ ЗМІННОГО СТРУМУ

Мікропроцесорні пристрої захисту двигунів змінного струму (асинхронних та синхронних) відрізняються великим різноманіттям як по набору функцій, так і по вартості. При цьому найбільше поширення в умовах українських підприємств отримали пристрої з невеликою вартістю (наприклад, УБЗ-302 та аналогічні), які забезпечують необхідний базовий набір функцій контролю та захисту.

Під час розслідування причин виходу з ладу обладнання дуже цінною є інформація про режим його роботи перед аварією. Нажаль, бюджетні пристрої захисту двигунів не мають функцій реєстраторів режимів. Ця обставина не дає можливості з'ясувати істинну причину виходу з ладу двигуна: технічний дефект чи порушення технології з боку експлуатаційного персоналу. В результаті з'являються випадки, коли електриків роблять винними у втратах виробництва, хоча справжня причина поломки обладнання криється в невиконанні технологічних вимог (перевищення тривалості вмикання, перевантаження, викликане проблемами в механічній частині привода і т.д.).

Іншою проблемою, характерною для приводів з асинхронними двигунами з фазним ротором, є відсутність контролю і захисту роторних ланцюгів. Безперечно, існують спеціалізовані системи (наприклад, виробництва компанії “Семіол”), які контролюють струми ротора і попереджають аварійні ситуації, проте такі системи не входять до категорії бюджетних. Прості пристрої захисту, які контролюють лише статорні струми машини, не в змозі виявити несиметрію або обрив роторних резисторів. В результаті двигун може тривалий час працювати з неповнофазним режимом ротора, що рано чи пізно призведе до перегріву роторної обмотки і виходу двигуна з ладу.

Авторами запропонована концепція, розроблено і виготовлено експериментальний зразок бюджетного пристрою захисту двигунів, який, крім базових

функцій захисту по струму, напрузі та температурі, має функцію реєстратора режимів і здатен виявляти несиметричні режими ротора без вимірювань в роторних ланцюгах. З метою забезпечення стійкості до пилу, бруду та вологи було прийняте рішення відмовитись від розміщення органів керування і настройки на корпусі пристрою захисту. Замість цього настройка і скачування інформації реєстратора режимів виконується за допомогою переносного пульта, який працює через малопотужний радіоканал. Також передбачена можливість встановлення додаткового модуля WiFi або Bluetooth, що дасть змогу використовувати смартфон для роботи з розробленим пристроєм захисту двигунів.

Пристрій захисту виконано на базі 32-бітного мікроконтролера ARM Cortex-M3. Вимірювання струмів статора виконано за допомогою виносних трансформаторів струму. Є можливість підключення до трьох терморезисторних датчиків температури. Реалізована функція вимірювання опору ізоляції двигуна у вимкненому стані (для вимірювань використовується постійна напруга 500 В). За допомогою пульта керування журнал реєстратора може бути записаний на MicroSD карту пам'яті для подальшої обробки на ПК.

Розроблений пристрій захисту відрізняється розширеним набором функцій, простотою підключення, підвищеним рівнем захисту від пилу та вологи при невеликій вартості, що досягнуто за рахунок оптимізації використаних схемних рішень, застосування сучасної елементної бази і ефективних алгоритмів цифрової обробки сигналів.

Лисенко В.П.

доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Чернова І.С.

старший науковий співробітник

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка»

Національної академії аграрних наук України

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ЕНТОМОФАГІВ

Сучасне виробництво ентомологічної продукції гарантованої якості є складним біотехнічним об'єктом (у ньому наявна велика кількість слабо-структурованих і значних за обсягами інформаційних потоків, зокрема підсистеми підготування поживного середовища, розведення комах-хазяїна, комах-паразита, оцінки якості продукції); енергонасиченим (значну кількість енерговитрат складає стабілізація на заданому рівні температури повітря в спеціалізованому боксі для вирощування ентомокультур) та для підвищення його ефективності виникає потреба у розробленні технічних систем керування із врахуванням дії збурень в умовах невизначеності. Для вирішення цих питань пропонуються комп'ютерно-інтегровані системи автоматизації на базі інтелектуальних інформаційних технологій.

Мета роботи – розроблення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизації виробництва ентомофагів, здатної ефективно функціонувати в умовах невизначеності.

Результати досліджень. В основу побудови комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизації виробництва ентомофагів покладено основні положення теорії автоматичного керування, зокрема принцип керування за відхиленням; системний

аналіз; ситуаційне керування; нечітку логіку. Чинниками зростання ефективності виробництва є енергоефективні технології, збільшення прибутку, заходи з підвищення якості продукції. При цьому на якість продукції, у першу чергу, суттєво впливає температура повітря в зоні вирощування ентомокультур. Окрім того, процес формування стратегій керування відбувається в умовах невизначеності, дії збурень та ризику виробництва неякісної продукції.

Розроблено дворівневу комп'ютерно-інтегровану інтелектуальну систему керування виробництвом ентомофагів, нижній рівень котрої реалізовано SCADA підсистемою на основі програмного забезпечення OWEN PROCESS MANAGER, інтерфейсу I рівня (автоматичного перетворювача інтерфейсу USB/RS-485), а верхній – інтелектуальною підсистемою підтримки прийняття рішень, що містить інтерфейс II рівня (користувальницький інтерфейс MATLAB), базу знань, базу даних та модуль логічного висновку. Критерієм ефективності системи на нижньому рівні визначено мінімізацію помилки регулювання температурою повітря боксу за модульним інтегральним критерієм, що досягається шляхом функціонування гібридної підсистеми керування температурою повітря. В основу побудови гібридної підсистеми покладено ситуаційне керування та нечітку логіку. Критерієм ефективності системи на верхньому рівні визначено максимізацію прибутку виробництва за умови мінімізації енерговитрат. При цьому слід враховувати, що прибуток залежить від кількості та якості продукції; загальних витрат електроенергії, поживного середовища та витрат на його інокуляцію; температури та відносної вологості повітря боксу. Створена інтелектуальна підсистема підтримки прийняття рішень функціонує на основі нечіткого висновку та сформованих продукційних правил бази знань, даними для розробки яких є вхідні та вихідні параметри процесу виробництва, діапазони їх варіювання, терм-множини, тип і параметри функцій приналежності термів.

Висновки. Запропоновано сукупність методів та алгоритм їх використання для створення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизації виробництва ентомофагів, що в умовах невизначеності та збурень дозволяє підвищити ефективність такого виробництва за рахунок гарантованої якості виробленої продукції, скорочення енерговитрат, часу обробки інформації та трудовитрат.

Бурлака В.В.

доктор технічних наук, доцент

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна

Гулаков С.В.

доктор технічних наук, професор

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна

Поднебенна С.К.

кандидат технічних наук, доцент

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна

СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ СТАНУ БЕЗЩІТКОВОГО ЗБУДНИКА СИНХРОННИХ МАШИН

Безщіткові системи збудження синхронних двигунів відрізняються відсутністю ковзаючих контактів, меншими вимогами до періодичного обслуговування. Значною перевагою таких систем є мала потужність керування (зазвичай режим обмотки

збудження безщіткового збудника при максимальному форсуванні становить 50 В 8 А; струм номінального робочого режиму становить 2,5–3 А), що усуває необхідність у застосуванні потужного тиристорного збудника з вихідним струмом до 320 А.

Безщітковий збудник являє собою обернену синхронну машину з обмоткою збудження, розташованій на статорі. На роторі збудника розташована трифазна обмотка, навантажена на 6-пульсний діодний випрямляч, підключений до силової (основної) обмотки збудження синхронної машини. Для захисту роторного випрямляча від ЕРС основної обмотки збудження під час пуску до його виходу підключений розрядний ланцюжок із тиристора і порогової схеми його відкриття. Діоди роторного випрямляча і тиристор розрядного ланцюжка мають спеціальне виконання і здатні витримувати значні відцентрові прискорення, оскільки вони розташовані на роторі, що може обертатися зі швидкостями до 3000 об/хв.

В разі аварійного відключення синхронної машини виникає питання локалізації несправності: чи треба демонтувати для діагностики елементи, що розташовані на роторі, чи причина точно не в них. Справа в тому, що після демонтажу роторного випрямляча треба заново балансувати ротор машини, що є кошовною і тривалою операцією.

Існуючі системи можуть виявити пошкодження роторного випрямляча шляхом відстеження появи змінної складової ЕРС на обмотці збудження збудника (вона виникає при порушенні симетрії роторного випрямляча). При цьому не забезпечується виявлення пошкоджень розрядного ланцюжка (його пробій чи відхилення напруги відкривання), що збільшує час діагностики несправності. Більше того, якщо живлення обмотки збудження збудника виконано від джерела з малим вихідним опором (а це всі сучасні системи керування збудженням), застосування такого методу неможливе.

Для виявлення пошкоджень (пробою) діодів і тиристора розрядного ланцюжка роторного випрямляча безщіткових збудників синхронних машин, вимірювання напруги відмикання розрядного ланцюжка, вимірювання напруги на обмотці збудження синхронної машини авторами розроблена експериментальна система діагностики стану безщіткового збудника. Вона складається з двох блоків: один встановлюється на ротор і підключається до роторного випрямляча; другий – блок бездротового збору, обробки і відображення інформації. Зв'язок між блоками і передача живлення виконані за допомогою повітряного трансформатора (одна обмотка розташована на торці ротора збудника, інша – на кришці). Передача даних з блоку, що знаходиться на роторі, здійснюється методом зворотного розсіювання (backscattering), аналогічно системам RFID або зарядним пристроям стандарту Qi. Оскільки роторний блок знаходиться на малій відстані від осі обертання, він не впливає на балансування машини.

Застосування розробленої системи дозволить зменшити час пошуку несправності при втраті збудження; завчасно виявляти відхилення параметрів розрядного ланцюжка, що дозволить заздалегідь провести його налаштування. Схемні рішення, застосовані при створенні системи, дали можливість отримати невелику собівартість її блоків.

Луцька Н.М.

кандидат технічних наук, доцент
Національний університет харчових технологій

Засць Н.А.

кандидат технічних наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Власенко Л.О.

кандидат технічних наук, доцент
Національний університет харчових технологій

ВИКОРИСТАННЯ МОВИ МОДЕЛЮВАННЯ SYSMML ПРИ РОЗРОБЦІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІННЯ РІШЕНЬ

Анотація. На сьогодні розробка прикладної системи управління будь-якого призначення, що є повністю або частково реалізованою інформаційною системою, неможлива без її моделі. В основі побудови моделі інтелектуальної-інформаційної системи управління (СУ) лежить поняття структурної або об'єктно-орієнтованої методології. Різне призначення СУ породило низку міжнародних стандартів по моделюванню, найпопулярніші з яких сімейство нотацій IDEF та уніфікована мова моделювання UML [1].

Матеріали та методи дослідження. В роботі використовуються дві методології моделювання систем UML та SysML [1–2].

Викладення основного матеріалу дослідження. SysML (англ. TheSystemsModelingLanguage) – предметно-орієнтована мова моделювання систем, що підтримує визначення, аналіз, проектування, перевірку та підтвердження відповідності широкого спектра систем системної інженерії. Як мова, SysML є розширенням частини мови UML, що надає системному інженерові додаткові можливості: більша гнучкість і виразність; більш компактна мова, її легше вивчати і застосовувати, так як вона позбавлена багатьох програмно-орієнтованих особливостей UML; конструкції мови для управління моделлю підтримують Views, і точки зору Viewpoints. Відповідно до IEEE-Std-1471-2000.SysML визначає діаграми двох типів: структурні та динамічні діаграми.

Враховуючи, що розроблення інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень має тісний зв'язок з нижнім рівнем керування підприємством для моделювання можна використовувати методологію моделювання SysML. В практиці програмування склалося, що розробку програмного забезпечення починають з діаграми використання (UseCasediagram), яка також присутня у мові SysML. На рис. 1 зображено діаграму використання для інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень щодо вибору системи керування нижнім рівнем виробництва.

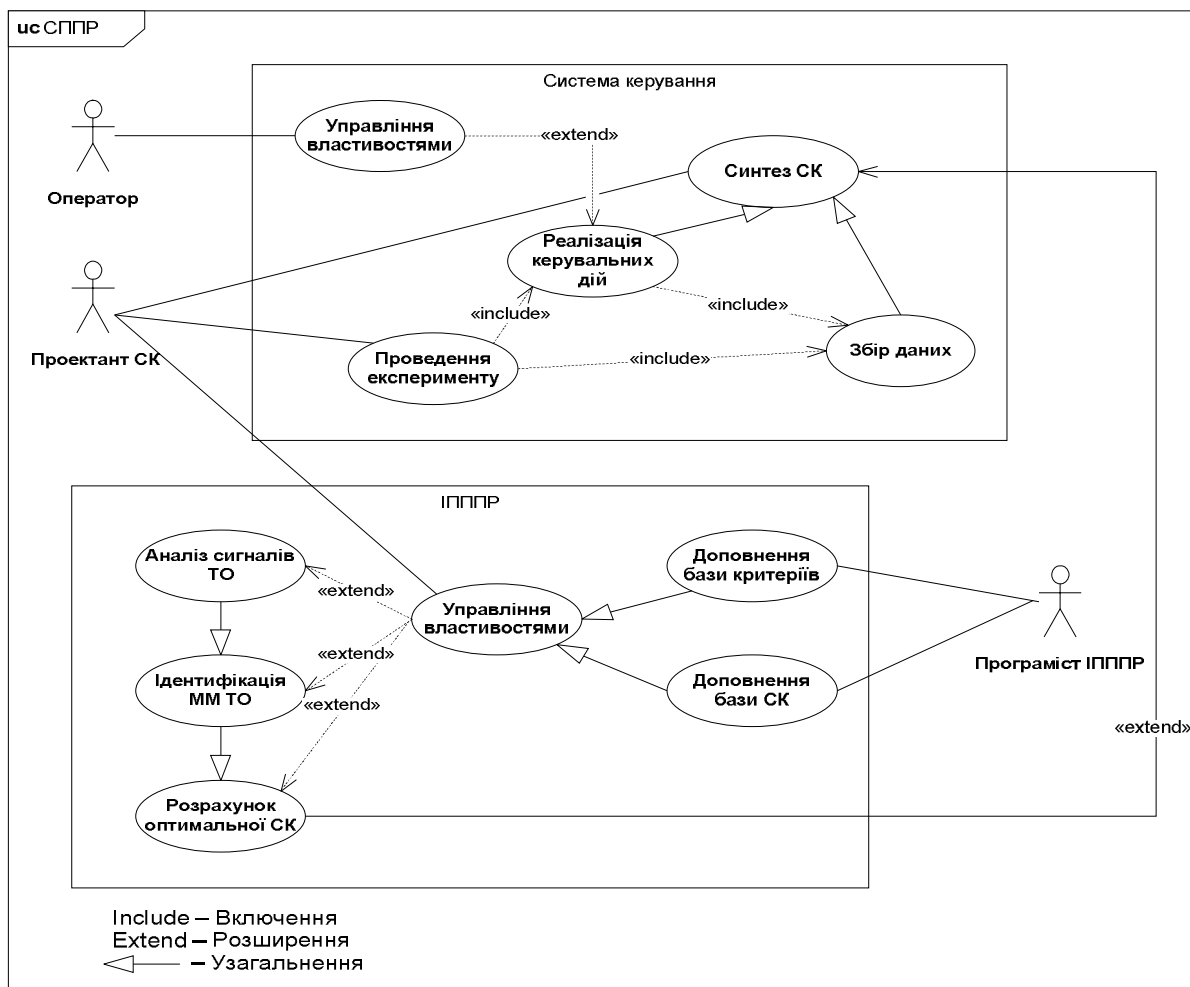


Рис. 1

Висновок. В роботі показано використання мови SysML при проектуванні інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень. Розроблена модель дозволить прослідкувати реалізацію вимог до системи та виявити недоліки її реалізації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://sysml.org/>
2. <https://www.uml.org/>

Пузанов А.П.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ЛАЗЕРНА СИСТЕМА ПОЗИЦІОНУВАННЯ МАНІПУЛЯТОРА ДОЇЛЬНОГО РОБОТА

Розглянуто систему управління маніпулятором доїльного робота з використанням лазерного сканера для виміру координат точок вимені корови. Предложено амплітудний метод обробки «пачки» відеоімпульсів фотоприймача, який дозволяє підвищити точність визначення координат для позиціонування маніпулятора робота.

Доїльний робот складається з доїльного боксу з розмірами 4,5х2,5х2,5 м (рис. 1).

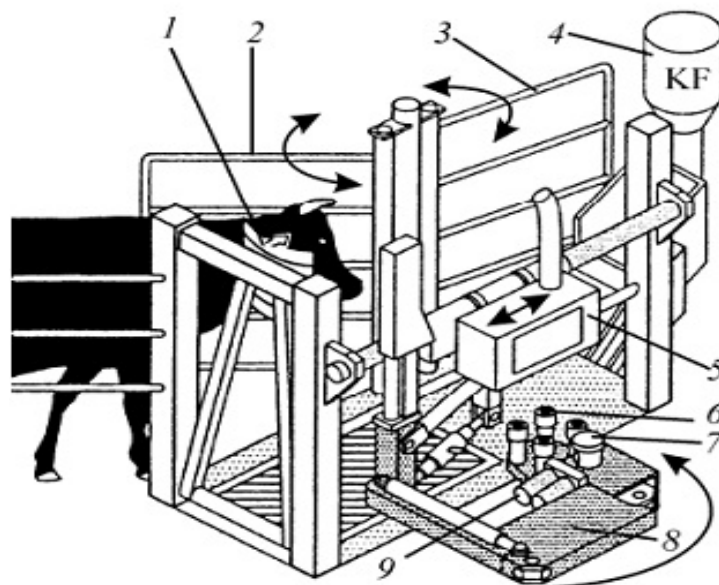


Рис. 1. Зовнішній вигляд доїльного робота:

1 – маніпулятор позиціонування тварини; 2 – входні дверцята; 3 – вихідні дверцята; 4 – автоматична кормороздавальна станція; 5 – блок горизонтального переміщення «руки»; 6 – доїльні склянки; 7 – лазерні датчики; 8 – маніпулятор (рука) робота; 9 – ролики обмивання вимені.

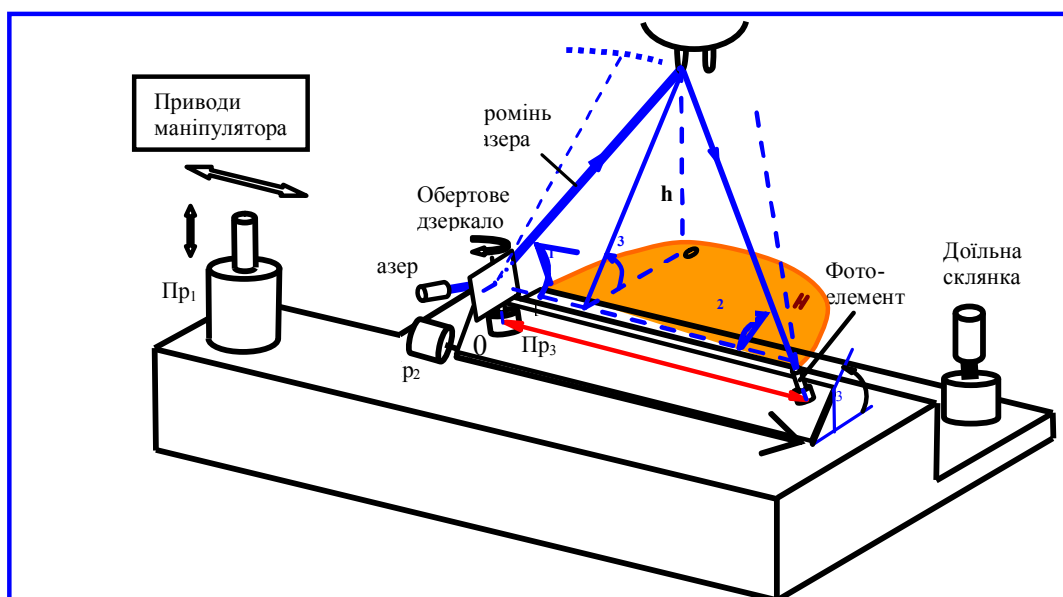


Рис. 2. Вимір координат сосків вимені лазерним сканером

Рука робота знову підводиться під корову і за допомогою лазера 7 починається його позиціонування. Для позиціонування як крапку відліку служать передні соски, по закінченні позиціонування робот починає послідовно надягати доїльні склянки на соски, починаючи з задніх чвертей вимені. При цьому рухлива плита передає рух корови за допомогою додаткового ультразвукового датчика руці робота, що повторює рухи корови. Мікропроцесорна система керування [1] забезпечує достатньо точне позиціонування «Руки» робота.

Лазер закріплений на платформі нерухомо і може генерувати як безперервний промінь, так і імпульсний (рис. 2). Відхилення променя лазера забезпечується дзеркалом, що обертається з постійною швидкістю $V_{\partial z}$ [об/хв]. Привод дзеркала закріплений на планці, яка повертається в вертикальній площині, тому вісь дзеркала може нахилитися в вертикальній площині. Фотоприймач також закріплений на планці і нахилиється приводом фотоелемента циклічно горизонтально вдовж площі планки. Імпульси на виході підсилювача струму фотоелемента з'являються коли луч лазера, що відбивається від об'єкта, попадає на вхідну лінзу фотоелемента. За допомогою лінзи фотоелемент (фототранзистор) може приймати тільки вузький потік фотонів. Ширина зони прийому не перевищує 20° [2].

На вісі приводів вмонтовано енкодери, які дають двійковий код кута повороту вісі. Тому є виміри кутів α_1 , α_2 , α_3 . Також відома відстань між віссю обертового дзеркала і фотоелементом (фотоприймачем) L .

Треба визначити відстані d , h та b_1 від початку координат 00 (вісь дзеркала).

Якщо розглянути розташування променів в площі дзеркало-об'єкт-фотоприймач, то відстань об'єкту (точці A) від точки O початку координат:

$$d = l \cdot \cos \alpha_3 = L \cdot \frac{\cos \alpha_3}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2}, \quad (1)$$

а висота h об'єкта відносно горизонтальної площі маніпулятора ОЕС:

$$h = L \cdot \frac{\sin \alpha_3}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2} \quad (2)$$

При цьому відстань від початку координат вдовж вісі Y :

$$b_1 = L \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2}.$$

Форма діаграми спрямованості фотодіода описується рівнянням $F(\alpha) = k \frac{\sin \alpha}{\alpha}$,

де k – коефіцієнт пропорційності.

Тому на виході фотодатчика з'являється «пачка» відеїмпульсів різної амплітуди. Фіксуя кути початку α_n і кінця α_k «пачки» способом виміру амплітуди імпульсів і порівнянню амплітуд з поріговим значенням, знаходимо кут напрямку на об'єкт:

$$\alpha_2 = \frac{\alpha_k - \alpha_n}{2}.$$

Це є амплітудний метод обробки «пачки» відеїмпульсів.

Доїльний робот, лазерний сканер, визначення координат об'єкту, амплітудний метод

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Головінський Б.Л. Теорія автоматичного управління, навч. посіб. / Б.Л. Головінський, Ю.В. Шуруб, В.П. Лисенко. К.: Вид. Центр. НУБіП України, 2012. – 240 с.
2. Справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам. Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. Изд.4-е, перераб. и доп. М.: «Энергия», 1977.
3. Автоматика и автоматизация производственных процессов. / И.И.Мартыненко, Б.Л. Головинский, Р.Д. Проценко, Т.Ф. Резниченко. – М.: Агропромиздат, 1985. – 335 с., ил.

Ялова Л.К.

викладач

Торговельно-економічний коледж Київського Національного торговельно-економічного університету, м. Київ, Україна

Концур В.В.

кандидат технічних наук, доцент

Ніжинський агротехнічний коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Ніжин, Україна

СТАТИСТИЧНІ ІМІТАЦІЙНІ МОДЕЛІ В УПРАВЛІННІ БІОТЕХНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

З огляду на недосконалість існуючих методів підготовки рішень у біотехнічному виробництві, а в багатьох випадках і недостатню визначеність вихідних даних та наявність випадкових впливів, вельми доцільна попередня перевірка сформульованих варіантів рішень, а саме попередня оцінка поведінки об'єкта управління від прикладених керуючих впливів прийнятих рішень. В цьому випадку використання імітаційних моделей, що адекватні дійсним процесам у реальному об'єкті управління дозволяють програвати різні варіанти керування об'єктом і служити засобом аналізу поведінки системи в умовах експерименту.

Отже, маючи імітаційну модель, можна перевірити безліч альтернативних варіантів з ціллю оцінки всіх суттєвих наслідків після внесення змін в систему або процес.

З практичної точки зору імітаційне моделювання можна розглянути на прикладі типової ситуації для багатьох тваринницьких комплексів. При цьому якість функціонування об'єкту залежить від керуючих впливів, які задані технологічними регламентами стадії відгодівлі тварин, що описує ефективність об'єкта в залежності від витрат та вихідного продукту.

Схема моделювання в цілому представляє замкнуту динамічну систему, що оперує послідовністю наявних моделей, причому всі операції рознесені в часі.

Побудова конкретної моделі починається зі складання змістовного опису технологічного процесу, що в умовах промислового тваринництва представляє складну стохастичну систему багаторівневої структури і містить нелінійні елементи, які працюють як в дискретному, так і в безперервному часі. Але інтерес представляє взаємозв'язок вхідних і вихідних параметрів цього процесу, то можна відмовитися від детального опису внутрішніх станів процесу, а отримати математичні співвідношення, що описують взаємозалежності між вхідними та вихідними потоками. У циклі побудови і коригування моделі використовують результати, накопичені в ході експерименту з різними за складністю варіантами моделі. Аналіз дослідження показує, що процеси статистичного імітаційного моделювання протікають з різною швидкістю. Цикл оптимізації моделі здійснюється значно повільніше, ніж цикл статистичних випробувань одного варіанту, але істотно швидше, ніж цикл побудови і коригування моделі. Таким чином, отримана уточнена математична модель може служити для вибору раціонального ведення технологічного процесу. Наприклад, якщо отримана модель описує залежність вхідного показника як середньодобових приростів тварин

на стадії їх відгодовлі від різних вхідних і внутрішніх параметрів системи, то можна вирішувати оптимізаційну задачу.

Рішення такої задачі орієнтує систему управління на досягнення розрахованих показників і може служити критерієм оцінки якості роботи різних служб, що забезпечують технологічний процес.

Апарат статистичного імітаційного моделювання може бути використаний також для розрахунку оптимального плану, але при цьому необхідно мати функцію щільності визначення ймовірності оптимізованих величин при функціях розподілу технологічних і техніко-економічних показників, які знаходяться в реальному виробництві.

Лисенко В.П.

доктор технічних наук, професор
НУБіП України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна

Якименко І.Ю.

аспіранка
НУБіП України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна

СИНТЕЗ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦВА

Вступ. Тепличні комбінати забезпечують повний процес вирощування рослин – від посіву до отримання овочевої продукції. Кожний етап вирощування овочевої продукції в спорудах захищеного ґрунту характеризується певними технологічними особливостями, для врахування котрих затрачаються значні обсяги енергії. Враховуючи, що теплиця як об'єкт керування характеризується значними обсягами енерговитрат, опис зв'язків між параметрами процесу вирощення овочевої продукції класичними математичними методами є складною задачею, використання апарату нейронних мереж з метою прогнозування витрат енергоресурсів є актуальною рішенням.

Мета роботи – розробка нейромережової моделі прогнозування енергетичних витрат тепличного комплексу для вивчення роботи системи керування при дії різного роду збурень для знаходження оптимальних режимів роботи.

Виклад основних результатів дослідження. Дослідження показали, що теплиця являє собою нелінійний об'єкт регулювання з нестационарними динамічними характеристиками [1]. Для оцінки виробничих процесів при вирощуванні овочів в спорудах захищеного ґрунту основним фактором є пошук залежностей між параметрами роботи системи та витратою енергоресурсів для підтримання їх на заданому технологічній рівні. Із врахуванням складності опису виробничих процесів класичними методами будуємо нейронну мережу.

Для навчання нейромережі було обрано баєсівський метод лінійної регресії, так як в даному випадку виникає найменша середньоквадратична помилка по відхиленню. Критерієм зупинки навчання є мінімізація відносної середньоквадратичної помилки НМ. Вхідними параметрами НМ є: значення зовнішньої температури, освітленості, відносної вологості в приміщенні теплиці, температури всередині теплиці, рівень вуглекислоти, та температури теплоносія в контурах опалення. Ключовою задачею є отримання значень енергозатрат (електроенергії та теплової енергії) на виконання конкретного технологічного процесу.

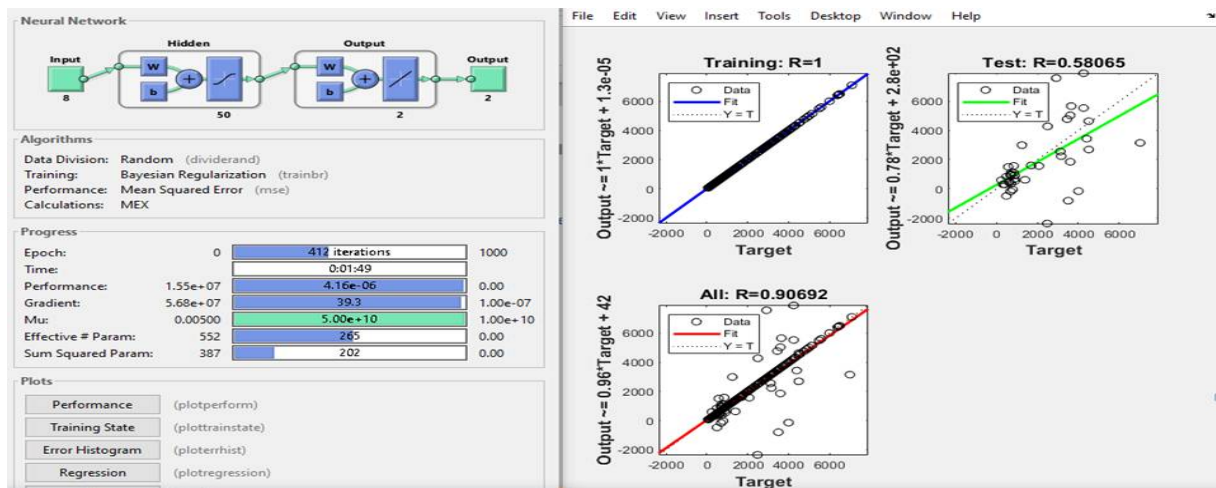


Рис. 1. Результати роботи неймережі в середовищі MatLabNeuralTimeSeries

Висновки. Використовуючи прогнозовані витрати енергоресурсів при моделюванні підтримання параметрів в теплиці на заданому рівні роботи системи керування отримаємо мінімізацію енерговитрат на 10–15%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лисенко В.П., Дудник А.О., Якименко І.Ю. Особливості побудови нейронечіткої системи керування енерговитратами у теплицях // Енергетика і автоматика – К.:НУБіП. – 2017. – Вип. 4 – С. 61–69.
2. Заєць Н.А., Дудник А.О., Якименко І. Ю. Експериментально-статистичне дослідження теплиці як об'єкта керування з метою підвищення ресурсоефективності виробництва // Енергетика і автоматика – К.:НУБіП. – 2017. – Вип. 4 – С. 200–211.

Andrzej Chochowski

doctor hab., inż.

Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Poland

Лисенко В.П.

доктор технічних наук, професор

Решетюк В.М.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ АЛГОРИТМИ ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Сучасні аграрні промислові підприємства (птахофабрики, тепличні комбінати, заводи для вирощування грибів, переробні підприємства, тощо), являючись складними біотехнічними об'єктами, забезпечують виробництво відповідної продукції протягом року, використовуючи при цьому значні обсяги енергії, вартість котрої із року в рік зростає. Так, наприклад, для споруд захищеного ґрунту в структурі собівартості виробленої продукції частка енергетики може досягати 80%. Зрозуміле бажання виробників зменшувати цю частку.

Заслужовують на окрему увагу також біологічні складові біотехнічних об'єктів – тварини чи рослини. Їх біологічні ритми складні та не повністю вивчені, реагують на

природні збурення (температура, вологість, сонячна радіація, тощо), котрі змінюються за випадковим законом, формуючи невизначеність і нечіткість. У той же час традиційні стабілізаційні алгоритми керування електротехнічними комплексами, що супроводжують відповідну технологію, не забезпечують реалізацію найважливішого на сьогодні економічного критерію діяльності будь-якого підприємства, у тому числі й аграрного, – максимізацію прибутку за умов прийнятної якості продукції, що виробляється. Тому, метою роботи є розроблення енергоефективних систем автоматизації керування електротехнічними комплексами на основі використання інтелектуальних алгоритмів.

Вирішення означеної проблеми пропонується в застосуванні інтелектуальних алгоритмів керування електротехнічними комплексами, що можливо за умов створення дво-рівневої структури системи автоматизації такими об'єктами. Для першого рівня (рівень технологічного процесу) реалізується критерій керування, що мінімізує енергетичні витрати (наприклад за лінійним інтегральним показником якості перехідного процесу), для другого (рівень виробництва) – максимізує прибуток за умов відповідної якості продукції. Виконання такого критерію можливе при взаємодії бази знань (сукупність продукційних правил) із базою даних, що й забезпечує формування відповідних стратегій керування.

Використання інтелектуальних алгоритмів керування дозволило створити системи автоматизації, що максимізували прибуток підприємств:

- *птахівничого* – умови невизначеності створювались зміною температури навколишнього середовища, а база знань формувалась на основі теорії випадкових процесів, теорії ігор та статичного прийняття рішень;
- *захищеного ґрунту* – умови невизначеності формувались зміною температури навколишнього середовища та сонячної радіації, а база знань формувалась на основі теорії штучних нейронних мереж;
- *виращування ентомофагів* – умови невизначеності формувались за рахунок дії природніх збурень та неоднозначної поведінки ентомофагів за результатами сукупної дії цих збурень; база знань формувалась на основі нечіткої логіки.

Виробничі випробування розроблених систем автоматизації керування електротехнічними комплексами на вищезазначених об'єктах, дозволили знизити витрати енергоносіїв на 7–9%.

Болбот І.М.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

igor-bolbot@nubip.edu.ua

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА НЕЙРОМЕРЕЖЕВА ПІДСИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ В ПРОМИСЛОВІЙ ТЕПЛИЦІ

Мета роботи: Розробити методику створення енергоефективної нейромережевої підсистеми керування електротехнічним комплексом в промисловій теплиці.

Для визначення впливу технологічних параметрів, якості та кількості рослинної продукції на споживання енергетичних носіїв у спорудах закритого ґрунту були проведені дослідження із використанням нейронної мережі. Із використанням

результатів пасивного експерименту синтезується нейромережева модель (НМ1) впливу природних збурень (температури і сонячної радіації), фітометричного та фітотемпературного критеріїв на енергетичні параметри. Використовуючи результати пасивного експерименту синтезується нейромережева модель (НМ2) впливу енергетичних параметрів кожного з факторів життєзабезпечення рослини на виробничі параметри (прибуток, об'єми виробництва якісної продукції, витрати природного газу та електроенергії). Використовуючи попередньо створену нейромережу (НМ1) формується енергоефективна вибірка: вибираються такі комбінації вхідних змінних, при яких виробництво продукції максимально можливе. Отримані при цьому значення витрат природного газу системою керування та електроенергії електротехнічними комплексами будуть мінімальними для вирощування якісної рослинної продукції, а прибуток максимальним. Такий набір даних зберігається у базі знань для подальшого синтезу відповідної нейромережі. Стратегії керування електротехнічними комплексами, що супроводжують виробництво томатів, розраховувалися із використанням двох послідовно з'єднаних нейронних мереж дивіться рис.

Для реалізації енергоефективної стратегії керування тепличними електротехнологічними комплексами з використанням інформації про стан біологічної складової були використані штучні нейронні мережі, оскільки вирішення означеної задачі здійснювалося в умовах невизначеності, що формуються природними збуреннями та особливостями біологічної складової [1–2].



Рис. Нейронні мережі для оцінки виробництва продукції та витрати енергоносіїв

Висновок. Запропоновано методику створення енергоефективної нейромережевої підсистеми керування, що включила в себе: оцінку результатів пасивного експерименту на виробничому об'єкті (створення відповідних математичних моделей); створення енергоефективної вибірки навчальних даних; синтез енергоефективної інтелектуальної підсистеми керування вирощуванням томатів та її програмно-апаратну реалізацію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Фітотемпературний критерій оцінки розвитку рослини / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, Т. І. Лендел // Енергетика і автоматика. – 2013. – № 3 (11). – С. 122–128.
2. Температура рослин як параметр для регулювання / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, В. О. Мірошник, Т. І. Лендел // Науковий вісник НУБіПУ. – 2015. – Вип. 209, ч. 1. – С. 64 – 72.

Васюк В.В.

кандидат технічних наук, старший викладач

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИЛАДІВ

Існує багато методів прогнозування, але необхідно вибирати доцільний, для використання в кожній конкретній ситуації.

Метод прогнозування являє собою комплекс теоретичної і практичної дії, спрямованих на розробкупрогнозів: від найпростіших екстраполяційних розрахунків до складних процедур багато крокових експертних опитувань.

Достовірність прогнозів можна потім порівняти з дійсно реальними показниками, і, зробивши висновки, приступити до наступного кроку прогнозування вже з існуючими даними, тобто наявною тенденцією. Спираючись на отримані дані, можна в тимчасовому аспекті переходити на більшвисоку ступінь.

В даний час відомі численні способи класифікації методів прогнозування. У першу чергу слід звернути увагу на наступні:

- 1) за характером вихіднихданих: фактографічний, статистичний, патентний, експертний;
- 2) по використовуваномупідході до прогнозування: експертнихоцінок, аналіз і прогнозуваннярядівданих, причинно-наслідкові;
- 3) за способом обробки та аналізувихіднихданих і формування прогнозу: згладжування, екстраполяція, інтерполяція, аналогія, моделювання, прогнозний сценарій, морфологічний аналіз.

До основних методів прогнозування можна віднести.

1. Статистичні методи. Найпростіші методи відновлення використовуваних для прогнозування залежностей, виходять із заданного тимчасового ряду. Основні розв'язувані завдання - інтерполяція і екстраполяція. До сучасних статистичних методів прогнозування належать моделі авторегресії, модель Бокса-Дженкінса, системиеконометричнихрівнянь, засновані як на параметричних, так і на непараметричнихпідходах.

2. Експертні методи прогнозування. Широко використовуються метод Дельфі і метод сценаріїв. Комп'ютерне забезпечення діяльності експертів і робочої групи, економічні питання проведення експертного дослідження важливі для успішного проведення експертного дослідження. Існують різні методи побудови підсумкової думки комісії експертів. Найбільш простий з них – метод середніх рангів.

3. Моделювання. За отриманою моделі об'єкта прогнозування визначаються наукові та технічні напрями, по яких необхідно залучити експерта, виділяються групи експертів з приналежності питання до області фундаментальних, прикладних наук або до стикових наукових напрямів. Як правило, реалізується на поєднанні динамічної взаємодії колективів експертів і обчислювальної машини, що імітують об'єкт прогнозування в можливих майбутніх ситуаціях [3].

Статистичні, імовірнісні та логічні методи вимагають досить великого обсягу експериментальних даних і не дозволяють отримувати високоточні моделі багатовимірних об'єктів і процесів.

Велика частина відмов (близько 90%) проявляється поступово в зміні одного або декількох вихідних параметрів. Контролюючи зміну цих параметрів можна прогнозувати момент настання відмови.

Залежно від необхідної достовірності прогнозу і можливостей отримання інформації застосовують два підходи до прогнозування: спрощений, заснований на детерміністичних оцінках показників, і володіє меншою трудомісткістю. Залишковий ресурс оцінюється за допомогою коефіцієнтів запасу; уточнений, заснований на імовірнісних оцінках, що дає більш точний прогноз. Безпосередня експериментальна оцінка коефіцієнта варіації розподілу відмови з заданою точністю вимагає набагато більшої кількості статистичних даних.

Але встановлено, що коефіцієнт варіації розподілу відмов при дифузійному розподілі збігається з коефіцієнтом деградації (зміни визначального параметра). Це дозволяє оцінити коефіцієнт варіації розподілу відмов по наявній інформації про фізичні процеси деградації, що є причинами відмов об'єктів. Отже, можна використовувати інформацію про аналоги, причому в як аналоги можна вибрати об'єкти, що мають аналогічну фізику процесів деградації.

Підвищення достовірності оцінок показників надійності при випробуваннях малих вибірок зразків може бути забезпечено при використанні апріорної інформації.

Використання як теоретичних функцій розподілу напрацювання на відмову ймовірнісно-фізичних моделей відмов, наприклад, стосовно компонентів друкованих плат, дифузійного немонотонного розподілу, рекомендованого стандартами, дозволяє успішно вирішувати поставлену задачу.

Використання прогнозування надійності при випробуваннях електричних компонентів дозволяє:

1. Отримати більш змістовну інформацію про надійність на більш ранніх етапах випробувань;
2. Покращити розуміння фізики відмов і виникаючих проблем надійності з можливістю корекції умов експлуатації електричних компонентів для підвищення надійності;
3. За рахунок прямого моделювання механізмів відмови отримувати більшу точність і достовірність оцінки показників надійності при подальшій екстраполяції по часу або за величинами навантажень;
4. Підвищити інформативність аналізу надійності електричних компонентів.

Дудник А.О.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ У ТЕПЛИЧНИХ КОМПЛЕКСАХ

Тепличні комплекси характеризуються наявністю значних енергетичних потоків, що використовуються для забезпечення відповідної технології. Високі ціни на енергоносії (природний газ, електрична енергія) створюють умови для розроблення спеціальних систем, здатних зменшити, а краще мінімізувати енергетичні витрати.

Заслужують на увагу ресурсоефективні алгоритми керування енергетичними потоками в таких об'єктах. Результати попередніх досліджень дозволили зробити висновок, що додаткова інформація щодо прогнозних значень температури навколишнього середовища та станів біологічного наповнення дозволяє створити базу знань та використати її для формування керуючих впливів на біотехнічні об'єкти з метою мінімізації енергоспоживання, забезпечуючи при цьому виробництво продукції потрібних якості та обсягів.

Вирішення зазначених проблем можливе шляхом використання сучасних інтелектуальних алгоритмів обробки інформації, що поступає від об'єкта керування, та застосування результатів для формування відповідних стратегій керування з метою максимізації прибутку за результатами виробництва.

Запропонована система із застосуванням інтелектуальних інформаційних технологій та програмного забезпечення на основі прогнозованих значень зовнішніх природних збурень та поточних параметрів технологічного процесу забезпечить підтримку прийняття рішень, контроль та моніторинг параметрів біотехнічного об'єкта.

Метою дослідження є підвищення ресурсоефективності процесу виробництва овочевої продукції в тепличних комплексах шляхом розробки методу синтезу системи керування, котра мінімізує ресурсо- та енерговитрати при дотриманні вимог щодо забезпечення якості продуктів.

Результати досліджень. Найважливішим для процесу росту та розвитку рослин є температурно-вологісний режим, на підтримання якого значною мірою впливають зовнішні збурення. Крім того, саме процеси нагріву та вентиляції, згідно з проведеними аналітичними дослідженнями, мають найбільшу енергетичну потужність. З метою отримання режимів роботи обладнання синтезована математична модель зміни температури та вологості внутрішнього повітря у вигляді диференціальних рівнянь [1].

Відповідно до методу визначено закони керування u_i , що забезпечують оптимальне керування режимами роботи електротехнологічного обладнання теплиці.

Такі закони виконуються при забезпеченні оптимальних значень температури та вологості внутрішнього повітря в теплиці. Реалізація прикладних функцій регулювання здійснювалась за допомогою нечітких регуляторів. Реалізація інтелектуальних регуляторів здійснювалась за допомогою програмного забезпечення MatLab із вбудованими в нього методиками вирішення задач.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. A. Dudnyk, V. Lysenko, N. Zaets, D. Komarchuk, T. Lendiel and I. Yakymenko, "Intelligent Control System of Biotechnological Objects with Fuzzy Controller and Noise Filtration Unit", in *2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T)*, Kharkiv, Ukraine, 2018, pp. 586–591.
2. B. Golub, A. Hudz, A. Dudnyk and A. Bushma, "Production of Biotechnological Objects using Business Intelligence", in *2019 9th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, Ceske Budejovice, Czech Republic, 2019, pp. 200–205.

Никифорова Л.Є.

доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

profnikiforova@gmail.com

КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В РОСЛИННИЦТВІ

Продовольчі та екологічні проблеми потребують створення високоврожайних сортів рослин, але це потребує багатолітньої селекційної та агрономічної роботи. Одним з шляхів прискорення цього процесу є створення автоматизованих біотехнічних систем з використанням рослин у якості джерела інформації про умови життєзабезпечення.

У дослідженні рослини, як цілісної біосистеми, до цього часу склалася парадоксальна ситуація: при достатній повноті відомостей про первинні процеси обміну речовин і розвинутої теорії продуктивного процесу, опис життєдіяльності цілісної рослини виявляється вкрай скрутним. Цілісна рослина поводить себе цілком інакше, ніж сукупність клітин, і її життєдіяльність не зводиться до сукупності фізіологічних процесів. Складнощі, що виникають при спробі опису життєдіяльності рослини, пов'язані головним чином, із відсутністю адекватних моделей.

Чисельні реальні і практичні ефекти в рослинництві, одержувані методом випадкових проб, не можуть дати оптимальних статистично достовірних даних. Одним із найбільш ефективних шляхів вирішення цієї проблеми є створення автоматизованих рослинних біотехнічних систем із використанням рослин як джерел інформації та розробка математичних моделей, на основі яких визначався б можливий діапазон змін біотропних параметрів.

Метою дослідження є обґрунтування підходів до створення автоматизованої системи керування адаптацією та продуктивністю рослин, на базі застосування зовнішніх впливів і технічних засобів, що дозволяють контролювати реакцію рослинного біологічного організму.

На підставі досліджень вітчизняних та закордонних дослідників зроблено висновок про доцільність використання біоелектричних характеристик у якості об'єктивного критерію функціонального стану рослин. Як середовище, так і рослина є складним об'єктом. В роботі проаналізовано зв'язки в системі рослина – середовище, виділені ресурсні й інформаційні канали, визначена сукупність параметрів стану, характер прямих і перехресних взаємозв'язків, виявлені джерела збурень.

Динамічний стан рослини, описуються вектором параметрів стану $z(t)$, що пов'язаний з вектором $s(t)$, рівняннями в рамках моделі простору станів:

$$\dot{z}(t) = Az(t) + Bs(t) \quad (1)$$

Вихідні параметри пов'язані з вектором стану рівнянням:

$$\dot{y}(t) = Cz(t) \quad (2)$$

де, s – вектор параметрів середовища розмірності n ;

z – вектор параметрів стану рослини розмірності m ;

y – вектор вихідних параметрів рослин розмірності l .

На підставі виконаних досліджень, визначено мінімальний набір параметрів

біологічного об'єкту рослинного походження, який дає можливість контролювати і, як наслідок, коригувати адаптаційні процеси рослини. Розроблено технічний засіб, що дозволяє виконувати вимірювання біоелектричного потенціалу. Встановлено, що динаміка взаємозв'язку рослини і середовища адекватно описується в рамках моделі простору станів. Аналіз параметрів рослинної біосистеми дозволив відкрити необхідний набір у вигляді тривимірного вектора. Результати досліджень створюють передумови для розробки алгоритмів автоматизованої системи керування адаптаційними та продукційними процесами рослин.

Коваль В.В.

доктор технічних наук, професор

Самков О.В.

доктор технічних наук,

Худинцев М.М.

канд. фіз.-мат. наук, доцент

Осінський О.Л.

аспірант

Самойленко В.В.

студент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Інститут електродинаміки Національної академії наук України, м. Київ, Україна

Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України, м. Київ, Україна

Національна академія наук України, м. Київ, Україна

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ МІТОК ТОЧНОГО ЧАСУ ІНТЕГРОВАНИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖ SMART-ТЕХНОЛОГІЙ

Функціонування інтегрованих електроенергетичних мереж SMART-технологій потребує проведення дискретизованих векторних вимірювань у реальному часі з високою точністю. Згідно стандартів IEEE C37.118.1-2011, IEEE C37.118.2-2011 моніторинг параметрів обладнання повинен виконуватися на територіально розосереджених об'єктах мережі з мікросекундною точністю. За результатами проведеного аналізу [1] визначено два способи частотно-часового забезпечення інтегрованих електроенергетичних мереж. Перший спосіб – передавання сигналів точного часу від державного еталону з використанням IP-мереж. Другий спосіб – передавання сигналів від закордонних еталонів з використанням супутникових навігаційних систем (СНС). Вказані способи слугують важливими складовими частотно-часового забезпечення інтегрованих електроенергетичних мереж.

Метою досліджень слугувала розробка способу підвищення надійності інтелектуальною системою формування міток точного часу для проведення дискретизованих векторних вимірювань параметрів обладнання інтегрованих електроенергетичних мереж SMART-технологій у реальному часі.

Проведено статистичну обробку результатів експериментальних досліджень передавання сигналів з використанням IP-мереж та передавання сигналів точного часу з використанням СНС. Параметрами, що вимірюються вимірювальним обладнанням ИПС-2002 під час експериментальних досліджень, є параметри TIE та вторинні параметри – максимальне відхилення часових інтервалів (MTIE), девіація часового інтервалу (TDEV), які визначені згідно міжнародних Рекомендацій ITU-T.

Запропоновано структуру інтелектуальної системи формування міток точного часу. В основу такої структури поставлена задача створення інтелектуальної системи керування, яка дасть змогу підвищити надійність формування міток точного часу за рахунок введення особливої підсистеми прийняття рішень, системи оперативного контролю якості синхросигналів та одночасного використання системи передавання IP-мережею сигналів точного часу від державного еталону та декількох систем передавання від закордонних еталонів з використанням СНС. Система керування складається з підсистеми прийняття рішень, яка включає блок прийняття рішень та блок керування, а також локальних систем керування.

При такому підході підвищується надійність і точність формування міток точного часу за рахунок введення особливої підсистеми прийняття рішень та системи оперативного контролю якості синхросигналів. В реальних режимах функціонування територіально розосередженого електроенергетичного обладнання підвищення надійності формування міток точного часу забезпечить можливість підвищення його надійності, та як наслідок, енергоефективності інтегрованих систем електропостачання SMART-технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизована система передачі синхросигналів з використанням IP-мереж: монографія / В.В. Коваль, Д.О. Кальян, О.В. Самков. – К.: НУБіП України, 2016. – 182 с.

Луцька Н.М.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет харчових технологій

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ, ЩО ФУНКЦІОНУЮТЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Анотація. Розробка ефективної системи керування (СК) технологічними об'єктами (ТО), що функціонують в умовах невизначеності на сьогодні продовжує залишатися творчою процедурою, що повністю залежить від проектанта СК. Це пояснюється визначальною частиною початкових знань предметної області (ПрО) проектанта, та отриманих на їх основі емпіричних знань. Використання даних та знань предметної області потребують формалізацію для використання в системі підтримки прийняття рішень, де вибір кінцевої СК залишається за проектантом.

Матеріали та методи дослідження. Для систематизації знань в роботі використовується підхід, яких базується на таких основних системно-онтологічних підходах [1–3]: абстрагування і конкретизація, композиція і декомпозиція, структурування та класифікація. Для СК основними алгоритмами, що забезпечують ефективне функціонування ТО передбачені робастні регулятори та системи [4].

Викладення основного матеріалу дослідження. Передбачається, що онтологічний підхід до проектування СК, в тому числі програмної її частини, є міждисциплінарна проблема формування, представлення, обробки та аналізу знань та даних, моделі яких описують структуру та взаємозв'язок об'єктів ПрО. Такий підхід на

відміну від емпіричного підходу, передбачає чітку систематизацію знань ПрО, в тому числі міждисциплінарні знання. Множина об'єктів ПрО формується з понять, що приймають участь у життєвому циклі автоматизованої СК ТО, що функціонують в умовах невизначеності. Аналізуючи проблемну область дослідження, було виділено дві узагальнені задачі: задача проектування СК ТО та задача моніторингу СК ТО.

В основі онтологічного підходу лежить поняття онтологічної системи (ОнС), яка описується кортежем:

$$\text{ОнС} = \langle O^{\text{Пд}O}(O, O^{\text{Пр}}), O^3 \rangle. \quad (1)$$

Предметна область $O^{\text{Пд}O}$ складається з двох частин – онтології об'єктів O та онтології процесів $O^{\text{Пр}}$. Перша визначає статичні терміни, визначення та взаємозв'язки предметної області, а друга – динаміку (події та тривалості) ПрО. Онтологія процесів ПрО можна побудувати відповідно до функціонування об'єктів предметної області, а можна відповідно до задач проблемної області. В роботі пропонується онтологію процесів розробляти відповідно до життєвого циклу та задач проблемної області O^3 .

Висновок. В результаті дослідження розроблено ОнС, що є формалізованим представленням знань ПрО для автоматизованої обробки. Виділені задачі та методи їх рішення дозволяє моделювати область знань, а також визначає відношення між об'єктами онтології.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Fernández-López M., Gómez-Pérez A. Overview and analysis of methodologies for building ontologies // Knowl. Eng. Rev., 2003. 17(02), P. 129–156.
2. Baader F., Calvanese D., McGuinness D. L., Nardi D., Patel-Schneider P. F. The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, Applications. Cambridge, 2003. 574 p.
3. Системно-онтологический анализ предметной области / А. В. Палагин, Н.Г. Петренко // Управляющие системы и машины, 2009. № 4. С. 3–14. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/USM_2009_4_2.
4. Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами: [монографія] / Луцька Н.М., Ладанюк А.П. – К.: Видавництво «Ліра-К», 2015. – 288 с.

Панталієнко Л.А.

канд. фіз.-мат. наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ДО ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МАЛОЧУТЛИВИХ ПРИСКОРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Одним із напрямків дослідження динамічних і траєкторних властивостей пучків заряджених частинок полягає у розвиненні методів практичної стійкості та структурно-параметричної оптимізації стосовно оптимального формування полів прискорювачів заряджених частинок за заданими критеріями [1]. Аналіз стійкості параметричних систем [1–2]. дозволяє проводити чисельний розрахунок оптимальних параметрів в залежності від змінювання траєкторій на реальних режимах. Такі постановки слугують

важливою складовою комплексу задач проектування малочутливих (нечутливих) систем автоматичного керування.

Метою досліджень слугувала розробка чисельних методів розв'язання задач структурно-параметричної оптимізації поздовжнього руху заряджених частинок з урахуванням вимог щодо чутливості їх параметрів.

Розглянуто постановки задач недиференційованої траєкторної оптимізації для рівнянь поздовжнього руху заряджених частинок

$$\frac{d\gamma}{d\xi} = \alpha(\xi)\cos\varphi,$$
$$\frac{d\varphi}{d\xi} = \frac{2\pi\gamma}{\sqrt{\gamma^2 - 1}}, \quad \xi \in [0, T],$$

для випадку релейного керування. За наявності обмежень на функцію керування вихідні задачі мінімаксної оптимізації зведено до задач про оптимальний вибір точок перемкнення. Для їх чисельного розв'язання запропоновано ітеративну процедуру градієнтного спуску. При цьому область початкових умов за фазовими координатами частинок попередньо подано у дискретному вигляді, а градієнт функції цілі – за допомогою функцій чутливості, що характеризують величину швидкості змінювання збуреного руху відносно розрахункового значення вектора параметрів.

Запропоновано алгоритми розв'язання цього класу задач за допомогою функцій чутливості. При такому підході розрахунок оптимальних параметрів керування здійснюється з урахуванням можливих відхилень розрахункових траєкторій на реальних режимах функціонування системи, а визначення функцій чутливості в процесі оптимізації дає можливість здійснювати в подальшому проектування малочутливої прискорювальної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гаращенко Ф.Г. Прикладні задачі теорії стійкості / Ф.Г. Гаращенко, В.В. Пічкур. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2014. – 125 с.
2. Панталієнко Л.А. Дослідження задач обмеженої чутливості методами практичної стійкості / Л.А. Панталієнко // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2014. – Вип. 194. Част.2. – С. 243–248.

Потапенко М.В.

кандидат технічних наук, старший викладач
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування
України «Бережанський агротехнічний інститут»

Рамш В.Ю.

кандидат технічних наук, доцент
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування
України «Бережанський агротехнічний інститут»

Шаршонь В.Л.

асистент
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування
України «Бережанський агротехнічний інститут»

ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ОЦІНКА І ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ НА ОСНОВІ ДІАГНОСТУВАННЯ

Метою роботи є розробка математичних методів підвищення ефективності проведення ремонтно-обслуговуючих робіт технологічних ліній на основі визначення оптимального залишкового ресурсу.

Результати досліджень. Проблема розробки математичних методів підвищення ефективності організації ремонтно-обслуговуючих робіт стосовно технологічних систем, потребує формулювання загальних принципів визначення їх фактичного стану в процесі експлуатації.

Прогнозування залишкового ресурсу для обладнання технологічних систем має велике значення, тому що ремонт однієї машини в більшості випадків призводить до зупинки всієї лінії.

Ефективність оцінки і прогнозування динаміки технічного стану ліній в значній мірі визначається якістю отриманої діагностичної інформації. Зменшення трудомісткості технічного діагностування скорочує простої обладнання, а також затрати праці на його проведення.

Підвищення точності визначення діагностичних параметрів призводить до збільшення ймовірності проведення необхідних операцій технічного обслуговування і ремонту машин та електрообладнання.

Для оптимізації характеристик технологічних систем та засобів діагностики необхідно використовувати техніко-економічний критерій. При цьому необхідно враховувати особливості елементів системи і методу діагностування, який впливає на сумарні питомі витрати.

Відносно діагностування сумарні витрати пов'язані з використанням засобів діагностування, витрат на їх виробництво та витрат, які викликані похибкою діагностування. Тому цільова функція сумарних витрат на вимірювання i -го структурного параметру буде мати вид:

$$C_{ijkl}(T, \sigma) = [C_{ijk}(T) + B_{ijkl}(T, \sigma)] + [C_{ijkl}^c(\sigma) + C_{ijkl}^p(\sigma)]; \quad (1)$$

де T – оперативна трудоемність діагностування; σ – середня квадратична похибка вимірювання структурного параметру стану; $C_{ijk}(T)$ – питомі витрати, які пов'язані із забезпеченням контролепридатності об'єкта по j -му варіанту при k -му методі діагностування; $B_{ijkl}(T, \sigma)$ – питомі витрати на безпосереднє вимірювання i -го

параметра стану при l -му засобі діагностування; $[C_{ijkl}^c(\sigma) + C_{ijkl}^p(\sigma)]$ – витрати, які виникають із-за похибки вимірювання стану та прогнозування технічного ресурсу машини.

При необхідності оптимізації по всіх структурних параметрах цільова функція буде мати вид:

$$C_{ijkl}(T, \sigma) = \left\{ \sum_{i=1}^n [C_{ijk}(T) + B_{ijkl}(T, \sigma)] + \sum_i^{n_1} C_{ijkl}^c(\sigma) + \sum_{i=n_1+1}^n C_{ijkl}^p(\sigma) \right\} \rightarrow \min \quad (2)$$

де n і n_1 – відповідно число параметрів, які порівнюють з допустимим значенням та число прогнозованих параметрів для визначення залишкового ресурсу машин і обладнання.

Для більш якісного планування робіт необхідна інформація про поточний стан агрегатів, який представляється як функція зміни основного характеризуючого параметра агрегату.

Висновки. В результаті вдосконалення засобів діагностики з'явилась можливість отримання даних про параметри, які характеризують стан об'єктів без їх розбирання. Тому керування технічним станом ліній на основі визначення оптимального залишкового ресурсу кожного елемента дозволяє спланувати ремонтно-попереджувальні роботи з використанням принципів системного аналізу. При цьому доцільним є одночасний ремонт елементів технологічної лінії, а тому витрати будуть розподілені між ними і тим самим буде знижена вартість ремонту кожного агрегату.

Romasevych Y.O.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Loveikin V.S.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Liashko A.P.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

ANALYSIS OF SOFTWARE FOR PID-CONTROLLERS TUNING

In order to cope with the issues of tuning PID-controllers, manufacturers embed self-tuning features into them. However, there is a large segment of PID-controllers that do not have self-tuning functions and therefore the issues of setting proportional, integral and differential gain are important.

The aim of the current research is establishing functional features of the state-of-the-art software for PID-controllers tuning.

The results of the investigation. INCA PID Tuner software by Inca [1] contains modules that connect to the most commonly used DCS, PLC, and RTDB systems using various OPCs. The software has state-of-the-art identification of the plants. The software calculates the optimal values of the PID gains, taking into account the limitations of DCS and PLC.

The PID-controller may be tuned with free online service PID Tuner Controller [2]. In order to use this it, one has to download the data of the plant: more than 50 samples „input-output” (the input is the steps of different magnitude, and the output is the response). The user selects the type of transfer function that matches the uploaded data. The resource automatically calculates the parameters of the transfer function and the gains of the PID-controller.

PID-Tuner by DOT X Control Solutions [3] may be used in on-line and off-line modes. On-line, it communicates with a computer or devices via OPC. These devices may be controllers Siemens, Allen Bradley, Arduino, and others. The software might use Matlab/Simulink, gProms, Aspen Technology software.

Simcet software [4] by developer PiControl Solutions LLC is compatible with almost all of the world's DCS/MPC and PLC. This product performs multidimensional identification of the plants and uses obtained data to optimize gains of PID-controller.

The Protuner PID controller tuning system by Techmation Inc [5] converts the experimental data of the plant from the time domain to the frequency domain and calculates the PID-controller gains by using several different tuning methods.

PID-autotune software by Kevin Joly [6] provides automatic tuning of PID-controller with genetic algorithm. It allows building plots of a plant with open and closed loops.

Conclusions. In the engineering practice, one has a wide range of applications (software products) for PID-controllers tuning. They allow simplifying the process of controllers tuning. Most of the analyzed applications have advanced functionality. There is a tendency: free software has limited functions (however, it is enough for PID-controllers tuning), marketed applications allow controllers tuning and analyzing its performance.

REFERENCE

1. PID tuner. Robust advanced PID control. Web-cite. URL: https://19lz9c16l9mt45jwvkt81p14-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2015/08/INCA_A4_PID-Tuner_04-2013.pdf (access: 29.08.2019).
2. Tune your PID. Web-cite. URL: <https://pidtuner.com/> (access: 29.08.2019).
3. PID Tuner Software. URL: <https://pid-tuner.com/software/> (access: 29.08.2019).
4. PID Tuning and APC Design & Optimization. Web-cite. URL: <https://www.picontrolsolutions.com/> (access: 29.08.2019).
5. Optimization of Regulatory Control Systems. Web-cite. URL: <http://www.protuner.com/on-site-optimization.html> (access: 29.08.2019).
6. PID controller auto-tuning using genetic algorithm. Web-cite. URL: <https://kevinjoly25.wordpress.com/> (access: 29.08.2019).

Стеценко С.В.

старший викладач

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ВЗАЄМОДІЮ З МАЛИМИ ЧАСТИНКАМИ КУЛЬОВОЇ ФОРМИ

Досліджено вплив електромагнітного випромінювання на взаємодію з малими частинками кульової форми і дисперсними системами на їх основі на межі розділу фаз. Узагальнено застосування теорії Максвелл-Гарнетта та наближення ефективного середовища для дисперсних систем з відповідними вclusions; проаналізовано умови збудження і поширення поверхневих електромагнітних мод в дисперсних системах під дією електромагнітного випромінювання та вплив міжфазних границь розділу на

оптичні спектри поглинання і розсіяння. Наведено результати досліджень відгуку двошарових малих частинок на дію електромагнітного поля з точки зору їх можливого практичного використання. Отримати практично повну інформацію про відгук частинок на дію електромагнітного випромінювання дають частотні залежності діелектричної проникності. Показано, що в таких частинках екстремуми в частотних залежностях проникності пов'язані з колективними електронними збудженнями на міжфазних границях. Отримано вираз для розрахунку поляризованості двошарової малої частинки (діелектричне ядро – напівпровідникова оболонка) в електричному полі, яке гармонічно змінюється у часі. Отримані частотні залежності ефективної діелектричної функції дисперсних систем з такими включеннями вказують на існування можливості керування не тільки положеннями резонансних частот в досить широкому частотному інтервалі, а також – величиною самих екстремумів.

На основі приведених розрахунків можна стверджувати, що наявність зовнішнього електричного поля призводить до зміни електродинамічних властивостей: перерозподілу зарядів, зсуву положення піків і зміни інтенсивності поглинання електромагнітного випромінювання системою малих частинок. При цьому характер зміни процесів поглинання залежить від електродинамічних параметрів (ефективні діелектричні проникності, власні моди коливань, фізико-хімічний стан тощо).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гречко Л.Г. Поглинання електромагнітного випромінювання в матрично-дисперсних системах з багатошаровими кулястими включеннями / Л.Г. Гречко, О.Ю. Грищук, Л.Б. Лерман [та ін.] // Металофізика: новітні технології. – 2008. – Т. 30, № 6. – С. 789–804.

2. Стеценко С.В. Вплив адсорбційного шару металевих частинок на їх поляризованість та розсіяння світла / О.Ю. Грищук, С.В. Стеценко // Металлофизика и новейшие технологии. – 2014. – т. 36. № 3. – С. 391-397.

Толочко О.І.

доктор технічних наук, НТУУ «КПІ»

Кондратенко І.П.

чл.-кор. НАН України, доктор технічних наук, ІЕД НАН України

Рижков О.М.

аспірант ІЕД НАН України

КЕРУВАННЯ ВАНТАЖОПІДЙОМНИМ ПРИСТРОЄМ КРАНА-МАНІПУЛЯТОРА В ПРОЦЕСІ ОПУСКАННІ КОШИКА У ВАННУ З РОЗЧИНАМИ

Метою роботи: є розробка математичної моделі підйимального пристрою з врахуванням зміни моменту статичного опору внаслідок дії виштовхувальної сили при зануренні металу у рідину, аналіз особливостей технологічного процесу та порівняльний аналіз систем керування асинхронним двигуном при замиканні її за швидкістю та за положенням з умов забезпечення вимог технологічного процесу.

Результати досліджень: Під час руху вантажу в рідині на нього згідно з законом Архімеда діє окрім сили тяжіння виштовхуюча сила, яка визначається виразом в який

входить щільність рідини, об'єм рідини, витісненої кошиком з вантажем, що залежить від глибини занурення кошика, прискорення вільного падіння та прискорення кошика. Прискорення кошика при зануренні вантажу береться додатне, а при його підйманні від'ємне. При роботі в кранових механізмах прискорення кошика набагато менше прискорення вільного падіння тому впливом прискорення занурюваного в рідину вантажу на величину зусилля Архімеда можна знехтувати. Якщо припустити, що вантаж є однорідним та його об'єм рівномірно розподілено за висотою кошика і повністю його заповнює, то можливо записати систему рівнянь зміни об'єму кошика в залежності від її положення. З урахуванням дії виштовхувальної сили момент навантаження двигуна підйимального пристрою визначатиметься силою яка залежить від маси та виштовхувальної сили на радіус приведення. Відповідно змінюється і сумарний момент інерції установки, приведений до валу двигуна. Для такого об'єкта керування досить важко розрахувати тахограму, яка б забезпечила досягнення кошиком з вантажем дна ванни при нульовій швидкості без замикання системи за положенням. Особливо важко це зробити при застосуванні скалярного частотного регулювання внаслідок наявності змінної статичної похибки за швидкістю. Щоб система позиційного електроприводу відпрацьовувала без перерегулювання при дотягуванні великих, середніх та малих переміщень, в ній застосовують або нелінійний регулятор положення, або задавальний пристрій. Перевага застосування задавального пристрою полягає у спрощенні налаштування регуляторів та у можливості налаштування задатчика положення окремо від електроприводу. Враховуючи змінний характер моменту статичного опору та його активний характер, регулятор швидкості слід виконати пропорційно-інтегральним, а на його вході треба встановити фільтр у вигляді аперіодичної ланки.

Висновки: Розроблена математична модель вантажопідйомного пристрою крана-маніпулятора в складі комплексу переробки небезпечних відходів відображає зміну моменту статичного опору приводу при зануренні кошика з вантажем у дезактивуючий розчин, миттєве зменшення швидкості кошика до нуля та відділення маси кошика від маси колони при досягненні кошиком дна ванни. Точність відпрацювання тахограми, при використанні системи регулювання швидкості колони, є недостатньою, що призводить до розплескування дезактивуючої рідини, неприпустимого занурення телескопічної колони чи її деталей у дезактивуючу рідину, та до порушення процесу відокремлення кошика від колони. Запропонована система позиційного електроприводу із задавальним пристроєм, пропорційно-інтегральним регулятором швидкості та лінійним пропорційним регулятором положення задовольняє усім вимогам технологічного процесу і може бути рекомендованою для вантажопідйомних пристроїв кранів-маніпуляторів у вигляді телескопічних колон.

Удовенко О.О.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Павлусь В.

студент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

НАВЧАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ РОЗУМНИЙ БУДИНОК НА БАЗІ ОДНОПЛАТНОГО МІНІ-КОМП'ЮТЕРА RASPBERRY PI -3B+

Енергоефективність та енергозбереження є стратегічним напрямком розвитку країни. Енергоефективний будинок – це будинок, в якому оптимізовані енергетичні процеси. Сучасна система розумний будинок дозволяє скоротити витрати до 30%.

Метою даної розробки є отримання студентами практичних навичок з використання Інтернет речей та побудови системи розумний будинок.

При створенні навчального лабораторного стенду необхідно вирішити два суперечливих завдання: по-перше це створити систему з максимальною кількістю можливостей (збору даних, виконавчих механізмів, Інтернет речей, хмарних технологій і т.п.), друга це незначна вартість моделі.

На думку авторів одним з найкращих варіантів є застосування одноплатного міні-комп'ютера Raspberry Pi в поєднанні з датчиками, інтерфейси яких адаптовані до модулів Arduino. Адже при навчанні основна увага приділяється принципам побудови системи та методам обробки сигналів.

Запропонована модель буде орієнтована на наступні напрямки енергоефективності: освітлення, опалення, кондиціювання та вентиляція, зниження споживання енергії, зменшення споживання води.

Працюючи з моделлю студенти матимуть змогу вивчити принципи роботи Інтернет речей, розробляти власні проекти, та їх використовувати. При вивченні Інтернет речей планується використання двох варіантів: перший з застосуванням хмарного середовища, другий за допомогою віддаленого керування.

У якості плати розширення інтерфейсів Raspberry обрано плату DFRobot DFR0327 на мікроконтролері ATmega32u4, яка дозволяє максимально використовувати ресурси як Raspberry Pi так і модулів сумісних з Arduino. На платі виконано Arduino-сумісне розміщення контактів, яке дозволяє підключати датчики та виконавчі механізми, які адаптовані до плат Arduino, а також контакти сумісні з GPIO Raspberry.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://www.dfrobot.com/>
2. <https://www.raspberrypi.org/>
3. Удовенко О.А. Комплексный подход к повышению эффективности модернизации электроприводов. Разработка рудных месторождений 2007. – №91. – С.151–155.

Шворов С.А.

доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Лукін В.Є.

кандидат педагогічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Пасічник Н.А.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Комарчук Д.С.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Давиденко Т.С.

аспірант, Національний університет біоресурсів і природокористування України

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ ЗБИРАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ДЛЯ БІОГАЗОВИХ КОМПЛЕКСІВ

Одним із найважливіших завдань на сьогоднішній день є розробка та реалізація перспективних технологій промислового виробництва біометану для заміщення природного газу. Досвід використання біогазових комплексів (БГК) у європейських країнах, особливо в Німеччині, свідчить про те, що суттєве нарощування обсягів виробництва біогазу забезпечується як на основі застосування відходів тваринництва, так і інших видів ко-субстратів, в т.ч. спеціально вирощених енергетичних культур (ЕК). Вирішення цього завдання у великих промислових масштабах передбачає розробку та застосування інтелектуальних систем керування (ІСК) процесами збирання енергетичних культур для БГК.

Мета досліджень полягає в розробці методичних засад побудови інтелектуальних систем керування процесами збирання енергетичних культур для біогазових комплексів.

Для досягнення поставленої мети виникає необхідність у вирішенні задач розробки методу визначення обсягів біомаси на полях за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА); обґрунтування методу синтезу компромісно-оптимальних маршрутів руху роботизованої збиральної техніки (РЗТ) у процесі збору біомаси з урахуванням пасивних (нерухомих) та активних (рухомих) перешкод; побудови функціональної структури інтелектуальної системи керування процесами збирання органічної сировини шляхом створення бази знань і системної інтеграції методів, алгоритмів та продукційних правил підтримки прийняття рішень.

За допомогою запропонованої ІСК повинні вирішуватися наступні задачі: моніторинг процесу вирощування ЕК та визначення їх обсягів на основі застосування БПЛА; розпізнавання ЕК, активних і пасивних перешкод на шляху руху РЗТ, розподіл РЗТ по полях та планування оптимальних маршрутів їх руху для збору ЕК; оперативне керування процесами завантаження та доставки сировини до БГК. Для вирішення перерахованих задач ІСК повинна включати підсистеми моніторингу, планування та

оперативного керування процесами збирання органічної сировини. Для моніторингу ЕК застосовуються цифрові фотокамери, що розташовані на БПЛА. На основі даних з датчиків БПЛА визначаються обсяги врожаю та координати різних видів перешкод на шляху руху РЗТ на кожній ділянці поля.

Процес планування змісту та часу виконання польових робіт поділяється на декілька етапів, а саме: формування електронної карти місцевості та визначення обсягів урожаю на кожній ділянці, а також компромісно-оптимальних маршрутів та швидкості руху збиральної техніки на полях з перешкодами та складними геометричними формами. За допомогою продукційних правил забезпечується керування збиральною технікою з урахуванням погодних умов, перешкод на шляху руху БЗТ, фактичного та прогнозованого відсотка виконаного плану.

Таким чином, застосування запропонованої інтелектуальної системи керування процесами збирання енергетичних культур для біогазових комплексів передбачає цілодобову високу оперативність та точність керування БЗТ, а також зменшення вартісних витрат на збиральну кампанію.

Мірошник В.О.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Лендел Т.І.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ ПЕРЕМІШУВАННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ

Мета досліджень. Розробити імітаційну модель процесу отримання бетонної суміші заданої міцності із заданим співвідношення цемент/тверда фаза розчину при подачі цементу заданої марки цементу та підтриманні необхідного рівня змішування.

Автоматичне керування технологічним процесом отримання бетонної суміші має забезпечувати автоматичний контроль за режимами роботи агрегатів, контроль якості суміші і облік на виході продукції. В технологічному процесі виробництва бетонних сумішей виконуються такі операції як: подача матеріалів в витратні бункера, дозування, перемішування і видача готової суміші. Для дозування матеріалів використовується дозатори з уніфікованим циферблатним показником ваги, в яких є датчики аварійного перезавантаження, датчики контролю завантаження дозатора і датчики завдання маси порції.

Розроблено параметричну схему змішувача бетонної суміші показана на рис. 1. Міцність бетону задається вибором марки цементу MK_C і співвідношенням мас цементу, щебеню і піску – M_C , M_S , M_P .

Складено рівняння балансу (1), де маса добавок внаслідок їх невеликої кількості не врахована, як і вологість матеріалів:

$$G_P + G_S + G_C + G_V = G_{cm} \quad (1)$$

де G_P , G_S , G_C , G_V , G_{cm} – витрати мас піску, щебеню, цементу, води, готового розчину, кг/с, які подаються і виходять із змішувача.

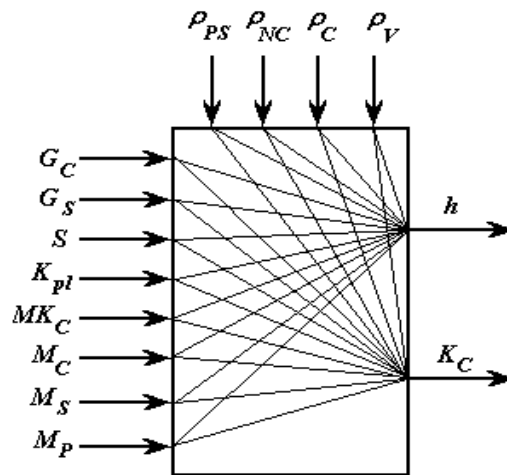


Рис. 1. Параметрична схема змішувача бетонної суміші:

K_C , h – вміст цементу (міцність бетону) і рівень суміші в змішувачі;
 ρ_{PS} , ρ_{NC} , ρ_C , ρ_V – густина складових суміші; G_C , G_S – витрати цементу і щебеню;
 S – площа поперечного розрізу перемішувача; MK_C – марка цементу;
 M_C , M_S , M_P , K_{pl} – параметри міцності бетону.

Математичну модель реалізовано в програмному середовищі в Simulink MATLAB. Задавши час моделювання 100 с. отримано розгінні характеристики об'єкту регулювання по параметрах h і K_C (рис. 2).

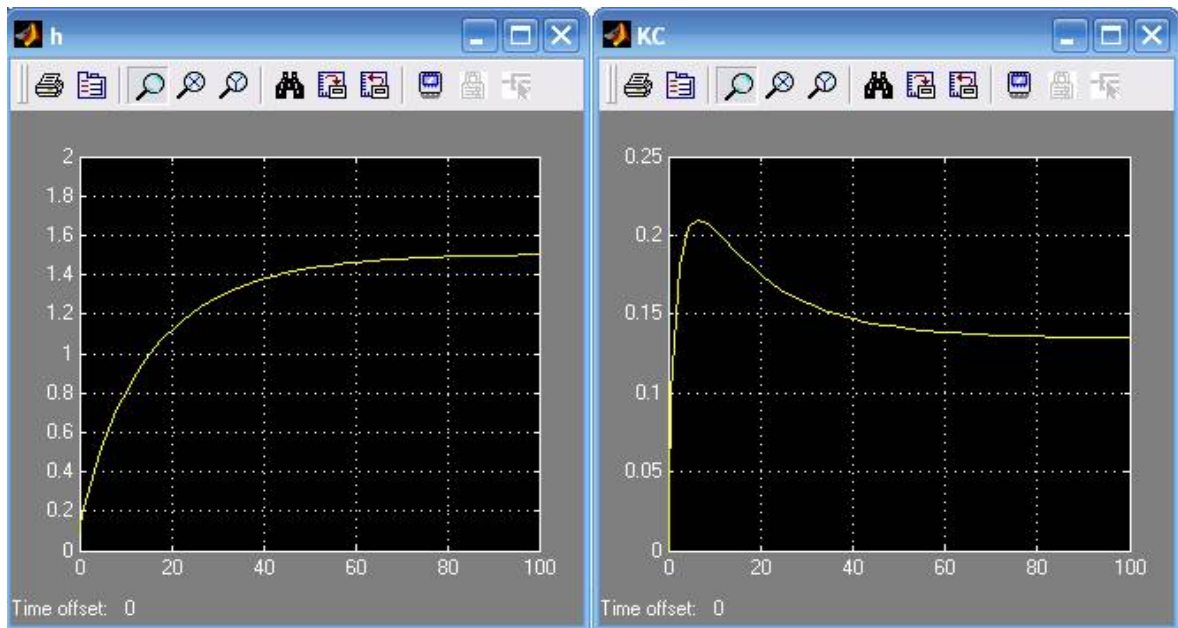


Рис. 2. Розгінні характеристики об'єкту регулювання по параметрах h і K_C

Висновок. Розроблено імітаційну модель процесу отримання бетонної суміші заданої міцності із заданим коефіцієнтом співвідношення цемент/тверда фаза розчину при подачі цементу заданої марки та підтриманні необхідного рівня змішування.

СЕКЦІЯ 5. ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА ТА ТЕПЛОФІЗИКА

Авдєєва Л.Ю.

доктор технічних наук

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, м. Київ, Україна

Макаренко А.А.

кандидат технічних наук

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, м. Київ, Україна

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЛІПІДНИХ НАНОСТРУКТУР ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Швидкий розвиток нанотехнологій пов'язаний з новими можливостями, які відкриваються у різних галузях промисловості при їх використанні. Використання наноматеріалів дозволяє забезпечити значний прогрес практично у всіх існуючих сферах діяльності людини: енергетиці, екології, електроніці, медицині, фармацевтиці і т. ін.

Майже повна відсутність високопродуктивного обладнання для виробництва великих обсягів препаратів з ліпідними наноструктурами, не дозволяє створювати промислові технології і робить їх використання дуже обмеженим. Для одержання ліпідних везикул з необхідними характеристиками використовуються різні методи і обладнання.

Переведення фосфоліпідів з великоагрегатної форми у везикулярну пов'язані зі значними питомими затратами енергії, тому при розроблені нових промислових технологій важливим є вибір обладнання з високою продуктивністю і низькою енергоємністю.

Найчастіше для виробництва ліпідних везикул використовуються ультразвукові диспергатори. Цьому виду обладнання характерні невисока продуктивність, застосовування декількох стадій і додаткових видів обробки. Останнім часом також пропонуються для одержання ліпідних везикул гомогенізатори високого тиску. Суттєвими недоліками цього виду обладнання є значні витрати питомої електроенергії на одиницю продукції, дуже високий тиск, що призводить до окислення поліненасичених жирних кислот фосфоліпідів.

Для створення ліпідних наноструктур з заданими властивостями також використовуються роторно-пульсаційні апарати (РПА), в яких реалізується принцип дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ). Використання цього обладнання дозволяє значно збільшити продуктивність, знизити енерговитрати і підвищити якість нанопрепаратів.

Аналіз літератури і патентних джерел дозволяє стверджувати про доцільність використання явища гідродинамічної кавітації для інтенсифікації багатьох хіміко-технологічних процесів, в т.ч. для інтенсифікації процесу утворення ліпідних наноструктур і розробки промислових технологій виробництва наноформ препаратів для різних галузей промисловості і сільського господарства.

Для визначення ефективності застосування нано-форм перератів у сільському господарстві були напрацьовані дослідні зразки добрив, рекомендованих до застосування у рослинництві – комплекс аміачної селітри та нітроамофоски з ліпідними наноструктурами. Для утворення нано-форми добрив використовувався розроблений в Інституті технічної теплофізики НАН України експериментальний гідродинамічний

кавітаційний апарат статичного типу, який дозволяє отримати найбільш низькі значення кавітаційних чисел і одержати високий кумулятивний ефект при диспергуванні.

Дослідження показали, що запропонована обробка дозволяє отримати мікроемульсію з добривами з вузьким діапазоном дисперсності. Середній розмір частинок становить 430 нм. Такі частинки відносяться до одношарових малих і великих везикул, які вважаються найбільш стійкими при зберіганні, характеризуються великим внутрішнім об'ємом і високою проникністю до середини клітин.

Проведений комплекс досліджень дозволив розробити технологічну схему виробництва сучасних видів добрив у наноформі для сільського господарства. Використання пристроїв на основі ефектів гідродинамічної кавітації при виробництві добрив у наноформі для сільського господарства дозволяє зменшити питомі витрати енергії на обробку 1 м³ готової продукції до 2,5 разів (0,8 кВт·год/т) і збільшити продуктивність в 3 рази (9,1 м³/год) в порівнянні до РПА.

Горобець В.Г.

доктор технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів та природокористування України

gorobetsv@ukr.net

Богдан Ю.О.

кандидат технічних наук

Херсонська державна морська академія

Троханяк В.І.

кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів та природокористування України

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ І ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООБМІННИХ І ГІДРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАКТНОГО ПУЧКА ТРУБ МАЛОГО ДІАМЕТРА

Одним з найбільш поширеного обладнання, яке використовується в теплоенергетиці, промисловості і сільському господарстві – це теплообмінники. Вибір теплообмінника базується на конкретних умовах експлуатації, що визначають його конструкцію, теплові та динамічні характеристики, технічні, економічні та інші показники. З багатьох існуючих конструкцій теплообмінників близько 80% – це кожухотрубні теплообмінники, що пов'язано насамперед з можливістю їх використання при високих температурах і тиску. Основним елементом таких теплообмінників є трубні пучки.

Робота присвячена експериментальному і чисельному дослідженню по визначенню теплофізичних і гідродинамічних характеристик компактного пучка гладких труб малого діаметру. Такий пучок, порівняно з традиційним розташуванням труб, має значні переваги, оскільки збільшується коефіцієнт тепловіддачі та зменшується аеродинамічний опір трубного пучка. Використання таких пучків дозволяє зменшити розміри і масу теплообмінників кожухотрубного типу. Експериментальні дослідження досліджуваного пучка проводились в аеродинамічній трубі, а також шляхом чисельного моделювання при різних гідродинамічних умовах зовнішнього потоку.

Досліджуваний пучок труб складається з: гладких трубок діаметром і товщиною – $d \times \delta = 0,010 \times 0,001$ м; довжина труб – $l = 0,300$ м. Одна трубка із пучка – це тепла

калориметрична трубка з електричним нагрівачем всередині. Діапазон швидкості повітря під час експериментів змінювався від 0 до 7,0 м/с.

Крім експериментальних досліджень проводилося чисельне моделювання процесів аеродинаміки та теплопереносу в каналі трубного пучка. Метою цього розрахунку є отримання полів швидкостей, температур і тиску, а також знаходження чисел Нуссельта та Ейлера залежно від числа Рейнольдса.

Чисельне моделювання процесів теплопередачі та гідродинаміки в трубному пучку проводилось за допомогою програмного забезпечення ANSYS Fluent. Математична двовимірна модель процесів тепло- і масопереносу включає систему рівнянь Нав'є-Стокса, рівняння передачі енергії для конвективних потоків та стандартну k-ε модель турбулентності. Чисельні розрахунки в досліджуваному пучку труб проводились для числа Рейнольдса $Re=4400$.

Результати розрахунку показують, що для однакових значень числа Рейнольдса інтенсивність тепловіддачі для компактного пучка з трубками малого діаметру майже в 2 рази перевищує інтенсивність передачі тепла на поверхні коридорного пучка труб.

На підставі результатів експериментальних та чисельних досліджень показано, що нові конструкції кожухотрубних теплообмінників з компактным трубним пучком мають високий ККД, що значно перевищує тепловий ККД теплообмінників при традиційному розташуванні труб. Розрахунки показують, що теплообмінники нової конструкції мають розміри в 1,7–2 рази менші, а масу на 10–15% нижчу порівняно з теплообмінниками традиційних конструкцій при однаковій тепловій потужності.

Скрипник О.В.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Клименко В.В.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Свяцький В.В.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Конончук С.В.

Центральноукраїнський національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ЛЬОДОГАЗГІДРАТНИХ КАПСУЛ ДВООКИСУ ВУГЛЕЦЮ ПРИ ПАКУВАННІ, ТРАНСПОРТУВАННІ ЗБЕРІГАННІ СВІЖИХ ПРОДУКТІВ

Відомо, що для зберігання природних властивостей продуктів, які швидко псуються, при пакуванні, зберіганні та транспортуванні застосовують холод. Створення умов необхідного холодного середовища досягається різними способами, найдешевшим з яких є розміщення в тарі з продуктами штучного або природного льоду різної геометричної форми (дрібний лід, лід в брикетах тощо); при цьому лід в ємностях може розміщуватись в тарі з продуктами, або знаходитись в тарі безпосередньо в контакті з продуктами.

Одним із способів пакування, зберігання і транспортування свіжих продуктів є одночасне розміщення всередині пакувальної тари разом з продуктами, які вкладені в пакет, природних або штучних матеріалів для охолодження (природний або штучний лід) [1]. Недоліками такого способу є неможливість створення захисної атмосфери, яка сприяла б кращому збереженню якості свіжих продуктів.

Авторами запропоновано спосіб пакування, зберігання та транспортування продуктів на прикладі свіжої зелені (кріп, петрушка, кінза тощо), який здійснюється наступним чином. В пакувальній тарі розміщують пакет з дегазуючим клапаном, в який вручну упаковують свіжу зелень, наприклад, попередньо фасовану невеликими об'ємами для зручності наступної реалізації у торговельній мережі. Пакування свіжої зелені проводиться в спеціальному приміщенні при температурі від мінус 1 °С до плюс 1 °С і вологості повітря від 95 % (відповідно до рекомендацій [2]). Всередину пакету з дегазуючим клапаном разом з зеленню розміщують колотий лід при плавленні якого поглинається теплота теплопритоків та льодогідратні капсули (ЛГК) двоокису вуглецю для створення захисної атмосфери та поглинання частини теплопритоків, які знаходяться у відкритих (незапаяних, незапакованих) пакетах. Після чого пакет запаюють, а пакувальну тару закривають.

При зберіганні або транспортуванні в тарі свіжої зелені (кріп, петрушка, кінза тощо) льодогідратні капсули двоокису вуглецю, які розміщені у відкритих пакетах, знаходяться в невірноваженому стані і тому вони плавимуться з утворенням газоподібного CO₂ і води [3]. Виділення газоподібного двоокису вуглецю сприяє підвищенню тиску захисної атмосфери в пакеті. Регулювання тиску захисної атмосфери в межах близьких до атмосферного тиску проходить автоматично за рахунок скидання через дегазуючий клапан надлишку газоповітряної суміші в навколишнє середовище. Для збереження зелені в свіжому вигляді вміст CO₂ в захисній атмосфері повинен складати від 2 % до 5 % (відповідно до рекомендацій [4]). Температура води після плавлення льодогідратних капсул двоокису вуглецю складає біля 0 °С. Холодна вода поглинати частину теплоти, яку виділяють рослини, що дозволить зменшити кількість льоду, необхідного для підтримання в тарі відповідного температурного режиму.

Кількість ЛГК двоокису вуглецю в пакетах в пакувальній тарі визначається в залежності від температури навколишнього середовища, виду транспорту, часу транспортування, розміру пакувальної тари та інших умов.

Наприклад, для картонної тари, в якій розміщено поліетиленовий пакет об'ємом 30 літрів, при його заповненні на дві третини рослинною продукцією, вміст CO₂ в захисній атмосфері повинен становити від 0,0256 кг до 0,0640 кг.

Необхідна кількість газових гідратів CO₂ визначається за формулою [3]:

$$m_{\text{гид}} = \frac{\mu_{\text{CO}_2} + n\mu_{\text{H}_2\text{O}}}{\mu_{\text{CO}_2}} m_{\text{CO}_2}, \quad (1)$$

де μ_{CO_2} і $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$ – відповідно, молекулярні маси двоокису вуглецю і води;

n – кількість молекул води в складі гідрату двоокису вуглецю [5];

m_{CO_2} – питома вага двоокису вуглецю, необхідна для створення захисної атмосфери.

Виконавши розрахунок отримаємо масу газових гідратів для створення захисної атмосфери в межах 0,109...0,274 кг, а масу льодогідратних капсул, при вмісті газогідратів 50%, в межах 0,163...0,411 кг.

Отже описаний спосіб пакування, транспортування та зберігання свіжих продуктів забезпечує більш тривалий час збереження якості їх стану та споживчих властивостей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Патент № 75887UA, Україна, МПК 2012.01A23L3/00 Спосіб пакування, транспортування і зберігання свіжих продуктів / Гобадзе Р. Н. – № u201212568; Заявл. 05.11.2012; Опубл. 10.12.2012; Бюл. № 23, 2012 р.
2. Неменушая Л. А. Современные технологии хранения и переработки плодоовощной продукции / Л. А. Неменушая, Н. М. Степанищева, Д. М. Соломатин – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 172 с.
3. Скрипник А. В., Клименко В. В. Экспериментальное исследование плавления льдогазгидратных капсул / Холодильна техніка і технологія, 2010. – № 5 (127). – С. 54-57.
4. Неменушая Л. А. Современные технологии хранения и переработки плодоовощной продукции / Л. А. Неменушая, Н. М. Степанищева, Д. М. Соломатин – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 172 с.
5. Макогон Ю. Ф. Гидраты природных газов / Ю. Ф. Макогон – М.: Недра, 1974. – 310 с.

Spodyniuk Nadiia

PhD, Assistant Prof.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

IMPROVING TEMPERATURE CONDITIONS IN RESIDENTIAL BUILDINGS BY USING ENERGY-EFFICIENT SOLAR AIR COLLECTORS

Solar energy systems for air heating of residential building are gaining increasing attention. Therefore, the development and justification of air heating system is important task [1].

Concerning these aspects, the aim of the studies is to experimentally investigate the energy-effective air heating system based on solar collector with improved design. This design includes the system of air flow mixing that allows to increase the space perception of sunlight as well as to intensify the mixing of air masses. As a heat accumulator a solvent of Glauber's salt is used. These solutions significantly improve the thermal characteristics of solar collector [2]. This article also deals with a detailed analysis of the results of experimental investigations into the temperature regime of a residential building in which thermosyphon solar collectors are used. Described is the process of temperature regime formation, and determined are the factors that influence it. Main parameters of the temperature regime, namely the heat flow intensity, area of the input and output openings, angle of installing of the solar collector are analyzed. Obtained are the diagrams and empirical dependences of the air temperature in the experimental area. The results of these experimental investigations have shown that the biggest impact on the air flow temperature has an angle of solar collector.

The thermal efficiency of proposed design of thermosyphon solar collector is rated. The mixing flow system has significant influence on the thermal performance of the solar air collector. Because of this the thermal power of the solar collector increased by 15% in comparison with the flat surface of the absorber. In additional to this, the comfort conditions for human are provided.

The investigation results can be applied in engineering design of thermosyphon air collectors for residential buildings. These results also can be a good help for the studies on the structures and characteristics of solar collectors.

REFERENCES

1. Zhelyh V.M. Energy saving technologies in production complexes for agricultural purpose / V.M. Zhelyh, Ch.R. Kozak, Yu.V. Furdas, N.A. Spodyniuk, O.I. Dzeryn // Вісник НУ «ЛП» «Теорія і практика будівництва». –2014. – № 781. – С.230–233.
2. Желих В.М., Лесик Х.Р. Патент на корисну модель № 68773 – Термосифонний геліоколектор.

Фіалко Н.М.

чл.-кор. НАН України
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ,
м. Київ, вул. Марії Капніст 2а
nmfialko@ukr.net

Степанова О.І.

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ,
Навродська Р.А.
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ,

ЕФЕКТИВНІСТЬ КОТЕЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З КОМБІНОВАНОЮ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ

Мета роботи. Підвищення ефективності котельної установки з комбінованою теплоутилізаційною системою на основі оптимізації кількості і розподілу теплообмінників в системі.

Результати досліджень. Ефективність енергетичних установок в значній мірі залежить від рівня втрат ексергетичної потужності в їх елементах. При дослідженні енергетичних установок, що включають теплоутилізаційні системи, важливо визначити необхідну кількість і оптимальний розподіл теплообмінників в системі, що дозволяють здійснити режим глибокої утилізації теплоти протягом усього опалювального сезону і забезпечують мінімальний рівень втрат ексергетичної потужності в системі. Розглянуто можливість застосування до дослідження комбінованої теплоутилізаційної системи котельної установки, призначеної для підігріву зворотної тепломережної води і дуттьового повітря, методу розрахунку ексергетичних втрат, який базується на використанні уявлень теорії графів. У загальному випадку система теплообмінників в теплоутилізаційній системі може містити певну кількість тим чи іншим засобом з'єднаних елементів, через кожен з яких проходить охолоджуючий потік, взаємодіючи з теплоносієм, що нагрівається. Кількість і розподіл теплообмінників в такій системі визначається наступними вимогами. По-перше, необхідністю забезпечення мінімальних сумарних втрат ексергетичної потужності в системі. По-друге, необхідністю зниження температури гріючого теплоносія за допомогою різних теплоносіїв до потрібного рівня. Такими теплоносіями можуть бути вода зворотної тепломережі, додаткова вода системи хімоводоочистки, дуттьове повітря і ін.

Для досліджуваної теплоутилізаційної системи встановлено оптимальний розподіл теплообмінників, який забезпечує зниження температури димових газів від

170–180°C до 30–40°C. Це дозволяє здійснити конденсаційний режим роботи теплоутилізаційного обладнання котельної установки на весь опалювальний період, що забезпечує загальне підвищення ККД котла на 13–14%. Втрати ексергетичної потужності в системі теплообмінників контролювалися за допомогою ексерго-технологічного критерію ефективності. Проведено аналіз роботи установки, що включає котел і комбіновану теплоутилізаційну систему з одним водогрійним і одним повітрогрійним теплоутилізаторами.

Висновки. За допомогою уявлень теорії графів знайдено оптимальну кількість теплообмінників в розглянутій теплоутилізаційній системі і їх оптимальний розподіл, що забезпечують мінімальний рівень втрат ексергетичної потужності в системі і необхідний рівень зниження температури гріючого теплоносія.

Fialko N.

IET of NAS of Ukraine, Kyiv, st. Maria Kapnist 2a

Stepanova A.

Navrodska R.

EFFICIENCY OF BOILER INSTALLATION WITH COMBINED HEAT UTILIZATION SYSTEM

Objective. Improving the efficiency of the boiler plant with a combined heat recovery system based on the optimization of the number and distribution of heat exchangers in the system.

Research results. The efficiency of power plants largely depends on the level of exergy power losses in its elements. In the study of power plants, including heat recovery systems, it is important to determine the required number and optimal distribution of heat exchangers in the system, allowing for a regime of deep heat utilization throughout the heating season and ensuring a minimum level of loss of exergic power in the system. The possibility of applying to the study of the combined heat-recovery system of a boiler plant designed to heat the return heat network water and blast air, the method of calculating exergy losses, which is based on the use of representations of graph theory, is considered. In the general case, a system of heat exchangers in a heat-utilization system may contain a certain number of elements connected in one way or another, through each of which a cooled stream passes, interacting with heated coolants. The number and distribution of heat exchangers in such a system is determined by the following requirements. First, the need to ensure the minimum total loss of exergic power in the system. Secondly, the need to reduce the temperature of the heating coolant with the help of various coolants to the desired level. Such coolants can be reverse heat network water, additional water of a water treatment system, blast air, etc.

An optimal distribution of heat exchangers has been established for the heat-recovery system under study, which ensures a reduction in the temperature of flue gases from 170–180°C to 30–40°C. This allows the condensation mode of operation of heat recovery equipment of the boiler plant throughout the heating period, which provides a general increase in boiler efficiency by 13–14%. The loss of exergy power in the heat exchanger system was monitored using an exergo-technological efficiency criterion. The analysis of the installation operation, including the boiler and the combined heat recovery system with one water heating and one air heating heat exchangers, was carried out.

Findings. Using representations of graph theory, we found the optimal number of heat exchangers in the considered heat-utilization system and their optimal distribution, providing the minimum level of exergy power losses in the system and the required level of heating coolant temperature reduction.

Ляшенко А.В.

к.т.н., старший науковий співробітник

Корбут Н.С., Стецюк В.Г.

молодші наукові співробітники

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, Україна

Шеліманова О.В.

к.т.н., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

КУПЧАСТЕ ЗБЕРІГАННЯ ТРІСКИ ПАЛИВНОЇ І ДРІБНИХ ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ В БУРТАХ ТА ВПЛИВ СЕЗОННИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕСИ, ЯКІ У НИХ ВІДБУВАЮТЬСЯ

Обсяги закладеного матеріалу на складах міжсезонного зберігання дрібних деревних відходів обчислюються тисячами, а в деяких випадках десятками тисяч насипних кубометрів. Природно, що за таких умов будівництво закритих складів потребує великих капітальних витрат, які можуть істотно знизити економічну ефективність впровадження складів міжсезонного зберігання. Тому міжсезонне зберігання деревних відходів повинно здійснюватися у відкритих складах при мінімальних витратах на їх будівництво на базі великого досвіду, накопиченого в цій області на целюлозно-паперових підприємствах зі зберігання технологічної тріски [1].

Зберігання деревної тріски на відкритому повітрі у великих купах, призводить до виникнення всередині їх обсягу зовсім нових умов, які докорінно відрізняються від умов зберігання різного роду крупних кускових відходів.

Нагрівання дрібної деревини в купах, мабуть, також обумовлено діяльністю грибків і мікроорганізмів, зокрема на початку процесу розігріву. Загальновідомо, що такі матеріали, як сухе сіно та зерно можуть зберігатися в купах необмежений час навіть без ознак нагрівання, а розігріваються тільки в тому випадку, якщо їх вологість перевищує деяку обумовлену величину. За даними [2] зростання грибків припиняється за межами вологості деревини від 22 до 55%

При укладанні деревних частинок в купу повітря, що знаходиться в зазорах між частинками всередині купи, швидко насичується вологою, випаровування вологи з поверхні частинок припиняється, і поверхня частинок порівняно швидко набуває вологості, близької до середньої вологості частки. Підвищення вологості поверхні деревних частинок всередині купи створює сприятливі умови для життєдіяльності грибкових утворень і мікроорганізмів. В результаті відбувається порівняно швидке розігрівання внутрішнього обсягу купи.

Мета роботи – визначити цілорічний вплив температурно-вологісних факторів на біологічний стан тріски паливної та інших деревних відходів.

У даному дослідженні тріску паливну складували в підготовлений відсік розмірами 5х0,8 м, висотою 2,0 м з відкритим верхом і з природним кутом нахилу бічних поверхонь. Заміри температури на глибині 0,4 м в літній період показали, що протягом перших 2 тижнів температура підвищилася до 60°C, впродовж наступних 2

тижнів знизилася до 40–45°C, а потім повільно знизилася до кінця 4 місячного терміну зберігання до 10–15°C.

У зимовий період температура була вище температури навколишнього повітря на 10–15°C. Середня вологість тріски в точках замірів впродовж першого місяця зменшилася з $W=60\%$ до $W=40\%$.

Максимальна температура має місце в місцях, найбільш віддалених від поверхні купи. Після 4...6 міс. зберігання температура постійно знижується. Уповільнення процесів розігрівання тирси в порівнянні з темпами нагріву тріски обумовлено, ймовірно, гіршою проникністю шару для повітря – нестача кисню лімітує протікання процесів розігріву внутрішніх шарів тирси, що зберігається в купах.

Висновки. 1. Великі маси деревної тріски в купах, мають здатність до мимовільного підвищення температури і навіть загоряння, що є результатом життєдіяльності бактерій і грибків. Тому необхідно передбачати технічні і технологічні прийоми контролю параметрів температури та її зниження.

2. Дослідження показали, що за існуючих геометричних розмірів купи паливної тріски самозаймання не відбувається, температура купа не перевищувала 60°C в літній період.

3. При зберіганні паливної тріски в купі з зазначеними геометричними розмірами протягом 4...6 міс. втрати деревини в результаті біологічної деструкції становлять в середньому близько 5%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Gerasimov Y. Y. Optimization of industrial and fuel wood supply chain associated with cut-to-length harvesting / Y. Y. Gerasimov, A. P. Sokolov, V. S. Syuney // Systems. Methods. Technologies. – 2011. – No 3. – P. 118–124.

2. Шегельман И. Р. Эффективное использование лесных ресурсов : учеб. пособие / И. Р. Шегельман, А. В. Кузнецов. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2008. – 88 с

Горобець В.Г.

доктор технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

gorobetsv@ukr.net

Троханяк В.І.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сердюк А.М.

аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛО- І МАСОПЕРЕНОСУ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИХ АПАРАТАХ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ КОРМОВИХ СУМІШЕЙ МЕТОДАМИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Одним із актуальних напрямків розвитку агропромислового комплексу України є розвиток свиновідгодівельної галузі тваринництва. При цьому визначальну роль відіграє процес годівлі тварин. Існуючий стан речей в цій сфері базується на використанні сухих кормів. Пристрої для отримання сухих кормів потребують велику

кількість енергії, мають великі габарити і масу. Разом з тим відомо, що при вирощуванні свинячого поголів'я більш ефективно використовувати для годівлі рідкі корми.

Одним з перспективних напрямів є розробка роторно-пульсаційних апаратів (РПА), оснований на принципі дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ). Використання таких технологій дає можливість проводити процес подрібнення, перемішування, розчинення кормових складових з одночасним підігрівом рідкої маси і ряд інших процесів [1–2].

Мета досліджень полягає в чисельному дослідженні процесів гідродинаміки і теплопереносу в роторно-пульсаційних апаратах при обробці водозернової суміші для приготування рідких кормів.

Конструктивно РПА представляє собою два коаксіальних циліндри – нерухомого статора і рухомого ротора, які мають радіальні отвори на бокових стінках (рис. 1). Отвори можуть мати різну геометричну форму. Найбільш поширеними являються отвори прямокутної і круглої форми.

Проведено чисельне комп'ютерне моделювання процесів теплообміну та гідродинаміки досліджуваних каналів системи ротор-статор з прямокутними отворами на основі методу кінцевих елементів за допомогою програмного забезпечення ANSYS Fluent. Математична модель процесів тепло – і масообміну, що відбуваються в досліджуваному РПА в тривимірній постановці, включає систему рівнянь Нав'є-Стокса, рівняння переносу енергії для конвективних потоків і стандартну модель турбулентності k- ϵ [3–4].

Окремі результати розрахунків наведені на рис. 1.

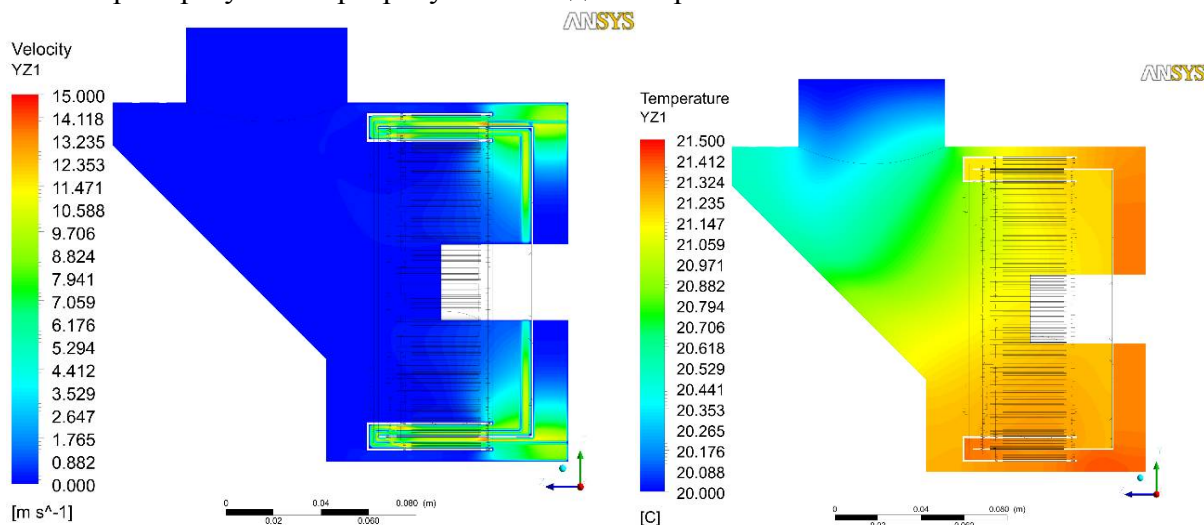


Рис. 1. Розподіл швидкостей і температур в системі ротор-статор – повздовжній розріз

Аналіз отриманих результатів показує, що в каналах РПА для системи ротор-статор має місце суттєве підвищення тисків і швидкостей в областях, що знаходяться поблизу поверхонь ротора і статора. При цьому відбувається турбулізація потоку рідкої суміші, що супроводжується дисипацією кінетичної енергії обертання ротора і виділенням теплової енергії, що підвищує температуру суміші. Таким чином, при проходженні кормової суміші через отвори в роторі і статорі утворюється однорідна маса рідкого корму з більш високою температурою порівняно з вхідною температурою зернової суміші.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Горобець В.Г. Доцільність використання роторно-пульсаційного апарату для приготування рідкого корму / В.Г. Горобець, Д. В. Гескін // Науковий вісник НУБіП України – К., НАУ. – 2014. – № 194, ч. 1. – С. 45–50.
2. Долинский, А. А. Дискретно-импульсный ввод энергии / А. А Долинский., Б. И. Басок, А. И. Накорчевский, Ю. А. Шурчкова. – К.: ИТТФ НАНУ, 1996. – 196 с.
3. Schlichting H. Boundary-Layer Theory / H. Schlichting. – McGraw-Hill. New York. 7th edition. – 496 p.
4. ANSYS FLUENT Theory Guide. Release 14. ANSYS, Inc. Southpointe 275 Technology Drive Canonsburg, PA 15317, 2011.

Дешко В.І.

доктор технічних наук, професор

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, України

Білоус І.Ю.

кандидат технічних наук, старший викладач

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, України

Буяк Н.А.

кандидат технічних наук, асистент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, України

Гурєєв М.В.

магістр

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, України

ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОПОТРЕБИ НА ОСНОВІ ДИНАМІЧНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ БУДІВЕЛЬ ТА МОДЕЛЕЙ ТЕПЛОВОГО КОМФОРТУ

В державній політиці значна увага приділяється сфері енергоефективності будівель, де зменшення споживання енергоносіїв та підвищення комфортних умов праці є актуальними науково-практичними задачами. Враховуючи, що основна складова сплати за енергоносії, що витрачаються на функціонування будівлі, є витрати на опалення. Відповідно діючого квазістаціонарного підходу визначення енергоспоживання будівлі, розрахунок проводять за умови підтримання певного нормативного рівня температури внутрішнього повітря, що визначається залежно від призначення [1]. Тепловий комфорт людини залежить від сукупності параметрів, таких як термічний опір одягу, метаболізм (активність), відносна вологість, середня радіаційна температура, внутрішня та зовнішня температура повітря, сонячні тепло надходження, рівень опалення, положення людини в кімнаті тощо. Розрахунки енергопотреб на основі динамічного моделювання проводяться на базі програмного продукту EnergyPlus (37%), TRNSYS (35%), DOE-2 (16%) та інші [2], і у комбінації з моделями комфортних тепловідчуттів людини [3] дозволяють враховувати вплив зміни в оточуючому середовищі і в потребах людини при визначенні рівня енергоспоживання.

Метою дослідження є підвищення ефективності управління використання енергії на основі деталізації показників в динамічних сіткових моделях з врахуванням часової мінливості погодних та експлуатаційних факторів.

Об'єкт дослідження. Для деталізованого вивчення енергетичних характеристик будівель можливе моделювання репрезентативних приміщень. Було створено динамічні імітаційні моделі кімнати для теплофізичних властивостей огорожень типу "хрущівка" та приміщення, що відповідає сучасним вимогам забудови, коефіцієнт засклення 0,37. Витрати на вентиляцію задавались через кратність повітрообміну год⁻¹. У дослідженні використанні погодинні кліматичні дані типового року міжнародного погодного файлу IWEC для умов міста Києва [4].

Опис моделі. Модель кімнати побудована на основі сіткових моделей в середовищі програмного продукту EnergyPlus (далі EP) [5]. В основу математичної постановки покладено систему рівнянь теплообміну між повітрям в приміщенні та зовнішнім середовищем за рахунок трансмісійної теплопередачі та радіаційного теплообміну огорожень з врахуванням нестационарних процесів акумуляції енергії в елементах конструкцій будівлі [5].

Результати дослідження. На основі енергетичної моделі [3] проведено розрахунок комфортної температури t_{com} , що використаний для подальших уточнень енергетичних характеристик будівель на основі EP. Встановлено, що енергопотреба на опалення розрахована для умов стандартної для приміщень $t_{int}=20^{\circ}\text{C}$ та t_{com} (отриманої за [3]) майже не відрізняються в річному розрізі (відмінність до 5%), але врахування добових коливань середньорадіаційної температури дозволяє підібрати графік зміни навантаження на систему опалення з врахуванням тепловідчуттів людини. Проведені аналогічні моделювання енергопотреби на опалення для умов $t_{int}=22^{\circ}\text{C}$, де встановлено, що зниження t_{com} дозволить не лише забезпечити умови комфорту, але й досягти економії. Для приміщень Пн орієнтації енергопотреба зменшується на 13.5%, для Пд – на 20%.

Висновки. Використання комплексного поєднання динамічного моделювання для визначення енергетичних характеристик будівлі та моделей теплового комфорту людини дозволять більш точно керувати процесами енергоспоживання та раціонально використовувати енергетичні ресурси.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні [Уведений вперше; чинний від 2015.01.01]. К. Мінрегіонбуд України, 2016. – 205 с.
2. A. Mukhtar, M.Z. Yusoff, K.C. Ng. The potential influence of building optimization and passive design strategies on natural ventilation systems underground buildings: The state of the art. Tunnelling and Underground Space Technology. Vol. 92. 2019. PP. 2–18.
3. V. Deshko, N. Buyak, V. Voloshchuk. Reference state for the valuation of energy efficiency of the system "heat source – human – building envelope". Proceedings Of Ecos 2019 – The 32nd International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation And Environmental Impact Of Energy Systems June 23–28, 2019, Wroclaw, Poland.

4. International Weather for Energy Calculations: https://energyplus.net/weather-location/europe_wmo_region_6/UKR.

5. Energy Plus Energy Simulation Software. <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus>.

Spodyniuk Nadiia

PhD, Assistant Prof.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

USING ENERGY-SAVING INFRARED HEATING SYSTEMS IN INDUSTRIAL BUILDINGS

One of the most critical concerns of EU and USA energy policy is saving energy sources in technological processes in various industrial and agricultural sectors [1–2]. The main requirement of heating systems in industrial premises is to maintain the microclimate parameters within the service areas.

Analyzing the current state of existing heating systems of industrial premises it can be concluded that proper attention is paid to highly effective and energy efficient heating and ventilation systems [3]. These include the infrared heating systems, which are becoming increasingly common in the European Union and the United States. The use of infrared heaters allows providing comfortable conditions at the lower temperature of air indoors, maintaining required temperature conditions in the service area by radiation component of the infrared heater. The share of thermal energy which is transmitted by radiation changes in wide ranges and depends on the type of infrared heater (gas, electric). According to the results of studies conducted by laboratory DVGW of German Institute of Standards and European standards 419-2, for heaters of firm Schwank, heat flows distributed as follows (Tab. 1) [4].

Table 1

The distribution of heat flow from Schwank infrared heaters company

Heater type	Share of heat, %		
	Radiation	Convective	Heat loss
ecoSchwank	50.4	44.6	5.0
primoSchwank	69.5	25.5	5.0
supraSchwank	80.9	14.1	5.0

As a result of conducted experimental research for an empirical dependence of the relative air temperature \bar{t}_{air} was obtained. The limits of variation of the input factors have changed as follows. For thermal capacity of infrared heater: $500 \text{ W} \leq Q \leq 1500 \text{ W}$; for height of installing the heater: $1.13 \leq H \leq 1.73$.

$$\bar{t}_{\text{air}} = 1,14 + 0,077 \frac{Q - 1000}{500} - 0,06 \frac{H - 1,43}{0,3} - 0,023 \frac{Q - 1000}{500} \cdot \frac{H - 1,43}{0,3} \quad (3)$$

The results of the investigations can be used in the engineering design of heat supply systems for production premises, based on the infrared heaters, as well as designing the radiant heating systems in buildings and facilities used for industrial and agricultural purposes.

REFERENCES

1. Fisk W. A. Rosenfeld. Estimates of Improved Productivity a Health from Better Indoor Environments. Lawrence Berkeley, National Library and U.S. Department of Energy. – 1997, p. 27 – 35.
2. Spodyniuk N. Energicky efektívne systémy infračerveného vykurovania s utilizáciou tepla / N. Spodyniuk, P. Kapalo // Plynár, vodár, kúrenár, klimatizácia. Košice: „V.O.Č SLOVAKIA, s.r.o.“. – 2010. – 8(3). – p. 27–29.
3. Offerman F.J., D. Int-Hout. Ventilation effectiveness and ADPI measurements of a forced air heating system. ASHARE Transactions 94(1). – 1988. – p. 694 – 704.
4. Schwank. The principle of "light" heaters. Progressive and energy-saving way of industrial heating. – 2014. – 10 p.

Фіалко Н.М.

чл.-кор. НАН України

ІТТФ НАН України, м. Київ, вул. Марії Капніст 2а

nmfialko@ukr.net

Степанова О.І.

Навродська Р.А.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕКСЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК З РІЗНИМИ СХЕМАМИ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЇ

Мета роботи. Підвищення ексергетичної ефективності котельних установок при застосуванні різних теплоутилізаційних схем.

Результати досліджень. Наразі методи ексергетичного аналізу успішно застосовуються для оцінки термодинамічної досконалості енергетичних установок різного типу. В роботі для оцінки ексергетичної ефективності котельних установок з різними схемами утилізації теплоти відхідних газів використовувалися тепло-ексергетичний критерій, мінімум якого відповідає максимальній ефективності установки, та ексергетичний ККД. Розглядалося три варіанти котельних установок.

У першому варіанті розраховувалися ексергетичні характеристики котельної установки без утилізації теплоти димових газів. У другому була застосована теплоутилізаційна схема, призначена для нагріву і зволоження дуттьового повітря, що надходить в палинкові пристрої котла. У вказаній схемі використовувався контактноповіхневий теплоутилізатор. У третьому варіанті котельна установка містила повіхневий теплоутилізатор конденсаційного типу, призначений для нагріву тепломережної води. Розрахунок основних ексергетичних характеристик проводився за допомогою ексергетичного інтегрального балансового методу.

Для котельної установки в другому варіанті тепло-ексергетичний критерій на 10% нижче, а ексергетичний ККД на 8% вище, ніж для котельної установки без утилізації тепла. При цьому, подача в топку котла підігрітого і насиченого водяною парою повітря забезпечує, крім теплового ефекту, зменшення вмісту оксидів азоту в димових газах, що викидаються в атмосферу. Для котельної установки в третьому варіанті тепло-ексергетичний критерій в 2,3 рази нижче, а ексергетичний ККД в 1,6 рази вище, ніж для котельної установки без теплоутилізації димових газів. Ці показники корелюють з тепловими показниками котельних установок. Таким чином, показники

ексергетичної ефективності є важливими при виборі схеми використання утилізованої теплоти. Крім того, ряд інших факторів також впливає на вибір теплоутилізаційної схеми. Основними з них є потреба в певному виді теплоносія, вартість палива, можливість використання ефективних поверхонь нагріву та ін.

Висновки. Реалізація технологій утилізації теплоти відхідних газів призводить до підвищення ексергетичної ефективності котельної установки, при цьому для розглянутих схем утилізації теплоти ефективність їх застосування в другому варіанті значно вище.

Fialko N.

IET of NAS of Ukraine, Kyiv, st. Maria Kapnist 2a

Stepanova A.

IET of NAS of Ukraine, Kyiv, st. Maria Kapnist 2a

Navrodska R.

IET of NAS of Ukraine, Kyiv, st. Maria Kapnist 2a

COMPARATIVE ANALYSIS OF EXERGETIC EFFICIENCY OF BOILER PLANTS WITH DIFFERENT HEATING CIRCUITS

Objective. Improving the exergy efficiency of boiler plants when using various heat recovery circuits.

Research results. Currently, methods of exergic analysis are successfully used to assess the thermodynamic perfection of power plants of various types. In the work, to assess the exergic efficiency of boiler plants with various schemes for utilizing the heat of exhaust gases, we used the heat-exergy criterion, the minimum of which corresponds to the maximum efficiency of the installation, and the exergy efficiency. Three variants of boiler installations were considered. In the first, the exergy characteristics of the boiler plant were calculated without utilizing the heat of flue gases. In the second variant, a heat recovery scheme was used, designed to heat and humidify the blast air entering the boiler burners. In this scheme, used contact-surface heat exchanger. In the third variant, the boiler plant included a condensation-type surface heat exchanger designed to heat the heating network water. The calculation of the main exergic characteristics was carried out using the exergy integral balance method.

For the boiler plant in the second version, the heat exergy criterion is 10% lower, and the exergy efficiency is 8% higher than for the boiler plant without heat recovery. At the same time, the supply of heated and water-saturated air to the boiler furnace provides, in addition to the thermal effect, a reduction of nitrogen oxides in the flue gases emitted into the atmosphere. For the boiler plant in the third variant, the heat-exergic criterion is 2.3 times lower, and the exergy efficiency is 1.6 times higher than for the boiler plant without heat recovery of flue gases. These indicators correlate with the thermal indicators of boiler plants. Thus, indicators of exergic efficiency are important when choosing a scheme for using recycled heat. In addition, a number of other factors also influence the choice of heat-recovery scheme. The main ones are the need for a specific type of coolant, the cost of fuel, the possibility of using effective heating surfaces, etc.

Findings. The implementation of technologies for the utilization of heat from waste gases leads to an increase in the exergy efficiency of the boiler plant, while for the considered heat recovery schemes, the efficiency of their use in the second variant is much higher.

Ляшенко А.В.

к.т.н., старший науковий співробітник

Кремньов В.О.

зав. лабораторією

Шпільберг Л.Ю.

старший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України, м.Київ, Україна

Шеліманова О.В.

к.т.н., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛО- І МАСООБМІНУ В ПРОЦЕСІ СУШІННЯ ОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ, ПОЄДНАНОГО З ДИСПЕРГУВАННЯМ У РОТОРНИХ АПАРАТАХ

Сьогодні збереження рівноважного балансу навколишнього середовища за рахунок утилізації відходів промисловості, сільського господарства, побутових та комунальних підприємств стало однією з важливих проблем людства. Не краща ситуація і в Україні. Висока щільність населення, розвинуті індустріальна і сільськогосподарська галузі, а також соціально – економічні проблеми в перехідний період економічного розвитку призводять до катастрофічного забруднення навколишнього середовища, порушуючи екологічний баланс. Утилізація органічних відходів в нашій країні відбувається здебільшого способом прямого спалювання, тоді як оптимальними є способи їх переробки з отриманням біогазу та комплексних органо-мінеральних добрив, що відповідає світовій практиці. Органічні відходи відрізняються високою початковою вологістю, термолабільністю, здатністю до комкування і злипання, високою адгезійною здатністю, що створює певні труднощі при їх сушінні, знижує інтенсивність процесу тепломасообміну. Одним із шляхів підвищення останнього є сушіння оброблюваного матеріалу з його одночасним механічним перемішуванням [1], що дозволяє організувати розвинену поверхню тепломасообміну, забезпечити її оновлення, підвищити температуру сушіння зі збереженням корисних речовин в сировині [2–3].

Мета роботи — обґрунтування вибору методу сполучених процесів сушіння та диспергування в одній камері з допомогою механічного ротора при обробці високо зволжених термолабільних матеріалів.

Аналіз літературних даних доводить перспективність застосування установок, які працюють з одночасним сушінням та диспергуванням в одній робочій камері. У них за рахунок збільшення поверхні тепломасообміну, підвищується питома продуктивність в порівнянні, наприклад, з барабанними установками, зменшуються капітальні затрати і енерговитрати на випаровування вологи. В даній роботі експериментально доведено можливість досягнення таких теплотехнічних величин в камері як: початкова температура теплоносія в межах 600 – 800 °С; коефіцієнт тепловіддачі в межах 900 — 1200 Вт / (м² • град); середня кількість теплоти на випаровування вологи в межах 3500–4000 кДж / кг випареної вологи; середнє навантаження камери за випареною вологою 350–400 кг/(м³•год). У підсумку розроблено методику інженерного розрахунку установки, підібрано обладнання для улаштування технологічної лінії з виробництва комплексних добрив на основі курячого посліду.

Висновки. 1. Експериментально доведено, що розпорошення на елементи малих розмірів, яке організовано в одній камері, дозволить штучно підтримувати температуру поверхні матеріалу близької до температури мокрого термометра, тим самим зводячи знаходження матеріалу в другому періоді до мінімуму. 2. Отримані орієнтовні термодинамічні показники вказують на перспективність застосування камер одночасного сушіння і диспергування при обробці термолабільних матеріалів. 3. Результати роботи можуть бути використані при проектуванні енергоефективного сушильного обладнання для технологічних ліній з переробки органічних термолабільних матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шеліманова О.В., Ляшенко А.В., Михалевич В.В., Корбут Н.С., Стецюк В.Г. Комплексна переробка відходів сільського господарства з виробництвом енергоносія, органічних та органомінеральних гранульованих добрив Науковий вісник НУБіП України, 2016. – №. 256– С.191 – 199.

2. Шуляк В. А., Федоров Г. С., Березюк Д. И. Аппараты для сушки и механо – термической обработки высоковлажных материалов // Инж. – физ. журнал. – 1997. – 12 с.

3. Процышин Б. Н., Михалевич В. В. Роторно – вихревая сушилка для сушки с одновременным измельчением пастообразных и сыпучих материалов // Тезисы докладов IX международной конференции «Усовершенствование процессов и методов химических, пищевых и нефтехимических производств», Одесса, 1996. – С.125.

Дешко В.І.

доктор технічних наук, професор

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна

Суходуб І.О.

кандидат технічних наук, доцент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна

Білоус І.Ю.

кандидат технічних наук, старший викладач

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна

Гетманчук Г.О.

магістр

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ОБТІКАННЯ ЗОВНІШНІМ ПОВІТРЯМ БУДІВЕЛЬ СЕРЕДНЬОЇ ПОВЕРХОВСТІ

Враховуючи, що сектор будівель — є одним з найбільш енергозатратних, державна політика спрямована на підвищення рівня його енергоефективності. В Україні створено Фонд енергетичної ефективності. Значна кількість енергозберігаючих заходів, що пропонується, стосується покращенню теплофізичних властивостей огорожень. Останнім часом велика увага приділяється вентиляційній складовій (визначенню кратності повітрообміну), що може становити 30–50% від загального

енергоспоживання. В будівлях кратність повітрообміну забезпечується двома шляхами: природним та механічним. В більшості старих будівель механічна вентиляція не передбачена або не працює. Отже в більшості будівель масової забудови повітрообмін здійснюється через нещільності у вікнах, дверях, повітропроводи та провітрювання. Визначення природної кратності повітрообміну досить складне. Один з основних підходів базується на визначенні кратності повітрообміну доданих газів, наприклад CO_2 , для цього необхідно провести тривалі дослідження у великій кількості репрезентативних приміщень, експериментальні данні дозволяють визначити при даних умовах значення кратності повітрообміну. Альтернативним варіантом є використання емпіричних розрахункових методів визначення кратності повітрообміну, що покладені в основу стандартів ASHRAE та BLAST. В цих методах кратність повітрообміну визначається на основі трьох механізмів: стак ефекту, вітрового ефекту та механічної вентиляції, перші два стосуються природної складової повітрообміну. Серед наведених механізмів найбільш складну природу має вітровий ефект, який залежить від поверховості, орієнтації приміщення, швидкості та напрямку вітру та інше. Крім того, наведенні емпіричні підходи по визначенню вітряного ефекту в методиках ASHRAE та BLAST стосуються низькоповерхових будівель (до 4 поверхів).

Метою дослідження є порівняння профілів тиску отриманих за методики ASHRAE та більш деталізованих методів на основі програмного забезпечення FLUENT, що дозволять удосконалити емпіричні методи.

Об'єктом дослідження обрано протяжну 8-поверхову будівлю в м. Київ. При створенні 3-d імітаційної моделі в програмному середовищі Gambit були враховані необхідні розміри розглянутої зони моделювання для аеродинамічної стабілізації вхідних потоків, а саме 5H-перед будівлею, 5H-після та 15H-над будівлею, де H – висота будівлі. Модельна сітка створена нерівномірною, що дозволило більш детально розглядати профілі тиску на кутах приміщення та біля основи будівлі.

Для створення профілю швидкості потоку повітря по висоті, на в C++ був створений програмний код, що відвантажувався в програмне забезпечення FLUENT. При моделюванні враховано густину забудови (захист від набігаючого потоку повітря) на основі емпіричних коефіцієнтів.

Висновки. Моделювання в програмному середовищі FLUENT поля розподілу тиску, що створюється на поверхні оболонки будівлі вітровим потоком на відміну від емпіричного методу ASHRAE, дозволяє провести уточнення вхідних даних розрахунку розосередження кратності повітрообміну під впливом вітрового ефекту в методиках ASHRAE та BLAST.

HEAT EXCHANGE PROCESSES ON THE SURFACE OF INFRARED HEATER

Heating of industrial buildings is a complicated task. In most great height, insufficient heat insulation of external protections, significant replacement of air is typical for such premises. In large premises work area, where it's necessary to create a required microclimate parameters, usually has a height of 2m. It is about 20–30% of the total volume. The results of the domestic and foreign scholars' recent research suggest that the most effective way of industrial heating is the use of infrared systems [1]. The principle of work is based on local heating by radiation. Thus, we can achieve different heating zones of premises or separate working positions. It is important to design the infrared heating systems according to existing building codes and taking into account the methods of calculation based on modelling of heat transfer processes on the heated surface [2]. Figure 1 is shown a graph of the intensity distribution of radiation in the cross-section room, the analysis shows that the use of infrared radiant energy density decreases with increasing distance from the radiation source. By that means, the calculations of heating with infrared sources it is necessary to find the point of maximum and minimum intensity of radiation in order to ensure proper temperature regime [1].

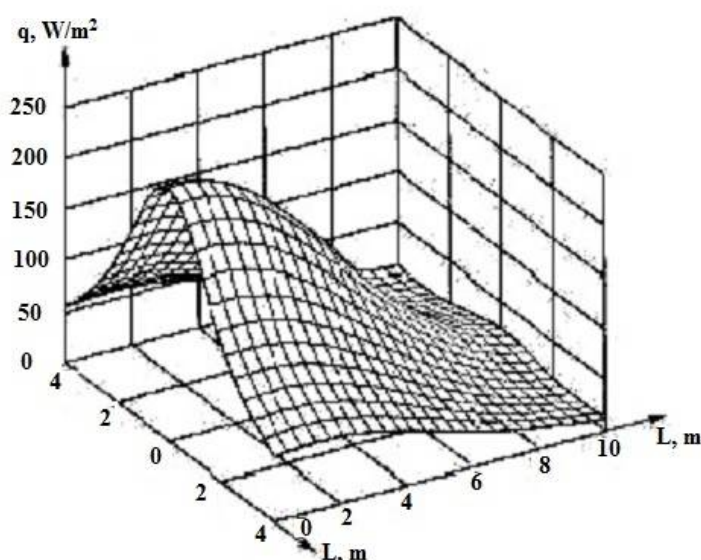


Fig. 1. The surface distribution of the radiation intensity with radiant heating

The temperature on the surface of the infrared heater influences on the distribution of radiation intensity in the premises. Therefore, the study of temperature distribution on the surface in a permanent conditions is an topical task.

Comfortable conditions due to ensure the production process with using infrared heater depend on uniform temperature over the all area of the heater.

Temperature distribution on the surface of the heater for two-dimensional Laplace equation was built. Simulation under these boundary conditions made it possible to identify that temperature changes on the surface of the heater doesn't exceed 4.5°C . Experimental study of temperature distribution on the infrared heater surface has been done. The temperature change on the surface of radiator was $2\text{--}3^\circ\text{C}$.

Thus, the even heat flow is made in such a difference from the infrared heater in the area of exposure. The temperature on the floor surface was further verified by experimental studies. The temperature distribution on the floor did not exceed the permissible parameters, such as $\Delta t_{\text{floor}} \leq 2^\circ\text{C}$.

REFERENCES

1. Wall G.W. Gas exchange and water relations of spring wheat under full-season infrared warming / G.W. Wall, B.A. Kimball, J.W. White, M.J. Ottman // Global Change Biology. – 2011. – Vol. 17. – p. 2113–2133.
2. Bauer D. Design and fabrication of a thermal infrared emitter / D. Bauer, M. Heeger, M. Gebhard, W. Benecke // Sensors and Actuators a-Physical. – 1996. – Vol. 55, No. 1. – pp. 57–63.

Фіалко Н.М.

чл.-кор. НАН України

ІТТФ НАН України, м. Київ, вул. Марії Капніст 2а

Гнедаш Г.О.

ІТТФ НАН України

Шевчук С.І.

ІТТФ НАН України

Пресіч Г.О.

ІТТФ НАН України

ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК З ПІДВИЩЕНИМ ВОЛОГОВІСТОМ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ

Мета роботи. Дослідження ефективності використання палива котельних установок з підвищеною вологістю димових газів.

Результати досліджень. Заощадження палива та покращення екологічних показників котельних установок наразі стає все більш актуальним з огляду на неуклінне дорожчання палива та посилення вимог щодо забруднення навколишнього середовища. Одним із шляхів підвищення екологічної ефективності газоспоживальних котельних установок є зниження викидів оксидів азоту завдяки пригніченню їх утворення шляхом введення вологи в зону горіння. Відхідні гази таких установок характеризуються підвищеними втратами теплоти з відхідними газами за рахунок їх збільшеного вологовмісту. Покращення теплових показників таких котлоагрегатів реалізується при застосуванні технологій з комбінованим використанням утилізованої теплоти.

Дана робота присвячена дослідженням ефективності використання палива в опалювальних котельних установках підвищеної екологічної ефективності при застосуванні теплоутилізаційних систем, призначених для попереднього підігрівання зворотної тепломережної води котельні та повітря на горіння.

Виконано аналіз теплових показників досліджуваної теплоутилізаційної системи для значень вологовмісту відхідних димових газів котла X_1 від 0,15 до 0,2 кг/кг с.г. (сухих газів), характерних для котлів із введенням вологи в зону горіння. Встановлено закономірності впливу вологовмісту X_1 на такі характеристики даної системи, як її теплопродуктивність Q , річне вироблення теплової енергії W , приріст ККД котла $\Delta\eta$, обсяг утвореного конденсату G_k . Як свідчать результати досліджень, при збільшенні

початкового вологовмісту димових газів X_1 забезпечується помітне зростання загальної теплопродуктивності теплоутилізаційної системи і відповідне зростання теплопродуктивності її елементів. При цьому підвищується як загальний приріст ККД котла, так і приріст ККД, що забезпечується окремими елементами даної системи. Так, для умов, що розглядаються, загальний приріст ККД досягає $7,8 \div 11,0$ %. Зростання вологовмісту димових газів X_1 призводить також до суттєвого (до 40 %) збільшення обсягів утворюваного в теплоутилізаційному устаткуванні конденсату.

Висновки. Виконано теплофізичне обґрунтування нових комплексних теплоутилізаційних систем з використанням утилізованої теплоти для попереднього підігрівання зворотної тепломережної води та дуттьового повітря при підвищених рівнях вологовмісту X_1 відхідних газів котлів. Показано, що приріст ККД котла за умов застосування цієї системи зростає на $7,8 \div 11,0$ % в залежності від режиму його роботи та значень вологовмісту X_1 .

N. Fialko

IET of NAS of Ukraine, Kyiv, st. Maria Kapnist 2a

G. Gnedash

IET of NAS of Ukraine, Kyiv, st. Maria Kapnist 2a

S. Shevchuk

IET of NAS of Ukraine, Kyiv, st. Maria Kapnist 2a

G. Presich

IET of NAS of Ukraine, Kyiv, st. Maria Kapnist 2a

HEAT-RECOVERY TECHNOLOGIES FOR BOILER PLANTS WITH HIGH MOISTURE CONTENT OF EXHAUST-GASES

The aim. Investigation of fuel efficiency of boilers with high humidity of flue gases.

Results. Saving fuel and improving the environmental performance of boilers at present time is becoming increasingly important, given the constant increase in the cost of fuel and the tightening of environmental pollution requirements. One of the ways to improve the environmental performance of gas-fired boilers is to reduce emissions of nitrogen oxides by suppressing their formation by introducing moisture into the combustion zone. Exhaust-gases of such installations are characterized by increased heat loss with exhaust-gases due to their increased moisture content. Improving the thermal performance of such boilers is realized when using technologies with the complex use of recycled heat.

This work is devoted to the study of fuel efficiency in heating boilers of increased environmental efficiency when using heat recovery systems designed to preheat the return heat-network water of the boiler plant and the combustion air.

The analysis of the heat indices of the studied heat-recovery system for the values of moisture content of exhaust-gases of the boiler X_1 from 0.15 to 0.2 kg/kg d.g. (dry gases), which is typical for boilers with the introduction of moisture into the combustion zone. The regularities of the influence of moisture content X_1 on such characteristics of this system as its heating capacity Q , annual heat generation W , increase in boiler efficiency $\Delta\eta$, volume of condensate formed G_k are established. According to research results, with an increase in the initial moisture content of the exhaust-gases X_1 , a noticeable increase in the total heating capacity of the heat-recovery system and a corresponding increase in the heating capacity of its elements is ensured. With this increases both the overall increase

in boiler efficiency and the increase in efficiency, which is provided by individual elements of this system. Thus, for the conditions under consideration, the overall efficiency gain reaches $7.8 \div 11.0$ %. The growth of moisture content of the exhaust-gases X_1 also leads to a significant (up to 40 %) increase in the volume of condensate formed in the heat-recovery equipment.

Findings. Thermophysical substantiation of the new complex heat-recovery systems using recovery heat to preheat the water of return heat-network and the combustion air at elevated levels of moisture content X_1 of boiler exhaust-gases are performed. It is shown that the increase in boiler efficiency under the conditions of application of this system increases by $7.8 \div 11.0$ % depending on the mode of its operation and the values of moisture content X_1 .

Бсляєв Г.В.

к.т.н., старший науковий співробітник

Корбут Н.С.

молодший науковий співробітник

Кремньов В.О.

зав. лабораторією

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, Україна

Шеліманова О.В.

к.т.н., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНЕВОДНЕННЯ МУЛОВИХ ВІДКЛАДЕНЬ СТІЧНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ ДОВКІЛЛЯ

Окрім широковідомих проблем галузі очищення комунальних стічних вод – застарілості технологічного процесу та зношеності основних фондів, які як мінімум потребують ремонту, на всіх без виключення очисних спорудах практикується системне порушення організації технологічного процесу – осади стічних вод не видаляються протягом декількох десятиків років. Це призвело до накопичення на мулових майданчиках величезної кількості мулових осадів. Мулові карти із технологічних споруд періодичної дії, як вони були запроектовані і раніше використовувались, поступово перетворилися на своєрідні могильники — техногенні родовища так званого детриту (вологої суміші мінеральних і частково розкладених біологічних компонентів).

Мета роботи — дослідження сушіння мулових відкладень з використанням енергії довкілля та вивчення впливу кількості перемішувань продукту на питому продуктивність, щодо відведеної від матеріалу вологи ($\text{кг}/\text{м}^2$ за добу).

При розробці технічних рішень щодо застосованих методів та пристроїв взято до уваги як значний досвід, щодо випаровування вологи з мулових відкладень на відкритих мулових майданчиках [1], так і досвід сушіння фрезерного торфу у тонких шарах з перемішуванням [2].

На прикладі одного з досліджень, проведеного за період з 7.08.18 р. по 16.08.18 р., ми хочемо показати як за допомогою тепла навколишнього середовища на спеціальних майданчиках можна зневоднювати мул чеків полів аерації, де він зберігався до відповідної вологості, далі його формувати за потребою в крупку, гранули чи пелети.

Досліди проводили на експериментальному стенді сушіння і гранулювання мулових відкладень стічних вод, зовнішній вигляд якого показано на рис. 1.

На рис. 2 наведено графіки зміни температури повітря в камері, в продукті в кожній із секцій та довкіллі.



Рис. 1. Фото установки

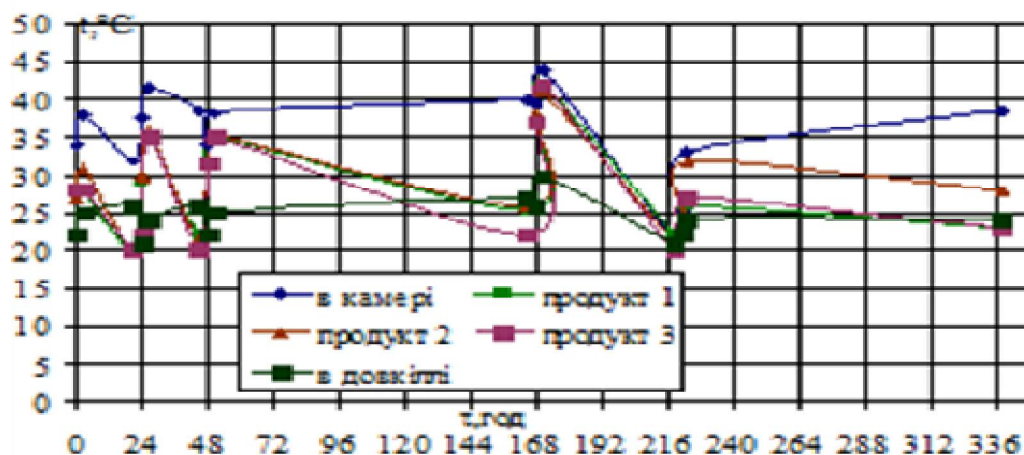


Рис. 2. Зміни температури повітря в камері, в продукті в кожній із секцій та довкіллі

Результати досліджень показали, що 10–12 діб достатньо для зневоднення мулу на площадках, використовуючи тепло довкілля та перебивочну машину. Двох перебивок достатньо для зневоднення мулу до вологості 3–22% з подальшим формуванням його в гранули, пелети, брикети тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Волошин М.Д., Щербак О.Л., Черненко Я.М., Корнієнко І.М. Удосконалення технології біологічної очистки стічних вод. Дніпродзержинський державний технічний університет, 2009. – 230 с.
2. Снежкін Ю.Ф., Корінчук Д.М., Михайлик В.А. Композиційні палива на основі торфу і рослинної біомаси. – К: Поліграф-Сервіс, 2012. – С. 212.

Фіалко Н.М.

чл.-кор. НАН України

ІТТФ НАН України, м. Київ, вул. Желябова 2а

Навродська Р.О.

ІТТФ НАН України

Шевчук С.І.

ІТТФ НАН України

Гнедаш Г.О.

ІТТФ НАН України

ЗАПОБІГАННЯ КОНДЕНСАТОУТВОРЕННЮ В ГАЗОВІДВІДНИХ ТРАКТАХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК ПРИ ЗАСТОСУВАННІ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЇ

Мета роботи. Антикорозійний захист газовідвідних трактів котелень за умов глибокого охолодження вихідних газів в системах теплоутилізації.

Результати досліджень. Однією з проблем, що стримує широке впровадження сучасних технологій глибокої теплоутилізації димових газів котельних установок, є конденсацію в їхньому газовідвідному тракті, яке може призводити до значного скорочення терміну експлуатації цього тракту, зокрема димових труб. Інтенсивність конденсації може суттєво зростати при застосуванні технологій з комбінованим використанням утилізованої теплоти, що приводить до поглибленого охолодження димових газів. Це вимагає посилення заходів щодо антикорозійного захисту газовідвідних трактів котельних установок.

В роботі розглянуто основні особливості експлуатації в комунальних котельнях димових труб різного типу при застосуванні технологій глибокої утилізації теплоти відхідних газів котлів. Досліджувалися тепловологісні характеристики в цегляних, залізобетонних та металевих димових трубах з теплоізоляцією при застосуванні теплоутилізаційних систем з комбінованим використанням утилізованої теплоти. У цих системах утилізована теплота використовується для нагрівання зворотної тепломережної води та дуттьового повітря. Системи антикорозійного захисту димових труб базуються на застосуванні теплового методу запобігання конденсації в газовідвідних трактах шляхом підсушування у теплообміннику - газопідігрівачі охолоджених в теплоутилізаційному устаткуванні димових газів. Дослідження виконувались при різних рівнях підігрівання цих газів та при різних режимах роботи опалювальних котлів відповідно до теплового графіка котельні протягом опалювального періоду. При цьому бралось до уваги, що комбіновані теплоутилізаційні системи забезпечують протягом усього опалювального періоду конденсаційний режим їхньої роботи, тобто реалізується охолодження димових газів нижче температури точки роси водяної пари, що міститься в цих газах. Визначено необхідні для відвернення конденсації в димових трубах різного типу рівні підігрівання димових газів для досліджуваної системи та проведено їх зіставлення з традиційною системою (без комбінованого використання утилізованої теплоти).

Висновки. Досліджено ефективність застосування для запобігання конденсації в газовідвідних трактах котельних установок з комбінованими системами теплоутилізації теплового методу підсушування димових газів після їх

глибокого охолодження. За результатами проведених розрахунків встановлено необхідні рівні підігрівання цих газів для захисту від корозії димових труб різного типу.

N. Fialko

IET of NAS of Ukraine, Kyiv, st. Maria Kapnist 2a,

R. Navrodska,

IET of NAS of Ukraine, Kyiv, st. Maria Kapnist 2a,

S. Shevchuk,

IET of NAS of Ukraine, Kyiv, st. Maria Kapnist 2a,

G. Gnedash

IET of NAS of Ukraine, Kyiv, st. Maria Kapnist 2a,

PREVENTION OF CONDENSATE FORMATION IN THE EXHAUST-GAS DUCTS OF BOILER PLANTS WHEN USING COMPLEX HEAT-RECOVERY SYSTEMS

Theaim. Anticorrosive protection of gas-exhaust ducts of boiler plants under conditions of deep cooling of exhaust-gases in heat-recovery systems.

Results. One of the problems that hinders the widespread introduction of modern technologies of deep heat recovery of exhaust-gases of boiler plants, is the condensation in their gas-exhaust ducts, which can lead to a significant reduction in the life of this ducts, in particular chimneys. The intensity of condensation can significantly increase with the use of technologies with the complex use of recycled heat, which leads to a deeper cooling of exhaust-gases. This requires enhanced measures for the anticorrosion protection of the gas-exhaust ducts of boiler installations.

The paper discusses the main features of operation chimneys of various types in municipal boiler in the application of technologies for the deep recovery of heat from boiler exhaust-gases. Thermal-humidity characteristics were studied in brick, reinforced concrete and metal chimneys with thermal insulation using heat-recovery systems with complex use of recycled heat. In these systems, the heat-recovered is used to heat the return heat-network water and the combustion air. Anti-corrosion protection systems for chimneys are based on the application of the thermal method of preventing condensate formation in the exhaust-ducts by drying in the heat-exchanger/gas-heater of the exhaust-gases cooled in the heat-recovery equipment. Studies were performed at different levels of heating of these gases and at different operating modes of heating boilers according to the temperature chart of the boiler plant during the heating period. It was taken into account that the complex heat-recovery systems provide condensation mode of their operation throughout the entire heating period, i.e. the exhaust-gases are cooled below the dew point of water vapor that is contained in these gases. The levels of heating of the exhaust-gases for the system under study, which are necessary to prevent condensation in the chimneys of various types, are determined and they were compared with the traditional system (without the complex use of recycled heat).

Findings. The effectiveness of the application to prevent condensate formation in the gas-exhaust ducts of boiler plants with complex heat-recovery systems of the thermal method of exhaust-gas drying after their deep cooling has been investigated. According to the results of the calculations, the required levels of heating of these gases to protect against corrosion of chimneys of various types were established.

Беляєва І.П.

к.т.н., старший науковий співробітник

Корбут Н.С., Стецюк В.Г.

молодші наукові співробітники

Інститут технічної теплофізики НАН України, м.Київ, Україна

Шеліманова О.В.

к.т.н., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

МЕХАНІЧНЕ ЧАСТКОВЕ ЗНЕВОДНЕННЯ МІСЬКИХ ОРГАНІЧНИХ СТОКІВ

За останні 10–15 років переробки міських органічних стоків та їх мулів має безліч пропозицій устаткування, прийомів використання різних реагентів. Вибираючи ту чи іншу схему переробки та форму виробництва кінцевого продукту (гранулят, пелети, гранули тощо) необхідно на наш погляд обов'язково ввести додаткову технологічну операцію — ретельну очистку розчинів від механічного бруду, незалежно від того яку саме технологію подальшої переробки буде застосовано.

Мета даної роботи – дослідження часткового зневоднення мулових відкладень на пресі для механічного віджиму рідини з органічних матеріалів, а також визначення вологості та фізичних характеристик компонентів переробки.

Для досліджень був використаний продукт з очисних споруд м.Фастова із загальною вологістю ~60%. Вміст біогенних речовин 38,5%, зольність 61,5%, насипна вага 1170 кг/м³. В продукті було виявлено до 10–12% сміття на 1 тону продукту, що обумовило необхідність додатково доочищувати продукт.

Таким чином, технологія переробки активних мулів з частковим зневодненням потребує відповідної очистки розчинів від механічного бруду до зливу їх в чеки. Найефективнішим прийомом є проведення доочистки розчинів зразу після грабельного відділення. Це значно збереже устаткування аеробної та анаеробної переробки, насоси тощо.

Шеліманова О.В.

к.т.н., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ВНУТРІШНЬОГО ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСА ПРИ ПЕРЕРОБЦІ СИРОВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Враховуючи різноманітність технологічних процесів переробки сировини рослинного походження, а також вимог до якості їх кінцевого продукту або виробу, неможливо запропонувати універсальні способи управління інтенсивністю внутрішнього масопереносу в таких процесах. Проте на основі аналізу даних численних експериментів можна стверджувати, що перенос маси як у вигляді пари, так і у вигляді рідини у твердих дисперсних матеріалів завжди прискорюється при підвищенні їх температури [1–2].

Метою даного дослідження є визначення впливу температурного режиму та властивостей розчину на інтенсифікацію капілярного просочування при промисловому приготування лляної трести.

Сировиною для приготування лляної трести, з якої і отримують лляне волокно, є лляна солома. Стебло льону зовні покрите кутикулою – тонкою воскоподібною плівки.

Волокнисті пучки в стеблі льону чітко розділені. Тонкі первинні стінки сусідніх елементарних волокон з'єднані між собою міжклітинною речовиною, яка складається переважно з пектину, частина якого розчиняється у воді. В центрі стебла знаходиться порожнина, оточена серцевинною, яка переходить у деревину.

При промисловому отриманні лляної трести стебла льону з метою виділення з них волокна піддають біологічному змочуванню. Рівномірне та інтенсивне зволоження соломи створює необхідні умови для життєдіяльності мікроорганізмів, які розкладають пектин та знищують тканини стебла.

На рисунку наведені результати експериментальних досліджень впливу температури на швидкість зволоження одиничної соломинки. Зразки відбиралися по діаметру та вазі із середньої частини стебла. Експерименти повторювалися не менше 4-х разів і бралось середнє значення для кожної точки.

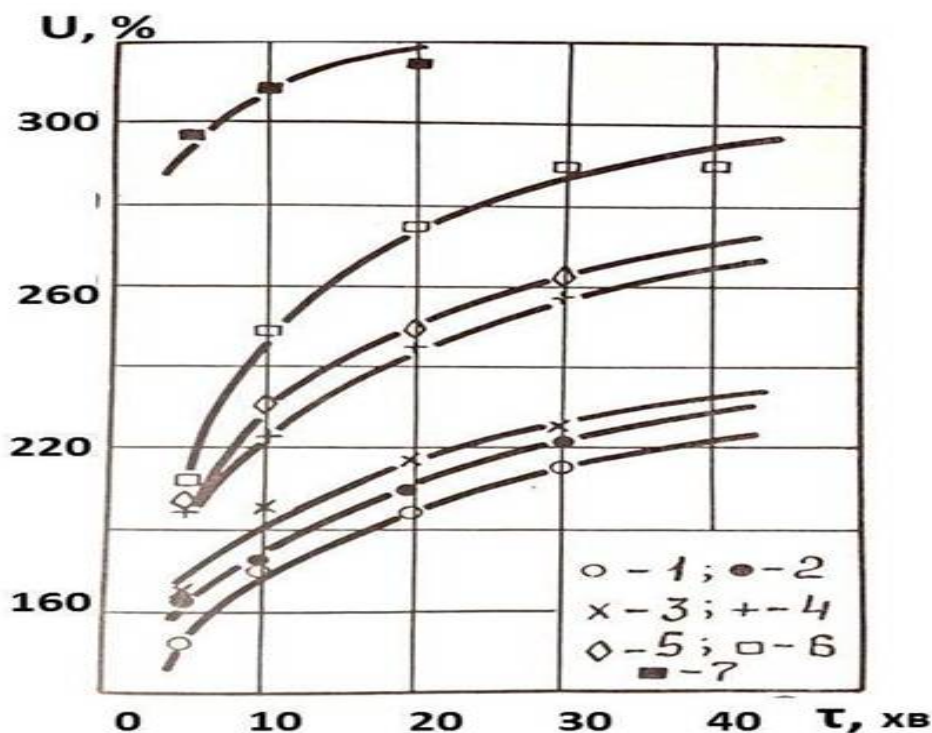


Рис. Кінетика зволоження одиничної соломинки льону при температурах рідини:
1 – 25 °C; 2 – 36 °C; 3 – 50 °C; 4 – 60 °C; 5 – 70 °C; 6 – 80 °C; 7 – 90 °C

Інтенсивність зволоження лляної соломи з підвищенням температури зростає особливо різко при температурах понад 60 °C. Це найвірогідніше пов'язано з руйнуванням воскоподібного шару на поверхні лляної соломи, зміною змочуваності матеріалу і залученням до процесу зовнішньої поверхні, яка не бере участі при температурі нижче 60 °C в початковий період набухання соломи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боровский В.Р., Шелиманов В.А.. Теплообмен цилиндрических тел малых радиусов и их систем. – К: Наук. думка, 1985. – 208 с.
2. Шеліманов В.О., Шеліманова О.В. Особливості сушіння матеріалів у продувному шарі. – К: ЦП «Компрінт», 201 г. – 118 с.

Білик С.Г.

кандидат технічних наук, доцент

ВП Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТВЕРДОПАЛИВНОГО КОТЛА ТРИВАЛОГО ГОРІННЯ

Мета роботи. На протязі останніх років великий прогрес досягнуто у вдосконаленні котлів для підвищення ефективності їхньої роботи. Запропоновані дослідження стосуються опалювального устаткування, а саме опалювальних котлів на твердому паливі, що використовуються для систем централізованого обігріву приміщень, зокрема, житлових будинків. З метою збільшення теплопродуктивності котла, площі його теплового випромінювання представлена розробка простої конструкції твердопаливного котла тривалого горіння.

Результати досліджень. Відомий опалювальний котел (патент України № 30017, МПК F23L 1/00, опубл. 11.02.2008 р.), що містить камеру згорання, подвійна стінка якого формує ємність, заповнену водою, отвір для відводу диму, отвір завантаження палива й видалення попелу, обладнаний дверцятами, патрубки підводу та відводу води. Опалювальний котел містить пристрій подачі повітря у камеру згорання зверху відносно палива, при цьому пристрій подачі повітря виконано з можливістю переміщення джерела повітря для сполучення з робочою поверхнею палива. Пристрій подачі повітря оснащений розсіювачем, містить телескопічну конструкцію, а саме, поєднання щонайменше двох труб різного діаметра з можливістю регулювання їх сумарної довжини. Площа найбільшого горизонтального перерізу розсіювача повітря дорівнює від 0,3 до 0,5 площі поперечного перерізу камери згорання.

Запропоновано конструкцію твердопаливного котла тривалого горіння, яка містить камеру згорання, подвійна стінка якої формує ємність для води, отвір для виходу диму, отвори завантаження палива й видалення золи, оснащені дверцятами, патрубки підводу та відводу води, пристрій подачі повітря у камеру згорання зверху відносно палива, при цьому пристрій подачі повітря виконано з можливістю переміщення джерела повітря для сполучення з робочою поверхнею палива та підігріву повітря.

Розсіювач пристрою подачі повітря виконано у вигляді порожнистого диска, розділеного на дві камери, у верхній частині якого знаходиться перехідник для з'єднання з трубою подачі повітря, а в нижній частині – конусний наконечник. На поверхнях порожнистого диска та конусного наконечника є отвори, що сполучаються з порожниною розсіювача повітря. Така конструкція розсіювача дозволяє розподіляти повітря в центр горіння на 40–60%, на краї горіння — 10–25%, над вогнищем горіння — 25–40%.

Для більш ефективного використання палива площа найбільшого горизонтального перерізу розсіювача повітря дорівнює 0,4–0,5 площі поперечного перерізу камери згорання.

Висновки. Удосконалення конструкції твердопаливного котла тривалої дії, зокрема, розсіювача пристрою подачі повітря дозволить:

- розширити шар одночасно спалюваного палива, що призведе до забезпечення вищої теплопродуктивності;

– здійснювати попередній підігрів повітря, яке попадає в зону горіння з навколишнього середовища в пристрій підігріву. Далі повітря потрапляє в телескопічну трубу розсіювача і в сам розсіювач, в якому проходить остаточний його нагрів і направляється в зону горіння. При цьому розігріте повітря подане в зону горіння забезпечує більш стабільне та рівномірне горіння палива та згоряння СО. Тепло, яке виділяється в процесі згоряння палива, передається через внутрішню стінку корпусу для нагріву теплоносія.

Книжка Т.С.

к.т.н., старший викладач

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЖИВИЛЬНОГО РОЗЧИНУ У СПЕКТРІ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Мета досліджень. Дослідити зміну інтенсивності ультрафіолетового випромінювання, що проходить через живильний розчин товщиною h .

Результати досліджень. Відомо, що при фотоактивації різними авторами пропонується використовувати ультрафіолетове опромінювання з довжиною хвилі $\lambda=205\ldots 380$ нм, тож виникає необхідність визначення зміни коефіцієнтів пропускання ультрафіолетового випромінювання живильним розчином при різних товщинах шару розчину.

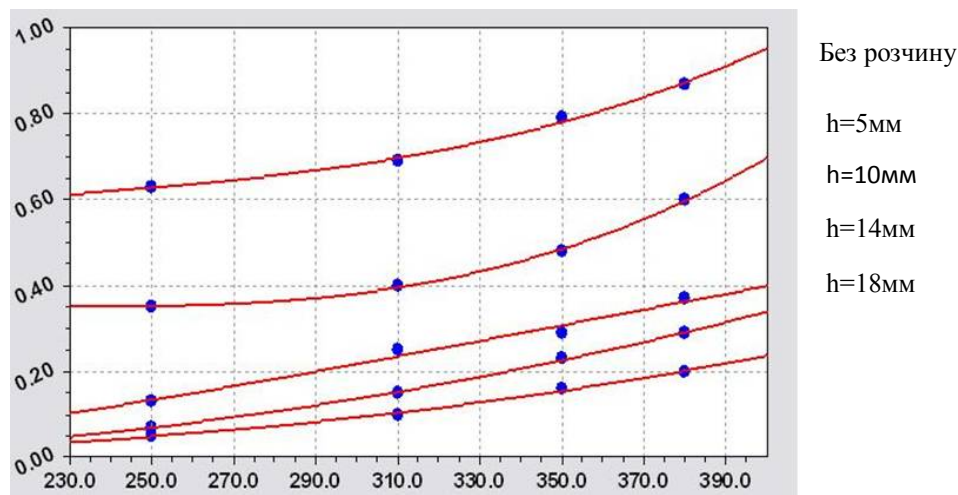
Вирішення проблеми зміни інтенсивності ультрафіолетового випромінювання дасть змогу ефективніше експлуатувати джерела ультрафіолетового опромінювання.

Об'єктом дослідження вибраний водний розчин мінеральних солей (живильний розчин), який використовується при гідропонному способі вирощування троянд.

Визначення оптичних властивостей живильного розчину проводилось на комплексі КСВУ-23, що призначений для дослідження спектрів у діапазоні від 200 до 1200 нм з подальшою обробкою досліджень.

Шар живильного розчину h змінювався від 5 до 18 мм. У результаті експерименту були отримані характеристики, представлені на рисунку.

Обробка результатів проводилась відповідно до стандартних методик.



Залежність коефіцієнтів пропускання живильного розчину при різній товщині прошарку опромінюваного розчину h у діапазоні ультрафіолетового випромінювання $\lambda=230\ldots 380$ нм.

Висновки. При розробці установки для фотоактивації живильних розчинів, зокрема, при виборі джерела випромінювання, потрібно враховувати наступне: діапазон хвиль 205...230 нм живильний розчин затримує, що свідчить про недоцільність опромінення живильних розчинів цим спектром ультрафіолетового випромінювання; у інтервалі хвиль 250...300 нм динаміка росту коефіцієнта пропускання перебуває у межах 2...5 %/40 нм; для діапазону хвиль 301...380 нм динаміка росту становить 1...3 %/20 нм.

Любименко О.М.

кандидат технічних наук, доцент

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Покровськ, Україна

Колларов О.Ю.

кандидат технічних наук, доцент

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Покровськ, Україна

Остренко Д.О.

аспірант

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Покровськ, Україна

Штепа О.А.

кандидат технічних наук, доцент

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Покровськ, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ВОДНЕМ В ПРОМИСЛОВОСТІ

Нестабільність забезпечення енергією промисловості та агропромислового комплексу від альтернативних джерел енергії є їх головним недоліком, тому рекомендовано використання енергозберігаючих технологій в промисловості та агропромислового комплексу за рахунок впровадження пристроїв, що використовують в якості палива водень. Це забезпечує енергетичну незалежність для промисловості та агропромислового комплексу, та зменшує кількість втрат енергії при електричній передачі. Водневий паливний елемент має високий ККД близько 60%. Проте існує проблема, як в промислових масштабах зберігати та виробляти водень.

Водень є ідеальним паливом та при його згорянні вивільняється велика кількість енергії і утворюється вода без виділення будь-яких шкідливих газів, цю воду можна

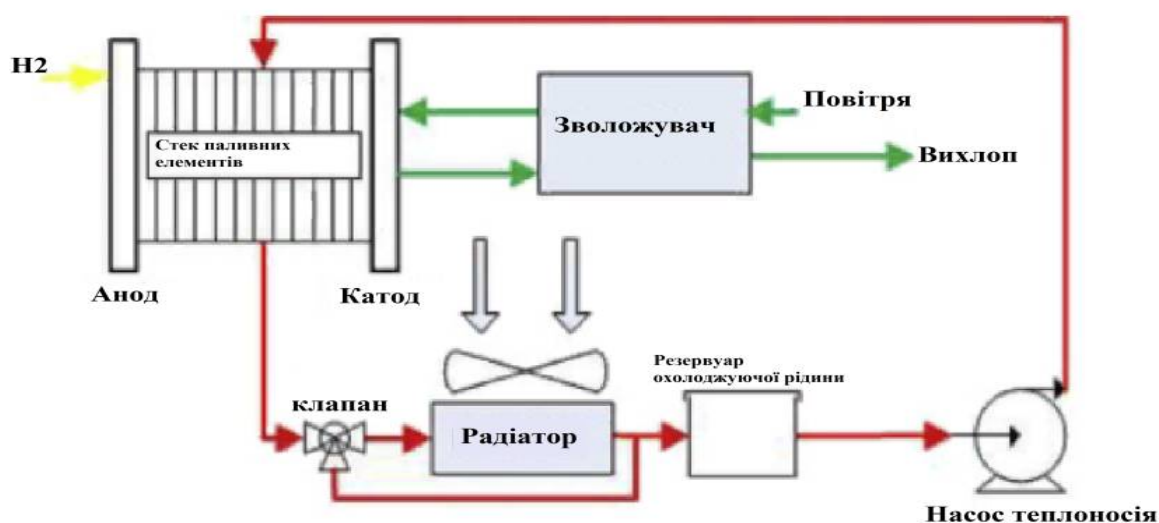


Рис. 1. Структурна схема кування паливного елемента – водень

використовувати для крапельного поливу в теплицях, або обприскування рослин в період зменшеної вологості. Переваги водневої енергетики людство усвідомило вже давно, однак застосовувати її у великих промислових масштабах доки не поспішає.

На рисунку 1 показана структурну схему установки, що включає паливні елементи, зволожувач та систему охолодження, яку можна використовувати в теплиці для підтримання стабільної температури та освітлення.

Для того щоб забезпечити послідовну роботу системи паливних елементів необхідно додатково контролювати показниками температури та керувати потоком тепла. В залежності від типу паливного елемента, оптимальна температура може коливатися від кімнатної температури ($+25\text{ }^{\circ}\text{C}$) до $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1], і будь-яке відхилення від заданого діапазону температур може призвести до зниження ефективності паливного елемента.

Отримання низьких температури означають більш короткий час прогріву системи і нижчі рівні напруги. Корозія та інші залежні від часу та температури процеси уповільнюються, і для насичення вхідних газів потрібно набагато менше води. Отримання високої робочої температури означає, що потрібно більше води, це в своє чергу призводить до збільшення випаровування, тобто менше рідкої води залишається з паливного елемента.

Температура в паливному елементі не є однорідною, навіть коли є постійний газовий потік в каналах. Це відбувається за рахунок теплопередачі [2] від газу до поверхні елемента, а для певних типів паливних елементів — фазової зміни реагентів або продуктів. Для точного прогнозування температурно-залежних параметрів, а також швидкості реакції і транспортування необхідно точно визначити розподіл температури і тепла. Конвективний теплообмін відбувається між поверхнею твердого тіла і газовими потоками, а провідний теплообмін відбувається в твердій та пористій структурах, в результаті чого формується градієнтний сплав водень-матеріал, зі змінними по перерізу властивостями [3].

При моделюванні основного теплообміну в паливному елементі, як показано на рисунку 2 необхідно знати швидкість потоку газу, проникність мембрани та температуру газу. Загальний баланс отриманої енергії від паливного елемента базується на кількості тепла, що виробляються, які залежать від реакцій в паливних

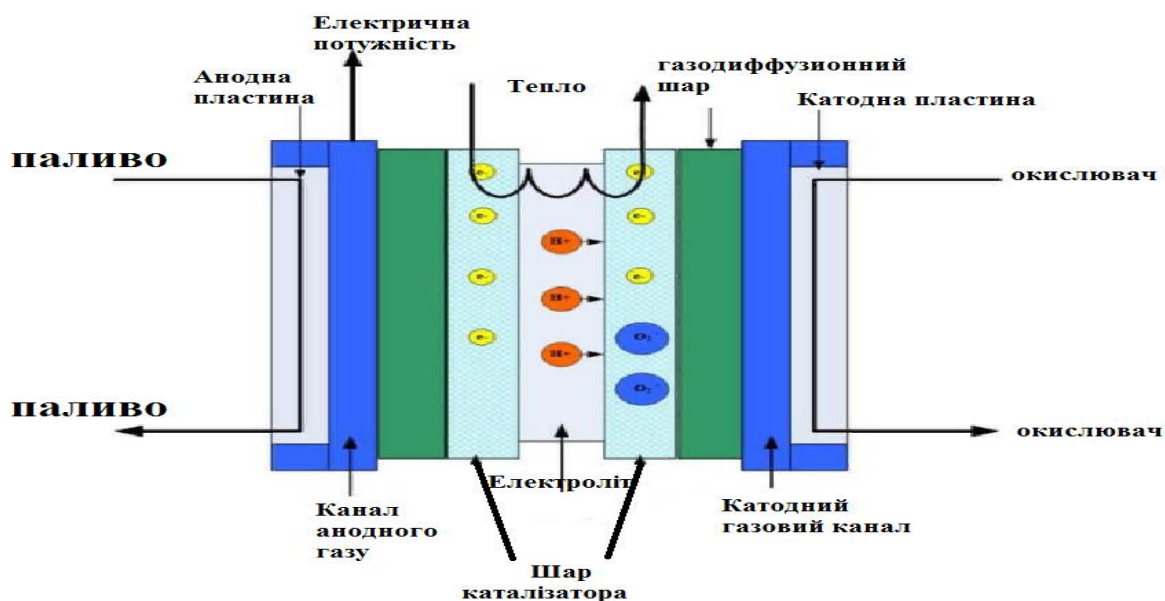


Рис. 2. Ілюстрація стека для дослідження теплового потоку

елементів і втратах тепла, що відбуваються в паливному елементі.

В даній роботі розглянуто основні особливості пристрою, що працює від паливного елемента — водню. Виконано математичне моделювання цього процесу в програмі Matlab. Теоретично встановлено, що теплообмін і загальний енергетичний баланс навколо паливного елемента базуються на тепловому потоці, що виникає під час реакцій в паливних елементах і втратах тепла, які відбуваються в паливному елементі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Герятовіч М. В. Вітро-сонячний комплекс з водневоакумулюючої установкою // Радіоелектроніка, електротехніка та енергетика. Т. 3: 13 Міжнар. наукова технічна конф. студентів і аспірантів, 1–2 березня 2007: Додати тез. доп. – М., 2007. №3. С. 353.

2. Любименко О. М. Експериментальне дослідження поведінки пластини з паладію при додатковому насиченні воднем при 150 °С. // Фізика і хімія твердого тіла. – 2015 – Т. 16, № 3. – С.549 – 552.

3. Гольцова М.В., Экспериментальные закономерности и феноменологическая модель формоизменения палладиевой пластины при ее одностороннем насыщении водородом // Альтернативная энергетика и экология. – 2014. – № 1. – С. 152–166.

Пашкевич В.З.

кандидат технічних наук

доцент кафедри електронних засобів та інформаційно-комп'ютерних технологій

Національний університет «Львівська політехніка»

Шепітчак В.Б.

кандидат технічних наук

доцент кафедри цивільної безпеки

Національний університет «Львівська політехніка»

Крайовський В.Я.

доктор технічних наук, доцент

професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій

Національний університет «Львівська політехніка»

Желих В.М.

доктор технічних наук, професор,

завідувач кафедри теплогазопостачання і вентиляції

Національний університет «Львівська політехніка»

ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ НА ОСНОВІ ВИЗНАЧЕННЯ БАЗОВОГО РІВНЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Анотація. Визначення потенціалу енергозбереження на основі прийнятої загальної системи показників є однією з умов сталого соціально-економічного та матеріально-технічного розвитку закладів вищої освіти, що повинно посилити увагу керівників ЗВО до проблем пов'язаних з підвищенням енергоефективності існуючих будівель та інженерних мереж. Високі показники енергоефективності повинні бути не тільки іміджевою складовою кожного технічного ЗВО, а й свідченням високого наукового рівня розвитку. А

відтак проблема енергоефективності повинна бути проблемою не тільки адміністративно-господарського, але і наукового персоналу ЗВО.

Актуальність. Відсутність адекватної оцінки енергоспоживання будівель ЗВО призводить до того, що неможливо точно визначити базу порівняння поточного рівня енергоефективності і встановити реалістичні цілі щодо його зниження. Вирішення цих завдань, аналіз фактичних та отримання приведених до стандартних умов даних по енергоспоживанню потребує використання методів розрахунку та математичних моделей різного призначення [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день розроблено та запроваджено багато методів оцінки енергоефективності будівель, але особливості їхнього застосування визначаються їх складністю, точністю оцінки результатів, вартісними показниками - у випадку коли їх не може реалізувати енергоменеджер ЗВО і вони вимагають спеціальної кваліфікації та навчання персоналу, або коли це платний програмний продукт. З огляду на складність існуючих методів перевагу надано методам, які були б доступні будь-якому енергоменеджеру ЗВО і могли б використовуватись для експрес-аналізу оцінки енергоспоживання будівель.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування положень та розробка принципів оцінювання енергетичної ефективності будівель ЗВО шляхом визначення базового рівня енергоспоживання на прикладі Національного університету «Львівська політехніка».

Матеріали і методи дослідження. Пропонується новий підхід для оцінювання базового рівня споживання теплової енергії закладами бюджетної сфери на основі запропонованої методики [8]. Зазначена методика може бути використана за наявності об'єктивних даних про споживання енергоресурсів за попередні періоди. Базовий рівень споживання паливно-енергетичних ресурсів та житлово-комунальних послуг - усереднене значення обсягів річного споживання паливно-енергетичних ресурсів за три роки [3]. Це умовний нормативний показник споживання теплової енергії будівлями до початку впровадження заходів з підвищення ефективності енергоспоживання, скоригований з урахуванням необхідності дотримання санітарних умов перебування персоналу та відвідувачів.

Висновки. В результаті проведених досліджень проведено класифікацію методів оцінювання енергоефективності будівель за нормою енергоспоживання, оцінено їх відносну точність і складність. Запропонований метод оцінки енергоефективності будівель на базі програмного середовища Microsoft Excel, може бути використаний енергоменеджерами для оцінки енергоефективності будівель та оперативного контролю за раціональним використанням ПЕР.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Багатофакторний критеріальний аналіз енергетичної ефективності будівель вищого навчального закладу. В. В. Каплун, В. Г. Щербак // Бухгалтерський облік, аналіз і аудит. С. 349 – 359, 2016 р.
2. Дешко В. І. Математичні моделі для оцінки енергоспоживання/ І. Ю. Білоус, В. І. Дешко//Будівельні конструкції: Міжнародний науково-технічний збірник наукових праць. Випуск 80. Київ 2014. – 68-72 с.
3. Проект USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні». 2017. URL: https://decentralization.gov.ua/uploads/library/file/285/Energy_management_15_08_20.

Клименко В.В.

доктор технічних наук, професор

Центральноукраїнський національний технічний університет

Босий М.В.

Викладач

Центральноукраїнський національний технічний університет

Якименко М.С.

канд. фіз.-мат. наук, доцент

Центральноукраїнський національний технічний університет

Гуцул В.І.

кандидат технічних наук, доцент

Центральноукраїнський національний технічний університет

КОМПРЕСОРНО-ГАЗОГІДРАТНА ТЕХНОЛОГІЯ СТИСКУВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В АГНКС

Наразі відомі пропозиції щодо застосування газогідратів в різних технологічних напрямках і, зокрема, для стискування та акумулювання (накопичення) газу [1–3]. Згідно цієї технології газ низького тиску контактує з водою або водним розчином в замкненому об'ємі при відповідній температурі з утворенням газогідратів, які зберігають та плавають в цьому ж об'ємі з виділенням газу та води при більш високій температурі та відповідно більш високому тиску, ніж вони були утворені.

Метою дослідження є підвищення ефективності заправки автомобільного транспорту природним газом при неоднаковому споживанні стиснутого газу на заправку в денний і нічний періоди доби шляхом компресорного і газогідратного стискування та акумулювання газу.

Основні процеси компресорно-газогідратного стискування природного газу в АГНКС зображені на діаграмі p – T (рис.) [4–5].

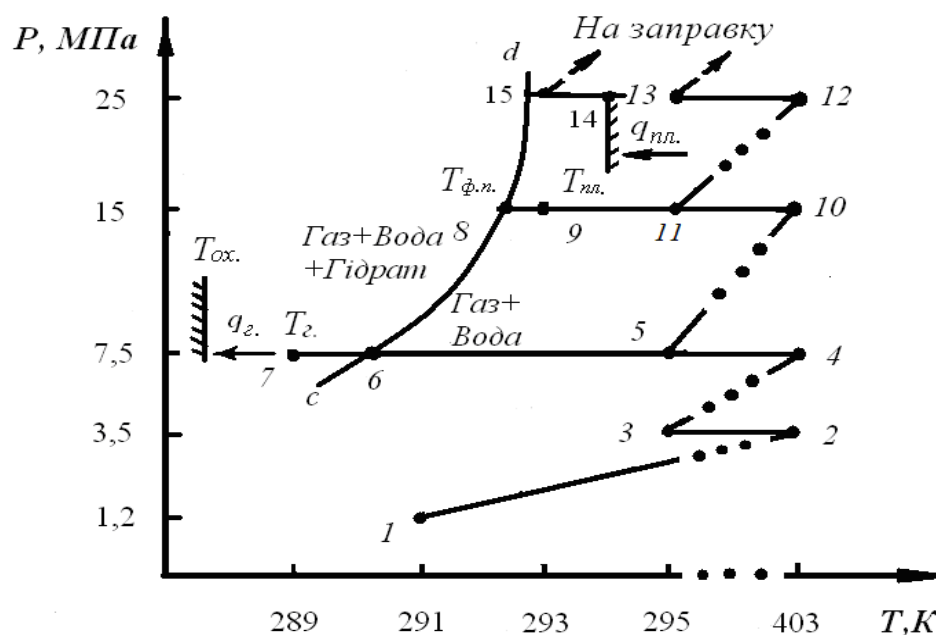


Рис. Основні процеси компресорно-газогідратного стискування природного газу в АГНКС: $c-d$ — лінія рівноваги трифазної системи «газ – вода – газогідрати»; т. 1 —

стан газу з початковим тиском $p=1,2$ МПа і $t = 18^{\circ}\text{C}$; т.т. 1–2 — стиснення газу в першій ступені до тиску $p=3,5$ МПа; т.т. 2–3 — охолодження газу; т.т. 3–4 — стиснення газу в другій ступені до тиску $p=7,5$ МПа; т.т. 4–5 — охолодження газу; т. 6 — стан рівноваги трифазної системи «газ-вода-газогідрати»; т. 7 — утворення газогідратів (додаткове накопичення газу у вигляді газогідратів); т.т. 7–6–8–9 — підвищення тиску та температури газогідратної суспензії при нагріванні до тиску та температури плавлення газогідратів; т. 9 — плавлення газогідратів при тиску, відповідному тиску газу після третьої ступені стиснення; т.т. 5–10 — стиснення газу в третій ступені до тиску $p=15$ МПа; т.т. 10–11 — охолодження газу; т.т. 11–12 — стиснення газу в четвертій ступені до кінцевого тиску $p=25$ МПа; т.т. 12–13 — охолодження газу перед його направленням для кінцевої заправки автомобільного транспорту; т. 14 — плавлення газогідратів при тиску, відповідному тиску газу після четвертій ступені стискування $p=25$ МПа; т.т. 14–15 — охолодження газу і направлення його на заправку автомобільного транспорту.

Головною перевагою АГНКС з газогідратним акумулятором є можливість в нічний період доби, коли заправок автомобільного транспорту менше, накопичувати газ в газогідратному стані, а в денний період доби, зокрема піковий, плавити газогідрати при вищій температурі з виділенням газу високого тиску, яким можна безпосередньо здійснювати заправку автомобільного транспорту. Це дозволить збільшити денну кількість заправок на АГНКС проектної продуктивності та підвищити економічну ефективність її використання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Макогон Ю.Ф. Гидраты природных газов. – М.: Недра, 1974. – 208 с.
2. Клименко В.В., Босий М.В., Парафійник В.П., Прилипко С.О. Газотурбінний 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.
3. Клименко В.В. Научно-технические основы газогидратной технологии (термодинамика та кінетика процесів, схемні рішення): автореф. дис. докт. техн. наук: 05.14.06. – К., 2012 – 40 с.
4. Клименко В.В., Босий М.В. Патент на корисну модель Україна, №134025 МПК F04B1/00, F25B1/00 Спосіб заправки автомобільного транспорту природним газом // u201812187; заявл. 10.12.2018; опубл. 25.04.2019, бюл. №8/2019.
5. Клименко В.В., Босий М.В., Якименко М.С., Мартиненко В.В. Патент на корисну модель. Україна №134041 МПК F04B1/00 Компресорна установка для автомобильных газозаправных станций опубл. // u201812267; 25.04.2019, бюл. №8/2019.

Клименко Г.М.

кандидат технічних наук, старший викладач

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Лабай В.Й.

доктор технічних наук, професор

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Ярослав В.Ю.

старший викладач

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Довбуш О.М.

старший викладач

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

ОПИСАННЯ РОБОТИ МАЛОШВИДКІСНОГО ПОВІТРОРозПОДІЛЬНИКА КРИТЕРІАЛЬНИМ РІВНЯННЯМ

Енергоефективність систем забезпечення мікроклімату виробничих, адміністративних та громадських приміщень визначається організацією повітрообміну та схемами повітророзподілення. Підвищення вимог [1–2] до енергоефективності систем вентиляції та кондиціонування повітря призводить до необхідності розроблення теоретичних основ розрахунку роботи вентиляційних систем та повітророзподільних пристроїв, які формують параметри повітряного середовища у приміщеннях. Системи забезпечення мікроклімату повинні відповідати нормативним вимогам та потребам технологічних процесів.

В останні роки все більшого поширення набувають системи витісняльної вентиляції «Displacement Ventilation» з використанням спеціальних повітророзподільників. Під час аналізу роботи систем витісняльної вентиляції виявлено ряд її переваг. При цьому припливне повітря з низьким рівнем турбулентності не сприяє перемішуванню повітря в нижній зоні. Забезпечується підтримання штучного мікроклімату за мінімальних енерговитрат. За рівномірного повітророзподілення безпосередньо у робочу зону в ній підтримуються рівномірно нормативні параметри мікроклімату. Це забезпечує збереження здоров'я працівників і підвищення продуктивності праці.

Здебільшого це завдання може бути вирішене джерельними перфорованими малошвидкісними повітророзподільниками з рівномірним повітророзподіленням безпосередньо у робочу зону. Для забезпечення рівномірності початкової швидкості повітряного струменя за висотою повітророзподільника в його корпусі має підтримуватись приблизно однаковий статичний тиск.

Розглянуто конструкцію запропонованого малошвидкісного двокамерного панельно-секційного повітророзподільника, що дозволяє забезпечити рівномірність розподілення статичного тиску за висотою розподільної камери та ефективно регулювати витрату повітря. Вказано на необхідність аналітичного дослідження аеродинамічних процесів у корпусі запропонованого повітророзподільного пристрою, а також доцільним є отримання критеріального рівняння подібності для поширення результатів експериментів на подібні, але ще не вивчені об'єкти. Для отримання узагальнених залежностей запропоновано використати теорію подібності. В результаті математичного описання аеродинамічних процесів у корпусі малошвидкісного повітророзподільника з відокремлювачами повітряного потоку отримано критеріальне рівняння подібності:

$$Eu = 15,907 \cdot Re^{-0,2966},$$

з максимальною похибкою 11,3%.

Це дозволить поширити результати експериментів на подібні не вивчені об'єкти.

Запропоновані конструкції малошвидкісних панельно-секційних повітророзподільників, які дозволять забезпечити початкову рівномірність швидкості витікання повітря та можливість ефективного регулювання витрати припливного повітря.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН-В.2.5.-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. Видання офіційне. Київ, 2013. – 141 с.
2. Standard ASHRAE 62.1-2013. – Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality (ANSI Approved), 2004. – 53 p.

Турчина Т.Я.

канд. техн. наук, ст. наук. співр.

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, Україна

Жукотський Е.К.

ст. наук. співр.

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, Україна

Авдєєва Л.Ю.

докт. техн. наук, пров. наук. співр.

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, Україна

Макаренко А.А.

канд. техн. наук, наук. співр.

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЯХ РОЗПИЛЮВАЛЬНОГО СУШІННЯ

Питання енергозбереження, особливо в теплотехнологіях розпилювального сушіння стоїть доволі гостро. В розпилювальних сушильних установках, в яких не використовується тепло відпрацьованого теплоносія, втрати тепла обумовлюють високі питомі енерговитрати на одиницю готової продукції. Це є основним показником високої енергоємності процесу розпилювального сушіння. Одним з напрямків енергозбереження є управління процесами теплового переносу при розпилювальному сушінні за рахунок застосування структуруючих добавок.

Мета досліджень полягала у визначенні впливу структуроутворюючих і вологопровідних властивостей складних колоїдних та гетерогенних систем на кінетику їх сушіння для зниження енерговитрат на одиницю готової продукції.

Як показали результати численних досліджень [1–3], введення раціональної кількості білково- або декстринвмісних добавок на стадії підготовки вихідного продукту до розпилювального сушіння сприяє скороченню тривалості процесу за рахунок поліпшення структуроутворюючих та вологопровідних властивостей поверхневої кірочки висушуваних крапель.

Апробація теплотехнологічних параметрів сушіння на сушарці РЦ-1,3 показала доцільність використання структуруючих добавок як механізму підвищення ефективності роботи сушарки і збільшення виходу порошку. Для прикладу в табл. 1 наведені показники роботи розпилювальної сушарки при сушінні солодового екстракту з введеною структуруючою білкововмісною добавкою (СД) і без неї.

Таблиця 1

**Теплотехнологічні показники сушарки РЦ-1,3 при сушінні
солодового екстракту**

Склад продукту	Температура теплоносія, °С		Продуктивність установки, кг/год			Напруженість установки по випареній волозі, кг/(м ³ *год)
	T _{вх}	T _{вих}	по розчину	по випареній волозі	по готовому продукту	
Солодовий екстракт	170	88	6,20	3,30	2,90	2,38
Солодовий екстракт+СД	170	85	7,13	3,80	3,34	2,74

Аналіз наведених даних показує, що використання структуруючої добавки дозволяє знизити тепловитрати на 1 кг готової продукції до 15% за рахунок підвищення напруженості установки по випареній волозі. При введенні структуруючих добавок окрім зменшення енерговитрат при отриманні порошків з малини, гриба шийтаке, соєво-молочних та ін. продуктів досягається [3–4]:

- підвищення термостійкості матеріалів, а завдяки ефекту мікрокапсулювання збереження усіх цінних складових вихідного продукту при сушінні;
- завдяки покращенню структурно-механічних характеристик порошку збільшення його виходу з камери до 90–95%;
- подовження терміну зберігання порошкових продуктів до 1 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Турчина Т.Я. Теоретичний аналіз тепловологопереносу при сушінні крапель структурованих рослинних систем // Наукові праці ОНАХТ, 2011. – Вип. 40, Т. 2. – С. 361–364.
2. Авдеева Л.Ю., Жукотский Э.К., Турчина Т.Я., Костянец Л.А., Ткаченко А.В. Влияние углеводо- и белковосодержащих структурирующих добавок на кинетику сушки капель суспензий фосфолипидов и адгезионные свойства высушенных частиц // Пром. теплотехника, 2012. – Т. 34, № 4. – С. 18–23.
3. Долінський А.А., Турчина Т.Я., Жукотський Е.К. Сучасні методи впливу на структуруючі властивості складних матеріалів як об'єктів розпилювального сушіння // Наукові праці ОНАХТ, 2014. – Вип. 45, Т. 3. – С. 13–17.
4. Малецька К.Д., Турчина Т.Я. Удосконалення процесу тепломасообміну в технологіях розпилювального зневоднення нефракціонованої рослинної сировини./ Наукові праці ОНАХТ, 2007. – Вип. 30, Т.1. – С. 176–181.

Мороз О. М.

д.т.н., професор;

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка.

Мірошник О. О.

д.т.н., професор;

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка.

Павлов А. О.

аспірант;

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка.

Ганус О. І.

к.т.н., доцент, директор технічний

АТ Харківобленерго

ЕТАПИ ТА ЗАДАЧІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ БУДІВНИЦТВА СЕС

Енергетичною стратегією України на період до 2030 року [4] визначено, що освоєння відновлюваних джерел енергії є важливим фактором підвищення рівня енергетичної безпеки та зниження антропогенного впливу енергетики на навколишнє природне середовище.

Проектування сонячної електричної станції (СЕС) потребує розробки техніко-економічного обґрунтування (ТЕО), яке має свою специфіку і складається зі стандартних розділів [5]: аналіз законодавчих норм та відповідність майбутньої СЕС цим нормам; підсумки інженерних вишукувань, вихідна інформація з проекту; обґрунтування потужності та місця розташування об'єкту; аналіз обладнання СЕС; основні показники проекту, обґрунтування операційних витрат; економічна модель, що відображає співвідношення витрат та прибутків; порівняльний аналіз вартості різного обладнання. Метою розробки ТЕО є пошук оптимальної моделі фінансування з урахуванням різноманітних фінансових ризиків.

Прийняття інвестиційних рішень щодо будівництва СЕС пов'язане з аналізом фінансових критеріїв оцінки проекту. При розрахунку ефективності проекту необхідно застосовувати такі показники ефективності капітальних вкладень: дисконтний термін окупності (DPB), правило чистої приведеної вартості (NPV), внутрішня норма прибутковості (IRR). При визначенні ступеню ризику проекту необхідно дотримуватись основного критерію, а саме – «інвестуйте в запропонований проект, якщо його NPV позитивне» [3].

Основними етапами реалізації проекту будівництва СЕС є такі етапи [2]: визначення потужності СЕС, збір вихідних даних, які необхідні для реалізації проекту, розробка ТЕО, отримання технічних умов (ТУ) на приєднання, виконання проектних робіт, розробка бізнес-плану, вибір та поставка основного обладнання, виконання будівельно-монтажних та пусконаладжувальних робіт, а також регуляторний блок: отримання ліцензії, отримання «зеленого» тарифу, організація роботи з «Гарантованим покупцем» (ГП), або на оптовому ринку електричної енергії (ЕЕ).

Основною бізнес-моделлю для СЕС в Україні є відпуск енергії у мережу за «зеленим» тарифом. Відповідно до Закону України «Про альтернативні джерела енергії», «зелений» тариф – це спеціальна вартість на електроенергію, яка вироблена з альтернативних (відновлюваних) джерел енергії таких як вітер, сонце, біомаса і біогаз, геотермальна енергія, а також міні, мікро і малі ГЕС, за якою держава зобов'язується викупати цю енергію у виробника.

При відомій географічній локації СЕС орієнтовний базовий річний обсяг виробництва електроенергії визначається за допомогою програмного забезпечення PV-GIS [1].

При моделюванні параметрів СЕС повинні враховуватись особливості розташування та топографія земельної ділянки (орієнтування по сторонах світу), вимоги відносно розміщення ФЕМ (кут нахилу, відступ між рядами). На основі цих даних визначається кількість ФЕМ, загальна пікова потужність СЕС за постійним струмом, кількість мережевих інверторів та їх потужність за змінним струмом.

Визначення фінансово-економічних показників проекту здійснюється на підставі розрахункових даних про генерацію електричної енергії СЕС із врахуванням вихідних даних замовника, вартості будівництва станції та операційних витрат на ведення діяльності. Фінансова модель будується на основі ряду припущень. Вхідними даними для фінансового моделювання проекту є загальна сума вартості проекту, співвідношення позикових та власних коштів, сума кредитів, відсоткові ставки по ним, терміни кредитування, разова комісія на видачу кредитів, загальний термін виплати кредитів. Основними припущеннями при визначенні фінансово-економічних показників проекту СЕС є відсоток лінійної деградації ФЕМ, строки амортизації обладнання, терміни проекту, величина «зеленого» тарифу на початок експлуатації станції та у 2030 році, ставки дисконтування та початковий робочий капітал.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Photovoltaic geographical information system
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html (дата звернення: 05.11.2019).
2. Будівництво сонячних електростанцій <https://iknet.com.ua/uk/solar-plants-construction/> (дата звернення: 01.12.2019).
3. Лемешко Н. М. Аналіз та оцінка ефективності інвестиційних проектів <https://journals.uran.ua/98189-214502-1-PB.pdf>. DOI: 10.15587/2312-8372.2017.98189 (дата звернення: 07.12.2019).
4. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року, затверджений розпорядженням Кабінету Міністрів України від 01.10.2014 р. № 902-р. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80> (дата звернення: 05.10.2019).
5. Проектування сонячних станцій в Україні. URL: <https://greentechtrade.com.ua/shho-take-proektuvannya-sonyachnyh-stantsij/> (дата звернення: 17.11.2019).

Бобровник В.М.

аспірант

Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ, Україна

bobrovnikvm@gmail.com

УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Ключові слова: аналіз електроспоживання ЗВО, питомі показники електроспоживання, управління електроспоживанням, загальні лінійні моделі регресії, паралельний активний фільтр.

Метою роботи є підвищення ефективності електроенергетичних систем в інфраструктурі закладу вищої освіти шляхом удосконалення моделей управління електроспоживанням в системі енергоменеджменту.

Об'єктом дослідження є процеси електроспоживання в електротехнічних системах інфраструктури закладу вищої освіти.

Основними методами дослідження є процедури побудови та дослідження якості загальних лінійних моделей (ЗЛМ) регресійного типу [1-3]. Засобом дослідження є спеціально розроблене програмне забезпечення, що автоматизує процес переведення даних з лічильників енергозатрат у гуртожитках КНУТД в робочу форму середовища Delphi [4] і наступну реалізацію алгоритмів вищезазначених процедур.

В якості математичних моделей електроспоживання у будівлях університету застосовувалися лінійні регресійні моделі виду

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_{p-1} x_{p-1} + \varepsilon, \quad (1)$$

де y — середня величина добового електроспоживання на обраному часовому інтервалі (точніше, активна складова зазначеної величини); $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{p-1}$ — коефіцієнти, що підлягають визначенню, x_1, x_2, \dots, x_{p-1} — змінні, що суттєвим чином впливають на значення y (пояснюючі змінні), ε — деяка випадкова величина, яка характеризує варіабельність моделі і викликана нерегулярними подіями стохастичного характеру.

Одним із перспективних технічних напрямів підвищення енергоефективності є зниження втрат та відновлення якісних показників електроенергії на клеммах потужних споживачів застосуванням активних силових фільтрів [5,6]. Найбільшого поширення в трифазних системах електроживлення набули паралельні активні фільтри (ПАФ) з можливістю формування оптимальних вхідних струмів в умовах нестабільності, нелінійності та несиметрії навантаження.

Для визначення енергозберігаючого ефекту від застосування ПАФ з урахуванням його власних втрат було:

- отримано умови доцільності застосування ПАФ для економії енергії та коефіцієнти виграшу за потужністю (енергією) втрат при стаціонарному та періодично змінюваному навантаженні;
- проведено розрахунок опорів мережі електроживлення;
- виконано розрахунок енергозберігаючого ефекту за результатами тижневого моніторингу споживання електроенергії.

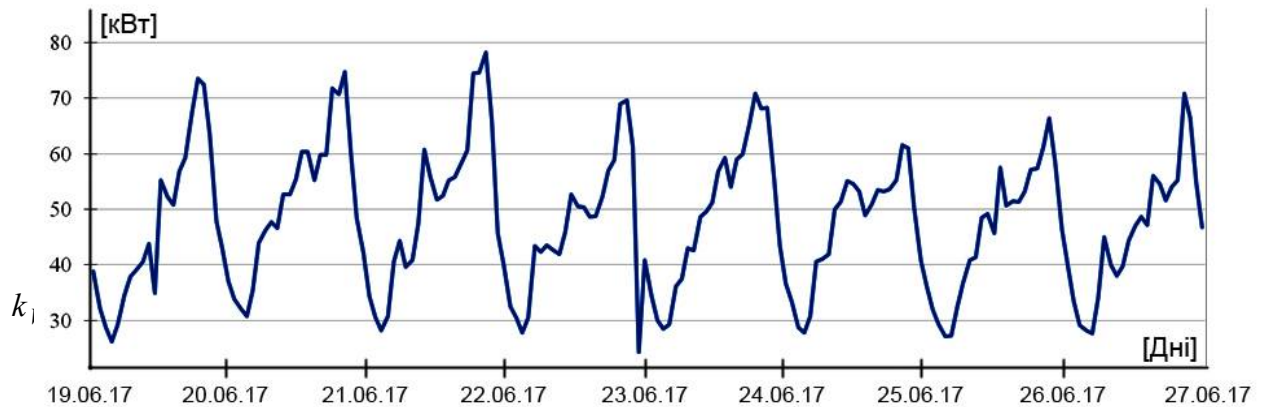


Рис. 1 Графік зміни активної потужності гуртожитку

Дата	19.06.2018	20.06.2018	21.06.2018	22.06.2018	23.06.2018	24.06.2018	25.06.2018	26.06.2018
	1,3542	1,3520	1,2863	1,3109	1,2967	1,3332	1,3676	1,4485

Рис. 2 Значення добових коефіцієнтів виграшу за енергією втрат

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дрейпер Н.Р. Прикладной регрессионный анализ: монографія /Дрейпер Н.Р., Смит Г. – Москва-Санкт-Петербург, Киев: 2007. – 911 с.
2. Тюрин Ю.Н. Статистический анализ данных на компьютере: навчальний посібник / Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. – М.: «Инфра», 1998. –528 с.
3. STATISTICA для профессионалов: монографія / Боровиков В.П. – Санкт-Петербург Москва Харьков Минск: «ПИТЕР», 2001. – 652 с.
4. Стивенс Р. Delphi. Готовые алгоритмы / Стивенс Р. – М.: ДМКПресс; СПб; ПИТЕР, 2004. — 384 с.
5. Дрехслер Р. Измерение и оценка качества электроэнергии при несимметричной и нелинейной нагрузке: Пер. с чешск. А. Окина. / Дрехслер Р. // М.: Энергоатомиздат, 1985. – 112 с.
6. Patricio Salmerón Revuelta, Salvador Pérez Litrán, Jaime Prieto Thomas.Active Power Line Conditioners Design, Simulation and Implementation for Improving Power Quality.– Elsevier Inc., Academic Press – 2016. – 436 p.

СЕКЦІЯ 6. ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ В ГАЛУЗІ

Астаф'єва М.М.

канд. фіз.-мат. наук, доцент

Київський університет імені Бориса Грінченка, м. Київ, Україна

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КЕЙС-МЕТОДУ ПРИ ВИКЛАДАННІ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ

Кейс-метод (Casestudy) або метод аналізу ситуацій, є інтерактивним методом навчання, різновидом дослідницької аналітичної технології, що використовує конкретну (реальну) проблемну ситуацію (кейс) для спільного її дослідження, аналізу, пошуку можливих рішень (шляхів виходу) і вибору оптимального. В останні роки активно досліджується та впроваджується в Україні [1]. Однак, досліджень, як і практики застосування кейс-методу при викладанні у ВЗО фундаментальних дисциплін, зокрема, математики, вкрай мало.

Перевагами кейс-методу є залучення студента до колективної дослідницько-пошукової діяльності (критичне осмислення пропонованих фактів, виявлення і «артикуляція» проблеми, аналіз причин, наслідків, тенденцій, пошук ідей, спрямованих на розв'язання проблеми, шляхів вирішення, їх оцінка, вибір оптимального, вироблення плану розв'язання тощо), спрямованої не на оволодіння готовим знанням, а на його отримання, вироблення, на співтворчість; результатом такої діяльності є не лише нове (для студента) знання, а й досвід розв'язання проблеми.

Сам *кейс* являє собою спеціальну (з певною метою) навчально-методичну розробку, що містить один матеріал (або набір матеріалів): опис реальної ситуації (модель ситуації), запитання чи завдання і, за потреби, допоміжні документи (статистичні дані, звіти, схеми тощо), необхідні для аналізу ситуації – виносяться в додатки.

Стрижнем кейсу є певна проблема, яку слід вирішити. Однак формулювання цієї проблеми не має бути явним, проблема в кейсі завуальована (цим кейс відрізняється від задачі, а кейс-метод від проблемного методу). Її (проблему) студенти в ході аналізу самі мають ідентифікувати і сформулювати. А для цього в кейсі має бути виразно окреслене протиріччя, яке лежить в основі проблеми (наприклад, між назрілою необхідністю певної дії і недостатніми умовами чи можливостями її реалізації, потребою вибрати одну альтернативу із кількох, між традицією і новацією, між протилежними точками зору, стратегіями тощо). Кейс має містити необхідну і достатню інформацію, але не підказувати розв'язок, вихід із ситуації, шлях вирішення проблеми.

У чому полягають особливості математичних кейсів?

Оскільки кейс-метод зародився і почав використовуватися при викладанні управлінських дисциплін в бізнес-школі, і надалі набув свого поширення, крім управлінських, переважно на економічних та соціальних дисциплінах, то й «класичні», так би мовити, кейси описують цілком реальну життєву, управлінську, виробничу і под. ситуацію, коли студент повинен прийняти те чи інше управлінське рішення, виробити варіант діяльності, щоб розв'язати певну виробничу проблему. Математика ж — наука абстрактна, тому математичні кейси (особливо, коли мова йде про фундаментальні

дисципліни, що вивчають структури «чистої» математики) найчастіше описують не реальну життєву, а певну наукову проблему.

Іманентною властивістю кейсу є те, що він не дає однозначної відповіді на поставлене запитання чи однозначного вирішення проблеми, тобто кейс-метод придатний там, де нема «однозначної істини». А математика — наука, у якій панує строгий причинно-наслідковий детермінізм. Але жодної суперечності тут немає. Адже математичний кейс — це не задача на обчислення значення числового виразу чи знаходження певної величини, якою б «життєвою» вона не була (швидкості, концентрації, прибутку тощо). Математичний кейс призначений для формування дослідницької компетентності. Його розв'язання імітує структуру і процес наукового дослідження, застосування тих чи інших математичних методів. І в цьому розумінні конкретні приклади (ситуації) є ефективним «містком» при побудові доведень; приклад має більшу пояснювальну силу, ніж абстрактна теорія чи загальна структура. Кейс в математиці може відігравати роль експерименту, на основі якого формулюється гіпотеза, яку далі слід строго довести або спростувати (тобто маємо відсутність правильної відповіді, її ще слід отримати строгим доведенням). Математичний кейс доречний при дослідженні об'єктів, які характеризуються багатоманітністю станів (задачі з параметрами, наприклад), чи невизначеністю або неповною визначеністю умов («чорна», «сіра» скринька), різними особливими випадками («а що буде, якщо...?») тощо.

Проілюструємо сказане прикладом математичного кейсу з математичного аналізу, який може бути запропонований на занятті студентам першого курсу з метою підвести їх до способу знаходження границі відношення нескінченно великих послідовностей, оскільки безпосередньо застосувати теорему про границю частки не можна.

Записані границі трьох послідовностей:

$$а) \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{2n^2 + n - 1}{3n^2 + 7n - 4}; б) \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n^2 + 5n - 3}{1007n + 1}; в) \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n^2 + 2n - 5}{n^3 + 9n - 11}.$$

Запитання і завдання:

1. Що спільного у записаних границях?
2. Обчисліть границі а) — в). Чи виникла у Вас якась проблема при обчисленні зазначених границь? Якщо так, — сформулюйте цю проблему та запропонуйте ідеї (способи) її вирішення.
3. Зробіть загальний висновок про границю такого типу та аргументуйте його.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сурмин Ю., Сидоренко А., Лобода В. Ситуационный анализ, или Анатомия Кейс-метода. — Киев: Центр инноваций и развития, 2002. — 286 с.

Batechko N.G.

Head of the Department of Higher and Applied mathematics, Doctor of Pedagogical Sciences,
Associate Professor
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Gladka Yu.A.

Department of Higher and Applied mathematics, Ph.D. in Physics and Mathematics,
Associate Professor
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

NEW EDUCATIONAL TECHNOLOGIES OF STUDYING MATHEMATICS IN HIGHER SCHOOL

Change in society conditions inevitably causes improvement of educational concepts. Over the last decade, with the beginning of Ukraine's European integration policy, the submission of Ukrainian education to the standards of European Union (EU) has been and still is the actual problem. In this regard, a need to conduct training for students has appeared, in accordance with Bologna Agreement requirements. Gradual transition to the standards of European education was the component of this process. One of the criteria for innovations was gradual replacement of the traditional sessional education system with the credit-modular system which led to changes in education programs, and the emphasis in development of these new programs was already put on increasing the students' independent work. However, to train highly qualified specialists, competitive in the world labor market, it is necessary to provide an adequate level of training for students. At the same time, a developing process of informatization which makes it possible to widely use information and computer technologies plays an important role in education reform [1].

Mathematics is given a significant place in the system of specialists training in various fields in higher educational institutions (universities), for which mathematical knowledge is professionally significant. Mathematics is the language of engineering research and calculations, the basis of study of physics, chemistry, general engineering and special disciplines. However, all students need to acquire the ability to analyze the situation, to highlight the essence of issue, to master the logic of reasoning, to generalize statistical material, to correctly interpret the situation [5]. All these qualities are developed in the process of higher mathematics studying. Taking into account today's requirements and prospects for development of higher education, training must reach a new qualitative level. One of the topical problems of higher education is creation of such methodical training systems that would widely use modern information and communication technologies. The criterion for the quality of education system is knowledge and technology updating speed [2]. Innovative educational technologies are one of the most promising areas of education. Element of this training system is electronic textbook. It allows you to illustrate information in dynamics, it can contain a large number of tasks and examples that can be updated periodically, hypertext — a method of non-linear information delivery (the user himself manages the information issuance), and with its help, you can monitor knowledge. By means of certain software, it is possible to analyze knowledge and to evaluate the quality of this knowledge according to a certain scale. The ability to conduct online gaming lessons includes the factor of interest, the competitiveness factor, but, regardless of this, it is an effective motivated process of students' logical activity. Rating system teaches students to study systematically and creatively. The main goal of introducing electronic textbook into the

process of studying at universities is to increase students' interest in the discipline of "Higher Mathematics", their understanding of need for studying this subject, dynamics of improving the quality of knowledge on this discipline among students.

E-education is a part of the whole education system, it can be used in all forms of education in Ukraine, officially established: full-time, low-residence and non-residence. E-education technologies can be used both in "pure" form, and in various combinations with other types of training.

The development of Internet and electronic environment in general opens up new study opportunities for people with disabilities; citizens who are in detention facilities; potential and nursing mothers; military personnel; people who are not dismissed from work, etc. Distance educational technologies allow to increase professional qualification in accordance with students' interests and needs, to receive education directly at the place of residence, to reduce education cost [3].

In general, the level of e-education development in Ukraine does not correspond to the rates of development of information and communication technologies, the institution of virtual education has not been formed [4]. The further development of e-education will make it more demanded and competitive, more accessible and effective. The leading role of information and communication technologies is a key factor in education development and human capital development in our country.

REFERENCES

1. O.V. Zimina. Printed and Electronic Textbooks in the Modern Higher Education: Theory, Methodology, Practice. – Moscow: MEI, 2003.
2. E.I. Mashbits. Psychological and Pedagogical Problems of Computerization of Education. – M.: Pedagogic, 1988.
3. V.V. Korolsky, T.G. Kramarenko, S.O. Semerikov, S.V. Shokalyuk. Innovative information and communication technologies of mathematics teaching. Textbook. – Kryvyi Rig: Kyreyevsky Book House, 2009.
4. G.K. Selevko. Modern Educational Technologies. – M.: 2007.
5. Z.I. Slepkan. Scientific Principles of the Pedagogical Process in the High School: manual. – K. Vyscha Shkola, 2005.

Дібрівна Е.І.

кандидат педагогічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Шостак С.В.

кандидат педагогічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

НЕОБХІДНІСТЬ РОЗВИТКУ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ

Теперішньому суспільству потрібні випускники, які здатні знаходити своє місце в житті, бути успішним, активно засвоювати свої життєві і соціальні ролі. Для цього випускник повинен володіти такими якостями і уміньми: бути гнучким і мобільним, швидко адаптуватися до змінних життєвих ситуацій, використовувати свої знання для

вирішення проблем, бути комунікабельним, вміти здобувати потрібну інформацію, аналізувати її, приймати виважені рішення, уважно ставитися до власного здоров'я, бути відповідальним за своє майбутнє та за досягнення успіху [1–2].

Сьогодні вища школа покликана, ґрунтуючись на особистісно зорієнтованому підході в освіті, формувати компетентності, що дозволять кожному випускнику стати успішною особистістю, здатною до творчої самореалізації. Тобто основним завданням викладача на нинішньому етапі розвитку нашого суспільства є розвиток пізнавальної та творчої активності учнів, формування в них життєвих або ключових компетентностей. Саме компетентнісний підхід дає можливість подолати прірву між освітою і вимогами сучасного життя.

Компетентісний підхід, як визначальний інноваційний процес в освіті, відповідає прийняттю в більшості розвинених країн загальної концепції освітнього стандарту і прямо пов'язаний з переходом — з конструювання змісту освіти і систем контролю його якості — на систему компетентностей.

Необхідність забезпечити молодь потрібними основними компетенціями та покращити рівень освіти — це невід'ємна частина Інтегрованих настанов для досягнення росту та зайнятості 2005–2008, затверджених на засіданні Європейської Ради у липні 2005 року.

Європейський парламент і Рада Європейського Союзу 17 січня 2018 року схвалили Рамкову програму оновлених ключових компетентностей для навчання протягом життя.

Ключовими компетентностями є ті, які необхідні всім людям для підвищення особистого потенціалу і розвитку, розширення можливостей працевлаштування, соціальної інтеграції та активного громадянства. Такі компетентності розвиваються в процесі навчання протягом усього життя, починаючи з раннього дитинства шляхом формального, неформального та інформаційного навчання.

Рекомендації сприяють розвитку якісного, орієнтованого на майбутнє навчання та професійної підготовки, що відповідатиме потребам європейського суспільства шляхом підтримки та доповнення заходів держав-членів у наданні молоді можливості набувати основні компетенції достатнього для дорослого життя рівня; ця освіта сформує основу для подальшого навчання та роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Благовисная А.Н. Контекстное обучение в современном университете: материалы конференции Секция 20 «Практико-ориентированные технологии современного образования» [электронный ресурс] / А.Н Благовисная – С. 1665–1670. – Режим доступа: http://conference.osura/assets/files/conf_info/conf5/20.pdf
2. Шавальова О В Реалізація компетентісного підходу у математичній підготовці студентів медичних коледжів в умовах комп'ютеризації навчання: автореф. дис...канд пед наук: 13.00.02 «Теорія і методика навчання математики» / О.В. Шавальова – К., 2007 – 20 с.

Семеніхіна О.В.

доктор педагогічних наук, професор

Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка, м. Суми, Україна

Прошкін В.В.

доктор педагогічних наук, доцент

Київський університет імені Бориса Грінченка, м. Київ, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МАТЕМАТИЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ У ПРОЦЕСІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ

Проведений нами аналіз наукової літератури дозволив установити, що недостатньо дослідженим залишається питання обґрунтування, розроблення та експериментальної перевірки теоретико-методичних засад підготовки майбутніх учителів математики до використання засобів комп'ютерної візуалізації математичних знань. Метою роботи є уточнення наявних спеціалізованих середовищ у галузі математики та їх інструментарію.

Загалом досліджується два класи програмних засобів математичного спрямування. Перший клас включає системи комп'ютерної математики, в яких використовуються традиційні позначення та способи написання формул (Maple, MatLab, Maxima тощо). Ці системи особливо ефективні при розв'язуванні різноманітних прикладних задач, насамперед задач математичного моделювання в науці й техніці. До другого класу відносять програми динамічної математики (далі — ПДМ), у яких передбачено не лише можливість креслення точних рисунків, побудови різноманітних графіків, відшукування коренів рівнянь, нерівностей та їх систем тощо, що без середовища є ускладненим, а й можливість динамічних змін вихідної математичної конструкції, вивчення набору її числових характеристик чи їх відношень у динаміці (GeoGebra, Mathkit або Математический конструктор, DG, Gran, Cabri, Живая математика і подібні до них). У таблиці 1 подано перелік комп'ютерних математичних інструментів у різних програмах.

Таблиця 1

Комп'ютерні інструменти, закладені у ПДМ

	<i>Інструмент, доступний з панелі або меню</i>	<i>DG</i>	<i>Gran 1</i>	<i>Gran2D</i>	<i>Gran3D</i>	<i>Cabri</i>	<i>Cabri 3D</i>	<i>GeoGebra</i>	<i>GeoGebra 5.0</i>	<i>Живая математика</i>	<i>Математический конструктор</i>
1	Калькулятор	+	+	+	+	—	—	+	+	+	+
2	Побудова точки, прямої, променя, відрізка, кола	+	—	+	—	+	+	+	+	+	+
3	Побудова дуги	+	—	+	—	+	+	+	+	+	+
4	Побудова сектора, сегмента	—	—	—	—	+	—	+	+	—	+
5	Побудова середини відрізка, бісектриси	+	—	+	—	+	+	+	+	+	+

	Інструмент, доступний з панелі або меню	DG	Gran 1	Gran2D	Gran3D	Cabri	Cabri 3D	GeoGebra	GeoGebra 5.0	Живая математика	Математический конструктор
6	Поділ відрізка або кута на частини	–	–	–	–	+	–	–	–	–	+
7	Побудова перпендикуляра чи паралельної прямої	+	–	+	–	+	+	+	+	+	+
8	Побудова многокутника	+	–	\pm	–	+	+	+	+	+	+
9	Визначення довжини, кута, площі	+	–	+	+	+	+	+	+	+	+
10	Побудова симетричної точки	+	–	+	–	+	+	+	+	\pm	–
11	Побудова дотичної до кривої	–	–	\pm	–	–	–	+	+	–	+
12	Побудова графіка функції, заданої явно і неявно	–	+	–	+	–	\pm	+	+	\pm	+
13	Побудова графіка функції, заданої параметрично	–	+	–	–	–	–	+	+	\pm	+
14	Перетворення графіків функцій	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+
15	Дії над множинами	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+
16	Побудова інтерполяційного полінома	–	+	+	–	–	–	+	+	–	+
17	Побудова многогранників	–	–	–	+	–	+	–	+	–	–
18	Керування просторовими об'єктами	–	–	–	\pm	–	+	–	+	–	–
19	Побудова площини, півплощини, виділення грані многогранника, побудова циліндра, конуса, сфери	–	–	–	\pm	–	+	–	\pm	–	–
20	Обчислення визначених інтегралів, розв'язування рівнянь і нерівностей різних типів, їхніх систем	–	+	–	\pm	–	–	\pm	\pm	–	–
21	Статистичне опрацювання результатів	–	+	–	–	–	–	+	+	–	–

Визначення проблемних питань підготовки майбутнього вчителя математики щодо використання наявного комп'ютерного інструментарію стане предметом подальших наукових пошуків.

Лут М.Т.

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ЩОДО РОЗВИТКУ ВИЩОЇ ІНЖЕНЕРНОЇ ОСВІТИ

Аналіз чинників, що визначають розвиток інженерної освіти (рис. 1), свідчить, що він має базуватися на:

- аналізі кардинальних змін і реформ в науково-технічній і соціально-економічній сфері на порозі ХХІ століття (стійкий розвиток, імператив «виживаності» людства, антропоекономіка, технологічний розвиток, формування освітнього суспільства, розвиток практико-орієнтованих комплексних полідисциплінарних наук, інформатизація і медіатизація суспільства і т. д.);
- прогнозі змістовних і структурних змін виробництва, науки і культури країни, а також освітніх потреб населення;
- дослідженні процесів становлення багатуукладної економіки країни і напрямів розвитку регіональних економік;
- системному представленні цілей і цінностей інженерної діяльності майбутнього;
- врахуванні філософії професійної освіти, що складається;
- вивченні стану і динаміки ринку інженерної праці та інтелектуальної продукції на регіональному, міжрегіональному, національному і міжнародному рівні;
- врахуванні ролі особистісної організації професіонала-інженера у формуванні мислення інженерного типу, в його власному способі входження в інженерну культуру, в установці на саморозвиток і професійну творчість.

Загалом система інженерної освіти покликана забезпечити:

- створення умов для еволюційного вирощування нової генерації високоосвічених професіоналів у сфері інженерії, здатних реалізувати стійкий динамічний розвиток економіки і проривний розвиток різних областей практики на основі високих освітньо- і наукоємких технологій;
- підготовку фахівців, для яких установка на саморозвиток, професійну майстерність, виробіток індивідуального стилю діяльності є пріоритетними впродовж всього життя. Інженери нової генерації мають бути діяльнісно і соціально захищені якістю освіти від реальної небезпеки перетворення людини в змінний матеріал технологій.



Рис. 1. Визначальні фактори розвитку вищої інженерної освіти

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Деминг Э. Выход из кризиса. Новая парадигма управления людьми, системами и процессами / Эдвард Деминг; Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. – 370 с.
2. Агранович Б. Л., Чучалин А. И., Соловьев М. А. Инновационное инженерное образование // Инженерное образование. № 1. С. 11–14.

МАТЕРІАЛИ

V Міжнародної науково-практичної конференції
присвяченої пам'яті професора Віктора Михайловича Синькова

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЙ ТА АВТОМАТИКИ В АПК

19 грудня 2019 року

Підписано до друку 16.12.19
Ум. друк. арк. 11,5
Наклад 100 прим.

Формат 60x84\16
Зам. № 191249

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України
Вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041
тел.: 527-81-55

