

**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
ON-LINE КОНФЕРЕНЦІЯ**

**ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ В
ПРОМИСЛОВОСТІ ТА СІЛЬСЬКОМУ
ГОСПОДАРСТВІ**



Збірник тез доповідей

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА
ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ



ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ ON-LINE КОНФЕРЕНЦІЇ

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

11-12 листопада 2020 року

м. Кропивницький

Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної on-line конференції “Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві”. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 212 с.

ISBN 978-617-7079-98-8

Затверджено рішенням засідання кафедри ЕТС та ЕМ (протокол № 8 від 12.11.2020 р.).

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Голова оргкомітету: Левченко Олександр Миколайович – проректор з наукової роботи, доктор економічних наук, професор, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Заступники голови оргкомітету: Плешков Петро Григорович – завідувач кафедри електротехнічних систем та енергетичного менеджменту, кандидат технічних наук, професор, Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький

Осадчий Сергій Іванович – завідувач кафедри автоматизації виробничих процесів, доктор технічних наук, професор, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Члени оргкомітету:

Віхрова Л.Г. – к.т.н., професор Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький; Мелоді Адегоке – професор, Federal University of Technology, Akure, Нігерія; Коруба З - д.т.н., професор, Kielce University of Technology, Kielce, Польща; Koltun Paul – Ph. D, Університет Вікторія, м.Мельбурн, Австралія; Klempa Martin - Ph.D, doc.Ing, Технічний університет, м.Острава, Чехія; Kunz Antonin – Ph. D, doc.Ing., Технічний університет, м.Острава, Чехія; Жук Г.В.- д.т.н., с.н.с., заступник директора з наукової роботи, Інститут газу НАН України; Гайденко О.М. – к.т.н., с.н.с., завідувач відділу маркетингу та наукового забезпечення трансферу інновацій Інституту сільського господарства Степу НААН України; Калінчик В.П. – к.т.н., доцент, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ; Клименко В.В. – д.т.н., професор, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький; Розен В.П. – д.т.н., професор, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ; Сінчук О.М. – д.т.н., професор, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг; Щокін В.П. – д.т.н., професор, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг; Ладанюк А.П. – д.т.н., професор, Національний університет харчових технологій, м.Київ; Жежеленко І.В. – д.т.н., професор, Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь; Саєнко Ю.Л. – д.т.н., професор, Приазовський державний технічний університет, м.Маріуполь; Кондратенко Ю.П. – д.т.н., професор, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв; Орлович А.Ю. – к.т.н., професор Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький; Серебренніков С.В. - к.т.н., професор Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький; Азарсков В.М. – д.т.н., професор, Національний авіаційний університет, м. Київ; Каліч В.М. – к.т.н., професор Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький; Кондратець В.О. – д.т.н., професор Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький; Лисенко В.П. – д.т.н., професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ; Павленко І.І. – д.т.н., професор Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький; Рудакова Г.В. – д.т.н., професор, Херсонський національний технічний університет, м. Херсон; Шмельова Т.Ф. – д.т.н., професор, Національний авіаційний університет, м. Київ; Невлюдов І. Ш. - д.т.н., професор, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків; Ткачов В.В. - д.т.н., професор, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро; Запорожець В.І. - директор технічний ПрАТ “Кіровоградобленерго”, м.Кропивницький; Резуненко А.А. – к.т.н., начальник КБП ПАО «НВП «Радій», м.Кропивницький

Відповідальний за випуск: канд. техн. наук, доцент Переверзев І.О.

Збірник містить тези доповідей за матеріалами Міжнародної науково-практичної on-line конференції “Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві”, що відбулася 11-12 листопада 2020 року на базі кафедри електротехнічних систем та енергетичного менеджменту Центральноукраїнського національного технічного університету.

Матеріали збірника опубліковано у авторській редакції.

ISBN 978-617-7079-98-8

© Колектив авторів, 2020

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ № 1. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

<i>Martin Klempa, Antonín Kunz, Petr Bujok, Michal Matloch Porzer, Matěj Křístek</i> <i>METHODOLOGICAL RESEARCH IN LABORATORY TESTING OF RESERVOIR ROCK INTERACTIONS WITH SUPERCRITICAL CO₂</i>	13
<i>U. Fediushko, O. Fediushko, M. Fediushko</i> <i>CURRENT STATE OF TECHNICAL DEVICES BASED ON PULSE REFLECTOMETRY METHODS</i>	14
<i>В. Онофрійчук, В. Данильчук</i> <i>ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ У СФЕРІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ: РОЛЬ ЗВ'ЯЗКІВ З ГРОМАДСЬКІСТЮ І СОЦІАЛЬНОЇ РЕКЛАМИ У РОБОТІ З НАСЕЛЕННЯМ</i>	16
<i>І. Лебедева, Л. Норік, С. Лебедев</i> <i>ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЯК ОДИН ІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ РОЗВИТОК ПРОМИСЛОВОСТІ В УКРАЇНІ</i>	18
<i>О. Михайловська, М. Зоценко, В. Клименко</i> <i>ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ З МЕТОЮ ПОЛІПШЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОСНОВ</i>	21
<i>В. Тищенко, О. Сінчук, С. Бойко, І. Касаткіна</i> <i>ПОТЕНЦІАЛ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ЗАЛІЗОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ</i>	23
<i>Т. Суржко, П. Молчанов, В. Савик</i> <i>УДОСКОНАЛЕНА СИСТЕМА ОЧИСТКИ БУРОВОГО РОЗЧИНУ</i>	24
<i>О. Азархов, І. Сілі, Н. Бухлал</i> <i>СТАЦІОНАРНИЙ ВЕРТИКАЛЬНИЙ ВІТРОГЕНЕРАТОР НА ОСНОВІ ВИХРОВОЇ ГІПЕРБОЛІЧНОЇ ТРУБИ РАНКА-ХІЛША</i>	26
<i>Ю. Саєнко, В. Любарцев</i> <i>ПРОГНОЗУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ПРИ ВИКОРИСТАННІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ З НЕПОВНИМИ ВИХІДНИМИ ДАНИМИ</i>	27
<i>Ю. Саєнко, А. Молчан</i> <i>ВПЛИВ НЕЛІНІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ З ПОНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ</i>	29
<i>О. Скрипник, Д. Скрипник</i> <i>ЗЕЛЕНИЙ ТАРИФ ЯК ІНСТРУМЕНТ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ</i>	31

<i>І. Циганенко, М. Харченко, О. Шавьолкін</i> <i>ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПІДКЛЮЧЕНОЇ ДО МЕРЕЖІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ</i> <i>СТАНЦІЇ З АКУМУЛЯТОРНОЮ БАТАРЕЄЮ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЛАСНИХ</i> <i>ПОТРЕБ ЛОКАЛЬНОГО ОБ'ЄКТУ</i>	33
<i>О. Шутенко, О. Кулик</i> <i>ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ГРАФІЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ РОЗПІЗНАВАННІ</i> <i>ПЕРЕГРІВІВ, ЯКІ СУПРОВОДЖУЮТЬСЯ ДУГОВИМИ РОЗРЯДАМИ</i>	36
<i>О. Шутенко, С. Пономаренко</i> <i>ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСФОРМАТОРНИХ МАСЕЛ З</i> <i>УРАХУВАННЯМ ЗАВАНТАЖЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРІВ</i>	38
<i>О. Shutenko, A. Zagaunova</i> <i>DETERMINATION OF MAXIMUM PERMISSIBLE VALUES OF INSULATION</i> <i>INDICATORS OF HIGH-VOLTAGE OIL-FILLED BUSHINGS BY THE METHOD OF</i> <i>MINIMUM RISK</i>	40
<i>О. Довгалюк, Р. Бондаренко, К. Мірошник, І. Яковенко</i> <i>ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ</i> <i>ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ РОЗПОДІЛЬЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ</i>	42
<i>В. Новодворський, М. Швед, Д. Швед</i> <i>ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ПРОЦЕСУ ЕКСТРУЗІЇ ПОЛІМЕРІВ</i>	44
<i>Я. Гоцький, А. Степанюк</i> <i>ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ПОШАРОВА ГРАНУЛЯЦІЯ ГЕТЕРОГЕННИХ РІДКИХ</i> <i>СУМІШЕЙ</i>	45
<i>Т. Каріков, К. Ключка</i> <i>ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУМІСНОСТІ ЗАСОБІВ МАЛОЇ ТА</i> <i>РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ З ТРАДИЦІЙНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ</i> <i>ГЕНЕРУВАННЯ</i>	47
<i>Є. Панасенко, О. Ситник</i> <i>ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ</i> <i>СИГНАЛІВ КЕРУВАННЯ В УМОВАХ ДІЇ ЗАВАД</i>	48
<i>О. Ситник, К. Ключка, В. Кисельов, Г. Кисельова</i> <i>КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ МІСТКОВОЇ ЕРОЗІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОНТАКТІВ</i>	49
<i>С. Шаповал, К. Ключка</i> <i>ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КАНАЛІВ</i> <i>ВИСОКОЧАСТОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ ПО ЛІНІЯМ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ</i>	51
<i>С. Билина, В. Ткаченко</i> <i>АВТОМАТИЗАЦІЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ВИРОБНИЧИХ ОБ'ЄКТІВ</i>	52
<i>В. Панасенко, В. Ткаченко</i> <i>ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ</i> <i>УСТАНОВОК</i>	53

<i>Н. Савченко</i> <i>ПЕРСПЕКТИВИ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ.....</i>	<i>54</i>
<i>О. Гайденко</i> <i>НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПИТАНЬ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ПАЛИВА</i>	<i>56</i>
<i>Р. Koltun, V. Klymenko, V. Soldatenko, R. Teliuta</i> <i>ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF A LOW-POWER ELECTRICITY GENERATION SYSTEM WITH AN IMPROVED AUTOMATIC CONTROL SYSTEM.....</i>	<i>58</i>
<i>В. Бондаренко, С. Серебренніков</i> <i>АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ШЛЯХОМ МОНИТОРИНГУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО РЕСУРСУ ОПОР ЛЕП В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ</i>	<i>60</i>
<i>В. Бондаренко, С. Серебренніков</i> <i>АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО РЕСУРСУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОПОР ЛЕП В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ.....</i>	<i>63</i>
<i>А. Котиш, Т. Величко, Я. Гюльвердієв, А. Некрасов</i> <i>ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СІЛЬСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ В УМОВАХ ОДНОФАЗНОГО ЗАМИКАННЯ НА ЗЕМЛЮ.....</i>	<i>65</i>
<i>О. Львов, О. Козловський, А. Орлович</i> <i>ВПЛИВ ПРОВАЛІВ НАПРУГИ НА РОБОТУ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....</i>	<i>67</i>
<i>К. Петрова, С. Серебренніков</i> <i>РАНЖУВАННЯ ОПЕРАТОРІВ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ ЗА ПОТОЧНИМ СТАНОМ РОЗПОДІЛЬЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ТА ФОРМУВАННЯ СТИМУЛЮЮЧИХ ТАРИФІВ НА ПЕРЕДАЧУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....</i>	<i>68</i>
<i>А. Саченко, А. Котиш, І. Савеленко</i> <i>МІНІМІЗАЦІЯ ФУНКЦІЇ ВТРАТ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА ОСНОВІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ДРГ В МЕРЕЖІ 0,4 КВ.....</i>	<i>69</i>
<i>В. Михайловський, С. Серебренніков, О. Проводян, Р. Юрченко</i> <i>АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ ПОБУТОВИМИ СПОЖИВАЧАМИ У ЧАСІ.....</i>	<i>71</i>
<i>Д. Хоменко, К. Петрова</i> <i>АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ СУШННЯ ТВЕРДИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН.....</i>	<i>73</i>
<i>А. Заїць, О. Сіріков</i> <i>ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗМІЩЕННЯ КОНДЕНСАТОРНИХ УСТАНОВОК В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ 0,4-10 КВ СПОЖИВАЧІВ</i>	<i>74</i>

<i>Р. Телюта, О. Козловський, А. Телюта</i> <i>ЕЛЕКТРООПАЛЕННЯ З ТЕПЛОАКУМУЛЯЦІЄЮ В ЖИТЛОВИХ</i> <i>ПРИМІЩЕННЯХ.....</i>	<i>76</i>
<i>О. Новікова, Н. Гарасьова, Т. Величко</i> <i>ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ НА ПРОМИСЛОВОМУ</i> <i>ПІДПРИЄМСТВІ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ DIALUX</i>	<i>79</i>
<i>І. Буров, Н. Гарасьова</i> <i>АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ПАРАЛЕЛЬНО ПРАЦЮЮЧИХ</i> <i>НАСОСІВ З РЕГУЛЬОВАНИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ.....</i>	<i>81</i>
<i>І. Переверзєв, А. Іващенко</i> <i>НЕДОЛІКИ НЕЛІНІЙНИХ ОБМЕЖУВАЧІВ ПЕРЕНАПРУГИ</i>	<i>82</i>
<i>І. Переверзєв, Т. Величко, Ю. Кашиштар</i> <i>МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ ГРОЗОСТІЙКОСТІ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ.....</i>	<i>84</i>
<i>Т. Величко, Н. Гарасьова, І. Переверзєв</i> <i>ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ</i> <i>ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ.....</i>	<i>86</i>
<i>О. Козловський, Р. Телюта, В. Клименко</i> <i>ОБРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ БЛОКУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ</i> <i>КРІОСКОПІЧНИХ ТЕМПЕРАТУР РОЗЧИНІВ</i>	<i>88</i>
<i>В. Кошович, В. Клименко, В. Ковальов</i> <i>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОІНДУКЦІЙНОГО ОПАЛЕННЯ</i> <i>ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОАКУМУЛЯТОРІВ</i>	<i>90</i>
<i>В. Клименко, С. Поляков</i> <i>МОДЕРНІЗАЦІЯ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТУ ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНОГО</i> <i>КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА.....</i>	<i>92</i>
<i>А. Плотнік, В. Клименко, О. Скрипник</i> <i>СУЧАСНА ТЕХНОЛОГІЯ УТИЛІЗАЦІЇ CO₂ З ВІДХІДНИХ ГАЗІВ ВИРОБНИЦТВА</i> <i>БІОЕТАНОЛУ</i>	<i>94</i>
<i>А. Саченко, А. Котиш, С. Плешков</i> <i>ВПЛИВ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ ТА НАПРУГИ НА ПОХИБКИ</i> <i>СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ</i>	<i>96</i>
<i>А. Микитюк, С. Серебренніков, П. Плешков</i> <i>РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО</i> <i>АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ</i>	<i>98</i>
<i>А. Микитюк, П. Плешков, С. Плешков</i> <i>ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОЇ РЕКУПЕРАЦІЇ ПОВІТРЯ ДЛЯ</i> <i>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ БУДІВЕЛЬ</i> <i>НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ</i>	<i>100</i>

<i>П. Плешков, С. Плешков, В. Зінзура, В. Солдатенко</i> <i>НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ В СИСТЕМІ</i> <i>КЕРУВАННЯ ГЕНЕРАЦІЄЮ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ КОМБІНОВАНОЮ</i> <i>ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЮ СИСТЕМОЮ</i>	102
<i>К. Вербицька, В. Солдатенко</i> <i>КОМП'ЮТЕРНА ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ</i> <i>ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З НЕЧІТКОЮ МОДЕЛЛЮ ВИЗНАЧЕННЯ ВАГОВИХ</i> <i>КОЕФІЦІЄНТІВ В СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ</i>	104
<i>Є. Шалова, М. Бондаренко, І. Савеленко</i> <i>ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В</i> <i>СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ</i>	105
<i>В. Бондаренко, С. Серебренніков</i> <i>НЕРУЙНІВНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО РЕСУРСУ</i> <i>ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОПОР ЛЕП</i>	106
<i>М. Босий, В. Клименко</i> <i>ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗОГІДРАТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ</i> <i>ЕФЕКТИВНОСТІ АГНКС</i>	108
<i>С. Конончук, В. Клименко, В. Пукалов</i> <i>ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗИФІКУЮЧИХ АГЕНТІВ В</i> <i>ГАЗОГЕНЕРАТОРНОМУ ПРОЦЕСІ</i>	111
<i>А. Орлович, О. Співак, В. Спорши</i> <i>ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ВИПІКАННЯ В ТУНЕЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕЧАХ</i> <i>ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ</i>	113
<i>К. Зозуля, В. Зінзура</i> <i>КОМП'ЮТЕРНЕ ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ</i> <i>АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ РОЗПОДІЛЬНИХ</i> <i>ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ</i>	115
<i>П. Котиш, В. Зінзура</i> <i>ДВОРІВНЕВА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО</i> <i>РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ</i>	117
<i>П. Плешков, А. Котиш, А. Некрасов</i> <i>ОПТИМАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РІВНЕМ</i> <i>ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ</i>	119
<i>R. Halka, P. Plieshkov, I. Savelenko</i> <i>RESEARCH OF WAYS TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY OF PRODUCTION AT</i> <i>BAKERIES</i>	121
<i>А. Суржок, І. Савеленко</i> <i>ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАВАД НА ЯКІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ КАНАЛІВ</i> <i>ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ</i>	122

P. Plieshkov, K. Petrova, I. Savelenko
*SECUREMENT OF THE OPTIMAL MICROCLIMATE PARAMETERS IN
ACCOMODATIONS OF THE EDUCATIONAL INSTITUTIONS FOR CHILDREN BY
IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM OF LOCAL AIR RECUPERATION*123

А.Потривай, Д. Данильченко
*РОЗМІЩЕННЯ АКУМУЛЮЮЧИХ БЛОКІВ В УМОВАХ АВТОНОМНОГО,
МОБІЛЬНОГО КОТЕЖНОГО СЕЛИЩА*124

Д. Данильченко, О. Собченко
РОЗРАХУНОК ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ ПРИ КОРОННОМУ РОЗРЯДІ.....125

СЕКЦІЯ № 2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

C. Bazilo
*MATHEMATICAL MODELLING OF ROD PIEZOELECTRIC TRANSDUCERS FOR
AUTOMATION SYSTEMS*126

Olena Holyk, Roman Zhesan, Oleksandr Holyk
*PREPARATION OF THE STRUCTURE OF A FUZZY-NEURAL NETWORK FOR
CONTROL PROCESS OF POWER SUPPLY WITH SOLAR PANELS AND WIND
TURBINE*128

N. Postoronko, D. Trushakov
*CREATION OF AN INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEM FOR
MONITORING TERRITORY STREET POLLUTION IN CITIES AND TOWNS OF
UKRAINE*.....131

A. Matsui, A. Matsui, A. Loscinin, M. Didov
ANALYSIS OF METHODS FOR DEFAZZIFICATION OF FUZZY SETS.....133

Р. Жесан, О. Голик, А. Грунтова
*РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВОЇ
ВЕНТИЛЯТОРНОЇ ГРАДИРНІ З ТОЧКИ ЗОРУ ТЕОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО
КЕРУВАННЯ*135

А. Ніколенко, В. Каліч
*РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РОБОТОМ 6-DOF МЕТОДОМ
МОДЕЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ*.....137

А. Ткаченко, В. Зозуля
РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ.....139

В. Зозуля
*МЕТОД МОДЕЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАТРОННОЇ
СИСТЕМИ*.....140

І. Гудовичев, В. Версаль
*ДОСЛІДЖЕННЯ КАНАЛУ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ В ЗОНІ
ГІПРОТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ПЕЧІ*142

<i>Є. Мажара, В. Каліч</i> <i>РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ КВАДРОКОПТЕРА</i>	144
<i>С. Янишевський, І. Єніна</i> <i>ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СУШКИ НАСІННЯ СОНЯЧНИКУ В</i> <i>ЗЕРНОСУШАРКАХ РІЗНИХ ТИПІВ</i>	146
<i>В. Тичков, А. Сторчак, В. Гальченко, Р. Трембовецька</i> <i>ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖІ З «ТАНДЕМ»-АРХІТЕКТУРОЮ ДЛЯ</i> <i>РОЗВ'ЯЗКУ ОБЕРНЕНОЇ ЗАДАЧІ ПРИ ВИХРОСТРУМОВОМУ</i> <i>ВИМІРЮВАЛЬНОМУ КОНТРОЛІ</i>	148
<i>В. Kariazha, O. Siryk</i> <i>OVERVIEW OF THE USE OF SMALL UAVS IN MULTIMEDIA SPACE</i>	150
<i>Т. Клябіна, К. Беглов</i> <i>ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ГРУПИ ТЕПЛООВОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ</i> <i>ОПАЛЕННІ КОТТЕДЖНОГО БУДИНКУ</i>	151
<i>Н. Лобода, С. Стахів, О. Чабанюк</i> <i>ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОБЛІКОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ: ПРОБЛЕМИ</i> <i>АВТОМАТИЗАЦІЇ</i>	153
<i>Н. Ложечнікова, В. Ложечніков</i> <i>ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РІВНЯ</i> <i>РІДИНИ В БАРАБАННОМУ ПАРОГЕНЕРАТОРІ</i>	155
<i>В. Дубницький, О. Нефедова</i> <i>ПЕРЕДУМОВИ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ</i> <i>ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОНОМІКИ</i>	157
<i>І. Березюк, Я. Добровольський</i> <i>ПІДВИЩЕННЯ ЦУКРИСТОСТІ БУРЯКА ЗА РАХУНОК РОЗРОБКИ</i> <i>ОПТИМАЛЬНОГО ФІЛЬТРУ</i>	158
<i>Д. Трушаков, О. Дідик, О. Гержов</i> <i>РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ</i> <i>ДИНАМІЧНОГО ПООСНОГО ЗВАЖУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ</i>	160
<i>І. Гуслистий, О. Сербул</i> <i>СТАБІЛІЗАЦІЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТЕПЛОНОСІЯ В КАМЕРІ</i> <i>ЕСКІМОГЕНЕРАТОРА</i>	162
<i>В. Кондратець, А. Мацуї, А. Абашина</i> <i>АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРИ ПОКРАЩЕННІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ</i> <i>ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДРІБНЕННЯ РУДИ КУЛЬОВИМИ МЛИНАМИ</i>	163
<i>В. Кондратець, І. Модло</i> <i>ОБґРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ КЕРУВАННЯ ПРИ ДОЗУВАННІ КОМПОНЕНТІВ</i> <i>ШИХТИ</i>	166

<i>А. Мацуї, Б. Остащук</i> <i>КЕРУВАННЯ ЦИРКУЛЮЮЧИМ НАВАНТАЖЕННЯМ В КУЛЬОВОМУ МЛІНІ, ЩО ПРАЦЮЄ В ЗАМКНУТОМУ ЦИКЛІ З СПІРАЛЬНИМ КЛАСИФІКАТОРОМ.....</i>	168
<i>Larisa Vihrova, Viktor Murchyk</i> <i>THE SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL OF POWER SUPPLY OF THE ENTERPRISE WITH SOLAR PANELS.....</i>	170
<i>О. Дідик, О. Оглоблін</i> <i>СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ МОЛОТАРКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ</i>	171
<i>В. Попета, В. Кондратець</i> <i>СТАБІЛІЗАЦІЯ ТЕМПЕРАТУРИ МАТЕРІАЛУ В ЦИЛІНДРАХ ЕКСТРУЗІЙНОГО АГРЕГАТУ.....</i>	173
<i>С. Смолінський</i> <i>СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА СИСТЕМИ АДАПТАЦІЇ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ІЗ ВИБОРОМ СТРАТЕГІЇ.....</i>	174
<i>А. Білоус, В. Смолянинов</i> <i>КЕРУВАННЯ ЛІНІЙНИМ КРОКОВИМ ПРИСТРОЄМ ПРИ ЗМІННИХ ІНДУКТИВНИХ ПАРАМЕТРАХ</i>	176
<i>Mariya Miroshnichenko, Vladyslav Totskyi</i> <i>SIMULATION MODEL OF CONTROL SYSTEM OIL TRANSPORTATION</i>	178
<i>С. Шевченко, В. Кондратець</i> <i>СТАБІЛІЗАЦІЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ У ВУЛИКАХ.....</i>	179
<i>Larisa Vihrova, Igor Yakubenko</i> <i>MATHEMATICAL MODELS OF THE GAS FUEL COMBUSTION PROCESS IN A BOILER UNIT.....</i>	180
<i>О. Майданик, О. Собінов, Є. Мелешко</i> <i>ГЕНЕРАТОР ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ЧИСЕЛ НА ОСНОВІ ХАОТИЧНОГО БІЛЬЯРДУ СІНАЯ.....</i>	181
<i>Є. Мелешко, В. Босько, Р. Минайленко</i> <i>ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ У БАЗАХ ДАНИХ.....</i>	183
<i>Є. Мелешко, М. Якименко</i> <i>ІНФОРМАЦІЙНІ ЗАГРОЗИ В РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ.....</i>	185
<i>В. Міхав, Є. Мелешко</i> <i>ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗГОРНУТИХ СПИСКІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ БАЗИ ДАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ</i>	185
<i>В. Прокопов, Є. Мелешко</i> <i>ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ЗНИЖЕННЯ РОЗМІРНОСТІ ПРИ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДАНИХ</i>	186

<i>В. Шельпяков</i> <i>ЗАСОБИ ТРЕНДУ "INTERNET OF THINGS" В АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА</i>	187
<i>М. Федотова, І. Скриннік</i> <i>СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЮ ЗЕРНОВОЇ МАСИ ПРИ ЇЇ ЗБЕРІГАННІ</i>	189
<i>А. Sharabaiko</i> <i>BENEFITS AND POSSIBLE PROBLEMS OF FREE UTILITY USE OF UAV</i>	191
<i>С. Шпакович, О. Марченко</i> <i>АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ ЯК НЕОБХІДНИЙ АСПЕКТ СУЧАСНОСТІ</i>	193
<i>Р. Скрип'юк</i> <i>МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ РІВНЯ ЦЕМЕНТУ В СИЛОСАХ В УМОВАХ ПРАТ «ІВАНО-ФРАНКІВСЬКЦЕМЕНТ»</i>	195
<i>Л. Заміховський, М. Николайчук, І. Левицький</i> <i>ПАРАМЕТРУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕХО-ПРОФІЛІВ УЛЬТРАЗВУКОВИХ «SMART»-ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ</i>	197
<i>Р. Кичак, А. Степанюк</i> <i>ОБГРУНТУВАННЯ МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ</i>	199
<i>Б. Целень, Н. Радченко, Л. Гоженко, Г. Іваницький</i> <i>КАВІТАЦІЙНИЙ РЕАКТОР ПУЛЬСАЦІЙНОГО ТИПУ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ЕКСТРАГУВАННЯ</i>	201
<i>Б. Целень, , Н. Радченко, Г. Іваницький</i> <i>БЕЗРЕАГЕНТНА НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ КОНДЕНСАТУ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ</i>	203
<i>С. Яценко, С. Філімонов, Н. Філімонова</i> <i>SMART ТЕХНОЛОГІЇ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ</i>	205
<i>Я. Гаєрилов, С. Плєшков, В. Зубенко</i> <i>АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СУШКИ ДЕРЕВИНИ</i>	206
<i>Д. Денисюк, В. Зубенко</i> <i>АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ СПАЛЮВАННЯ ПАЛИВА В КОТЛОАГРЕГАТІ ТЕЦ</i>	208
<i>Ю. Чащіна, Т. Прокопенко</i> <i>АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТОЧНІСТЮ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНОМУ ВЕРСТАТІ</i>	210

METHODOLOGICAL RESEARCH IN LABORATORY TESTING OF RESERVOIR ROCK INTERACTIONS WITH SUPERCRITICAL CO₂

***Martin Klempa,
Antonín Kunz,
Petr Bujok, Michal
MatlochPorzer,
Matěj Křístek***

*Department of Geological Engineering,
Faculty of Mining and Geology, VSB – Technical University of Ostrava,
17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava Poruba, Czech Republic*

Geological storage of CO₂ is the end of the CCS (CO₂ capture and storage) technology chain, one of the possible technologies for reducing greenhouse gas emissions from burning fossil fuels. CCS is one of the strategic energy technologies of the European Union's Strategic Energy Technology Plan (SET-plan) and plays an important role in Europe's low-carbon transition strategy. In the Czech Republic, past activities in the field of CCS have focused on research and development projects, including the mapping of geological structures suitable for potential CO₂ storage and the transposition of relevant European legislation – see Act No 85/2012 Coll., on the storage of carbon dioxide in natural rock structures.

Research in the field of CCS as a strategic investment in the future is also taken into account by the State Energy Concept of the Czech Republic, which places the issue of geological storage of carbon dioxide among the supported directions for research, development and innovation in the field of more efficient use of fossil energy sources.

The research was aimed at describing the flow of individual phases in the rock environment and the relative comparison of the properties of water-oil and water-oil-spCO₂ systems. Optimizing the storage of carbon dioxide is intended to maximize the amount of CO₂ stored in rock formation. If the repository is a partially extracted oil deposit, it also offers the possibility of additional oil production from storage. The research undertaken reflects both these aspects.

As part of the research, experimental work was carried out to quantify the dynamic processes occurring as a result of spCO₂ flow, in a rock environment containing bearing water and oil phase. These relatively short-term experiments fail to capture the full extent of the changes taking place on the rock-water-spCO₂ contact, and are thus tasked primarily with the relative mobility of the phases, the apparent final saturation of the phases, and any damage to the rock formation due to the action of individual fluids.

The research was aimed at describing the flow of individual phases in the rock environment and the relative comparison of the properties of water-oil and water-oil-spCO₂ systems. Optimizing the storage of carbon dioxide is intended to maximize the amount of CO₂ stored in rock formation. If the repository is a partially extracted oil deposit, it also offers the possibility of additional oil production from storage. The research undertaken reflects both these aspects.

At the heart of the research were dynamic experiments conducted on the phase permeameter BRP 350 (Vinci Technology). The experiments were carried out under bearing temperature pressure conditions of a given oil deposit in southern Moravia (Czech Republic). The sample was saturated with synthetic deposit water. The sample was then placed in a permeameter measuring cell where it was left for two days under simulated bearing conditions, namely a temperature of 43 °C, a simulated overburden pressure of 13,79 MPa and a pore pressure of 8,27 MPa. Its absolute permeability was then determined.

CURRENT STATE OF TECHNICAL DEVICES BASED ON PULSE REFLECTOMETRY METHODS

U. Fediushko, *Doctor of Technical Sciences, Professor
Pryazovskyi State Technical University*

O. Fediushko, *magistr*

Petro Vasylenko Kharkiv national technical university of agriculture

M. Fediushko, *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University*

Measuring the permittivity of materials and biological substances is methodologically the first and main task in the field of monitoring the composition and properties of materials and biological substances. In addition, the measurement of dielectric parameters in the field of electromagnetic biology, which carries information about the physical and biophysical properties of a substance and their dependence on various physical factors in a wide frequency band, requires an analysis of existing measurement methods and tools.

The nature of the interaction of electromagnetic fields with the medium is determined by the properties of the medium: permittivity and magnetic permeability. Losses in materials and biological substances in ultrahigh frequencies and ranges are associated with the polarization of bound charges, the orientation of dipoles, and the movement of charge carriers (ionic and electronic).

The value of the complex permittivity of most substances changes with frequency, that is, they have dispersion. One type of dispersion is determined by the Debye relaxation with an absorption peak at a frequency of $1/2\pi\tau$. Another type of dispersion is determined by quantum transitions in an atom or molecule from one energy level to another with an absorption peak at the transition frequency. Therefore, the dielectric properties are determined by the processes that dominate in biological media, and they can be described on the basis of these relaxation patterns.

Methods for measuring the electro physical properties of substances in the ultrahigh range can be divided into methods for measuring in a volume resonator, in a transmission line, and in free space.

For scientific research and practical work in biology, medicine and agriculture, measurements of the permittivity of biological objects in free space are of particular value, due to the absence of physical disturbance introduced into the object under study when preparing the sample for measurements.

Currently existing information and measurement systems for remote measurement of the dielectric permittivity of objects in the ultrahigh range are divided into two main subgroups: meters based on the analysis of a standing wave and based on the analysis of the relations of incident, transmitted and reflected signals from the object under study. Measurement methods based on the use of measurement lines are designed to measure the characteristics of standing waves resulting from the superposition of incident and reflected waves along the transmission line. The ratio between reflected and incident waves, characterized by the reflection coefficient or standing wave coefficient.

The measured characteristics of standing waves can be used to calculate the modulus and phase of reflection coefficients, four-pole losses, wavelength, frequency, and parameters of the medium (dielectrics).

The essence of the method is that the materials of biological substances are placed in a special waveguide guide system, through which pulses of picoseconds duration are passed.

The signals reflected and passed through the sample are sent to the reader of the stroboscopic oscilloscope, where special information processing is performed in order to obtain data on the electrophysical properties of the material.

The use of picoseconds pulses will provide a continuous spectrum in a wide frequency band. When creating pulsed semiconductor generators of the millimeter wave range, it is necessary to take into account a number of fundamental features that determine the ways of their construction:

- non-stationary thermal mode of the diode within the pulse duration;
- operation of the diode at high power pulse current densities;
- a significant increase in ohmic losses in high-frequency generator circuits, commensurate with the value of the negative resistance module of diodes in the large signal mode.

Depending on the application conditions, the pulse generator can be stabilized by reflecting, passing and band-reflecting resonators. The highest results on frequency stability in the range up to 60 GHz were achieved when using diode generators with reflecting volume cylindrical resonators (dielectric, barrel-shaped, quasi-optical).

To calculate the energy and spectral characteristics of generators, the main element of which is an avalanche-span diode, it is necessary to know the value of its active and reactive conductivities. This allows you to optimize the design of the generator and get the necessary level of output power and frequency stability.

This is largely due to the fact that most of the results are presented in separate domestic and foreign sources, often without proper discussion and detailed description of the method of solving the problem. The successful application of this method in radio engineering, as well as constant application in other areas, is explained by its advantages: invariance with respect to the type of input action (i.e., the possibility of solving the problem for deterministic and random input signals); explicit relations between input and output signals; the possibility of research in analytical and computational terms; simultaneous compact consideration of nonlinear and dynamic properties; universality with respect to various elements of circuits and methods of their inclusion, frequency ranges, etc.

In addition, the method of pulse reflectometry allows us to study nonlinear stochastic systems. A functional model of a stochastic nonlinear system can be represented by a parallel connection of elementary dynamical systems with complex nonlinearities whose properties are described by impulse characteristics.

The identification problem in this case is reduced to determining the values of the elements of the equivalent circuit and is solved by establishing a relationship between the characteristic values of the observed response. Based on the found model, the contribution of each in homogeneity and the entire object can be estimated by calculation.

The practical study of in homogeneities that are represented by more complex models (equivalent circuits with two or more elements) is a more complex task.

The solution of the problem of identifying multi-element schemes is greatly simplified if the equivalent inhomogeneity scheme is considered as a combination of several small (already considered) in homogeneities, both remote from each other and located in the same section.

If the inhomogeneities are small (for example, when reflecting, the maximum signal value decreases by more than 10 times), then multiple reflections of signals between inhomogeneities can be ignored and the reflected signal can be considered with sufficient accuracy equal to the sum of the signals reflected from each of the inhomogeneities.

For biological objects, equivalent schemes are even more complex models, for example, a cell replacement scheme in the form of a sequential connection of schemes for the membrane and protoplasm, as well as taking into account intercellular resistance.

These schemes are complex models and require the search for new solutions to the identification problem, as well as the improvement of hardware, methodological, software and

metrological support for pulse reflectometric systems for studying the electrophysical parameters of biological objects.

However, to date, there are no results of using this method for measuring the electrophysical parameters of materials and biological substances under the influence of various physical factors. This is due to the lack of adequate models and the complexity of algorithms for determining the electrophysical parameters of biological substances, the difficulty of creating precision ultra-high frequency paths for the formation and propagation of electromagnetic pulses.

By probing the substance with picoseconds pulses, it is possible to measure the spectral characteristics of atomic and molecular transitions, as well as to observe the relaxation processes of excited States, from which the electron lifetimes at energy levels are determined. Knowledge of molecular relaxations allows us to better understand the nature of energy conversion by molecular systems, and to synthesize new effective compounds.

УДК 621.31:659.3

ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ У СФЕРІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ: РОЛЬ ЗВ'ЯЗКІВ З ГРОМАДСЬКІСТЮ І СОЦІАЛЬНОЇ РЕКЛАМИ У РОБОТІ З НАСЕЛЕННЯМ

В. Онофрійчук, *к.т.н., доцент кафедри машин і апаратів,
електромеханічних та енергетичних систем,
Хмельницький національний університет*

В. Данильчук, *студент 3 курсу
факультет інженерної механіки
Хмельницький національний університет*

Енергетика є базовою складовою економіки нашої країни та системи її життєзабезпечення. Підтвердженням цього низка законодавчих та нормативних актів України, серед яких: Закон України «Про електроенергетику» від 16.10.1997 р. № 575/97-ВР [2], Указ Президента України від 27 серпня 2014 року № 694/2014 «Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг [6], розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» від 18.08.2017 р. № 605-р [4], Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо удосконалення умов підтримки виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії» від 21 липня 2020 року № 810-ІХ [1]тощо.

У контексті проблеми енергетики України вітчизняними вченими проведено низку спеціальних досліджень, які відображені у наукових роботах Г. Бондаренко, Ю. Дзядичевича, М. Земляного, О. Карамзіна, О. Мельникова, О. Миколюк, А. Рожко, О. Стоян, О. Шатковського; окреме дослідженняНаціонального інституту стратегічних досліджень ««Пріоритетні напрями удосконалення державної політики у сфері забезпечення енергетичної безпеки України». Аналітична записка» [3] тощо. Однак, переважна кількість наукових досліджень та публікацій розглядають питання державної політики щодо енергетичної безпеки, енергетичного комплексу України та нетрадиційної/альтернативної енергії. На нашу думку, у зв'язку з розширенням ринку енергетичних товарів і послуг, залишаються не достатньо висвітленими питання енергетичного менеджменту, а саме: робота з населенням щодо ошадливого ставлення до енергоресурсів та енергозбереження.

Зауважимо, що у Законі України (ст. 1) «Про електроенергетику» зазначено, що енергетична безпека – стан електроенергетики, який гарантує технічно та економічно безпечне задоволення поточних і перспективних потреб споживачів в енергії та охорону навколишнього природного середовища. При цьому, визначено, що енергія – це електрична чи теплова енергія, що виробляється на об'єктах електроенергетики і є товарною продукцією [2], тобто мова йде про продукт та споживача.

У цьому контексті, одним із принципів енергетичного менеджменту є, перш за все, соціальна відповідальність держави у економічності енергопостачання та дотримання інтересів споживачів. За таких обставин, на енергетичні компанії покладається функція роз'яснення та впровадження, в межах своєї відповідальності, основ державної енергетичної політики. Поряд з тим, виникає питання соціальної відповідальності споживачів енергетичних ресурсів за їх раціональне використання. Одним із шляхів вирішення окресленої проблеми ми вбачаємо роботу енергетичних компаній через технології зв'язків із громадськістю та соціальну рекламу.

Зв'язки з громадськістю – це інструмент менеджменту, основною стратегією якого є створення довіри до компанії. Завдання системи зв'язків з громадськістю – впливати на громадську думку, з тим щоб сформувані, посилити або змінити відношення суспільства до пропонованих процесів, послуг чи продукту компанії, організації, підприємства [5]. Оскільки зв'язки з громадськістю включають в себе всі форми внутрішніх і зовнішніх комунікацій між енергетичними компаніями та її цільовими аудиторіями – споживачами для встановлення та постійної підтримки взаємного порозуміння щодо спільної діяльності з енергоефективності та енергозбереження. Досвід європейських країн показує, що основним стимулом до енергозбереження є підтримка держави. Однак, в Україні, у зв'язку зі складною соціально-економічною ситуацією, проблема енергозбереження покладається, переважно, на споживачів чи сучасні компанії забудовники.

Ще одним із шляхів впливу на відношення населення до збереження енергії є соціальна реклама. Для її створення необхідно залучати, окрім енергоменеджерів, спеціалістів з питань енергозбереження, психологів, соціологів, маркетологів тощо, щоб закласти в людині звичку економити енергію з самого дитинства. Тому потрібно враховувати інтереси та вікові особливості різних категорій населення, проводячи адресну політику енергозбереження.

Так, для дітей дошкільного віку найкраще випускати соціальну рекламу у формі яскравих мультиплікаційних фільмів, що одразу приверне дитячу увагу. Діти молодшого шкільного віку краще сприймають рекламні відеоролики, де представляються дві альтернативи: що буде, якщо енергоресурси планети вичерпаються і яке буде життя при економії енергії. Таку рекламу доречно запускати до 21:00 (коли дитячий час або на дитячих каналах); її також можна розміщувати в розважальних центрах, магазинах іграшок і дитячого одягу тощо.

На підлітків та студентів швидше вплине реклама в соціальних мережах та інтернет-ресурсах. Ефективною є організація майстер-класів та неформальних лекцій фахівців у сфері енергетичного менеджменту у співробітництві з молодіжними організаціями, центрами дозвілля.

Для дорослих доцільно використовувати соціальну рекламу, пов'язану з марнотратством, яка стимулюватиме економити енергію, щоб назбирати грошей, наприклад, на подорожі. Її можна розміщувати в інтернеті, транспорті, громадських місцях тощо. Важливо також сформувані позитивне ставлення до енергозбереження у широкого кола споживачів.

Загалом, ефективність роботи енергетичних менеджерів у сфері енергозбереження залежить якісного добору технологій зв'язків з громадськістю та соціальної реклами; своєчасної підготовки кваліфікованих інформаційних, аналітичних матеріалів, які

висвітлюють актуальні питання збереження енергії для споживачів та забезпечують стимуляцію ощадливого ставлення до енергії.

Список літератури

1. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо удосконалення умов підтримки виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії» від 21 липня 2020 року № 810-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/810-20#Text> (дата звернення: 21.10.2020).
2. Закон України «Про електроенергетику» від 16.10.1997 р. № 575/97-ВР. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/575/97-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 21.10.2020).
3. Пріоритетні напрями удосконалення державної політики у сфері забезпечення енергетичної безпеки України. Аналітична записка. Національний інститут стратегічних досліджень. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/prioritetni-napryami-udoshkonalennya-derzhavnoi-politiki-u-sferi> (дата звернення: 24.10.2020).
4. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»» від 18.08.2017 р. № 605-р. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80> (дата звернення: 21.10.2020).
5. Синельникова Л. Н. Менеджер по публицрилейшинз – престижная профессия: информация для абитуриентов. Луганск: Альма-матер, 2003. 38 с.
6. Указ Президента України від 27 серпня 2014 року № 694/2014 «Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг». URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/694/2014> (дата звернення: 21.10.2020).

УДК 620.9

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЯК ОДИН ІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ РОЗВИТОК ПРОМИСЛОВОСТІ В УКРАЇНІ

*І. Лебедєва, к. ф.-м. н, доцент,
Л. Норік, к. е. н., доцент,
С. Лебедєв, ст. викладач*

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

Доступність енергетичних послуг відіграє вирішальну роль у створенні умов як для забезпечення добробуту людини, так і економічного розвитку країни. Зростання потреб в усіх видах енергії призвело до того, що за останні 15 років у світі обсяг річного споживання енергії збільшився майже у двічі [1]. При цьому основний приріст споживання первинної енергії пов'язаний із ростом використання нафти, вугілля та природного газу, що створює екологічну небезпеку для всього людства. У сучасних умовах досягнення сталого розвитку енергетичного комплексу України в поєднанні із дотриманням екологічних норм неможливо без забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на рівні окремих домогосподарств, підприємств, компаній, галузей економіки, на рівні всієї країни. Отже, на рівні держави енергоефективність, перш за все, передбачає цілеспрямоване управління розвитком таких сегментів ринку первинної енергії, як гідроенергетика та відновлювальна енергетика. Саме реформування енергетичного сектору України залишається ключовим фактором, який може стимулювати її стійкий розвиток. Так, у 2000-х роках досягнення енергоефективності у країнах ЄС відбулося за рахунок змін у методах і способах управління архітектурою енергетики [2].

Підтримуючи ініціативу Генерального секретаря Організації Об'єднаних Націй та прагнучі підкреслити важливість проблем ефективності енергопостачання, Генеральною Асамблеєю було проголошено 2014 – 2024 роки десятиліттям сталої енергетики для всіхі, відповідно, створення Міжнародної організації SEforALL.

Одним із завдань, які ставить SEforALL, є подвоєння до 2030 року глобального показника підвищення енергоефективності. За результатом аналізу ООН, невикористані резерви енергоефективності за своїми масштабами з часом мають перетворитися на «перше паливо» для економіки багатьох країн [3].

Для оцінювання енергоефективності країни застосовують індекс функціональності енергетичної архітектури (EnergyArchitecturePerformanceIndex), який було розроблено експертами Всесвітнього Економічного Форуму. Цей індекс складається з 18 показників, що згруповані за трьома «вершинами» так званого «енергетичного трикутника»: економічне зростання і розвиток, екологічна стійкість, доступ до енергії і безпека. Так, у 2017 році цей індекс для України становив EAPI=0,58. Відповідно, Україна посіла 73 місце серед 127 країн, що були включені в рейтинг[4]. Споживання енергії на одиницю ВВП в Україні досі є у три рази більшим за середнє, ніж у країнах, що входять до OECD (OrganizationforEconomicCo-operationandDevelopment). Проаналізуємо структуру цього показника і визначимо завдання, які стоять перед енергоменеджментом нашої країни щодо пошуку можливостей забезпечити підвищення індексу ефективності енергетичної архітектури.

Україна володіє досить розвиненим енергетичним комплексом, у зв'язку з чим структура виробництва первинних енергоресурсів за переліком її секторів близька до світової [5]. За складовою індексу EAPI, яка характеризує доступ до енергії та безпеку, Україна має показник 0,79, тобто такий самий, як і країни, що входять до першої двадцятки країн-учасниць рейтингу. За рівнем екологічної стійкості показник України становить 0,64. Але за такою складовою, як «економічне зростання і розвиток», показник України дорівнює лише 0,31, отже, Україна значно поступається іншим країнам, і саме ця складова обумовлює таке низьке місце України в загальному рейтингу. Про низьку енергоефективність українських підприємств свідчать такі дані. Так, на початок 2014 року енергоефективність української економіки не перевищувала 60% від середнього рівня по країнах-членах ЄС, а якщо скоригувати цей показник на структуру економіки, то енергоємність в Україні навіть була в 1,7 рази вище. Наприклад, за підсумками 2013 року ВВП Німеччини перевищував ВВП України майже в 25 разів, при цьому витрати первинних енергоресурсів Німеччини були лише в 3,2 рази більше, ніж в Україні. За витратами енергії на одиницю ВВП Україна посіла 119 місце в цьому рейтингу. Причина цього полягає у відсутності комплексного підходу з боку держави до питання зниження енергоємності продукції української промисловості. У зв'язку з цим основне завдання вітчизняного енергетичного менеджменту полягає у впровадженні заходів щодо підвищення ефективності енергоспоживання промислових підприємств. Слід зауважити, що незацікавленість підприємств у переході на енергозберігаючі технології пов'язана з відносно малою вартістю електроенергії, яку виробляють атомні електростанції. Так, у 2017 році за обсягом випуску електричної енергії в Оптовий ринок електроенергії НАЕК «Енергоатом» постачала 56,6 % від загального обсягу, тобто 80 499,4 тис. МВт-год, тоді як за вартістю електричної енергії це складало 28,1 %, тобто 46 087,6 млн. грн. Хоча і тут є свої проблеми. Вони полягають у тому, що потреби у ядерному паливі, які виникатимуть у найближчому майбутньому на українських АЕС, може задовольняти лише російська компанія ТВЕЛ, а також у необхідності дотримуватися загальної тенденції щодо збільшення частки електроенергії, яка видобувається з поновлювальних джерел.

У 2017 році була затверджена Енергетична стратегія України до 2035 року, яка передбачає впровадження заходів для зменшення енергомісткості ВВП та підвищення рівнів енергетичної безпеки та стійкості, а також інтеграцію електричних мереж України у ЄС [6].

Для української енергетики 2019 рік став роком радикальних, але водночас суперечливих реформ, що створюють високі ризики для євроінтеграції цієї галузі

економіки, інтересів виробників й споживачів енергетичних ресурсів. У 2019 році в Україні введено в експлуатацію 4505 МВт потужностей відновлюваної електроенергетики, інвестиції склали близько 3,7 млрд. дол. США за рік. Завдяки таким темпам Україна посіла 8 місце в рейтингу інвестиційної привабливості в цьому секторі порівняно з 63 місцем, яке вона займала у 2018 році [7].

З метою контролю за енергоємністю виробництва в Україні доцільно застосовувати міжнародний стандарт ISO 50001: 2011 [8], в якому використана концепція сталого поліпшення показників, тобто реалізується цикл Демінга – Шухарта: «Plan-Do-Check-Act» («плануй-виконуй-перевірй-дій»). Впровадження вимог цього стандарту спрямоване на забезпечення раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів на рівні керівництва підприємств та органів місцевого самоврядування, що дозволяє оптимізувати обсяги енерговитрат, визначати пріоритетність впровадження нових енергозберігаючих технологій тощо.

Висновки. Розробка і впровадження системи енергетичного менеджменту на рівні держави включає в себе наявність певної енергетичної політики, визначення цілі та плану дій, що пов'язані з підвищенням енергоефективності держави в цілому, а також забезпечення реалізації цього плану при дотриманні законодавчих та інших вимог. Отже, однією в умов відродження промисловості України є підвищення її енергоефективності, і це слід розглядати як мету внутрішньої політики.

Список літератури

1. BP Statistical Review of World Energy 2020. URL: https://transportgeography.org/?page_id=5865
2. Енергетична ефективність України. Кращі проектні ідеї. Проект «Професіоналізація та стабілізація енергетичного менеджменту в Україні» / С. П. Денисюк, О. В. Коцар, Ю. В. Чернецька. Київ : КПІ ім. І. Сікорського, 2016. 79 с. URL: http://io.iee.kpi.ua/sites/default/files/HANDBOOK_of_BEST_PRACTICES_2.pdf
3. Огляд аналітичних робіт міжнародних енергетичних організацій щодо стану та сценаріїв розвитку світової енергетичної сфери з прогнозом інвестування в енергоефективність.
4. URL: https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/06/2.-rozvyt_svit_energet_sfery.pdf
5. Global Energy Architecture Performance Index Report 2017. URL: <https://www.strategieast.org/global-energy-architecture-performance-index-report-2017/>
6. Концептуальні підходи до розвитку енергетики України (аналітичні матеріали) / Інститут загальної енергетики НАН України, 2017. – 78 с.
7. Огляд енергетичного сектору України: інституції, управління та політичні засади. URL: https://www.oecd.org/eurasia/competitiveness-programme/eastern-partners/Огляд_енергетичного_сектору_України-UKR.pdf
8. Україна 2019-2020: широкі можливості, суперечливі результати (аналітичні оцінки). URL: https://razumkov.org.ua/uploads/other/2020-PIDSUMKI-UKR_ENG.pdf
9. ISO 50001: 2011. Energy management systems – Requirements with guidance for use. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/51297.html>

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ З МЕТОЮ ПОЛІПШЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОСНОВ

О. Михайловська, канд. техн. наук, с.н.с.

М. Зоценко, доктор техн. наук, професор

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

В. Клименко, доктор техн. наук, професор

Центральноукраїнський національний технічний університет

Грунтоцементні конструкції широко застосовуються при улаштуванні підпірних стін котлованів; протифільтраційних завіс; зміцнення зсувонебезпечних схилів; підсилення основи існуючих фундаментів; будівництві залізничних насипів; поліпшення будівельних властивостей слабких ґрунтів ($E < 5$ МПа).

Для покращення властивостей ґрунтоцементу різними авторами запропоновані добавки у вигляді вапна, глини, різних пластифікаторів [4], пісків і хвостів (відходів збагачення корисних копалин) [3]. Однак актуальною є проблема накопичення відходів підприємств (зола, золошлакові відходи теплоелектростанцій (ТЕС), які займають значні площі.

М.С. Мальований пропонує відходи ТЕС використати з метою виготовлення добавки шляхом змішування дисперсної мінеральної добавки – золивинесення ТЕС з пластифікатором. В якості пластифікатора використовують сульфатне мило, причому компоненти модифікатора змішують в такому співвідношенні: зола винесення

теплоелектростанцій 97–99 мас. %; сульфатне мило – 1– 3 мас. % [1].

Блащук Н.В. Маєвська І.В. пропонують з метою збільшення ефективності та покращення міцнісних властивостей ґрунтоцементних елементів додавати золу винесення [2].

Авторами проведено дослідження впливу вмісту золи-винесення Миколаївської ТЕС та золи від спалювання соломи на міцнісні властивості ґрунтоцементних елементів.

Методика проведення експерименту: цемент та воду у необхідній кількості перемішували до отримання «цементного молока». Кількість цементу приймали 20 % від ваги сухого ґрунту. Водоцементне відношення (В/Ц) приймали 1,0. Потім в отриманий розчин додається ґрунт (суглинок лесовий) з вологістю 14% та золавинесення. Суміш перемішували до однорідної маси протягом не менше 5 хвилин. Після перемішування ґрунтоцементна суміш викладатиметься у циліндричні форми. Випробування проводились згідно з ДСТУ Б В.2.7-214:2009 як для бетонів з урахуванням ДСТУ Б В.2.1-4-96.

Аналогічна методика приготування суміші була при додаванні золи від спалювання пелет (відходи від спалювання соломи). При цьому також досліджувався вплив добавки у кількості 5, 10 і 15% від кількості цементу (20% від ваги сухого ґрунту).

До проведення випробування зразки зберігались зануреними у воду протягом 28 дібз метою набору міцності. Випробування проводились згідно з ДСТУ Б В.2.7-

214:2009 як для бетонів з урахуванням ДСТУ Б В.2.1-4-96. Випробування проводили для 6 зразків у кожній серії.

В даному випадку спостерігаємо крихке руйнування завдяки скупченню рухомих дислокацій перед перешкодою (границя мисуззерен), що призводить до концентрації напружень, достатньої для утворення тріщини. Коли напруження досягають певного значення, розмір тріщини стає ритичним і подальше зростання здійснюється самовільно. Для крихкого руйнування характерною є гостра, часто розгалужена тріщина. Величина зони пластичної деформації у вершині тріщини мала. Швидкість поширення крихкої тріщини є значною та раптовою.



Рисунок 1 – Загальний вигляд компонентів суміші:



Рисунок 2 – Загальний вигляд золи із соломи

1 – зола виносу Миколаївської ТЕС; 2 – суглинок лесовий.

Ґрунти у свою чергу розглядаються як тверді полідисперсні дуже складні системи, багато властивостей яких визначаються законами дисперсного стану речовин. В умовах природного залягання ґрунт у більшості випадків являє собою трифазну систему, що складається з твердої, рідкої та газоподібної фаз. Здатність ґрунтів до прояву складних взаємодій з доданими до нього речовинами підсилюються значною мірою тим, що ґрунти являють собою теж полідисперсні системи.

В результаті проведених досліджень встановлено, що середня міцність зразків на стиск без додавання золи в склала 2.78 МПа; з додаванням золи-винесення у кількості

5% – від 3.64 МПа.

Результати випробувань зразків ґрунтоцементу на стиск при кількості добавки золи винесення 5, 10 і 15% майже однакові. Тому необхідно збільшити діапазон кількості добавки та провести дослідження зразків ґрунтоцементу.

До проведення випробування зразки зберігались зануреними у воду протягом 28 діб з метою набору міцності. Кількість золи виносу становила 5%, за масою від маси цементу.

За результатами проведеного аналізу можна зробити висновок, що середня міцність на стиск зразків ґрунтоцементу з додаванням золи від спалювання пелет із соломи знижувалась. Це можливо викликано недоцільністю використання методики традиційної технології підготовки матеріалів для виготовлення експериментальних зразків, оскільки при цьому попередньо зола не змішувалась з сухим цементом до стану однорідної суміші.

Середня міцність зразків на стиск з додаванням золи-винесення Миколаївської ТЕЦ з фракцією включень до 4 мм у кількості 5 мас.% збільшується майже на 30%.

Таким чином розширюється коло застосування ґрунтоцементних елементів та збільшується їх ефективність.

Однак при виробництві ґрунтоцементу мають значення реологічні властивості золи, особливо високатонкість помелу, вигідне фракціонування і форма її частинок

Список літератури

1. Спосіб виготовлення модифікатора для протизсувних споруд. №126483 МПК С04В 28/14 (2006.01) Україна М.С. Мальований, М.О. Бондар, М.І. Канда. № u201713144; Заявл. 29.12.2017; Опубл. 25.06.2018. Бюл.2018.№12. 4 с
2. Блашук Н.В. Маєвська І.В. Використання золи винесення у складі ґрунтоцементу <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/download/9154/7828>
3. Новицький О.П. Вплив пластифікуючих добавок на міцність ґрунтоцементу. Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). Полтава: ПолтНТУ, 2012. Вип. 4 (34), 2012. С.171-177.
4. Бурові ґрунтоцементні палі, які виготовляються за бурозмішувальним методом: Монографія: М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, В.М. Зоценко. Харків: Друкарня Мадрид, 2016. 94 с.

УДК 621.311.4.031

ПОТЕНЦІАЛ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ЗАЛІЗОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

**В. Тищенко, ст. гр. ЕТЗ-20-1м,
О. Сінчук, проф., д-р техн. наук,
С. Бойко, канд. техн. наук,
І. Касаткіна, доц., канд. техн. наук,
Криворізький національний університет**

Аналіз досягнень сучасної енергетики показує, що децентралізовані енергосистеми з використанням джерел розосередженої генерації можуть бути надзвичайно прибутковою сферою для капіталовкладень, якщо є можливість розміщувати джерела генерації енергії поблизу споживачів. Зазвичай витрати на передачу енергії сягають 30% від вартості її вироблення. Існуючі методики для проектування системи електропостачання віддалених споживачів в основному розглядають як альтернативу централізованому електропостачанню, електропостачання за рахунок генерації електроенергії на базі відновлювальних джерел енергії, або за рахунок використання котелень, дизель-генераторів. Між тим, освоєння потенціалу відновлювальних джерел енергії - це технічно важкореалізоване в даний час завдання, яке пов'язане з низькою щільністю потоку енергії від відновлювальних джерел енергії і залежністю їх від природних умов. Вартість отримання енергії, хоча вона і щорічно знижується, залишаються значно вище, ніж у традиційних енергоресурсів, а необхідних кардинальних технічних рішень поки не існує [1].

Об'єднання на паралельну роботу розосередженої генерації та мережі дасть синергетичний ефект - появу нових властивостей, яких не було у складових частинах, що проявляється, зокрема, в зниженні нерегулярності сумарного графіку навантаження об'єднаних систем, зниженні його нерівномірності в добовому, тижневому і сезонному розрізах, зменшенні залежності частоти електричного струму від коливань балансу потужності. У попередніх дослідженнях автори обґрунтовують позитивний ефект від

впровадження джерел розосередженої генерації в умовах промислових підприємств, а саме модульність, надійність, місцеве керування, зменшення негативного впливу на екологію та малий пусковий період [2].

Для визначення потенціалу відновлювальних джерел енергії, що входять до складу джерел розосередженої генерації в умовах залізрудних підприємств, необхідно мати як можна повніші і чіткі дані про електропостачання і електроспоживання навантаження електрообладнанням залізрудного підприємства протягом доби, а також наявність даних про витрати електричної енергії в електромережі електропостачання і електроспоживання навантаження.

На залізрудних підприємствах актуальним та можливим є впровадження в загальну структуру систем електроживлення розосередженої генерації на базі відновлюваних джерел енергії.

Список літератури

1. Сінчук О.М., Сінчук І.О., Бойко С.М., Караманиць Ф. І., Ялова О.М., Пархоменко Р.О. Відновлювані джерела електричної енергії в структурах систем електропостачання залізрудних підприємств. (Аналіз, перспективи, проекти): монографія. –Кривий Ріг: Видавництво ПП Щербатих О.В., – 2017. – 152 с.
2. Shumilova G.P., Gotman N.E., Startceva T.B. Electrical load forecasting using an artificial intelligent methods // RNSPE, 10-14 September, 2001, Proceedings. Kazan: Kazan State Power Eng. University, 2001. – Vol. I. – P. 440-442.

УДК 622.242.6

УДОСКОНАЛЕНА СИСТЕМА ОЧИСТКИ БУРОВОГО РОЗЧИНУ

Т. Суржко, аспірантка

кафедри нафтогазової інженерії та технологій

М. Харченко, доцент, канд. техн. наук,

завідувач кафедри нафтогазової інженерії та технологій

П. Молчанов, канд. техн. наук,

доцент кафедри нафтогазової інженерії та технологій

В. Савик, канд. техн. наук,

доцент кафедри нафтогазової інженерії та технологій

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Метою вдосконалення є заміна другого, третього ступенів очистки циркуляційної системи бурової установки універсальною ситогідроциклонною установкою.

Вібросито є першим в багатоступеневій системі, найпомітнішим і найбільш поширеним засобом очищення бурового розчину. Всі сучасні бурові комплекси оснащені віброситами, кількість яких на одній установці іноді досягає 6 одиниць. Вібросито очищає розчин від грубих частинок вибуреної породи розмірами крупніше 70 - 80 мкм. Вміст часток цього розміру в розчині порівняно невеликий, проте роль вібросита визначається не тільки кількістю видаленої породи, а й тим, наскільки надійно розчин готується до наступного, більш глибокого очищення гідроциклонами шламовідділювачами і центрифугами.

Серед основних напрямків сучасного розвитку вібросит, як найбільш важливого технічного засобу очищення бурових розчинів, виділяються перехід на жорсткі ситові касети, повсюдне застосування вібросит в складі ситогідроциклонних установок, розробка систем з односпрямованими еліптичними траєкторіями коливань віброрами.

Ситогідроциклонна установка (СГУ або ситогідроциклонний сепаратор) (рис. 1) являє собою комбінацію групи гідроциклонів з осушуючим віброситом і призначена для:

- ефективного видалення і осушення шламу (отримання шламу зниженою вологості);
- очищення бурового розчину від вибуреної породи при бурінні нафтових і газових свердловин.

Ситогідроциклонні установки застосовуються в складі циркуляційних систем бурових установок при безамбарному і маловідходному бурінні і є ідеальним обладнанням для циркуляційних систем.



Рисунок 1 – Ситогідроциклонна установка

Ситогідроциклонна установка призначена для другого і третього ступеня очищення бурового розчину в циркуляційній системі. Включає пісковідділювач і муловідділювач, які встановлені над віброситом.

При використанні модернізованого блоку очищення промивальних рідин з безамбарним способом буріння в 2-3 рази скорочується обсяг відходів буріння, на 40-60% зменшується витрата бариту і хімреагентів. В процесі буріння з блоку виходить шлам зниженої вологи, який придатний для перевезення в контейнерах або бортових транспортних засобах. Такий шлам легко піддається знешкодженню при мінімумі витрат.

Комплект обладнання розміщується на одній або двох ємностях залежно від умов буріння і класу бурової установки. Гідралічна схема блоку очищення дозволяє використовувати очисні механізми залежно від умов буріння, вести обробку бурового розчину. Блок очищення укомплектований розрахунковою технологією регламентування компонентного складу і управління властивостями бурових розчинів. Технологія дозволяє вести оперативне управління процесом приготування і обробки бурового розчину при найменших витратах часу і матеріалів.

Гідроциклони здійснюють первинну сепарацію твердої фази в пісковідділювачі і муловідділювачі, яка потім направляється на сітку вибросита, утримуючи при цьому рідини, як з обважнених, так і не обважнених бурових розчинів. На живильних лініях гідроциклонів встановлені манометри із вимірювачами середовища для контролю робочого тиску подаваного розчину.

Відмінними рисами ситогідроциклонних установок є: тривалий термін служби; зручність експлуатації та заміни частин; в конструкції передбачений вхід для труб будь-якого діаметру дозволяє мінімізувати турбулентність і підвищити ефективність очищення; широке напіввідкрите робоче колесо знижує осьове зусилля для підвищення терміну служби підшипників.

Список літератури

1. Nesterenko M.P., Molchanov P.O., Savyk V.M., Nesterenko M.M. Vibration platform for forming large-sized reinforced concrete products. Naukoviy visnik natsionalnogo gornichogo univerplate compactortu. Naukovo – tehichniy zhurnal № 5 -2019. Dnipro 2019. S 74-78. DOI: <http://doi.org/10.29202/nvngu/2019-5/8.>)
2. Ваганов Ю.В. Проблемы и перспективы сервисных технологий в нефтегазовом комплексе / Ю.В. Ваганов, Г.П. Зозуля, А.В. Кустышев, Н.В. Рахимов, В.Б. Обиднов // Нефтегазовое дело. - 2007 (http://www.ogbus.ru/authors/Vaganov/Vaganov_1.pdf).
3. Lyakh, M.M., Savyk, V.M., Molchanov, P.O., 2017. Experimental and industrial research on foamgenerating devices. Rozrobka korysnyh koralyn. Dnipropetrovks: Naykoviy visnyk NGU, No. 5, pp 17 – 23. [Electronic resource]. The link: <http://www.nvngu.in.ua/index.php/en/monographs/1484-engcat/archive/2017-eng/contents-5-2017/mining/4127-experimental-and-industrial-research-on-foamgenerating-devices>
4. Булатов А.И. Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин / А.И. Булатов, Ю.М. Проселков, С.А. Шаманов – М. : Недра, 2003. – 1007 с.
5. Мислюк М.А. Буріння свердловин : довідник : в 5 т. / М.А. Мислюк, І.А. Рибчич, Р.С. Яремійчук. – Київ: Інтерпрес ЛТД, 2002. Т. 2 : Промивання свердловин. Відробка доліт – 2002. – 303 с.

УДК 621.472

СТАЦІОНАРНИЙ ВЕРТИКАЛЬНИЙ ВІТРОГЕНЕРАТОР НА ОСНОВІ ВИХРОВОЇ ГІПЕРБОЛІЧНОЇ ТРУБИ РАНКА-ХІЛША

О.Азархов, д.м.н, професор

І. Сілі, к.т.н, асистент

Н. Бухлал, ст. викладач

ДВНЗ «Приазовський Державний Технічний Університет» м.Маріуполь

Актуальність та постановка проблеми. До 2030 року вітрові установки зможуть покрити до 25% потреби країн ЄС у електриці. Такий прогноз дала Європейська асоціація вітрової енергетики (EWEA). При цьому вже на сьогоднішній день встановлені вітряки можуть забезпечити до 10% всього європейського енергоспоживання. Але при цьому важливість створення нових вітроустановок не відпала. Існуючі вітроустановки мають досить великі розміри, складну конструкцію, через що іноді неможливо встановлення потужних турбін в домашніх умовах. Одним з шляхів вирішення даної проблеми є використання нового розробленого стаціонарного вертикального вітрогенератора на основі вихрової труби з використанням ефекту Ранка-Хілша.

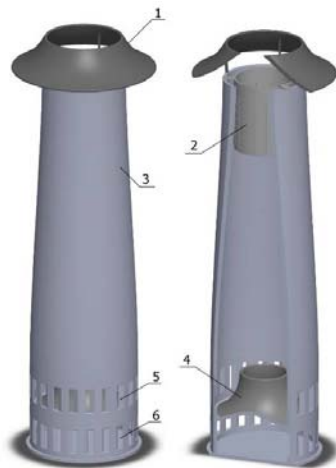


Рис.1 – Вітрогенератор у вигляді труби Ранка-Хілша

Основні матеріали дослідження. Існує спосіб перетворення енергії і вихрова труба Грицкевича для його здійснення, яка може бути використана для виробництва як теплової, так і електричної енергії, за рахунок перетворення енергії рухомого потоку рідини в вихровій трубі, який має ряд недоліків серед яких неможливість використання способу для генерації електричної енергії з енергії вітру. Тому була поставлена задача удосконалити вихрову трубу шляхом встановлення конструктивних елементів та виконання її у вигляді вертикальної гіперболічної труби Ранка-Хілша. В даному випадку труба буде являти собою стаціонарний вертикальний вітрогенератор.

Стаціонарний вертикальний вітрогенератор містить раму 3, яка виконана у вигляді гіперболічної труби Ранка-Хілша, направляючу шайбу 4 у нижній частині труби, два типи завихрувачів 5,6, що задають протилежні напрямки потоку вітру в трубі, елементи Пельт'є 2 і витяжну шайбу 1 (рис.1)

Застосування даної конструкції дозволяє спростити конструкцію, а два типи завихрувачів для вітрогенератора запропонованої конструкції, дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії та величину генерації електричної енергії, за рахунок розділу потоків повітря з різними напрямками обертання.

Висновок. Даний стаціонарний вертикальний вітрогенератор має просту та відносно недорогу конструкцію і може бути використана для генерації електричної енергії як в домашніх так і в промислових умовах.

УДК: 621.3+004.62(043)

ПРОГНОЗУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ПРИ ВИКОРИСТАННІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ З НЕПОВНИМИ ВИХІДНИМИ ДАНИМИ

***Ю. Сасенко, проф. д-р техн. наук
В. Любарцев, асп.***

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Широке поширення поновлюваних джерел енергії привело до появи мереж з розподіленою генерацією, які характеризуються великою кількістю малопотужних міні-електростанцій, встановлених у приватних споживачів і виробників електроенергії (просьюмерів). Їх поява позитивно позначається на стані навколишнього середовища, використання енергоресурсів, але також вони мають і негативні сторони. Одна з них - ускладнення диспетчеризації енергосистем, мінливість генерації, а у випадку з промисловими електростанціями на поновлюваних джерелах - вплив на роботу магістральних об'єднаних енергосистем країни. Тому розвиток мереж з розподіленою генерацією, а також ефективне використання потенціалу поновлюваних джерел електроенергії неможливо без якісного прогнозування їх генерації.

Сьогодні нейронні мережі є одним з найпрогресивніших і точних методів прогнозування та оцінки різних процесів, що відбуваються в електроенергетиці. Доцільність їх застосування підтверджується попередніми дослідженнями [1,2], в яких визначаються їх основні переваги: висока точність роботи, універсальність, гнучкість.

В якості вихідних даних по генерації електроенергії використовувався набір даних електростанції на сонячних елементах лабораторії розподіленої генерації Лодзинського технічного університету, розташованої у місті Лодзь, Польща. Обсяг даних - вибірка за 2011 рік, інтервал - 10 хвилин. З набору даних були використані дані по часу, вимірної сонячної радіації в місці установки сонячних панелей, а також відповідні їм значення активної потужності, що генерується.

Традиційно, для оцінки продуктивності сонячних батарей сьогодні застосовуються методи, засновані на реальному вимірному значенні сонячного випромінювання в місці їх встановлення [3]. Тому в якості зразкового значення було використано прогнозування генерації електроенергії сонячними панелями, засноване на даних виміряного реального сонячного випромінювання (інсоляції).

Була вирішена задача пошуку даних з величинами сонячного випромінювання для даної місцевості, які можна отримати розрахунковим шляхом. Складність в тому, що наявні бази даних сонячного випромінювання (PVGIS) отримані з метеорологічних супутників, які оцінюють випромінювання, відрізняються від того, що доходить до землі через погодні умови, такі як хмарність, опади і т.д [4,5]. Отримання цих даних для приватних просьюмерів має труднощі, особливо їх прогнозні значення, так як дані системи надають інформацію за попередні проміжки часу, без можливості прогнозування. Найбільш зручними даними є звичайний метеорологічний прогноз погоди.

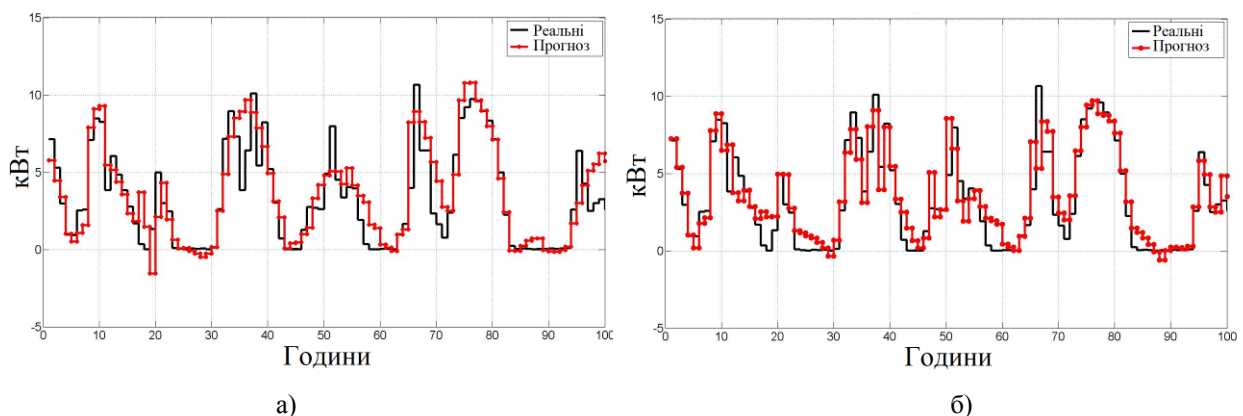
Для оцінки точності роботи нейронних мереж с різними наборами даних як еталон було здійснено прогнозування генерації електроенергії з використанням реальної вимірної інсоляції в місці установки сонячних панелей. В даному випадку на вхід нейронної мережі подаються дані без розрахованих значень прямої і глобальної горизонтальної інсоляції (для моделі «Чистого неба».)

Далі в наборі даних для тренування нейронної мережі були обрані розраховані значення прямої та глобальної горизонтальної сонячної інсоляції згідно з методикою «Чистого неба», розробленої Річардом Бьордом. [6].

Порівняння середніх похибок прогнозів при використанні вимірної та розрахованої інсоляції за допомогою моделі «Чистого неба» приведені у таблиці 1, а графіки з прикладами прогнозування та реальних даних на рисунку 1.

Таблиця 1. Порівняння середніх похибок прогнозів при використанні вимірної та розрахованої інсоляції за допомогою моделі «Чистого неба».

Номер експерименту	1	2	3	4	5
Розмір вибірки даних з датасету	1...1500	1...2000	1...3500	1...4000	2500...3500
Похибка при вимірній інсоляції, %	-0,97	2,28	2,4	0,44	4,91
Похибка при розрахованій інсоляції, %	-3,86	5,74	5,12	-0,81	2,25



а) – приклад прогнозу з розрахованою інсоляцією; б) – приклад прогнозу з вимірною інсоляцією

Рисунок 1 – Приклади прогнозування величин генерації електроенергії за допомогою сонячних панелей у порівнянні з реальними значеннями

Середня похибка прогнозування з використанням реально вимірної інсоляції в місці установки сонячних панелей (для п'яти дослідів в даній роботі) варіюється від - 0,97% до 4,91%.

При використанні розрахованих значень сонячної інсоляції, а також прогнозу погоди, похибка прогнозування зростає (діапазон в проведених дослідках склав від - 3,86% до 5,12%). Це обумовлено в першу чергу неточностями в прогнозі погоди, а також похибками при розрахунку інсоляції з використанням моделі чистого неба. Проте використання даного прогнозу має високу точність і може застосовуватися для оцінки генерації електроенергії при диспетчеризації енергосистем, укладанні договорів на поставку електроенергії більшими електростанціями в так званому «ринку на добу вперед».

Список літератури

1. А.М. Абдурахманов, М.В. Володін, Е.Ю. Зибін, “Методи прогнозування електроспоживання у розподільчих мережах (огляд)”, Електротехніка: мережевий електронний науковий журнал, Магнітогірськ: Електротехніка, Том. 3, №. 1, стр. 3-23, 2016.
2. Y. Sayenko, V. Sychenko and V. Liubartsev, “Development of Methods for Optimizing Reactive Power Modes Based on Neural Network Technologies,” 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), Kyiv, Ukraine, pp. 98-103, 2019.
3. Y. Chu, B. Urquhart, S.M. Iman Gohari, H. Pedro, J. Kleissl, C. Coimbra, “Short-term reforecasting of power output from a 48 MWe solar PV plant”. Solar Energy. vol. 112, pp.68-77, 2015.
4. R.Urraca, T.Huld, A.M.Gracia Amillo, F.Ascacibar, F.Kaspar, A.Sanz Garcia, “Evaluation of global horizontal irradiance estimates from ERA5 and COSMO-REA6 reanalyses using ground and satellite-based data”, Solar Energy, vol.164, pp. 339 – 354, 2018.
5. M. Reno, C. Hansen, J. Stein. (2014). “Global horizontal irradiance clear sky models : implementation and analysis”, Sandia National Laboratories, Livermore, California, Tech. Report. SAND2012-2389, 2012.
6. R.Bird, R.Hulstrom. A Simplified Clear Sky Model for Direct and Diffuse Insolation on Horizontal Surfaces, Solar Energy Res. Inst., Golden, Co., SERI/TR642-761, 1981, pp. 38.

УДК 621.31

ВПЛИВ НЕЛІНІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ З ПОНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Ю. Саєнко, д-р техн.наук, проф.,

А.Молчан, асп.

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

При вирішенні різних завдань проектування, експлуатації та реконструкції електричних мереж виникають питання забезпечення електромагнітної сумісності систем, що досліджуються або проектуються. Одним з аспектів проблеми електромагнітної сумісності є виникнення нелінійних спотворень кривої напруги мережі або несинусоїдних режимів.

Дане питання на сьогоднішній день в Україні найбільш актуально стоїть при проектуванні та експлуатації мереж з розподіленої генерацією електричної енергії з вітроенергетичними установками. Це пов'язано з тим, що доля електричної енергії, що генерується вітровими електростанціями в електричну мережу за останні 5 років зростає з 0,3% до 2,15%, а встановлена потужність вітроенергетичного сектору України, станом на кінець 2019 року, досягла 1 170 МВт. Лише за минулий рік в Україні введено в експлуатацію 637,1 МВт, що означає майже 10-ти кратне зростання над показниками 2018 року – 67,8 МВт [1].

Проблема електромагнітної сумісності вітроустановок з розподільною мережею на сьогоднішній день є не до кінця вивченою. В основному проводяться дослідження питань виникнення і впливу вищих гармонік, що генеруються вітроустановками [2-3]. Також, серед інших проблем в мережах з розподіленою генерацією, актуальним є питання виявлення джерел спотворення і оцінки їх внеску в погіршення якості електроенергії у точці загального приєднання [4]. Однак недостатньо вивчене питання впливу джерел спотворень напруги безпосередньо на роботу вітроенергетичної установки.

В даній роботі були проаналізовані результати моделювання розподільної мережі з вітроенергетичними установками та окремими джерелами спотворень різної конфігурації. Потужність джерел спотворень змінювалася в межах потужностей вітроенергетичних установок.

Дослідження впливу джерел спотворення синусоїдної кривої напруги, що можуть існувати в розподільній мережі, на роботу вітроенергетичних установок проводилось на імітаційній моделі вітроенергетичної станції, яка представляє собою 13 вітроустановок типу DFIG з регульованою швидкістю обертання з частковим перетворенням частоти.

За результатами досліджень виявлено, що спотворення синусоїдної кривої напруги та наявність в спектрі напруги мережі гармонійних спотворень безумовно впливає на роботу вітроустановки, однак цим впливом у більшості випадків можна знехтувати.

Але постає питання визначення результуючих нелінійних спотворень синусоїдної кривої напруги мережі, оскільки вони є одною з основних причин погіршення якості електроенергії. Оскільки кількісною оцінкою нелінійних спотворень є коефіцієнт нелінійних спотворень, то необхідно мати спосіб його розрахунку, коли в мережі присутні декілька джерел спотворень різної конфігурації.

За результати моделювання виявлено, що у випадку, коли фази гармонік усіх джерел спотворення відомі заздалегідь, результуюче значення з достатньою точністю можна отримати векторним сумуванням амплітуд окремих гармонік. На рис.1 зображено зміни амплітуд 5-ої гармоніки при моделюванні та розрахунку у випадках, коли фазигармонік напруги вітроенергетичної установки та фазигармонік напруги джерел спотворення синфазні, протифазні та квадратурні.

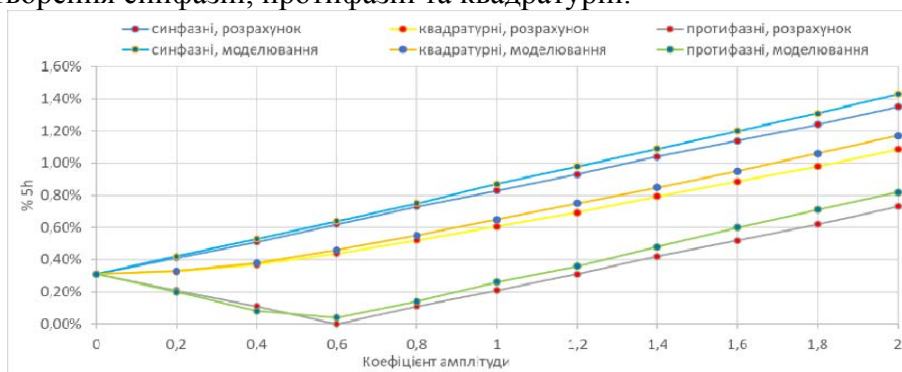


Рисунок 1 –Зміни амплітуд 5-ої гармоніки при моделюванні та розрахунку з відомою конфігурацією джерел спотворень

Однак, на практиці неможливо точно визначити параметри окремих джерел спотворень синусоїдної кривої напруги, тому подальше дослідження проводилось за допомогою метода Монте-Карло. Для джерел спотворення напруги мережі були згенеровані випадкові значення фаз окремих гармонійних складових, розподілених за нормальним законом та проведено ряд моделювань для різних груп фаз. На рис. 2 зображено зміни амплітуд 5-ої гармоніки при розрахунку та моделюванні з випадковими значеннями фаз гармонік.

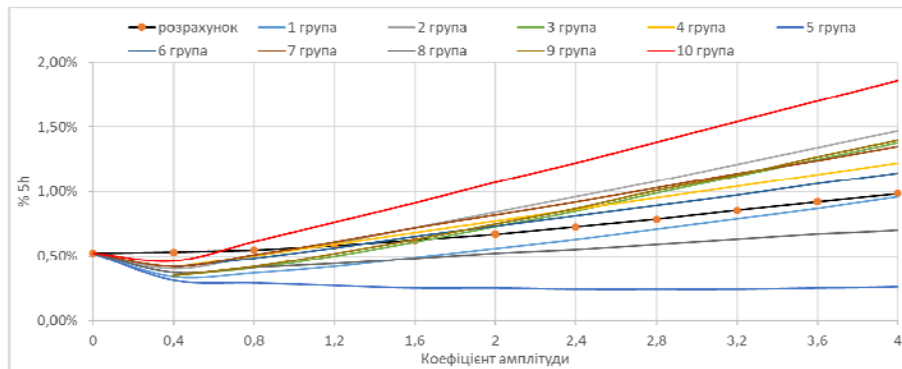


Рисунок 2 – Зміни амплітуд 5-ої гармоніки при моделюванні та розрахунку випадковою конфігурацією джерел спотворень

При оцінці сумарних нелінійних спотворень найменша похибка присутня при підсумовуванні квадратів значень гармонік:

$$U_{v\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n U_{vi}^2}$$

Такий підхід може бути рекомендовано при розрахунках несинусоїдності в електричних мережах з розподіленою генерацією та нелінійними навантаженнями з випадковим характером розподілу фаз вищих гармонік.

Список літератури

1. Wind energy sector of Ukraine 2019 // Ukrainian wind energy association. Link: http://uwea.com.ua/uploads/docs/uwea_2019_ua_preview.pdf
2. Denysiuk S., Horenko D., Artemiev M. and Tarhonskyi V., Evaluation of exchange processes in local systems with flexible generation. IEEE 6th international conference on energy smart systems. 2019. 233-238.
3. Bialas H., Pawelek R., Wasiak I., Possibilities of islanding operation of wind power plants, Przegląd Elektrotechniczny, 2020, no. 3, 47-50.
4. Sayenko Y., Kalyuzhniy D., Bolgov V., Kütt L., Mathematical model for assessment of voltage disturbing sources in networks with distributed power generation, Przegląd Elektrotechniczny, 2019, no. 3, 49-53.

УДК 339.976.2:620.9(477)

ЗЕЛЕНИЙ ТАРИФ ЯК ІНСТРУМЕНТ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

О. Скрипник, аспірантка

Д. Скрипник, аспірант

Сумський національний аграрний університет

Виробництво сонячної енергії привернуло увагу з боку інвесторів на території України і за кордоном. Експерти вважають, що Україна могла б отримати енергії більше 5 мільярдів кВтч в рік з сонячного світла (Трупольська, 2018). Державне Агентство з Енергоефективності та Енергозбереження України прогнозує встановлення енергетичних потужностей на 4,6 ГВт до 2030 (Міністерство Енергетики України, 2019). Оскільки за останні два роки насичення сонячними батареями азіатських та європейських ринків призвело до падіння цін, зарубіжні інвестори збираються рухатися в бік нових ринків. Це, у поєднанні із сприятливими пільговими тарифами в Україні, забезпечило українському ринку сонячної енергії найвищі темпи зростання ринку відновлюваних джерел енергії впродовж останніх двох років.

Зелений тариф, введений Законом України "Про електроенергетику", - це спеціальний тариф, розроблений з метою збільшити в Україні частку виробництва електроенергії з відновлюваних джерел. Через те що відновлювана енергія взагалі є менш конкурентноздатною по ціні, ніж енергія з мінеральних джерел, оператори мережі зобов'язані купляти енергію з відновлюваних джерел за фіксованою ціною, встановленою окремо для кожного відновлюваного джерела енергії. Ця фіксована ціна покриває середню вартість для виробників енергії для кожного відновлюваного джерела і дозволяє мати маржу прибутку. В результаті зростає попит на відновлювану енергію по вищій ціні, ніж на нерегульованому ринку. Як наслідок, виробляється і споживається більше відновлюваної енергії.

Законодавством України передбачено, що вся вироблена з відновлюваних джерел електроенергія, що не продана в рамках прямих контрактів, має бути куплена Енергоринком по ставці зеленого тарифу. Таким чином Україна віддає пріоритет на ринку відновлюваній енергетиці. Це правило стосується всіх виробників відновлюваної енергії з доступом до Енергоринку, отримавшим зелений тариф. За схвалення зеленого тарифу відповідає НКРЕ і розглядає кожний окремий випадок з урахуванням типу відновлюваного джерела енергії, використаного у виробництві і специфіки об'єкту енергетики. На сьогодні 465 виробників біоелектроенергії отримали зелений тариф.

У світлі запланованої в Україні приватизації ринку гуртової торгівлі електроенергією, ринок з двосторонніми контрактами між приватними компаніями, ймовірно, прийде на заміну державній компанії Енергоринок. У середовищі постійних змін очікується, що держава і надалі підтримуватиме доступ виробників відновлюваної енергії до ринку гуртової торгівлі, де їх електроенергію куплятимуть по ставці зеленого тарифу.

Зелений тариф було запроваджено в Законі «Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення „зеленого“ тарифу» № 601-VI від 25 вересня 2008 року. Тариф обчислюється на базі роздрібною ціни електроенергії для споживачів другого класу станом на 1 січня 2009 року, помноженої на фіксований коефіцієнт, встановлений в Статті 17-1 цього закону. Через те, що використовується фіксований обмінний курс EUR/UAH, виробники відновлюваної енергії захищені від коливань курсу по відношенню до євро. Ставка зеленого тарифу зменшувалась з плином часу: на 10% до 2014 року, на 20% до 2019 року і на 30% до 2024 року. На разі планується, що дію зеленого тарифу буде повністю скасовано у 2030 році.

Введення "зеленого" тарифу передбачало досягнення двох основних цілей: екологічної та економічної. Перша полягала у зміщенні фокусу на ринку електроенергетики з вичерпних енергоресурсів України на відновлювальні, що дозволило б покращити екологічний стан України. Друга ціль, економічна, була спрямована на залучення іноземних інвестицій, розвиток українських підприємств, створення конкурентоспроможного ринку електроенергії та встановлення вигідних для споживачів, держави та постачальників цін на електроенергію.

У 2020 році "зелені" тарифи для сонячних електростанцій у світі досягали, наприклад, наступних розмірів: у Данії – 4 євроцента/кВт-годину, у Франції 5,8 євроцентів/кВт-годину та у США – 7,8 євроцентів/кВт-годину. Для порівняння, українським виробникам електроенергії з енергії сонця на наземних сонячних електростанціях, що були введені в експлуатацію з 1 січня 2020 року, були встановлені тарифи на рівні 11,25 євроцентів/кВт-годину.

Зважаючи на дисонанс розміру "зелених" тарифів, їх зменшення може здаватися обґрунтованим. Крім того, відповідно до висновку Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг ("НКРЕКП"), частка відновлювальної енергетики на українському ринку становить лише 8% від загальної електроенергії, коли державні витрати на цей вид електроенергії становлять аж 26% грошового обігу на ринку.

У той же час, українські виробники електроенергії з відновлювальних джерел (ВДЕ) звертають увагу на високу вартість будівництва, зокрема сонячних та вітрових електростанцій в Україні, а також вартість підключення до мережі в порівнянні з вартістю аналогічних процесів у світі. Також, виробники ВДЕ закликають врахувати ризики ведення бізнесу в Україні, зокрема корупційні ризики та бюрократичну складову. Це у свою чергу збільшує часові рамки реалізації проектів ВДЕ, а отже і витрати на реалізацію проектів ВДЕ.

Такі аргументи українські виробники електроенергії з відновлювальних наводять як першопричини існуючого порядку тарифоутворення і розміру “зеленого” тарифу, передбаченого чинним законодавством. Крім того, виробники ВДЕ не вважають ретроспективне зменшення “зеленого” тарифу співмірним методом вирішення існуючої проблеми на ринку електроенергії. Діяльність у сфері відновлювальної енергетики забезпечує високий рівень надходжень до державного бюджету, а зменшення “зеленого” тарифу відповідно може урізати такі надходження, що глобально не є вигідним для України.

Ще до запровадження ринку електроенергії в Україні було зрозуміло, що “зелений” тариф з часом виконає свої функції та перестане бути актуальним. Механізм роботи ринку відновлювальної енергетики, відповідно до чинного законодавства, повинен був врегулювати поступовий перехід від “зеленого” тарифу, встановленого до 2030 року, до механізму “зелених” аукціонів, які повинні були запрацювати з 2019 року. Більшість європейських країн використовували такий шлях і тепер їхні енергетичні ринки працюють на основі “зелених” аукціонів. Відповідно до українського законодавства аукціони повинні працювати за оберненим принципом (редукціон). Це означає, що перемогу отримає той інвестор, який запропонує найнижчу ціну за електроенергію у порівнянні зі стартовою ціною. При цьому стартовою буде вважатися ціна, що дорівнює “зеленому” тарифу. Відповідно, за умовами такого аукціону, учасники подають закриті пропозиції, що містять технічну пропозицію (потужність) та цінову пропозицію. У порівнянні з “зеленим” тарифом, механізм аукціонів пропонує більш конкурентний та ринковий варіант отримання державної підтримки. Проте, зважаючи на потенційне запровадження ретроспективного зменшення “зеленого” тарифу та суттєву заборгованість зі сплати виробникам електроенергії з відновлювальних джерел за вироблену електроенергію за “зеленим” тарифом, а також затримку із реалізацією процесу аукціонів, немає гарантії, що переможці аукціонів своєчасно отримуватимуть державну підтримку у повному обсязі.

УДК 620.92:621.314

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПІДКЛЮЧЕНОЇ ДО МЕРЕЖІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ З АКУМУЛЯТОРНОЮ БАТАРЕЄЮ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ЛОКАЛЬНОГО ОБ’ЄКТУ

І. Циганенко, ст. гр. БМЕ 17,

М. Харченко, ст. гр. БМЕ 17,

О. Шавьолкін, проф., д-р техн. наук.

Київський національний університет технологій та дизайну

У зв’язку з розповсюдженням фотоелектричних станцій (ФЕС) стають очевидними проблеми щодо їх використання, що пов’язано з нерівномірністю надходження сонячної генерації і необхідністю підтримання балансу в енергосистемі. Змінюються підходи щодо реалізації ФЕС. За цього зручним інструментом є імітаційне

модельовання енергетичних процесів, що дозволяє оцінювати ефективність прийнятих рішень [1, 2, 3].

Мета роботи – удосконалення імітаційної моделі підключеної до розподільчої мережі (РМ) з трizonною тарифікацією ФЕС з акумуляторною батареєю (АКБ) для забезпечення власних потреб локального об'єкту (ЛО), що дозволить досліджувати використання та перерозподіл енергії в добовому циклі.

Розглянуто імітаційну модель ФЕС без генерації енергії в РМ в умовах дії трьох тарифів сплати за енергію, що споживається з РМ. Прийнято за 1 денний (з 11.00 до 20.00), піковий 1.5 (з 7.00 до 11.00 та з 20.00 до 22.00), нічний 0.4 (з 22.00 до 7.00). В часи ранкового піку використовується енергія, накопичена в АКБ за нічним тарифом, в денні енергія фотоелектричної батареї (ФБ), в часи вечірнього піку накопичена в АКБ енергія від ФБ і РМ за денного тарифу [1, 3]. Генерація ФБ $P_{ФБ}(t)$ задається за даними [5], потужність навантаження ЛО $P_H(t)$ задається у табличній формі. Втрати енергії в інверторі та перетворювачах напруги враховуються згідно ККД. Значення струму АКБ I_B визначається згідно потужностям $P_{ФБ}(t)$, $P_H(t)$, режиму роботи і напрузі АКБ U_B . Запропонована модель АКБ (рис.1) побудована за даними виробника [4] і враховує властивості зарядно-розрядних характеристик АКБ $U_B(Q^*)$, $I_B(Q^*)$ в залежності від

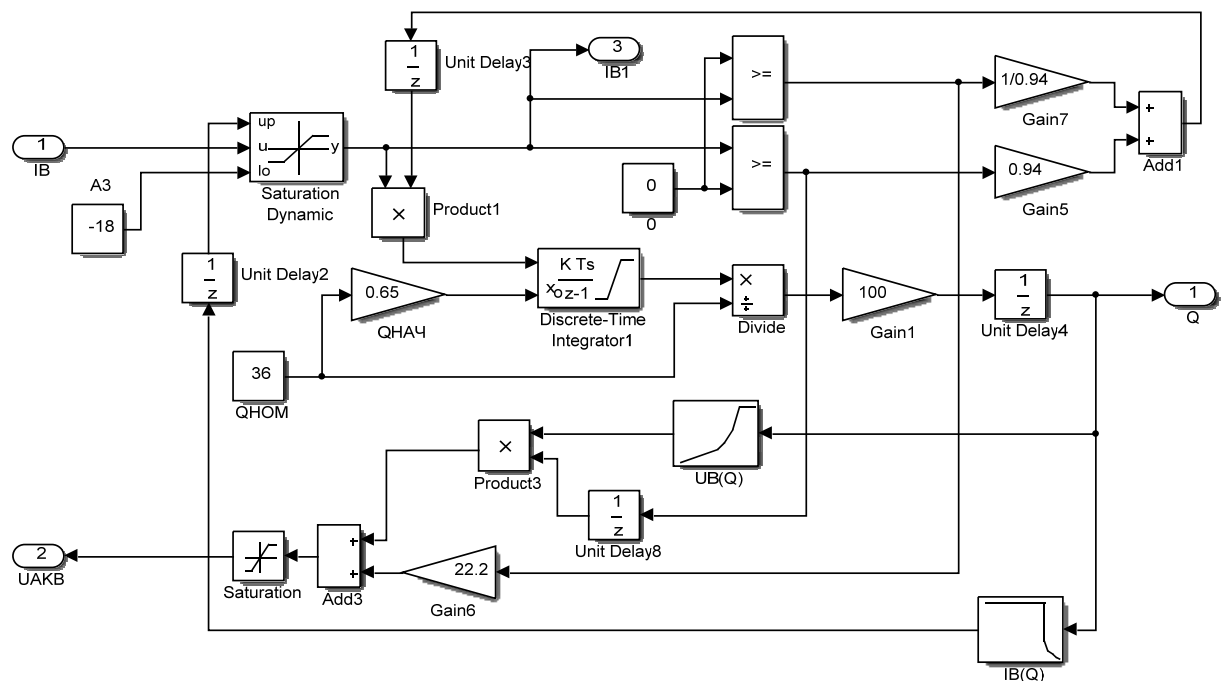


Рисунок 1 – Структура моделі акумуляторної батареї

ступеню заряду $Q^*=100 \cdot Q/Q_{НОМ}$.

При визначенні Q також враховується ККД АКБ η_B

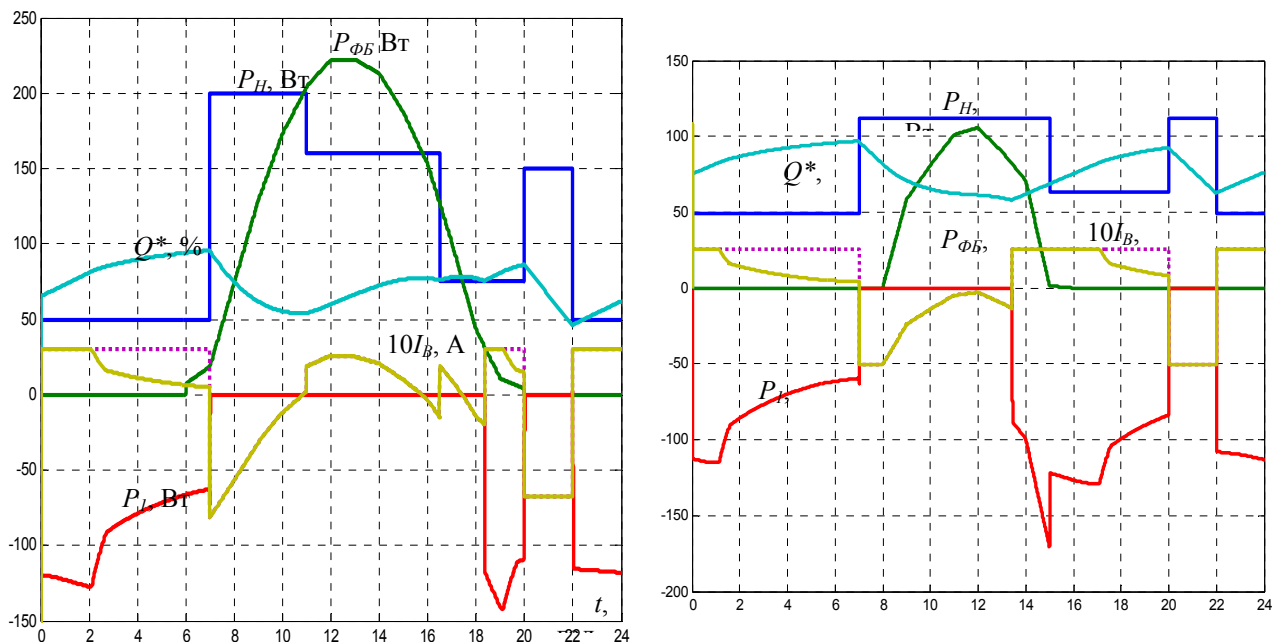
$$Q = Q_S + \int I_B^1 \cdot dt,$$

де Q_S – початковий заряд, $I_B^1 = I_B \cdot \eta_B$ - при заряді АКБ і $I_B^1 = I_B / \eta_B$ - при розряді.

За цього ступінь розряду $Q^* \leq 50\%$ [4].

На даному етапі досліджень визначалось співвідношення між номінальною потужністю ФБ ($P_{ФБНОМ}$) і енергією АКБ W_B (ємністю C_B) за умови отримання максимального зниження витрат на оплату електроенергії, що споживається з РМ. Так у разі $C_B=36$ А·год за напруги $U_B=24$ В ($W_B=864$ Вт) значення $P_{ФБНОМ}=315$ Вт, відповідно за $P_{ФБНОМ}=1$ кВт $C_B=115$ А·год. Осцилограми потужності ФБ $P_{ФБ}$, потужності навантаження P_H , потужності, що споживається з РМ P_I , заряду АКБ Q^* , струму АКБ I_B у добовому циклі наведені на рис.2. За рекомендованого графіку $P_H(t)$

для ясного дня у червні сплата за електроенергію у разі використання ФЕС може бути зменшена в 5.3 рази (рис.2, а).



а) ясний день у червні
б) ясний день у грудні
Рисунок 2 - Осцилограми $P_{ФБ}$, P_H , P_G , Q , I_B у добовому циклі роботи ФЕС

Взимку маємо суттєве зменшення сонячної радіації. За цього навантаження має бути також пропорційно зменшено, що не завжди реально. Проте, навіть за цього, витрати на електроенергії зменшуються (в 1.86 рази для рис.2, б)

Список літератури

1. Shavelkin A., Shvedchykova I. Management of generation and redistribution electric power in grid-tied photovoltaic system of local object. *Tekhnichna elektrodynamika*, 2020. No 4, (July/August). P. 55–59.
2. Обухов С.Г., Плотников И.А. Имитационная модель режимов работы автономной фотоэлектрической станции с учетом реальных условий эксплуатации. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*, 2017. Т. 328, № 6. С. 38–51.
3. Shavolkin O., Shvedchykova I., Demishonkova S. Simulation model of the photovoltaic system with a storage battery for a local object connected to a grid with multi-zone tariffication. 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), Kyiv, Ukraine, 2020, P. 368-372.
4. OPzV12-100 (12V100Ah) HENGYANG RITAR POWER CO.,LTD. URL: www.ritarpower.com
5. Photovoltaic geographical information system. URL: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#SA

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ГРАФІЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ РОЗПІЗНАВАННІ ПЕРЕГРІВІВ, ЯКІ СУПРОВОДЖУЮТЬСЯ ДУГОВИМИ РОЗРЯДАМИ

О. Шутенко, доц., канд. техн. наук

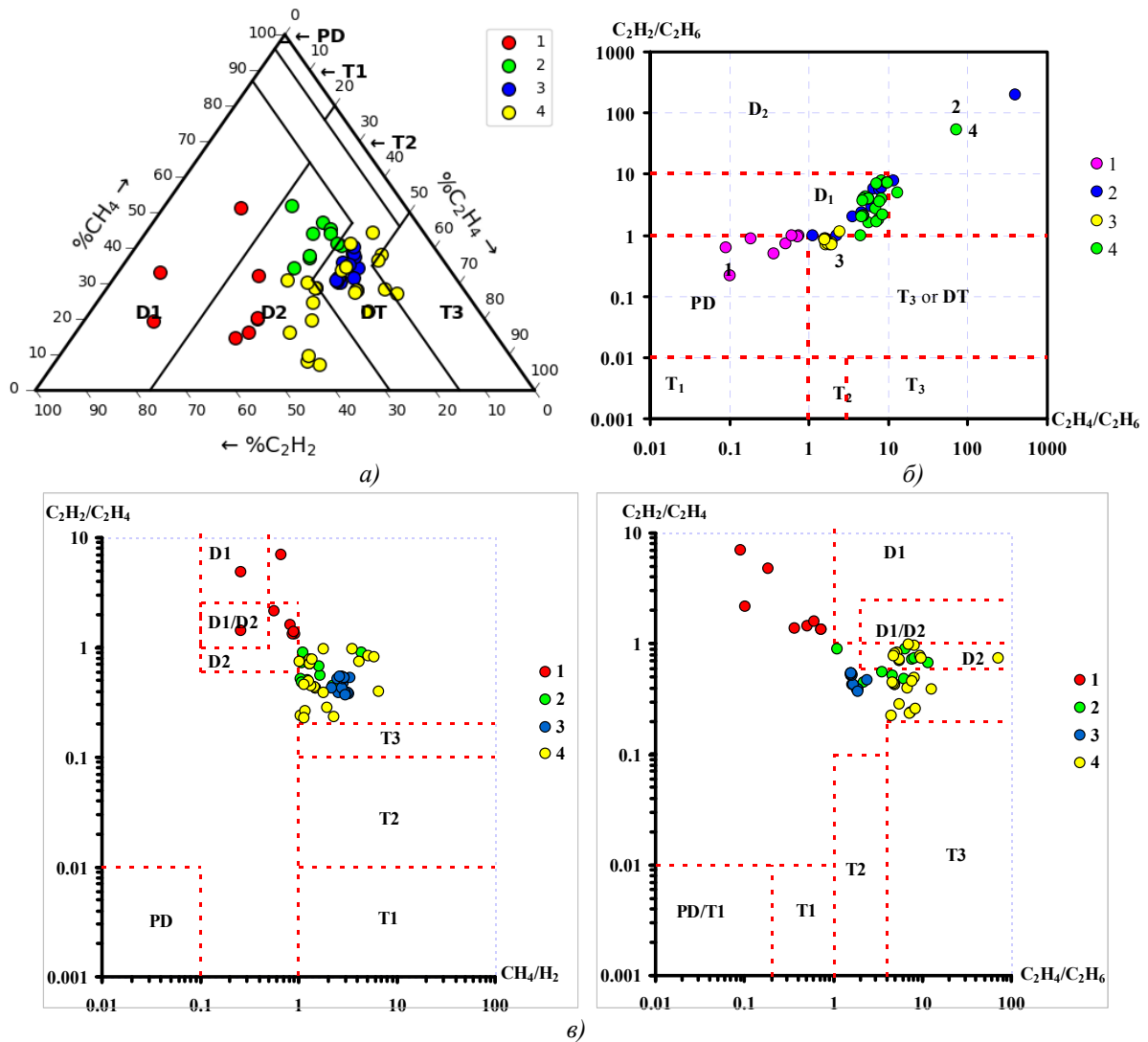
О. Кулик, асп.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Одним із шляхів підвищення експлуатаційної надійності силових трансформаторів, особливо тих, які експлуатуються за межами нормативного терміну служби, є використання найбільш достовірних методів діагностики. Одним із таких методів, що дозволяє не тільки виявляти дефекти маслонаповненого обладнання на ранній стадії, але і розпізнавати їх тип, є аналіз розчинених в маслі газів (АРГ). Критерії і правила, що регламентуються діючими стандартами по інтерпретації результатів АРГ, дозволяють розпізнавати як дефекти електричного типу, так і локальні перегріву. Однак, об'єктивні труднощі виникають при використанні методу АРГ при розпізнаванні так званих комбінованих дефектів, наприклад розрядів, які супроводжуються перегрівом або перегрівом, що переходять у розряди. Враховуючи, що найбільшу небезпеку для ізоляції трансформаторів являють собою дугові розряди, в даній роботі аналізується достовірність розпізнавання перегрівів з різними значеннями температури, які супроводжуються дуговими розрядами, з використанням графічних методів інтерпретації, рекомендованих до використання стандартом ІЕС 60599 [1] і національним стандартом [2]. В якості вихідних даних були використані результати АРГ по 57 трансформаторам, в яких виявлені перегріву в різних діапазонах температур, що супроводжуються дуговими розрядами. За аналогією з [3, 4] результати АРГ були ранжовані за типом дефекту, після чого були розраховані значення відношень газів, які наведені в таблиці 1. Як видно з таблиці значення відношень газів одночасно відповідають як термічним, так і електричним дефектам, що ускладнює їх розпізнавання. Далі для кожного з 57 трансформаторів був поставлений діагноз з використанням трьох графічних методів: трикутника Дюваля, квадрата ЕТРА і прямокутника Дорненбурга. Результати наведені на рис. 1.

Таблиця 1 – Значення відношень газів в трансформаторах з перегрівом, які супроводжуються розрядами з високою щільністю енергії

№	Тип дефекту	$\frac{C_1H_4}{H_2}$	$\frac{C_2H_6}{CH_4}$	$\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$	$\frac{C_2H_2}{CH_4}$	$\frac{C_2H_2}{C_2H_6}$	$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$
1	Перегріву з температурою менше 300°C, що переходять у дугу. N=8	0.258-0.92	2.32-4.22	0.102-0.739	0.64-3.58	0.218-0.981	1.32-4.813
2	Перегріву в діапазоні температур 300-500°C що переходять у дугу. N=10	1.09-2.22	0.06-0.9	2.22-12	0.4-0.9	1-7.8	0.45-0.9
3	Перегріву в діапазоні температур 500-700°C що переходять у дугу. N=15	2.2-3.4	0.49-0.95	1.5-2.5	0.39-0.8	0.65-1.15	0.36-0.543
4	Перегріву з температурою вище 700°C, що переходять у дугу. N=24	0.2-0.98	0.14-1.15	4.1-12.95	0.49-4.3	2.5-9.5	0.34-0.98



а – трикутник Дюваля; б – квадрат ЕТРА; в – прямокутник Дорненбурга

Рисунок 1 – Результати діагностики 57 трансформаторів з перегрівом, що переходять у дугу, з використанням різних графічних методів

Виконаний аналіз показав, що найгірші результати забезпечує використання прямокутника Дорненбурга (у всіх 57 випадках відмова від розпізнавання). Використання квадрата ЕТРА забезпечує постановку правильних і частково правильних діагнозів (правильно визначена енергія розрядів) в 31,6% випадків, в решті – був поставлений помилковий діагноз. Найбільше число правильних і частково правильних діагнозів (90%) забезпечує використання трикутника Дюваля. Для підвищення достовірності розпізнавання, разом із трикутником Дюваля, доцільно використовувати значення відношень газів з табл. 1.

Список літератури

1. IEC Publication 60599, Mineral oil-filled electrical equipment in service - Guidance on the interpretation of dissolved and free gases analysis, 2015.
2. СОУ-Н ЕЕ 46.501:2006: Діагностика маслонаповненого трансформаторного обладнання за результатами хроматографічного аналізу вільних газів, відібраних із газового реле, і газів, розчинених у ізоляційному маслі. – Київ. – 2007.
3. Kulyk O.S., Shutenko O.V. Analysis of Gas Content in Oil-Filled Equipment with Spark Discharges and Discharges with High Energy Density // Transactions on Electrical and Electronic Materials. – 2019. – Volume 20, Issue 5, pp. 437–447. DOI: 10.1007/s42341-019-00124-8

4. Oleg Shutenko, Oleksii Kulyk Analysis of Gas Content in Oil-Filled Equipment with Low Energy Density Discharges // International Journal on Electrical Engineering and Informatics - Volume 12, Number 2, June 2020.– pp. 258-277. DOI: 10.15676/ijeii.2020.12.2.6

УДК:621.31

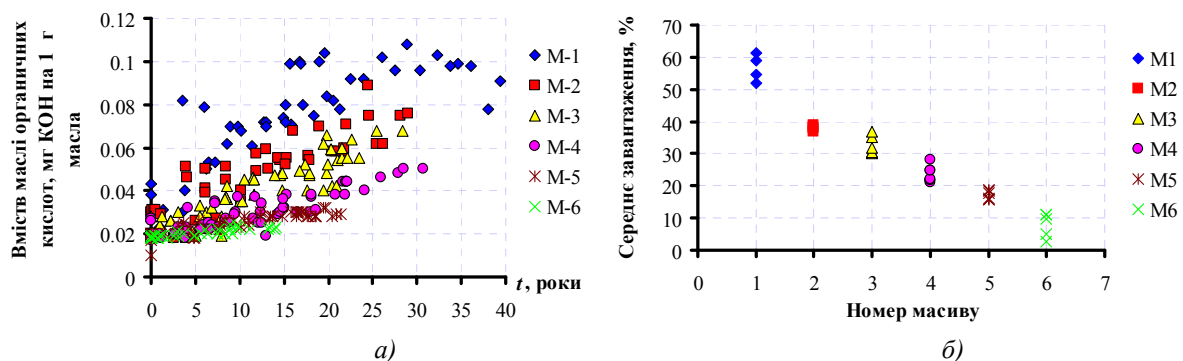
ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСФОРМАТОРНИХ МАСЕЛ З УРАХУВАННЯМ ЗАВАНТАЖЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРІВ

О. Шутенко, доц., канд. техн. наук
С. Пономаренко, асп.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Практичний перехід на обслуговування силових трансформаторів за їх поточним станом, а не за календарним планом можливий за наявності моделей, що дозволяють прогнозувати стан обладнання за результатами поточних випробувань [1]. Одним з елементів ізоляції високовольтних силових трансформаторів, що забезпечують їх надійне функціонування, є трансформаторне масло. Накопичення продуктів старіння масла в процесі тривалої експлуатації призводить не тільки до зниження його ізоляційних властивостей, але й до погіршення механічних характеристик основної ізоляції трансформаторів, що може призвести до їх аварійного пошкодження. У зв'язку з цим розробка моделей для прогнозування значень показників трансформаторних масел є актуальною і представляє практичну цінність.

Наявність значущого кореляційного зв'язку між показниками ізоляції трансформаторних масел і тривалістю експлуатації [2] дозволяє використовувати фактор тривалості експлуатації для прогнозування значень показників масел. Як показано в [3] одним із факторів, що впливають на інтенсивність старіння масел, є завантаження трансформаторів. Як приклад такого впливу на рис. 1 наведені залежності вмісту в маслі органічних кислот від тривалості експлуатації для 6 масивів даного показника з однаковою швидкістю окислення (рис. 1, а) і значення середнього завантаження трансформаторів, що складають дані масиви (рис. 1, б).

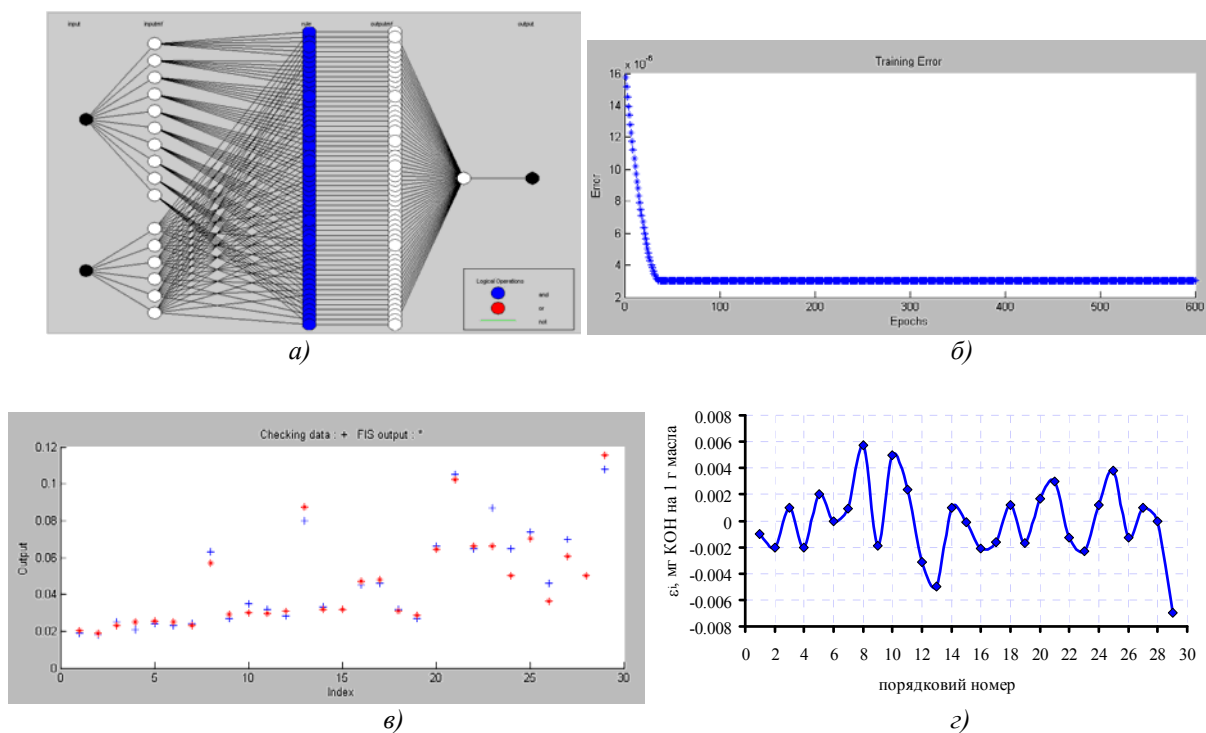


а – залежність вмісту в маслі органічних кислот від тривалості експлуатації; б – розподіл трансформаторів за коефіцієнтами завантаження в однорідних масивах

Рисунок 1 – Кореляційна залежність між середнім завантаженням трансформаторів і вмістом в маслі органічних кислот

Як видно з рис. 1, існує функціональний зв'язок між завантаженням трансформаторів і швидкістю старіння масел, що також дозволяє використовувати даний параметр в якості провісника прогнозу. Для прогнозування значень вмісту в

маслі органічних кислот за значеннями тривалості експлуатації і середнім значенням коефіцієнтів завантаження використовувалася система адаптивного нейро-нечіткого виведення (ANFIS). Загальний вигляд створеної нечіткої нейронної мережі представлений на рис. 2, а. У створеної мережі 16 входів – 10 входів за часом і 6 входів за значеннями коефіцієнта завантаження. В якості функції приналежності для кожної вхідної змінної використовувалися трапецеїдальні функції. Це дозволило забезпечити максимальний ступінь приналежності всередині кожного інтервалу і його зниження по краях. Для вихідного параметра тип функції приналежності був заданий як const. Для навчання мережі використовувалися результати вимірювань значень вмісту в маслі органічних кислот по 20 трансформаторам напругою 110 кВ типу ТРДН-25, залитих маслом марки Т-750. Кількість циклів навчання створеної нечіткої нейронної мережі склала 600 епох. На рис. 2, б показана залежність помилки навчання від кількості циклів навчання. Помилка навчання склала $3,01 \cdot 10^{-6}$ мг КОН на 1 г масла. Після чого мережа була протестована на вибірці з даних, які не використовувалися у навчальній вибірці. На рис. 2, в наведені фактичні (перевірочна вибірка) і спрогнозовані значення вмісту в маслі органічних кислот. Середньоквадратична похибка прогнозу склала 0,00292 мг КОН на 1 г масла. На рис 2, г наведено динаміку зміни помилки прогнозу при перевірці на незалежній вибірці. Оскільки при подачі на вхід мережі дані в перевірочній вибірці були ранжовані по мірі зростання терміну експлуатації, то фактично крива на рис. 2, г відображає динаміку зміни похибки прогнозу від тривалості експлуатації. Аналізуючи залежність на рис. 2, г легко побачити, що залежність має випадковий, стохастичний характер. Тобто навчена система ANFIS адекватно враховує нелінійний характер залежностей показників масла від тривалості експлуатації.



а – топологія нечіткої нейронної мережі; б – залежність помилки навчання нечіткої нейронної мережі від кількості циклів навчання; в – фактичні (+) і спрогнозовані (*) значення вмісту в маслі органічних кислот; г – динаміка зміни помилки прогнозу при перевірці мережі на незалежній вибірці

Рисунок 2 – Структура нечіткої нейронної мережі та результати її навчання

Наведені результати показують, що врахування значень коефіцієнтів завантаження трансформаторів разом зі значеннями тривалості експлуатації для прогнозування значень показників трансформаторних масел дозволяють забезпечити досить високу достовірність і адекватність результатів прогнозу.

Список літератури

1. H.D. Singh and J. Singh, "Enhanced optimal trained hybrid classifiers for aging assessment of power transformer insulation oil", World Journal of Engineering, vol. 17, no. 3, pp. 407-426, 2020. DOI: 10.1108/wje-11-2019-0339
2. Шутенко О.В. Комплексный корреляционный анализ показателей качества трансформаторного масла / О.В. Шутенко // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2008. – №45. – С. 156 – 167.
3. Шутенко О.В. Исследование влияния режимов работы трансформаторов на интенсивность старения масла / О. В. Шутенко // Энергетика та електрифікація. – Київ. – 2008 – №8. – С. 54–59.

УДК:621.31

DETERMINATION OF MAXIMUM PERMISSIBLE VALUES OF INSULATION INDICATORS OF HIGH-VOLTAGE OIL-FILLED BUSHINGS BY THE METHOD OF MINIMUM RISK

O. Shutenko, *phd, associate professor*

A. Zagaynova, *assistant*

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

According to the normative document in force in Ukraine [1], the decision on the condition of the bushings is made on the basis of the results of comparing the values of the insulation indicators obtained from the test results with the limiting permissible values. At the same time, the values of indicators are normalized only by voltage class, type of insulation and grade of oil. At the same time, such factors as the duration of operation, the values of operating currents are not taken into account, and the studies carried out in [2] showed a significant influence of these factors on the values of the insulation indicators of bushings. In addition, there is currently no method that allows energy companies to independently determine the limit permissible values of indicators taking into account these factors.

To determine the maximum permissible values of insulation indicators for high-voltage bushings, it is proposed to use the minimum risk method. Considering that the values of the insulation indicators of both serviceable and defective bushings can be described by the Weibull distribution [3], the average risk function, for example, for the tangent of the dielectric loss angle of the main insulation of the bushings ($\text{tg}\delta_1$), can be represented as:

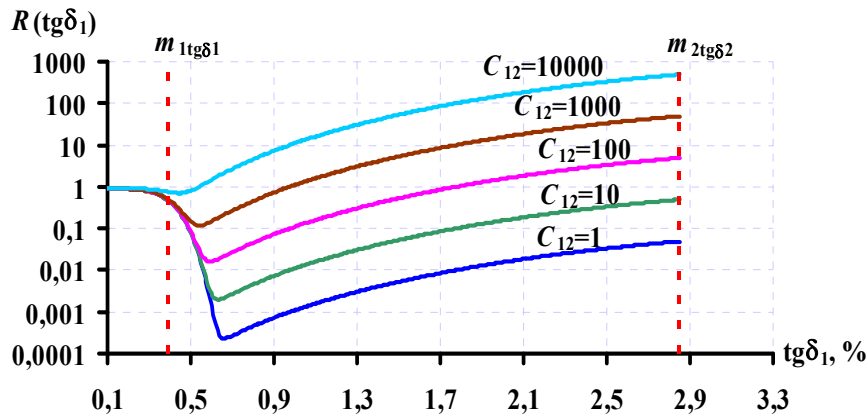
$$R = C_{21}P_1 \int_{\text{tg}\delta_{2p}}^{\infty} \frac{\beta_1}{\alpha_1^{\beta_1}} \cdot \text{tg}\delta^{\beta_1-1} \cdot e^{-\left(\frac{\text{tg}\delta}{\alpha_1}\right)^{\beta_1}} dt\text{g}\delta + C_{12}P_2 \int_{-\infty}^{\text{tg}\delta_{2p}} \frac{\beta_2}{\alpha_2^{\beta_2}} \cdot \text{tg}\delta^{\beta_2-1} \cdot e^{-\left(\frac{\text{tg}\delta}{\alpha_2}\right)^{\beta_2}} dt\text{g}\delta, \quad (1)$$

where α_1, β_1 – values of scale and shape parameters for distribution of $\text{tg}\delta$ values in serviceable bushings; α_2, β_2 – values of scale and shape parameters for distribution of $\text{tg}\delta$ values in defective bushings; $\text{tg}\delta_{2p}$ – limiting permissible value of $\text{tg}\delta$ to be determined.

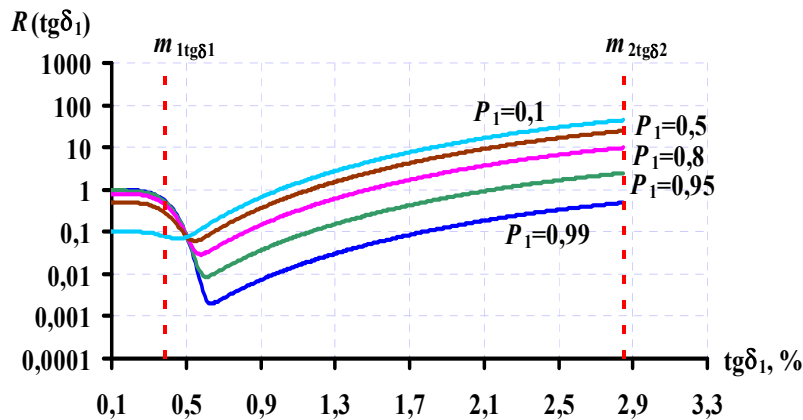
The mechanism for minimizing the average risk function (1) is shown in Fig. 1, which shows the dependence of the risk on the value of $\text{tg}\delta_1$ for different values of the conditional values of erroneous decisions (Fig. 1a) and different values of the probability of a healthy state (Fig. 1 b). As seen from Fig. 1, with an increase in the notional value of "missing a defect" and with an increase in the probability of a defect, the minimum of the average risk

function shifts towards the sample mean for a good condition. The risk value can change by several orders of magnitude with the same values of the parameters of the distribution law, depending on the values of the conditional values of erroneous decisions, the probabilities of serviceable and defective input states.

The risk analysis carried out in [4], using the boundary permissible values of the indicators regulated in [1] and the boundary permissible values of indicators obtained by different methods, showed that the minimum value of possible economic damage is provided by the boundary permissible values of indicators obtained by the method of minimum risk, taking into account operating conditions of bushings.



a



b

Fig. 1 Dependences of average-risk values on values $\text{tg}\delta_1$: a – at different values for the

cost of "missing a defect"; b – at different values for the probabilities of the proper state.

Thus, the paper proposes a method for determining the limiting permissible values of the insulation indicators of high-voltage bushings, which differs from the existing ones in that the limiting permissible values of the indicators are determined by minimizing the average

risk function, taking into account the distribution of the values of indicators for a serviceable and defective state, as well as the design features of the bushings and modes of their operation, which ensures a minimum of possible losses in case of erroneous decisions.

References:

1. Норми випробування електрообладнання : СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 – Офіц. вид., приказ Мінпаливенерго 2007-01-15 г. №13. К. : ОЕП «ГРИФРЕ» : Мінпаливенерго палива та енергетики України, 2007. 262 с.
2. О.В. Шутенко, А.А. Загайнова, Г.Н. Сердюкова Анализ влияния условий и режимов эксплуатации на техническое состояние основной изоляции высоковольтных вводов различной конструкции // *Електротехніка і Електромеханіка*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2019.–№1. – С. 33–42. DOI: <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2019.1.10>;
3. ShutenkoOleg, Zagaynova Alexandra, Serdyukova Galina Analysis of distribution laws of insulation indicators of high-voltage oil-filled bushings of hermetic and non-hermetic execution // *Technology audit and production reserves*. – 2018. – Vol. 4. – №. 1 (42). – pp 30–39; DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.140873>;
4. O. Shutenko, A. Zagaynova, G. Serdyukova Determining the Maximally Permissible Values for the Indicators of Insulation of Sealed Entrance Bushings with a Voltage of 110 kV Using the Method of Minimal Risk // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*– 2018. – Vol. 5. – №. 8 (95). – pp 6–15. DOI: [10.15587/1729-4061.2018.142185](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142185);

УДК 621.311

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ РОЗПОДІЛЬЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

**О. Довгалюк, доц., канд. техн. наук,
Р. Бондаренко, асп.,
К. Мірошник, асп.,
І. Яковенко, асп.**

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

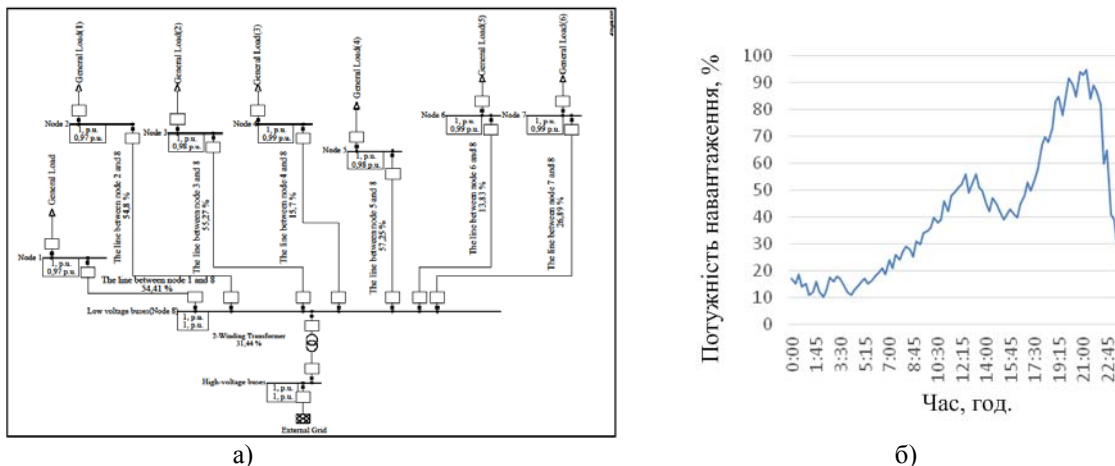
Розподільчі електричні мережі (РЕМ) є унікальною і важливою ланкою в електроенергетичній системі, ефективність роботи якої визначає надійність та якість електропостачання споживачів. РЕМ виконуються на класи напруги 0,4-35 кВ, мають значну протяжність, до них підключається велика кількість споживачів з мінливими та нестационарними графіками споживання електроенергії. Це призводить до великих втрат потужності в таких електричних мережах у порівнянні з живлячими і системоутворюючими мережами, які виконуються на більш високі класи напруги.

Тенденцією розвитку РЕМ в останні роки є збільшення кількості джерел розподіленої генерації, до яких відносяться відновлювальні джерела енергії (ВДЕ). Вони підключаються безпосередньо до РЕМ і характеризуються значною залежністю генерації від кліматичних умов і стану навколишнього середовища. Для вирішення цієї проблеми в світі все частіше використовуються різні системи накопичення електричної енергії (СНЕ), які дозволяють оптимізувати виробництво електроенергії за рахунок вирівнювання графіка потужності та завдяки цьому забезпечити підвищення надійності виконання планового графіку видачі потужності ВДЕ в мережу. Слід підкреслити, що використання СНЕ з метою нівелювання нерівномірної роботи генеруючих потужностей ВДЕ для енергосистеми України є шляхом розвитку, який затверджений державною енергетичною стратегією [1]. Аналіз розвитку сучасних технологій зберігання енергії та їх використання для створення СНЕ показує, що потужність і кількість таких систем значно збільшуються як в світі, так і в Україні. Це свідчить про

своєчасність і актуальність дослідження питання застосування СНЕ в електричних мережах для підвищення ефективності їх роботи.

Для підвищення ефективності роботи електричної мережі 0,4 кВ, розташованої в міській зоні, були передбачені заходи з встановлення СНЕ. До даної електричної мережі підключені комунальні, адміністративні, побутові та промислові споживачі з дуже різними добовими графіками навантаження. Схема та визначений графік сумарного навантаження споживачів досліджуваної РЕМ представлені на рис. 1. З урахуванням цієї інформації був визначений графік сумарної потужності, що надходить із зовнішньої енергосистеми в досліджувану електричну мережу для покриття отриманого графіка споживання навантаження. Для зниження втрат потужності в досліджуваній РЕМ доцільно використовувати СНЕ різних типів, в тому числі й маховики, оскільки серед споживачів є такі, що дозволять використовувати кінетичну енергію їх руху. У зв'язку з цим важливим завданням є визначення типу та місця підключення систем накопичення енергії в досліджуваній розподільній електричній мережі.

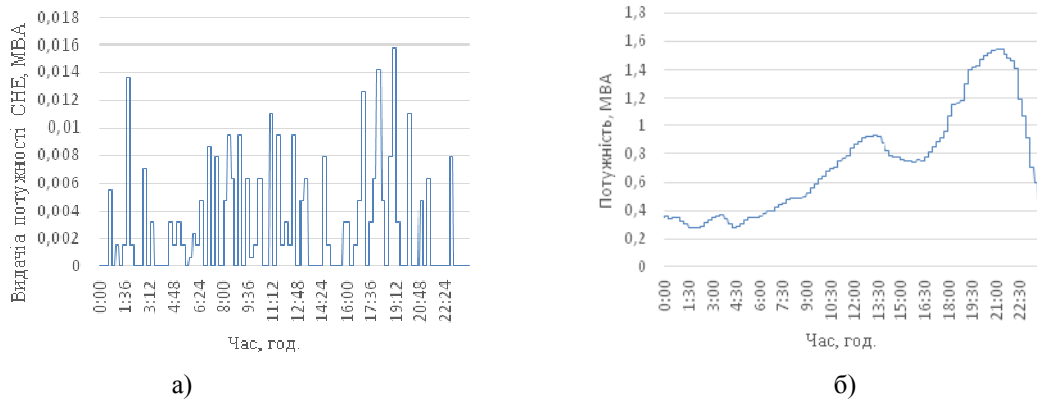
Було обґрунтовано, що підключення СНЕ на шинах 0,4 кВ у вузлах мережі, в яких безпосередньо підключені навантаження є більш доцільним у порівнянні з іншими варіантами розташування накопичувачів. Це вузли 1-5 в представленій схемі досліджуваної РЕМ. Для кожного з вузлів навантаження окремо визначався тип СНЕ, серед яких були застосовані акумуляторні батареї та маховики. Потужність кожної СНЕ становила 0,04 МВт.



а – схема досліджуваної РЕМ, б – сумарне навантаження споживачів досліджуваної РЕМ

Рисунок 1 – Характеристика досліджуваної розподільної мережі

Після підключення накопичувачів енергії в досліджуваній РЕМ змінюється графік потужності, яка надходить з енергосистеми для покриття навантаження споживачів у мережі. Були побудовані графіки видачі потужності СНЕ для кожного з вузлів розглянутої РЕМ, на основі яких одержаний сумарний графік видачі потужності СНЕ в мережу (рис. 2 а). На основі цього графіку було отримано сумарний графік споживання потужності з енергосистеми після підключення в РЕМ вибраних СНЕ, який показаний на рис. 2 б.



а – сумарний графік видачі потужності СНЕ в РЕМ, б – графік потужності, яка надходить з енергосистеми до РЕМ

Рисунок 2 – Характеристика потужності в досліджуваній РЕМ після встановлення СНЕ

Для аналізу функціонування досліджуваної РЕМ з використанням програмно-обчислювального комплексу DigSILENT PowerFactory [2] було виконано моделювання параметрів режимів роботи досліджуваної мережі в характерних режимах. Аналіз результатів моделювання у показав, що вимоги до параметрів режиму та якості електричної енергії в досліджуваній мережі виконуються. Застосування обраних СНЕ дозволяє знизити втрати потужності в досліджуваній РЕМ на 4,7 %.

Таким чином, застосування СНЕ в РЕМ дозволяє знизити пікові навантаження на трансформатори підстанцій, що сприяє зменшенню втрат потужності в мережі та підвищує ефективність і надійність роботи електричних мереж.

Список літератури

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 р. № 605-р. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>.
2. DigSILENT PowerFactory. – URL: <http://regimov.net/content.php/81-programm>.

УДК:678.023

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ПРОЦЕСУ ЕКСТРУЗІЇ ПОЛІМЕРІВ

В. Новодворський, аспірант,

М. Швед, к.т.н, доц.,

Д. Швед, к.т.н

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Полімерними композиційними матеріалами зазвичай називають матеріали, які отримано з двох або більше компонентів, які необхідно рівномірно розподілити в розплаві. В основному для цього використовують одночерв'ячні екструдери.

У роботах [1-3] розглянуто споживання електроенергії одночерв'ячним екструдером, який було умовно розділено по зонах в яких вимірювалися різні параметри.

Моніторинг споживання енергії в реальному часі для кожного компонента бажаний для оптимізації загальної енергоефективності. При цьому було визначено, що висока енергоефективність не означає кращу якість розплаву [1].

Автор [2] прийшов до висновку, що швидкість обертання шнека є найбільш критичним параметром, який впливає на споживання потужності електродвигуном екструдера.

Хоча споживання електроенергії одночерв'ячним екструдером відносно незначні, але використання електроенергії можна зменшити застосувавши для перероблення полімерних композицій дисковий екструдер [4], плавлення в якому відбувається за рахунок енергії дисипації, що веде до менших питомих показників витрати енергії, а також при незмінній продуктивності, завдяки дозованому живленню, дає можливість гнучко контролювати термо-механічне навантаження на розплав та його якість за допомогою зміни на $\pm 20-25\%$ величини обертів диска та дискового зазору. Також визначено, що дискові екструдери можна ефективно використовувати як розплавлювачі-змішувачі [4,5], де висока змішуюча здатність дискового екструдера дозволяє використовувати менше легуючих добавок для досягнення необхідної гомогенності розплаву.

Список літератури

1. Jing Deng et al., (2013), Energy consumption analysis for a single screw extruder, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 533-540.
2. Chamil Abeykoon et al., (2010), Modelling the effects of operating conditions on motor power consumption in single screw extrusion, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 9-20.
3. A. G. Shcherbinin, A. E. Terlych, and E. V. Subbotin, (2012), Extruder power consumption, Russian electrical engineering, 609-612.
4. Швед М.П., Швед Д.М., Бояркін О.О., (2017) Розплавлювач-гомогенізатор розплавів полімерів на базі дискового екструдера, Молодий вчений, 769-771.
5. Yu.G., Ostapchuk, N.K. Zhuk, (1969), Calculation of the output and consumption of disc extruders, Khimicheskoe i Neftyanoe Mashinostroenie, 602-604.

УДК 66.096.5:54.05

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ПОШАРОВА ГРАНУЛЯЦІЯ ГЕТЕРОГЕННИХ РІДКИХ СУМІШЕЙ

Я. Гоцький, аспірант

А. Степанюк, доц. канд. техн. наук

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Гранульовані добрива мають ряд переваг в порівнянні з рідкими, які обумовлюються зручністю експлуатації, зберігання і тривалішим процесом дії в ґрунті [1]. Традиційні азотні, фосфатні, калійні та комплексні гранульовані мінеральні добрива, які зазвичай застосовуються є неефективним через відносно високі втрати азоту, фосфору та калію внаслідок високої розчинності [2, 3].

Для зниження втрат основних добре розчинних мінеральних речовин найбільш доцільним є створення добрив шляхом формування багатошарового твердого композиту з рівномірним розподілом мінеральних компонентів (сульфат амонію, хлорид калію, тощо), гумінових речовин, розкислювального компоненту (карбонат кальцію) та інших компонентів у заданих співвідношеннях. Можливість регулювання співвідношення кожного компоненту дозволить створити добриво в відповідності аграрно-кліматичних умов ведення сільського господарства.

Створення даного гранульованого продукту досягається за рахунок пошарового механізму грануляції гетерогенних рідких систем у псевдозрідженому шарі, який полягає в багатоциклічному процесі зрошення, формування та утримання сорбційними

силами рідкої фази і двостороннього підведення теплоти від твердої частинки та газового теплоносія з подальшим випаровуванням та кристалізацією на поверхні гранули [4]. У виробництві високоякісних композиційних гранул постає завдання в забезпеченні ефективного процесу структуроутворення композиційної гранули у апараті псевдозрідженого шару. Це дозволить зменшити енергозатрати на процес грануляції, зменшити втрати сировини на виробництво та підвищити якість отриманих гранул.

На зображеннях структури поверхні гранули видно чітко виражену пористу структуру з каналами, які проходять від центру гранули до її поверхні, (Рисунок 1, а). Причиною утворення пор в тілі гранули є радіальний рух пари з поверхні рідинної плівки при зневодненні гранули.

Сорбція рідкої фази у пори гранул призводить до направленої руху рідини та формування округлої структури кристалів мінеральних солей. За рахунок сорбції диспергованого розчину, поданого у вигляді крапель на поверхню нагрітої твердої частинки, відбувається рівномірне розподілення, утримання і всмоктування розчину у пори гранули.

Аналізуючи мікрофотознімки внутрішньої структури гранули, видно каркас з кристалів сульфату амонію, які з'єднуються в агломерати з кристалічних зародків. Наявність даної структури у вигляді кристалічного каркасу з сульфату амонію дозволяє включити різноманітні домішки органічного та неорганічного походження (Рисунок 1, б).

Наявність кристалічних агломератів сульфату амонію пояснюється частковим розчиненням поверхні вже сформованого кристалічного каркасу сульфату амонію при наступному зволоженні гранули і коагуляції з осадженими зародками в пересиченому розчині, при інтенсивному видаленні розчинника. Поглинання частини розчину є основною причиною відсутності формування щільної кірки на поверхні розділу фаз (поверхні рідинної плівки).

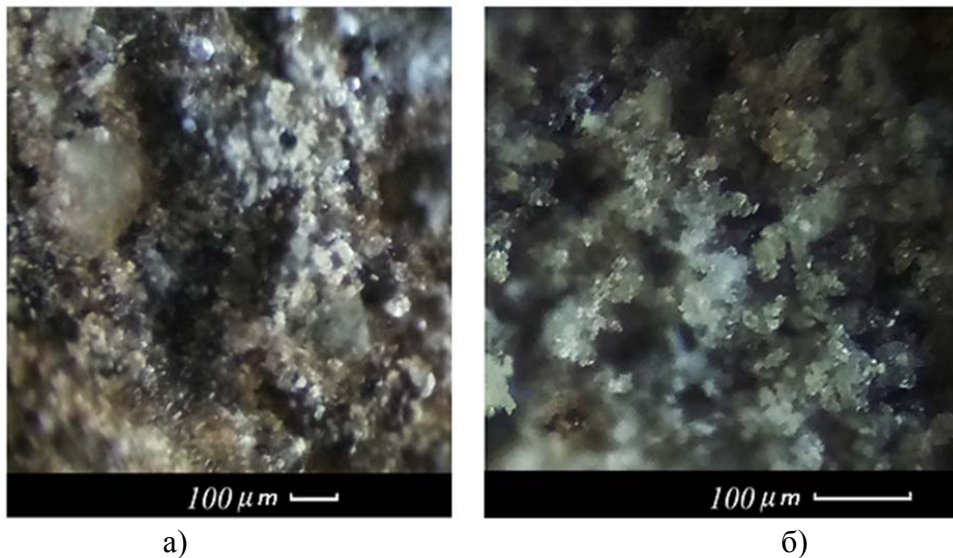


Рисунок 1 – Мікрофотографія гранул сульфату амонію з домішками гумінових сполук, 135-кратне збільшення: а – поверхня гранули, б – скол гранули

Процес грануляції проводиться при досягненні температури шару $T_{ш} = 95 - 96$ °C і температурах теплоносія $T_{тепл} = 200$ °C. Висока температура теплоносія, пориста структура гранули та відсутність кірки сприяють швидкому видаленню вологи по всьому періоду процесу зневоднення. Наявність розчинних та нерозчинних домішок в робочому розчині призводить до зміни основних фізичних властивостей розчину до яких відноситься в'язкість, поверхневий натяг і pH середовища [5]. Зміна даних параметрів впливають на розміри та форму кристалів, кількості і міцності фазових контактів в кристалічному каркасі.

Висновки. Механізм проведення процесу масової кристалізації під час зневоднення рідких гетерогенних систем визначає структуру гранульованого матеріалу. Сорбція частини розчину в пори гранули призводить до зменшення товщини рідинної плівки на поверхні розчину, тим самим запобігаючи виникненню кірки, яка може бути причиною зниження швидкості випаровування. Визначення впливу домішок та температури дозволяє забезпечити проведення високоефективного процесу грануляції гетерогенного розчину сульфату амонію з домішками гуматів, карбонату кальцію та інших компонентів у грануляторі псевдозрідженого шару.

Список літератури

1. Dr. Martin E. Trenkel Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture. International Fertilizer Industry Association, Paris, December. 1997. P. 156.
2. Степанюк, А. Р., Марушевський, С. О. Переваги застосування органо-мінеральних гумінових добрив в присутності кісткового борошна. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2015. № 47, 1. С. 183-185.
3. Lubkowski, K., Grzmił, B. Controlled release fertilizers. Polish Journal of Chemical Technology. 2007. № 9, (4), P. 83-84.
4. Корнієнко, Я. М., Сачок, Р. В., Гайдай, С. С., Мартинюк, О. В., Куріньовський, О. В., Любека, А. М. Кінетика процесу створення органо-мінерально-гумінових добрив. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2015. Вип. 47, Т. 1, с. 167-170.
5. Корнієнко Я.М., Мартинюк О.В. Ізотермічна кристалізація сульфату амонію з органічними домішками. Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2011. №2, (8). С.16-19.

УДК 621.3.077.4

ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУМІСНОСТІ ЗАСОБІВ МАЛОЇ ТА РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ З ТРАДИЦІЙНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ГЕНЕРУВАННЯ

Т. Каріков, магістрант

К. Ключка, доц., канд. техн. наук

Черкаський державний технологічний університет

Широке впровадження сучасних засобів малої та розподіленої генерації до складу єдиної енергетичної системи держави, часто стикається з проблемою забезпечення їх сумісності з точки зору правильного функціонування диспетчерського контролю, розрахунку тарифів та вартості відповідних послуг, коректного функціонування засобів релейного захисту та автоматики тощо. Так, наприклад, можна очікувати значного ускладнення диспетчерського керування із-за істотного збільшення невизначеностей при роботі засобів малої та розподіленої генерації, зокрема часткової чи повної відсутності відомостей про режими та параметри електроспоживання в місцях їх встановлення.

Введення в експлуатацію відносно потужних засобів малої та розподіленої генерації поблизу великих традиційних електростанцій, збільшує ризики переходу споживачів від централізованого енергопостачання на користь малої енергетики.

При аналізі публікацій із зазначеної теми, було виявлено, що робота систем малої та розподіленої генерації як в автономному режимі, так і сумісно з головною мережею досліджена недостатньо повно. Багато авторів приходять до висновку, що неконтрольований ріст кількості та потужності установок малої генерації може бути небезпечним для стабільного функціонування централізованої енергосистеми країни. Також одним із основних висновків, на основі проведеного аналізу, може бути той факт, що можливі значні порушення коректності функціонування засобів релейного

захисту та автоматики. Це зумовлюватиметься тим, що вмикання в мережу додаткових генераторів малих електростанцій призводить до зменшення еквівалентного опору окремих ділянок мережі. Наслідком буде те, що при різного роду пошкодженнях пов'язаних з короткими замиканнях, будуть збільшуватися величини фактичних струмів коротких замикань, що в свою чергу, як мінімум, призведе до некоректної роботи пристроїв релейного захисту та потреби зміни їх уставок та налаштувань, а як максимум, додатково може призвести до виходу з ладу окремих елементів комутаційних електричних апаратів та інших частин електроустановок.

Незважаючи на вищенаведені суттєві складнощі при впровадженні систем малої чи розподіленої генерації, позитивні результати від такого впровадження будуть вельми суттєвими, дозволять більш гнучко адаптувати єдину енергетичну систему та споживачів до умов ринкової невизначеності, стимулюють розвиток вискоєфективних електроенергетичних технологій та краще узгоджуються з сучасними жорсткими екологічними вимогами до електроенергетичних систем [1].

Таким чином стає зрозумілим, що підключення установок малої та розподіленої генерації до єдиної енергетичної системи у значній мірі змінює властивості останньої та вимагає застосування додаткових досліджень для забезпечення нормального їх сумісного функціонування, а вказана проблема є достатньо актуальною та своєчасною у галузі електроенергетики.

Список літератури

1. Україна та енергетичне співтовариство: дорогою реформ / ГО «Діксі Груп». – 2015. – Електрон. дан. – Режим доступу: [http:// www.enref.org](http://www.enref.org)

УДК 621.3.011.7(075.8)

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ СИГНАЛІВ КЕРУВАННЯ В УМОВАХ ДІЇ ЗАВАД

Є. Панасенко, магістрант

О. Ситник, проф., д-р техн. наук

Черкаський державний технологічний університет

Останнім часом все більшого значення набуває впровадження у процес керування режимами енергосистем різноманітних інформаційно-інтелектуальних систем. Такі системи територіально можуть бути розміщені в різних точках вказаних енергосистем. Також процес отримання інформації про поточний стан та режими контрольованої енергосистеми, теж відбувається в різних точках мережі. Тому актуальною є проблема забезпечення безпомилкової передачі цифрової інформації, з вимірними параметрами поточного стану та режимів енергосистем, до інформаційно-інтелектуальних осередків, де вона потім обробляється та аналізується.

Досить часто припускають, що лінія по якій передають цифрові дані не вносить в сигнали передавача $s(t, m_i)$ ніяких змін, окрім, можливо, ослаблення їх на постійну величину [1]. Це припущення дозволяє зрозуміти основні ідеї теорії, проте в цілому це нереально. На практиці ж, при використанні в якості лінії передачі цифрової інформації реальної лінії електропередач електричних мереж і яка неминуче вносить зміни у форму сигналу, вважається що найбільш доцільним є представлення такої лінії з у вигляді чотириполюсника, що володіє певним визначеним імпульсним відгуком.

При проведенні досліджень по даному питанню слід розрізняти дві істотно різних ситуації. У першому випадку імпульсний відгук лінії не змінюється з часом

$h=h(\tau)$, тому, що внесені нею спотворення в сигнали стабільні в часі. У другому випадку імпульсний відгук змінюється з часом, $h=h(\tau, t)$, тому, що внесені нею спотворення носять випадковий характер. Незавжди переконавшись, що у першому випадку вирішальне правило не зміниться, якщо проводити кореляцію в точці прийому із зразками сигналів, навмисно спотвореними так само, як спотворює лінія. Структура оптимального приймача при цьому зберігається. У другому, випадку боротьба зі спотвореннями ускладнюється і вимагає окремого розгляду.

Для випадку коли імпульсний відгук лінії не змінюється в часі, оптимальними бачаться такі основні пункти порядку розрахунку лінії передачі цифрової інформації.

1. Визначення допустимого часу на передачу одного елемента.
2. Вибір виду кодування та виду сигналів.
3. Визначення допустимої ймовірності помилок при цифровій передачі.
4. Визначення середньої потужності сигналів у точці прийому.
5. Визначення середньої необхідної потужності передавача сигналів.

6. Вибір типу фільтрів приєднання для використання силових ліній електропередачі у якості ліній передачі цифрової інформації.

Таким чином, використання математично обгрунтованих рішень при проектуванні каналів передачі цифрової інформації по лініям електропередач, в підсумку дасть змогу отримати більш завадостійкі системи управління енергосистемами з мінімізацією ймовірності помилкових дій у процесі їх функціонування.

Список літератури

1. Бернард Скляр Цифровая связь. Изд. 2-е, испр.– М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. – 1104 с.

УДК 004.942:621.3.047.42

КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ МІСТКОВОЇ ЕРОЗІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОНТАКТІВ

О. Ситник, проф., д-р техн. наук

К. Ключка, доц., канд. техн. наук

В. Кисельов, ст. викладач

Г. Кисельова, ст. викладач

Черкаський державний технологічний університет

Комутація контактами малопотужних ланцюгів з активним навантаженням супроводжується ерозійними явищами, що викликаються утворенням розплавлених містків в зоні контактування в певні моменти руху контактів. Прийнято вважати, що містки на контактах що замикаються, виникають за рахунок витягування електростатичними силами поля розм'якшеного контактного матеріалу, нагрітого струмами електростатичної емісії при досить малих міжконтактних зазорах [1-3].

Побудова математичної моделі місткової ерозії електричних контактних пар з використанням математичної системи MATLAB методом ідентифікації, тобто отримання за експериментальними даними [1] математичної моделі реального об'єкта, вираженої за допомогою математичного апарату полягає у визначенні числових значень коефіцієнтів синтезованих моделей.

Оскільки при дослідженнях довжини містків ерозії s від струму i найбільш часто зустрічаються незмінні або повільно мінливі криві, то доцільно використовувати аналогічні залежності при виборі методів апроксимації: лінійна, квадратична,

експоненціальна, та степенева регресії.

Середня похибка апроксимації Δs для кожної моделі відповідного контактного матеріалу розраховується за формулою [4]:

$$\Delta s = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{|s_j - s'_j|}{s_j}}{n} \cdot 100\%$$

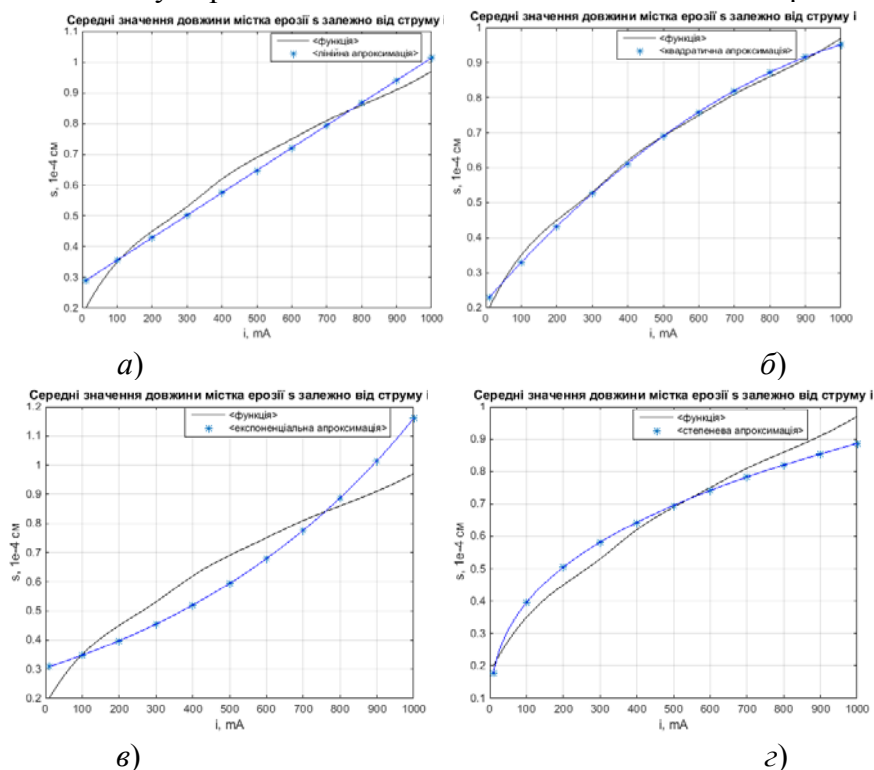
де s'_j - розрахункове значення в точці i_j за рівнянням апроксимації; n - кількість точок апроксимації.

Значення середньої похибки апроксимації від 7% до 15% свідчить про задовільно підібрану модель, а до 7% – добре підібрану модель [4].

Для обробки даних, MATLAB використовує різні функції апроксимації даних поліномами, за методом найменших квадратів – поліноміальної регресії. Однією з таких функцій є `polyfit(x, y, n)`, яка повертає вектор коефіцієнтів полінома $p(x)$ степеня n , який з найменшою середньоквадратичною похибкою апроксимує функцію $y(x)$, результатом є вектор-рядок довжиною $n+1$, що містить коефіцієнти полінома в порядку зменшення степенів.

В результаті дослідження отримано вирази для математичних моделей місткової ерозії слабкострумових електричних контактних пар у вигляді алгебраїчних рівнянь лінійної квадратичної, експоненціальної та степеневої регресії та визначено їх похибки з використанням математичної системи MATLAB. Графіки відповідних функцій для контактів із сплаву Cr 999 наведено на рис. 1.

Аналіз результатів визначення середньої похибки показав, що тільки апроксимація експоненціальною функцією дає похибку (20,08%) більшу за 15%, тому така модель не може бути рекомендована в якості моделі місткової ерозії контактів.



a – лінійна регресія $s(i) = a_0 + a_1 \cdot i$, b – квадратична регресія $s(i) = a_0 + a_1 \cdot i + a_2 \cdot i^2$,
 v – експоненціальна регресія $s(i) = A \cdot e^{a \cdot i}$, z – степенева регресія $s(i) = A \cdot e^{a \cdot i}$.

Рисунок 1 – Середні значення довжини містка ерозії $s(i)$ для сплаву Cr 999 за результатами експерименту та апроксимованої функцією

Оскільки середня похибка лінійної (12,95%) квадратичної (5,56%), та степеневої (10,17%) апроксимації не перевищує 15%, то отримані рівняння можуть бути

використані в якості математичних моделей місткової ерозії контактів. Однак необхідно відмітити, що квадратична функція є більш якісною математичною моделлю місткової ерозії слабкострумових електричних контактних пар, оскільки її похибка практично в два рази менша за похибки степеневі та лінійної моделей.

Список літератури

1. Разумихин М.А. Эрозионная устойчивость маломощных контактов М.-Л., “Энергия”, 1964. - 80 С.
2. R. Holm “Electric contacts: theory and application / by Ragnar Holm with Else Holm; preface by J.B.P. Williamson.”, 4th ed. Berlin/London: Springer, 2011. - 484 P.
3. Ситник О. О., Кисельов В. Б., Кисельова Г. О., "Про один з методів побудови математичної моделі зносостійкості плівкових потенціометрів", Науковий журнал "Молодий вчений", №2 (78), с. 189-192, Лют. 2020.
4. Петрянин Д. Л. Повышение точности расчетов методов аппроксимации / Д. Л. Петрянин, Н. К. Юрков, Ю. А. Романенко // Труды международного симпозиума Надежность и качество. – 2015. - № 1. - С. 123-127.

УДК 621.315.052.63

ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КАНАЛІВ ВИСОКОЧАСТОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ ПО ЛІНІЯМ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

С. Шаповал, магістрант

К. Ключка, доц., канд. техн. наук

Черкаський державний технологічний університет

Високочастотний зв'язок – це своєрідний варіант організації каналу передавання інформації, що передбачає використання високовольтних ліній електропередачі в якості такого каналу. Потреба у такому каналі передавання інформації зумовлюється необхідністю забезпечення правильного функціонування поздовжнього диференційного захисту високовольтних ліній електропередачі, визначення місця пошкодження лінії, організації зв'язку з оперативно-виїзними бригадами тощо. Багато визнаних фахівців вважають, що для передавання сигналів релейного захисту та протиаварійної автоматики, використання високочастотних каналів, часто, є єдиним прийнятним способом який задовольняє вимогам надійності та швидкодії, що пред'являються до таких каналів. Незважаючи на те, що все більш широкого впровадження набувають волоконно-оптичні цифрові канали зв'язку, високочастотні канали часто використовуються в якості резервних чи дублюючих, що сприяє покращенню показника безвідмовності каналів зв'язку в умовах значних завад та жорстких вимог щодо загальної надійності функціонування систем електропостачання в цілому [1].

Найбільш значною проблемою при експлуатації високочастотного зв'язку по лініям електропередачі є вплив на сигнал електричних завад, що діють в таких каналах. В першу чергу це зумовлено тим, що сама лінія електропередач і є джерелом таких завад. Ці завади виникають через наявність на проводах лінії високої напруги промислової частоти. Вони породжуються утворенням явища корони та стримерного розряду, частковими розрядами в ізоляції проводів, горінням електричної дуги при коротких замиканнях, пробоєм іскрових проміжків тощо. Також причиною завад такого типу є перехідні процеси, що постійно протікають в лініях електропередач при комутаціях окремих її ділянок та різних споживачів. При цьому генерується широкий спектр електромагнітних коливань які і створюють вказані завади. Другий вид завад в

каналах високочастотного зв'язку породжується грозовою діяльністю та із-за електромагнітної сумісності з іншими каналами передавання інформації.

Дослідження та мінімізація рівня завад обох вказаних видів, є важливим та актуальним завданням. Однак, найбільш гостро стоїть питання саме про мінімізацію впливу завад першого типу, що породжуються високою напругою промислової частоти, оскільки їх рівень на кілька порядків вищий від завад інших типів.

Як показав аналіз відповідних літературних джерел, найчастіше використовуються спрощені методи розрахунку. При цьому застосовують багато припущень, а також, або нехтують, або лише наближено враховують вплив ряду зовнішніх чинників. В результаті такого підходу, спрощені методи дають достатньо коректні результати лише в ряді більш-менш стандартних умов, а при відхиленні від таких умов, достовірність результатів суттєво знижується. Тому перспективним шляхом підвищення ефективності каналів високочастотного зв'язку є пошук альтернативних математичних моделей, що враховуватимуть максимальну кількість вихідних даних і як наслідок забезпечать більш достовірні результати в різних умовах експлуатації таких каналів.

Список літератури

1. План розвитку системи передачі на 2020-2029 роки / «Укренерго». – 2020. – Електрон. дан. – Режим доступу: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2019/10/Plan-rozvytku-systemy-peredachi-na-2020-2029-roky-1.pdf>

УДК: 621.3:63

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ВИРОБНИЧИХ ОБ'ЄКТІВ

С. Билина, ст.. гр.. ЕСЕ-092

В. Ткаченко, доц., канд. техн. наук

Черкаський державний технологічний університет

Аналіз великої кількості проектних рішень та результатів обстежень діючих освітлювальних установок на багатьох підприємствах різних галузей промисловості проведений низкою науково-дослідних організацій, показав, що електрична енергія, що витрачається на потреби освітлення, часто використовується нераціонально. Досить часто застосовуються неефективні джерела світла, а вибір світильників за світлотехнічними характеристиками, а також їх розміщення не завжди обґрунтовано. Дуже часто рекомендовані проектом джерела світла та світильники під час експлуатації замінюються на більше економічні. [1]. Сучасні системи освітлення дають можливість одночасно контролювати кілька джерел світла з одного пристрою, що дозволяє створити потрібну світлову атмосферу, в залежності від призначення приміщення в той чи інший період часу. Одним з найважливіших переваг системи управління освітленням є зниження енергоспоживання.

Ще одна перевага - це збільшення тривалості терміну служби джерел світла, за рахунок енергозбереження [2].

Метою доповіді є обґрунтування ефективності технологічного світлодіодного освітлення. В доповіді наводяться результати аналізу існуючих джерел світла та вимог які висуваються до освітлення технологічних об'єктів. На основі зазначених результатів за допомогою методу експертних оцінок визначено важливості критеріїв та показано багатокритеріальний метод вибору джерел світла на основі методу аналізу

ієрархій. Результат дослідження показав, що серед таких основних критеріїв що характеризують ефективність системи освітлення, як відсутність пульсації, світловіддача, рівень напруги, вартість та термін експлуатації найголовнішим є плавність регулювання освітленості що досягається завдяки системам автоматизації освітлення рис.1.

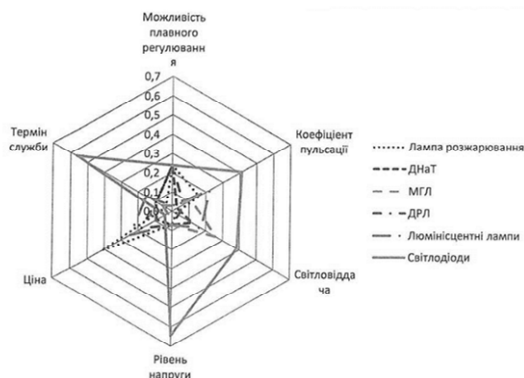


Рисунок 1- Пелюсткова діаграма порівняльного аналізу

Список літератури

1. Споживачі електричної енергії. Електричне освітлення [навч. посіб.] / Соловей О. І., Чернявський А. В., Ситник О. О., Ткаченко В.Ф., Курбака Г. В., М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2018. – 130 с.
2. Соловей О.І. Техніко-економічні розрахунки систем електропостачання промислових підприємств / Соловей О.І., Ситник О.О., Розен В.П. - Черкаси, 2012. - С. 247.

УДК: 621.3

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

В. Панасенко, ст.гр. ЕСЕ-092

В. Ткаченко, доц., канд. техн. наук

Черкаський державний технологічний університет

Вартість виробленої традиційними способами електро- і теплової енергії значно зростає і при існуючій динаміці незабаром порівняється з вартістю енергії виробленою нетрадиційними джерелами. Також проблемою є і те, що велика частина палива має закордонне походження і його постачання недиверсифіковане. Якщо найближчим часом не здійснити оновлення генерації, невдовзі відчуємо дефіцит енергії, будемо змушені імпортувати не лише нафту і газ, але і електричну енергію. Використання енергії вітру в наш час стає все далі актуальнішим, адже людство зіткнулося з проблемами середовища існування, потепління клімату Землі, що пов'язано, зокрема із зростанням викидів вуглекислого газу. В умовах що склалися на перший план виходить необхідність використання інших джерел енергії, причому тих, які природа нам постачає практично у невичерпній кількості. І одне з них – енергія вітру. Її ресурси у багато разів перевищують усі запаси біогенного палива земної кори, накопичені протягом мільйонів років[1].

Метою доповіді є дослідження проблем, які виникають під час впровадження вітроенергетичних установок за рахунок вибору оптимальних їх параметрів з врахуванням сумісної роботи комплексу "вітроенергетична установка-енергосистема". Відомо, що в організації роботи комплексу «вітроенергетична установка -

електроенергетична система підприємства» є ряд проблем, одна з яких електромагнітна несумісність вона обумовлена несинусоїдальністю напруги, несиметрією напруг, відхиленням частоти.

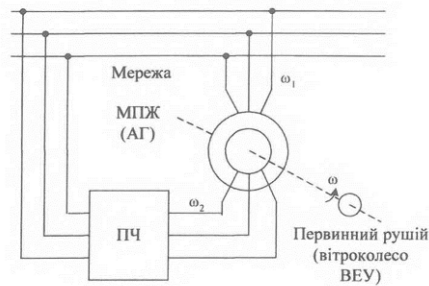


Рисунок 1 - Функціональна схема генерування електричної енергії на основі МПЖ

Використання машин подвійного живлення (МПЖ) у ВЕУ - один з шляхів вирішення проблеми електромагнітної сумісності. Генераторний комплекс (ГК) побудований на базі асинхронного генератора з перетворювачем частоти у роторі. ГК на базі МПЖ має два канали генерування потужності. При використанні МПЖ забезпечується більш високий ККД генерування і кращі показники енергії, що виробляється в динаміці [2].

Список літератури

1. Соловей О.І. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії: Навчальний посібник / О. І. Соловей, Ю. Г. Лега, В. П. Розен, О. О. Ситник, А. В. Чернявський, Г. В. Курбака; За заг. ред. О. І. Солов'я. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – 484 с.
2. Шаповал І.А. «Системи генерування електричної енергії на основі машин подвійного живлення з матричним перетворювачем», автореферат канд. техн. наук, К.- 2003.

УДК 621.314

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Н. Савченко, канд.техн.наук, доцент
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Технічний стан електричних мереж у сільських районах України є таким, що не відповідає сучасним вимогам проектування та не забезпечує необхідні показники якості електроенергії і надійності електропостачання. При цьому, у державі практично не приділяється уваги питанням модернізації систем енергопостачання сільських споживачів та більша їх частка знаходиться не у державній власності.

Аналіз структури споживання електроенергії в Україні, наведеної на рис 1., дозволяє зробити висновок, що частка сільських споживачів є невеликою та складає приблизно 3% [1].

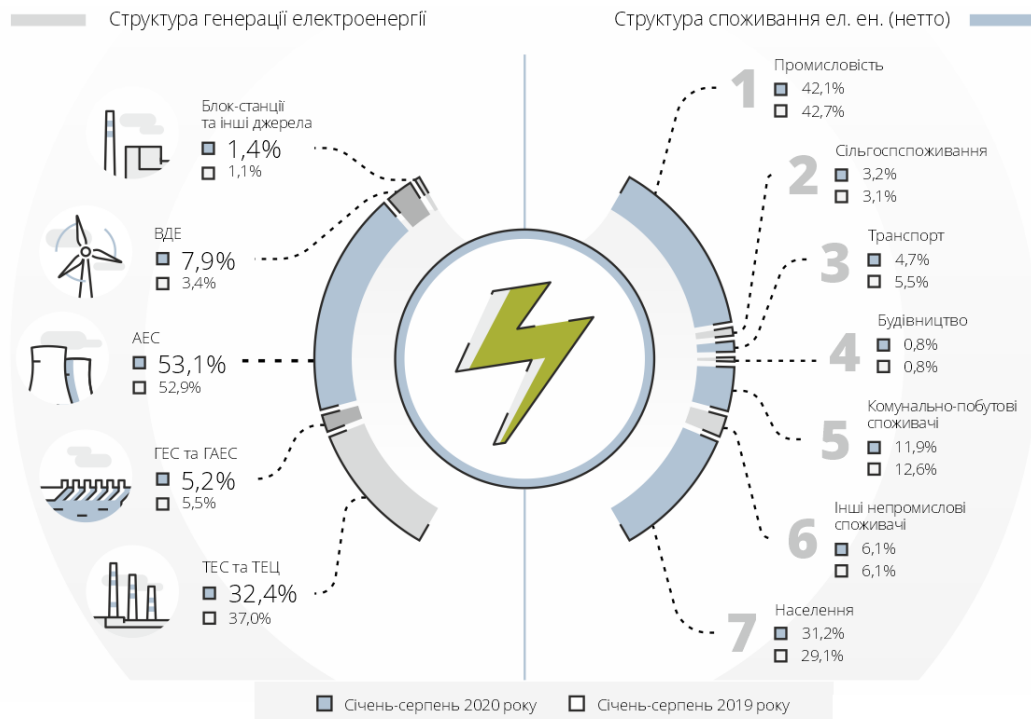


Рисунок 1 – Структура генерації та споживання електроенергії в Україні

Таким чином, для вирішення проблем енергопостачання сільських споживачів слід звернути більшу увагу на впровадження і розвиток альтернативних джерел енергії, що надасть велику економічну стабільність як для індивідуального сільського споживача так і для виробництв сільського господарства; створить конкурентне платформу між альтернативними і традиційними джерелами, що дозволить їм перебувати в постійному розвитку[2].

Інвестиційна привабливість альтернативних джерел енергії полягає в тому, що спорудження даних установок, як правило, не вимагає величезних інвестицій і подібні установки є відносно швидкозводимими.[2].

У якості альтернативних джерел енергії здебільшого прийнятними для застосування у сільській місцевості є фотоелектричні станції та вітрогенератори. Умови обрання альтернативного джерела енергії наведені у табл. 1

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика альтернативних джерел енергії для сільських домогосподарств

Критерій оцінювання ефективності джерела	Фотоелектрична станція	Вітрогенератор з горизонтальною віссю обертання	Вітрогенератор з вертикальною віссю обертання
Вплив пори року	впливає	впливає частково	впливає частково
Вплив часу доби	впливає	не впливає	не впливає
ККД	20-30%	25-35%	20-30%
Температура експлуатації	від -40 до +85 ⁰ С	від -40 до +40 ⁰ С	від -40 до +40 ⁰ С
Діапазон потужностей одного джерела	Панелі від 0,2 до 0,41 кВт	від 0,3 до 4 кВт	від 0,3 до 7 кВт
Рівень шуму	відсутній	від 35 до 55 дБА	від 35 до 42 дБА
Строк служби	30 років	20 років	20-25 років
Приблизна вартість на 1 кВт	30 000 грн.	52000 грн.	84000 грн.

Згідно критеріїв оцінювання енергоефективності альтернативних джерел енергії для індивідуальних сільських домогосподарств найбільш привабливими та доступними за ціною політикою є фотоелектростанції. При цьому фотоелектростанції на сучасному рівні технічного розвитку мають досить високі показники енергоефективності.

При потребі забезпечення електроенергією селища можлива побудова потужних фотоелектростанцій та вітроелектростанцій, або гібридних електростанцій з кількома типами альтернативних джерел енергії. При застосуванні гібридних електростанцій маємо підвищення як енергетичних показників так і показників якості та надійності електропостачання[3].

Вибір того чи іншого альтернативного джерела живлення здебільшого залежить від економічної доцільності в питаннях відмови від централізованого енергопостачання та фінансової спроможності споживача, але безумовно - це єдиний шлях вирішення багатьох проблем електропостачання сільськогосподарських споживачів електроенергії. При цьому, також важливе значення мають аргументи автономності та незалежності.

Список літератури

1. <https://kosatka.media/uk/category/elektroenergiya/analytiks/generaciya-i-potreblenie-elektroenergii-v-yanvare-avguste-2020-goda>. (дата звернення 05.11.2020).
2. Симанков В.С., Бучацкий П.Ю. Формирование дерева целей и системы критериев эффективности в альтернативной энергетике на основе системного подхода // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2007. - № 4. - С. 37- 46.
3. Савченко Н.П., Трет'як А.В. Системи автономного безперебійного електропостачання з гібридними накопичувачами енергії для малопотужних споживачів // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки». 2019. – №30(69)). – С. 20-24.

УДК 631.9

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПИТАНЬ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ПАЛИВА

О. Гайденко,

*канд. техн. наук, ст. наук. співр., вчений секретар
Інститут сільського господарства Степу НААН*

За літературними джерелами науковцями установи досліджено основні історичні етапи становлення та розвитку дослідної справи з питань механізації виробничих процесів на Кіровоградщині. Встановлено, що у різні роки науковці вивчали технологічні прийоми вирощування олійних культур, впроваджували способи сівби просапних культур, вдосконалювали технології вирощування цукрових буряків, проводили аналіз організаційних форм використання техніки; працювали над зниженням енергомісткості виробництва та підвищення якості субстрату для вирощування їстівних грибів, та розробкою технологічного процесу та обґрунтування комплексів технічних засобів для заготівлі та використання рослинної біомаси як якості твердого біопалива [1].

За короткий проміжок часу є певні напрацювання у вивченні питань розвитку альтернативної енергетики, а саме у 2009 році науковці приймали участь у виконанні досліджень за грантом, наданим молодим науковцям Кіровоградською обласною радою та затвердженого відповідним розпорядженням голови обласної державної

адміністрації від 17 липня 2009 року № 457-р “Про підтримку молодих науковців області” на тему “Пошук шляхів оптимального використання наявного ресурсного потенціалу Кіровоградської області для забезпечення розвитку відновлювальної та альтернативної енергетики” [2].

Дослідженнями було встановлено, що в області є значний потенціал для розвитку біогазової енергетики. За розрахунками, обсяг надходження гною від великої рогатої худоби, що може бути потенційно використаний для виробництва біогазу в сільськогосподарських підприємствах області, у 2009 році складе майже 445,9 тис. т. Значний біоресурсний потенціал виробництва біогазу зосереджено у свинарстві. Разом галузі скотарства і свинарства спроможні потенційно, за рахунок виробництва біогазу, замінити 39,6 тис. т ум. палива, або (32,0 %), що використовується в сільському господарстві області.

За даними проведених досліджень та розробленої економіко-математичної моделі встановлено, що за рахунок використання перспективних технологій отримання енергії із біомаси та відходів сільськогосподарського виробництва в Кіровоградській області потенційно можна замінити близько 27,5 % споживаних традиційних паливно-енергетичних ресурсів [2]. Таким чином, основними шляхами оптимізації ресурсного потенціалу Кіровоградської області для розвитку відновлювальної та альтернативної енергетики є раціональне використання біоенергетичного потенціалу соломи, біогазу та біопалива для потреб паливно-енергетичного комплексу регіону.

З 2011 року науковці установи працювали над виконанням завдання “Розробити технологічний регламент заготівлі рослинної біомаси для використання як твердого біопалива”. Дослідження були спрямовані на розробку технологічного процесу та обґрунтування комплексів технічних засобів для заготівлі та використання рослинної біомаси (соломи) в якості твердих біопалив для підвищення рівня енергетичної автономності сільськогосподарського виробництва [3].

При дослідженні потенціалу сільськогосподарської органічної сировини рослинного походження в Кіровоградській області було встановлено, що в середньому за період з 2005 по 2010 роки в господарствах районів щорічно є в наявності близько 2,1 млн. т доступної соломи, з якої розрахунковий залишок, який можна використати для енергетичних потреб щорічно становить в межах від 605 до 1312 тис. т.

Встановлено, найбільш доцільною технологією заготівлі соломи на енергетичні цілі є валкова, так як передбачає заготівлю соломи в ущільненому вигляді, що зменшує витрати на транспортування її до місць зберігання завдяки ефективному використанню транспортних засобів та складських приміщень та ін.

Для перевезення ущільненої соломи в тюках або рулонах запропоновано ряд технічних засобів вітчизняного виробництва – це причепи серії РВ (ТОВ “Агро-Ідея”), причепи-платформи ПП-12/3 (“Завод Кобзаренка”), причепи-тюковози самозавантажувальні моделей ПТ-10, ПТ-12, ПТ-15 виробництва “Заводу Кобзаренка”. Використання самозавантажувальних причепів-тюковозів має ряд переваг в технологічному процесі заготівлі соломистої маси, що мінімізує використання ручної праці при підбиранні та розвантаженні рулонів.



При техніко-економічному обґрунтуванні засобів механізації для заготівлі рослинної біомаси встановлено, що найбільш ефективною, є валкова технологія заготівлі соломи з механізованим навантаженням і розвантаженням соломи, що забезпечує зниження собівартості виробництва 1 т на 14,4 % порівняно із потоковою технологією [4].

За результатами проведених досліджень, стосовно процесу ущільнення соломистих матеріалів на етапі вдосконалення технічних засобів для виробництва твердих видів палива та елементів їх конструкцій, видано монографію

“Технологічний процес заготівлі та використання рослинної біомаси як твердого біопалива” [5]. У монографії досліджено біоресурсний потенціал рослинної біомаси сільськогосподарських культур у Кіровоградській області. Проведено аналіз існуючих в регіоні технологій збирання рослинної біомаси та виробництва твердого біопалива. Встановлено параметри контролю та оцінки якості роботи машин для збирання та обладнання для виробництва паливних гранул. Вивчено перелік технологічних операцій під час виробництва твердого біопалива та етапи їх виконання, з дотриманням визначених показників якості готової продукції. Розроблено технологічний процес заготівлі рослинної біомаси для використання як твердого біопалива з техніко-економічною оцінкою засобів механізації для заготівлі, виробництва та спалювання рослинної біомаси. Призначена монографія для наукових працівників, аспірантів, студентів та фахівців агропромислового виробництва.

Список літератури

1. Гайденко О. М. Становлення та розвиток дослідної справи з питань механізації виробничих процесів на Кіровоградщині (початок ХХ – початок ХХІ століть) / О. М. Гайденко // Електронне наукове фахове видання – міжвідомчий тематичний збірник “Історія науки і біографістика”. – Київ, ННСГБ НААН 2018, № 1.
2. Пошук шляхів оптимального використання наявного ресурсного потенціалу Кіровоградської області для забезпечення розвитку відновлювальної та альтернативної енергетики : звіт про НДР по гранту / Кіровоградський ІАПВ УААН ; кер. Ю. В. Кернасюк; вик. : О. О. Андрієнко, Г. П. Томашина, О. М. Гайденко. – Кіровоград, 2009. – 80 с.
3. Розробити технологічні процеси та технічні засоби для заготівлі та використання рослинної біомаси як твердого біопалива : звіт про НДР (заключн.) : 22.05.03.06 П ; № ДР 0111U005167 / КДСГДС ІСГСЗ НААН ; кер. О. М. Гайденко; вик. : Ю. В. Кернасюк, Г. П. Томашина, та ін. – Кіровоград, 2013. – 139 с.
4. Технологічний процес заготівлі та використання рослинної біомаси як твердого біопалива / За ред. Гайденко О. М. // Науково-практичне видання. – Кіровоград : Кіровоградська ДСГДС ІСГСЗ НААН, 2013. – 136 с.
5. Гайденко О. М. Технологічний процес заготівлі та використання рослинної біомаси як твердого біопалива : монографія. – К.: Аграр. наука, 2017. – 144 с.

UDC 621.311.2

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF A LOW-POWER ELECTRICITY GENERATION SYSTEM WITH AN IMPROVED AUTOMATIC CONTROL SYSTEM

P. Koltun¹, *PhD, Adjunct Ass. Professor*
V. Klymenko², *Doc. tech Sciences, Professor*
R. Teliuta², *PhD, Associate Professor*
V. Soldatenko², *PhD, Senior Lecturer*

¹*Victoria University, Melbourne, Australia*

²*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

Solar thermal electricity (STE) may be defined as the process by which collected solar energy is converted to electricity through the use of some kind of heat-to-electricity conversion device. STE probably has the greatest potential of any single renewable energy process and it can be economically competitive with coal-generated electricity if environmental costs are accounted for [1].

Although STE using renewable energy (energy from Sun) to produce electricity its environmental impact is not equal to zero. To estimate such impact a life cycle assessment (LCA) study has been conducted. The study has been divided in two parts: 1) design of most appropriate STE system in terms of its overall efficiency, cost effectiveness and

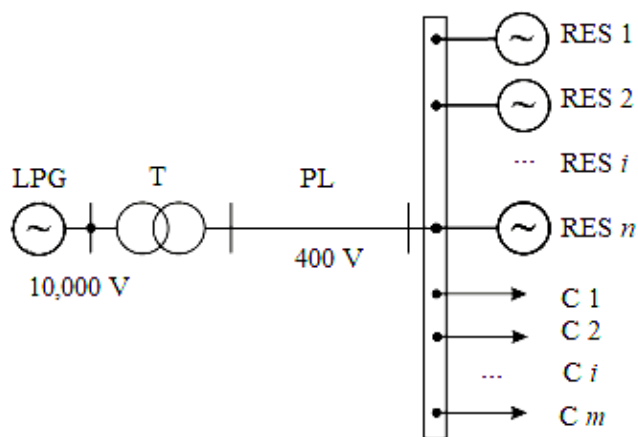
environmental impact based on published in the literature results [2, 3] and 2) estimation of potential environmental impact of the adopted system in the frame work of LCA methodology. To estimate environmental impact of the adopted STE the whole life cycle approach is adopted, taking into account: a) production and assembly of components and b) operation and disassembly and recycling of the STE unit (STEU). By chaining all processes the assessment of the total impact on the environment and on energy and material resources demand can be done over the whole life cycle of the STE system.

The major components of the system are briefly described below: a) solar collector: two parabolic troughs working in parallel driven by tracking device govern by control unit; b) receiver and Heat Transfer Fluid: the main feature of receiver is to covert the energy of solar radiation to heat energy using a heat transfer fluid (HTF), which transfers the absorbed energy further down to a device converting heat to mechanical energy; c) the feed pump: is pumping working fluid (water-ammonia mixture) back to the receiver to close thermodynamic cycle; d) a synchronous generator: the generator is seating on the scroll micro-turbine shaft generates direct current (DC) (The DC is converting to alternate current (AC) with voltage of 240V, which can be consumed on the spot or supplied to the grid).

The functional unit for the study is assumed to be the STEU itself, i.e. a system that produces an average of 3kW electrical energy from solar radiation. The overall efficiency of the STE system is 20%. Hot water production (from the heat rejected within thermodynamic cycle) is not taken into account as it requires additional knowledge regarding its usage.

A connection to the grid of small STE could be made at the node where voltage doesn't exceed 400V, i.e. it should be very close to consumers. figure 1 shoes a generalised scheme of the combined electric power system, which includes renewable energy sources.

During use of such system the reverse generation modes may occur. Under such regime the electrical energy from renewable energy sources (RESs) goes to electrical grid. Such regime is a positive situation for companies using “green tariffs” However, in the case of commensurate of the power of the transformer and RESs, the latest substantially influence working parameters of PL, which may exceed allowed voltage deviation. Increasing power generation by RESs increases PL voltage U at the points of joints of the consumers. Therefore, the mode of increasing RESs power generation may overcome allowed voltage deviation of PL at the points of joints of the consumers. Such extremal voltage deviation negatively effects reliability of electrical devices of the consumers, lead to reduction their service lives, and, as a consequence, to substantial economic loses. It seems that most promising is approach of automatic control of power generated by RESs. The implementation of such approach is possible through improvement automatic control system (ACS) of power generation by RESs [4].



LPG – is a local power grid; T – is a step-down transformer: 10000/400V; PL – is a power line; RES₁-RES_n – are sources of renewable energy; C₁-C_m – are consumers

Figure 1. Generalised scheme of the combined electric power system.

The list of materials required directly or indirectly for the life cycle of the proposed STE system has been obtained through SimaPro8.0 modeling [5] based on inventory data for Australian conditions. The dominating resources are metal ores (iron, copper, bauxite), fossil fuels (coal, natural gas, crude oil) and commodities for glass making (calcite, limestone, gravel) and some other miner resources mostly used as alloying metals for steel making including stainless steel and for glass mirrors coating (silver).

Based on results obtained for the energy consumption, greenhouse gas (GHG) emissions for the whole LCA of the STEU under consideration, and methodology adopted in [6] the energy and GHG emissions payback time have been calculated. Those figures are: 0.45 years and 1.95 years for the energy and GHG, consequently.

These figures show a great energy and environmental advantage of the system (less than a year for energy and less than 2 years for GHG). Even including the variability related to raw material eco-profiles and the uncertainties regarding different life cycle steps, it has been estimated that in pessimistic scenarios, the payback times are less than 4 years for the Australian conditions. It could be expected that those figures would slightly higher for Ukrainian conditions.

Overall, obtained results state a positive qualitative judgment for the environmental performances of the small scale solar thermal electricity production system that is not sensibly influenced by all the study uncertainties.

References

1. Clean Energy Australia, Report, Publisher: Clean Energy Council, Published 30 May, 2018, <https://apo.org.au/node/173956> (retrieved: August 2018).
2. Ximenes A. et al. Life cycle costing as a bottom line for the life cycle sustainability assessment in the solar energy sector: A review, *Solar Energy*, V.192, 2019, pp. 238-262. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.04.011>
3. Assessment of Parabolic Trough and Power Tower Solar Technology Cost and Performance Forecast, Report, Department of Energy and National Renewable Energy Laboratory, SL-5641 May 2003, USA. <https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/34440.pdf>
4. Plieshkov P Soldatenko V Zinzura V Plieshkov S 2020 Determining weight coefficients for an optimal system of control over electric energy generation in a combined electric power system Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 103 No 1 p.p. 77-82 <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.193362>
5. Simapro 8.0 – the software tool to analyse and develop environmentally sound products, Pre Consultants B.V., Amersfoort, The Netherlands, 2015.
6. Koltun P., Tharumarajah A. LCA of PV system included into distributed energy grid in Australia, Report, CSIRO, 2007.

УДК:681.5.08

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ШЛЯХОМ МОНІТОРИНГУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО РЕСУРСУ ОПОР ЛЕП В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

В. Бондаренко, асп.,
С. Серебренніков, проф., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет

На напругах 110 – 150 кВ сформована основна розподільна мережа енергетичної системи України, сумарна довжина ліній електропередачі напругою 110 і 150 кВ склала більше 50 тис. км, а кількість підстанцій – близько 1400.

Аналізування причин аварій елементів ліній електропередачі (ЛЕП) у розподільних електричних мережах України свідчить, що 30...35% становлять пошкодження залізобетонних опор[1]. Це обумовлено тривалою експлуатацією більшості залізобетонних опор понад 25 років. Для ЛЕП напругою до 10 кВ застосовують опори з віробетону: круглі, гратчасті, прямокутні, порожнисті, суцільні, таврові тощо. Для ЛЕП напругою 35-500 кВ найпоширенішими є залізобетонні центрифуговані опори циліндричної або конічної форми. Арматурний каркас таких опор складають поздовжні стрижні, діаметром 12-14 мм, приварені до монтажних кілець з дроту діаметром 4-5 мм. У нових конструкціях 6 арматурних стрижнів діаметром 12 мм проходять по довжині усього ствола, а 30 стрижнів обриваються на висоті 4 м від основи опори, на висоті 5,5 м – 27 стрижнів, а на висоті 15 м – 10 стрижнів.

Опори ЛЕП в польових умовах постійно підпадають під вплив деструктивних чинників, зокрема: атмосферних навантажень, ожеледі, коливань температури, вібрації від вітрових навантажень, дії мінералізованої вологи, хімічно активних речовин, ґрунтових солей тощо. Це пришвидшує втому й корозійне зношення металу, знижує механічну міцність опор. Агресивне середовище також роз'їдає бетон опори – він втрачає міцність й відшаровується; пошкодження захисного шару бетону відкриває додаткові шляхи волозі до армуючих сталевих стрижнів. Тріщини в арматурі утворюються внаслідок періодичних вигинаючих деформацій опор під дією асиметричних атмосферних навантажень; критичне накопичення дефектів й втрата механічної міцності призводить до падіння опор.

В [2] проаналізовано надійність роботи кожного елемента ЛЕП, визначено причини пошкодження опор ЛЕП. Вказано, що основною причиною, яка викликає збільшення пошкоджуваності ЛЕП, є старіння й зношування матеріалу конструкції опор від корозії й знакозмінних навантажень. По кількості на першому місці стоять проводи (52% з урахуванням грозових перенапруг і 37% без їхнього обліку), на другому місці – ізолятори (відповідно 31% і 23%), на третьому – опори (13% і 9%), на четвертому – арматури (4% і 3%). По вазі відмов, що приводять до серйозних наслідків для ЛЕП (більші витрати на відновлення й недовідпуск електроенергії) на першому місці стоять опори.

Тому необхідно проводити інструментальне обстеження елементів ЛЕП, експлуатованих понад 25-30 років.

У статті [3] розроблена методика визначення моменту утворення тріщин по висоті опори, розглянуто зусилля в арматурі й бетоні, додаткові згинальні моменти, обумовлені прогином стійки під навантаженням.

На опори електромережі одночасно діють короткочасні, тривалі і постійні навантаження. Поперечні розміри стійок опор і їх армування визначають згинальні моменти, які створюються короткочасним горизонтальним навантаженням від тиску вітру і тривалими вертикальними навантаженнями від неврівноваженої ваги проводів, тросів, ізоляторів. Тому є необхідність розробки методики розрахунку залізобетонних опор з урахуванням деформацій.

Для залізобетонної опори мають місце три напружено-деформованих стани, які характеризують:

- 1 стадія – опір залізобетонного елемента, що працює без тріщин;
- 2 стадія – опір залізобетонного елемента, що має тріщини;
- 3 стадія – граничний стан за міцністю (руйнування).

Після утворення першої тріщини на висоті h_{cr} , відбувається зниження жорсткості до величини D_{cr} , відповідної найменшій жорсткості в момент руйнування опори. Така ситуація найбільш виражена в разі, коли режим ожеледі з вітром є найбільш важким для опори.

В роботі [4] проаналізовано експлуатаційні фактори, що впливають на довговічність залізобетонних виробів і конструкцій. В період експлуатації зниження несучої здатності і довговічності опор відбувається внаслідок дії: статичних навантажень від ваги ланцюга, попереднього натягу арматури; динамічних навантажень від вітру; коливань температури довкілля; агресивного впливу водного та газового середовищ.

Тривала дія перерахованих факторів і їх несприятливе поєднання призводять до зниження несучої здатності і довговічності опор. Статистичні дані показують, що руйнування стійок опор відбувається головним чином в результаті електрохімічного, атмосферних впливів і ґрунтової корозії. Розподіл тріщин по висоті стійок нерівномірний, – характерним для ґрунтової корозії є руйнування бетону стійки на відстані приблизно в 0,5 м над рівнем землі. У разі спільного впливу вітру та ожеледиці згинальний момент може перевищити нормативне значення і виникне падіння опори.

В роботі [5] виконаний розрахунок прогинів залізобетонних стійок одно- і двоцепних ПЛ до і після появи тріщин в залежності від товщини стінки ожеледі. На опори діють вертикальні навантаження від ваги проводів, тросів, гірлянд ізоляторів, ожеледі, а також горизонтальні вітрові навантаження. В результаті дії горизонтальних навантажень стійки опор прогинаються, що призводить до зміщення точок прикладання вертикальних навантажень і появи додаткового згинального моменту. Сумарний вигинаючий момент на рівні землі через зсув вертикальних навантажень для конічних стійок збільшується в 1,012-1,129 рази, а для циліндричних – в 1,0015-1,0128 рази при товщині ожеледі у 5 і 20 мм.

Отже, візуальне виявлення дефектів арматури під шаром бетону є недоступним і в умовах невизначеності вимагає використання інтелектуальних методів здійснення масового моніторингу експлуатаційного ресурсу залізобетонних електромережних конструкцій з метою діагностування рівня їх надійності.

Список літератури

1. Бондаренко В.Б. Синтез електромагнітної системи діагностування дефектів опор повітряних ЛЕП із використанням нейро-нечіткого моделювання / В.Б. Бондаренко, К.Г. Петрова, С.В. Серебренніков // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки: зб. наук. пр. – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – Вип. 2 (33). – С. 122 – 129.
2. Єгорова О.Ю. Аналіз сучасного стану повітряних ліній та визначення шляхів підвищення їх надійності / О.Ю. Єгорова, О.Ю. Мальцев // Системи обробки інформації, 2010. – вип. 5 (86). – С. 35-38.
3. Запрудский А.А. Определение нагрузок на опорные конструкции контактной сети с учетом деформации стоек / А.А. Запрудский // Известия Транссиба. Управление перевозочными процессами и безопасность движения поездов, 2011. – вип. 3 (7). – С. 89-99.
4. Доценко Н.А. Анализ эксплуатационных факторов, влияющих на долговечность центрифугированных железобетонных изделий и конструкций / Н.А. Доценко, А.А. Чернильник, Е.М. Щербань, С.А. Стельмах, М.И. Онищук, П.Е. Шелковский // Вестник Евразийской науки, 2019. – №3. – Том 11. – С. 1-7.
5. Короткевич М. А. Определение прогибов железобетонных стоек опор воздушных линий электропередачи / М. А. Короткевич, М. И. Млынчик // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ - Энергетика : международный научно-технический журнал, 2011. – №5. – С. 11-16.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО РЕСУРСУЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОПОР ЛЕП В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

**В. Бондаренко, асп.,
С.Серебренніков, проф., канд. техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний
університет**

Тріщини в арматурі призводять до втрати механічної міцності та падіння опор ЛЕП. Візуальне виявлення пошкоджень арматури опор повітряних ЛЕП під шаром бетону, або іншого непрозорого покриття, є недоступним і створює умови невизначеності.

До неруйнівних методів діагностування стану арматури опор ЛЕП належать:

- електрохімічний поляризаційний метод, недоліком якого є нечіткість інформації і низька достовірність у разі значного ступеню корозії арматури;
- вібраційний метод, недоліком якого є складність створення коливань необхідної інтенсивності;
- ультразвуковий метод, що вимагає створення щільного контакту давача з об'єктом;
- рентгенівський контроль є точним, але малопродуктивним, небезпечним тощо.

В роботі [1] проаналізовано хімічні механізми корозії, що проходять за електрохімічним принципом – карбонізація бетону, коксування сталі арматури, зниження лужності, проникність у захисний шар води (електроліт) і хлоридів. Корозія арматури є одним з найбільших чинників, що визначають надійність залізобетонних конструкцій. Корозійне пошкодження арматурної сталі призводить до: зниження зчеплення арматури з бетоном; утворення тріщин і руйнування захисного шару бетону; зниження несучої здатності конструкцій в результаті зменшення перерізу арматурних стрижнів; можливості крихкого руйнування в разі розвитку виразкової корозії і корозійного розтріскування арматури.

Наявність корозійного пошкодження визначають:

1. За зовнішніми ознаками – тріщини в захисному шарі бетону вздовж арматури, відшарування бетону;
2. За потенціалом корозії – потенціалом металу, який встановився в результаті протікання пов'язаних анодного і катодного корозійних струмів без зовнішньої поляризації;
3. За питомим електричним опором бетону: метод з одним зовнішнім електродом, двоелектродний і чотириелектродний методи.

Показано результати застосування методу 4-хелектродів, реалізований за допомогою давача Веннера. Наголошено, що для діагностування корозії на ранніх стадіях і запобігання руйнуванню опор, необхідне застосування неруйнівних методів.

В роботі [2] наведено аналіз причин зниження експлуатаційного ресурсу залізобетонних опор ПЛ 35-500 кВ. Показана актуальність моніторингу експлуатаційного стану електромережних конструкцій з метою контролю рівня їх надійності.

Розглянуто методи неруйнівного контролю для випробування бетонів на міцність, засновані на вимірюванні поверхневої твердості бетону:

1. Метод пластичної деформації, заснований на вимірюванні розмірів відбитка, який залишається на поверхні бетону після зіткнення з нею сталеві кульки (молоток Кашкарова);

2. Метод пружного відскоку (склерометр Шмідта – вимірює величину зворотного відскоку ударника від поверхні бетону);

3. Метод ударного імпульсу, реєструючий енергію удару бойка;

Істотним недоліком цих методів є те, що вони дозволяють визначати характеристики міцності лише поверхневого шару бетону в одній точці.

Найбільш достовірними і інформативними є кількісні оцінки надійності елементів ЛЕП і ПС, отримані за допомогою ультразвукової, вібро- і електрохімічної діагностики.

Найбільш прийнятним є ультразвуковий метод, що вимірює швидкість проходження ультразвукових (УЗ) хвиль, оскільки він дозволяє виміряти інтегральні параметри міцності опор. УЗ метод поділяють на наскрізну «УЗ прозвучу», коли давачі розташовують з різних боків зразка, і поверхневу «прозвучу», коли здавачі розташовані з одного боку. Виникнення в структурі бетону дефектів, змінює час поширення ультразвуку в бетоні.

Оцінка корозійного стану арматури проводиться електрохімічними методами шляхом її поляризації від зовнішнього джерела струму. Опори анодної і катодної поляризації арматури в непошкодженому і пошкодженому бетоні мають істотні відмінності.

Отже, ультразвуковий контроль дозволяє отримати оцінку бетону, а за допомогою вібраційного контролю може бути отримана інтегральна оцінка технічного стану всієї залізобетонної конструкції.

Статтю[3] присвячено питанням оцінки технічного стану ПЛ, огляду методів і засобів її реалізації. Для максимально автоматизованої оцінки стану ЛЕП в [3] розроблена модель діагностичного комплексу з двох підсистем: безпілотного літального апарату – мультикоптераз модульними діагностичними блоками: управління, діагностування, вимірювань і передачі даних та системи оцінки показників стану ПЛ,на базі агрегованої інформації з мультикоптера, за допомогою методів штучного інтелекту.

В роботі [4] розглянуто метод вібродіагностики для узагальненої оцінки технічного стану всієї опори ЛЕП. Аналітичний опис загасання власних коливань опори з дефектами представлено в рамках гіпотези Ейлера-Бернуллі. Інформативним критерієм для прогнозування аварійного стану опор ЛЕП є досягнення певного значення власних частот коливань в діапазоні 0,01 - 49,1 Гц.

Аналіз статистики відключень ПЛ демонструє необхідність пошуку нових рішень в області оцінки їх технічного стану на основі поєднання різних методів діагностування та вимірювань. В роботі [5] розглянуто мультисенсорну систему на поєднанні 2-х методів – термовізійного і багаточастотного вихрового для виявлення арматури та ідентифікації обраних параметрів.

Висновки:

1. Візуальне виявлення дефектів в арматурі під шаром бетону, або іншого непрозорого покриття, є недоступним і створює умови невизначеності та вимагає використання інтелектуальних методів діагностування.

2. Необхідне удосконалення безконтактного електромагнітного методу діагностування, здатного поєднуватися з автоматизованими інтелектуальними системами інтерпретації результатів обстеженьопор повітряних ЛЕП в умовах невизначеності.

Список літератури

1. Пузанов А.В. Методы обследования коррозионного состояния арматуры железобетонных конструкций/А.В.Пузанов, А.В.Улыбин//Инженерно-строительный журнал. Санкт-Петербург. –2011. – №7. – С. 18-24.
2. Чернев В.Т. Комплексная диагностика электросетевого оборудования с целью формирования плана ремонта линий электропередачи / В.Т.Чернев, М.А.Белоусов, В.В.Бунин, А.Н.Евстафьев, Ю.Н.Толкалин// Третья Российская с международным участием научно-практическая конференция. Линии электропередачи. – 2008. –Новосибирск.– С. 236-246.
3. Хальясмаа А.И. Диагностический комплекс для оценки состояния воздушных линий электропередачи / А.И.Хальясмаа, Д.И.Близнюк, А.М.Романов// Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – Челябинск.2015. – № 4, Т. 15. – С. 46–53.
4. Егорочкина И.О. Анализ влияния дефектов в основании опоры ЛЭП на параметры собственных поперечных колебаний на основе аналитической модели/ И.О. Егорочкина, Е.А. Шляхова, А.В. Черпаков, А.Н.Соловьев// Инженерный вестник Дона, 2015. – №4. – С. 1-7.
5. Barbara Szymanik. Detection and Inspection of Steel Bars in Reinforced Concrete Structures Using Active Infrared Thermography with Microwave Excitation and Eddy Current Sensors / Szymanik Barbara, Frankowski Karol Paweł, Chady Tomasz, Cyril Robinson Azariah John Chelliah// Sensors, 2016. – №16(2). 234. – С. 1-16.

УДК:621.316.32

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СІЛЬСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ В УМОВАХ ОДНОФАЗНОГО ЗАМИКАННЯ НА ЗЕМЛЮ

А. Котиш, доц., канд. техн. наук,

Т. Величко, ст. викладач,

Я. Гюльвердієв, ст. гр. ЕНМ 19-М

Центральноукраїнський національний технічний університет

А. Некрасов, доц., канд. техн. наук

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

Сільські електричні мережі напругою 10-35 кВ є самим ненадійною ланкою системи електропостачання народного господарства [1]. Аналіз роботи цих мереж як об'єкта показує, що в більшості випадків відкази виникають в зв'язку із втратою працездатності фаз відносно землі [2].

Замикання на землю в сільських розподільних мережах 10-35 кВ є досить розповсюдженим явищем і складають біля 80% загальної кількості пошкоджень [3]. В мережі з ізолюваною нейтраллю замикання однієї фази на землю само по собі не є аварією. Однак із збільшенням довжини електричних мереж збільшується їх ємність, а як наслідок і струми замикання на землю. При проходженні через місце пошкодження, струм виділяє багато тепла, руйнуючи при цьому струмопровідячих частини та ізоляцію. Однофазне замикання може перейти в аварійне двох або трьохфазне, порушуючи електропостачання споживачів. Крім того, струм однофазного замикання є причиною збільшення напруги непошкоджених фаз відносно землі в $\sqrt{3}$ разів. Тривалий режим сприяє виниканню подвійних замикань на землю, котрі навіть при відмінному стані заземлюючих пристроїв призводять до появи небезпечних потенціалів на металевих корпусах обладнання, створюють підвищену небезпеку для обслуговуючого персоналу. Але найбільшу небезпеку викликають однофазні замикання на землю які супроводжуються переважаючою електричною дугою, що може бути причиною великих перенапруг в електричній мережі.

При однофазних замиканнях в мережах 10-35 кВ в зоні контакту провідника із землею часто виникає електрична дуга. Аварійний процес характеризується рядом слідуєчих один за одним повторних запалювань та згасань електричної дуги. Дуга,

відіграючи роль своєрідного комутатора, періодично закорочує ємність пошкодженої фази відносно землі, потім знову вмикає її в мережу. Згасання та запалювання перемежаючої дуги викликає складні перехідні процеси, інтенсивність котрих залежить від таких факторів, як, наприклад характеристика дуги, ємність, індуктивність, опір ланцюга і т.ін.

Слід зазначити, що врахування всіх факторів, які впливають на перехідні процеси при перемежаючих замиканнях на землю становить собою дуже складну задачу. Із-за складності фізичних явищ пов'язаних із дуговими замиканнями, не існує їх точного аналітичного описання.

Згідно з теорією Петерсена максимальна кратність перенапруг при перехідних процесах не перевищує 3...4 в порівнянні з номінальними значеннями фазних напруг мережі. Найбільш чутливими до перенапруг є трансформатори напруги контролю ізоляції, які досить часто ушкоджуються при замиканнях на землю й при ферорезонансних коливаннях в електричних мережах, що виникають за певних обставин.

Для захисту трансформаторів напруги контролю ізоляції в теперішній час запропоновано ряд заходів, а саме:

- підключення додаткового резистора в ланцюг вторинної обмотки, з'єднаної в розімкнутий трикутник;
- заземлення нейтралі мережі через високоомний резистор;
- включення резистора між землею й нейтраллю первинної обмотки ТН.
- використання антирезонансних трансформаторів напруги типу НАМИ.

Але ні один із запропонованих заходів не є універсальним для підвищення надійності роботи розподільчих мереж захисту трансформаторів напруги.

Пошкодження ТН при дугових замиканнях на землю і при ферорезонансних явищах можливо виключити, якщо розземлити нейтраль його первинної обмотки, тобто розімкнути шлях протікання струму нульової послідовності через цю обмотку, але тоді вторинна обмотка, з'єднана за схемою розімкнутого трикутника, не може бути використана для контролю ізоляції мережі як фільтр напруги нульової послідовності. Найбільш прогресивним, на погляд авторів, методом контролю ізоляції без застосування ТН може бути використання струмів витоку опорних ізоляторів. Якщо три ізолятора різних фаз прикріпити до шин високої напруги верхніми фланцями, а нижні об'єднати шинкою (рис. 1) то остання утворює нульову точку зірки опорів витоку ізоляторів. Між цією точкою й землею слід увімкнути пристрій контролю ізоляції. Таким чином спосіб контролю ізоляції можливий тільки в тому випадку, якщо зірка опорів витоку достатньо симетрична, тобто опори витоку трьох ізоляторів приблизно однакові.

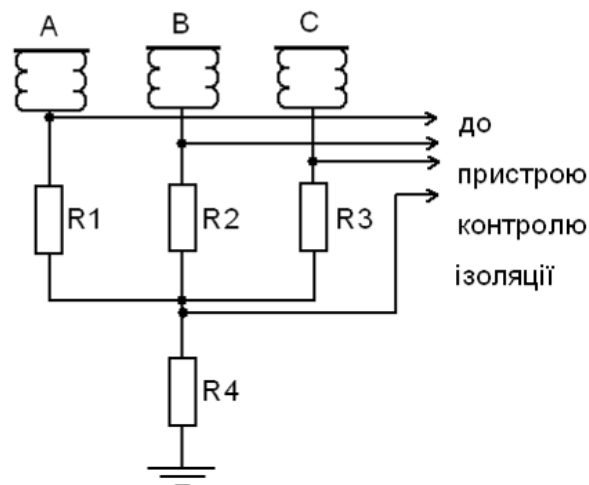


Рисунок 1 – Схема підключення пристрою контролю ізоляції до електричної мережі

Результати вимірювань [4] показали, що відхилення опору ідентичних ізоляторів середнього значення не перевищують 4-5 %. Такі малі відхилення підтвердили можливість практичної реалізації цього шляху контролю ізоляції.

Список літератури

1. Кутин В.М. Совершенствование системы обслуживания распределительных сетей напряжением 6-35 кВ в процессе их эксплуатации // Энергетика и электрификация. – 1996. №2. - С. 26-30.
2. Кутин В.М., Кульматицкий О.И. Диагностирование электрических распределительных сетей. - К.: Техніка, 1993. - 160 с.
3. Цапенко Е.Ф. Замыкания на землю в сетях 6-35 кВ. М.: Энергоатомиздат, 1986. - 128 с.
4. Шульц Е.Е., Котиш А.І. Контроль ізоляції в розподільних мережах 10 кВ // Збірник наукових праць Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування / Кіровоград, - КІСМ, - 1997. - вип. 1. - С. 35-37.

УДК:621.311

ВПЛИВ ПРОВАЛІВ НАПРУГИ НА РОБОТУ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

О. Львов, ст. гр. ЕЕ-19М,

О. Козловський, доц., канд. техн. наук,

А. Орлович, проф., канд. техн. наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Хімічна промисловість – одна з ключових галузей, що формує внутрішній валовий продукт України. Сучасні хімічні підприємства – це великі споживачі електричної енергії з максимумом навантаження, що сягає сотень мегават. Головною особливістю полягає в наявності безперервних складних технологічних процесів, що реалізуються за допомогою обладнання з високою чутливістю до короткочасних порушень електропостачання. Більшість підприємств хімічної промисловості України була споруджена в 55-70 рр. минулого століття їх електропостачання здійснюється за подвійними радіальними схемами обладнаними засобами АВР та АПВ, до складу яких входять повітряні лінії (ПЛ) 110 кВ. У свій час такі рішення забезпечували необхідний рівень надійності електропостачання. Однак, внаслідок модернізації електрообладнання підприємств і ускладнення технологічних процесів за роки їх існування, загально прийняті схема електропостачання не відповідає сучасним вимогам надійності електропостачання.

Найбільш небезпечними для безперервних технологічних процесів є провали напруги (ПН). Вони призводять до значних економічних втрат і збитків, внаслідок часткового порушення роботи агрегатів або навіть повної зупинки цехів з безперервним виробництвом. ПН виникають як внаслідок дії на ПЛ природних чинників – ударів блискавки, забруднення ізоляції, механічних ушкоджень, так і виробничих факторів – помилкових дій електротехнічного персоналу, пуску потужних асинхронних і синхронних двигунів, зміни навантаження внаслідок оперативних перемикачів, а також виникнення аварійних ситуацій в розподільній мережі підприємства.

Повністю запобігти виникненню ПН технічно неможливо, а економічно недоцільно, проте їх кількість, тривалість і глибину цілком реально істотно зменшити шляхом впровадження ряду організаційних та технічних заходів. Найбільш правильним є комплексний підхід до вирішення проблеми короткочасних порушень електропостачання. Досвід експлуатації систем електропостачання показав, що найбільш дієвими заходами є наступні: удосконалення грозозахисту ПЛ шляхом обладнання їх по всій довжині грозозахисним тросом, зниження опору контурів

заземлення, заміна дефектних ізоляторів, установка розрядників; паралельне підключення синхронного двигуна; переобладнання старих СД сучасними системами збудження із живленням їх від незалежної мережі; вмиканням цехових трансформаторів на паралельну роботу із живленням від різних джерел.

Успіхи при розробці Li-іон акумуляторів, іоністорів та супермаховиків дозволяють створювати джерела безперебійного живлення промислового рівня. Наприклад, компанія POWERTHRU серійно випускає модуль ємністю 528 Вт·год (за номінальної потужності 190 кВт), однак ємність накопичувача електроенергії легко збільшується шляхом паралельного з'єднання необхідної кількості модулів. ККД таких агрегатів досягає 98%, а кількість циклів «заряд - розряд» – більше 1 млн. В Австралії знаходиться в експлуатації сховище електроенергії ємністю 129 МВт·год з перспективою збільшення до 193,5 МВт·год, побудоване на Li-іон акумуляторах.

Значна кількість розроблених методів і засобів запобігання виникненню провалів напруги дозволяє знизити кожен з параметрів ПН до заданого рівня, а для обґрунтування їх вибору необхідно проводити ретельний аудит існуючих систем електропостачання підприємств хімічної промисловості із обов'язковим використанням комп'ютерного моделювання.

УДК:621.311:351.824.11

РАНЖУВАННЯ ОПЕРАТОРІВ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ ЗА ПОТОЧНИМ СТАНОМ РОЗПОДІЛЬЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ТА ФОРМУВАННЯ СТИМУЛЮЮЧИХ ТАРИФІВ НА ПЕРЕДАЧУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

К. Петрова, доц., канд. техн. наук

С. Серебренніков, проф., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Критичне зношення та застарілість мережевої інфраструктури систем електропостачання характерна для більшості пострадянських країн. Це вимагає розроблення дієвих ринкових механізмів стимулювання операторів системи розподілу поліпшувати технічний стан системи до прийняттого для Євросоюзу рівня.

З цією метою, запропоновано формувати прибуток операторів системи розподілу, відповідний до рейтингових балів, отриманих ними в результаті багатокритеріального ранжування за показниками: технічного стану електромереж, економічності, завантаженості, надійності, інноваційності, якості електроенергії [1]. Результати аналізування рейтингу у межах окремих критеріїв дозволять виявити "слабкі" і "сильні" сторони кожного оператора для вироблення відповідних управлінських дій та рекомендацій.

Об'єктивне рейтингове оцінювання операторів за єдиним інтегральним показником технічного стану мережевої інфраструктури створить підґрунтя для справедливого встановлення індивідуальних стимулюючих тарифів.

Для обчислення інтегрального показника застосовано принципи нечіткої логіки, – здійснено коректне агрегування показників і критеріїв методом адитивної згортки з урахуванням рівня їх значимості, де вагами в згортці є коефіцієнти Фішберна [2].

Ринок України налічує 32 енергорозподільчі компанії, для яких встановлено тарифи на послуги з розподілу електроенергії у межах 256,9 – 982,4 грн/МВт·год, що різняться практично у 4 рази; причому значення тарифів кардинально відрізняються від рейтингів компаній.

Нами розроблено методику формування індивідуальних стимулюючих тарифів, функціонально пов'язаних з критеріальними показниками стану системи розподілу. Економічно обґрунтоване теоретичне значення мінімального диференційованого тарифу, визначали для кожного оператора з умови його беззбиткової діяльності. Максимальний же стимулюючий тариф, до якого прагнуть оператори, залишався однаковим. Перехід від інтегрального показника до конкретного тарифу здійснено шляхом лінійного перетворення (нормалізації) тарифної шкали в функції рейтингового балу. Тоді найкращий за рейтингом оператор матиме максимальний стимулюючий тариф, а для найгіршого залишиться в рази менша тарифна ставка. Крутизоною графіка тарифної функції можна регулювати степінь стимулюючого впливу тарифу через зміну динаміки прогресуючого тарифного кроку, залежно від тарифної політики держави. Показано приклад реалізації розробленої тарифної моделі для 24 українських обласних енергорозподільчих компаній.

Список літератури

1. Serebrennikov B. S. Economic Incentives for the Modernization of the Electricity Distribution System Operators' Network Infrastructure / B.S. Serebrennikov, K.H.Petrova, S.V. Serebrennikov, I.V. Savelenko // Problemele energeticii regionale. – 2020. – № 3. – С. 101 – 115. DOI: 10.5281/zenodo.4018972
2. Гасанов Г.Б. Рейтинговая оценка и регулирование деятельности распределительных электрических сетей в условиях нечеткости. Львов: Львівська політехніка, 2006. – 140 с.

УДК 621.316.14

МІНІМІЗАЦІЯ ФУНКЦІЇ ВТРАТ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА ОСНОВІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ДРГ В МЕРЕЖІ 0,4 кВ

А. Саченко, *ст.гр. ЕЕ-19М,*

А. Котиш, *доц., канд. техн. наук,*

І. Савеленко, *доц., канд. техн. наук*

Центральноукраїнський національний технічний університет

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку енергетики України характеризується все більшим поширенням установок генерації електричної потужності з відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ) та джерел розподіленої генерації (ДРГ). За останні три роки, згідно даних Держенергоефективності України, частка ВДЕ в енергетичному балансі зросла в 1,5 рази. Інтеграція ДРГ в мережу змінює її з пасивної на активну, що впливає на надійність та її роботу. Крім того, неоптимальне розміщення ДРГ може призвести до збільшення системних втрат і тим самим роблячи модуль напруги нижчим за допустиму межу. Таким чином, оптимальне розміщення ДРГ потрібно для того, щоб мінімізувати загальні втрати мережі і, отже, поліпшити модулі напруги [1].

1. Аналітичний огляд проблеми

Цільова функція мінімізації втрат активної потужності виглядає наступним чином [2]:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n |I_i|^2 R_i \rightarrow \min \quad (1)$$

Обмеження що накладаються на цільову функцію (генерацію і напругу):

$$\begin{cases} 0 \leq P_{\text{ДРГ}} \leq \sum P_{\text{нав}} & (2) \\ |V_{i,\text{min}}| \leq |V_i| \leq |V_{i,\text{max}}| \quad i = 1, 2, \dots, m & (3a) \\ |V_i| \leq 1 \pm 0,05 \text{ в.о.} \quad i = 1, 2, \dots, m & (3b) \end{cases}$$

де n – номер ЛЕП; m – номер вузла; $P_{\text{ДРГ}}$ – потужність ДРГ; $P_{\text{нав}}$ – приєднане навантаження.

Основні обмеження, визначені в рівняннях (2-3) мають вирівнювати напругу в кожному вузлі радіальної мережі в межах допустимих значень і підтримувати сумарну активну потужність яка не повинна перевищувати навантаження системи.

2. Запропонований метод

Визначення оптимального місця приєднання фотоелектричного ДРГ проводиться на основі виведеного індексу стабільності потужності [3]:

$$\psi = \frac{4r_{ij}(P_{\text{нав}} - P_{\text{ген}})}{[|V_i| \cos(\theta - \phi)]^2} \leq 1 \quad (4)$$

За стабільної роботи це значення повинно бути менше одиниці; чим ближче значення ψ до нуля, тим стабільнішою буде система.

Потужність ДРГ буде змінюватися дискретно (від 2,5 кВт до 30 кВт, з кроком в 2,5 кВт).

3. Результати розрахунків

Розрахунок проводився для розподільчої радіальної 12 вузлової схеми напругою 0,4 кВ. Результати розрахунків зображені на рис.1 та рис.2.

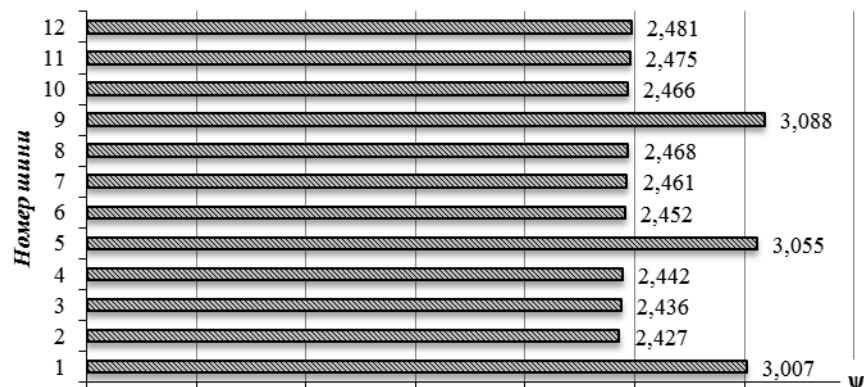


Рисунок 1 – Значення індексу ψ для кожного вузла мережі в усталеному режимі

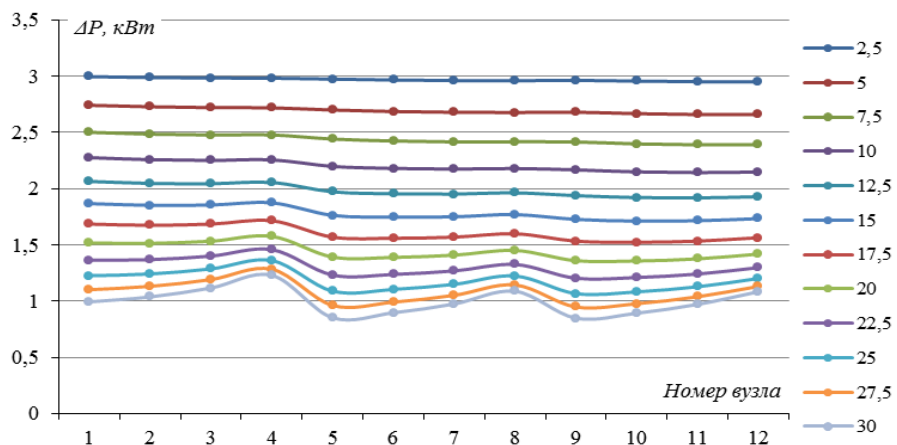


Рисунок 2 – Графік зміни втрат активної потужності в залежності від потужності ДРГ та місця їх встановлення

Як бачимо мінімальні втрати мережі досягаються шляхом встановлення фотоелектричного ДРГ в 9 вузлі з потужністю 30 кВт. Тобто оптимальним місцем встановлення ДРГ є вузол 9. При цьому відхилення напруги не перевищує $\pm 5\%$.

Список літератури

1. Будзко И.А. Электроснабжение сельского хозяйства/ И.А.Будзко, Т.Б.Лещинская, В.И.Сукманов. – М.: Колос, 2000. – 536 с.: ил. – (Учебники у учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
2. Griffin T, Tomosovic K, Secret D, Law A. Placement of dispersed generations systems for reduced losses. In: 33rd International conference on sciences. Hawaii; 2000
3. Acharya N, Mahat P, Mithulananthan N. An analytical approach for DG allocation in primary distribution network. Int J Electr Power. 2006;28(10):669–78

УДК 621.316

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ ПОБУТОВИМИ СПОЖИВАЧАМИ У ЧАСІ

В. Михайловський, асп.,

С. Серебренніков, проф., канд. техн. наук,

О. Проводян, ст-т гр. ЕЕ-19М,

Р.Юрченко, ст-т гр. ЕЕ-19М

Центральноукраїнський національний технічний університет

На електроенергетичному ринку необхідним є підтримання перманентного балансу попиту і пропозиції електричної енергії, які значно змінюються в часі протягом: доби, тижня, сезону. Забезпечення балансу можна досягти шляхом: цілеспрямованого регулювання режиму електроспоживання у часі, використання перетоків енергії з сусідніми енергосистемами або побудови додаткових маневрових генеруючих потужностей, оскільки ОЕС України працює в умовах дефіциту маневрових потужностей, які складає лише 9% від загальної встановленої потужності енергоблоків (мінімальний рівень у країнах ЄС – 20%)[1]. Нерівномірність добового графіка електричного навантаження (ГЕН) становить 20-25% і призводить до збільшення понаднормативних втрат електроенергії при її транспортуванні, інтенсивнішого зносу мережевої інфраструктури та викликає додаткові витрати палива на ТЕС через непроекtnі зупинки і пуски під час нічного провалу та ранкового й вечірнього піків навантажень.

Споживання електроенергії населенням, у першу чергу міст, планомірно зростає з середньорічним темпом 9%, компенсуючи скорочення обсягів електроспоживання в інших секторах. Ця тенденція пояснюється сталим підвищенням електроозброєності побутових процесів (розширення типового набору побутових електроприладів, особливо – розповсюдження потужних систем кондиціонування, електроопалення та електронагрівачів водитощо). Тенденція зростання енергоозброєності побутових споживачів на тлі скорочення промислового сектору, призвела до превалювання на ринку електроенергії самесегменту побутових споживачів, які становлять 33% у загальному складі навантаження ОЕС України. Крім того, цей сектор обумовлює 90% нерівномірності ГЕН [1]. У сучасних ринкових умовах мають застосовуватись не адміністративні, а економічні методи неявного управління попитом, наприклад, – застосування різних видів диференційованих за часом тарифів на електричну енергію. В Україні залишились дво- (0,5:1) та тризонні диференційовані тарифи (0,35:1,02:1,8)

лише для побутових споживачів. Також діє градація по обсягах (0,9 грн/кВт·год – до 100 кВт·год і 1,68 грн/кВт·год – понад 100 кВт·год), покликана сприяти ощадному режиму електроспоживання. Причому, всупереч зростанню енергоозброєності побуту, пільговий поріг зменшено зі 150 до 100 кВт·год, що нівелює прагнення споживачів до енергозаощадження.

Динаміка зміни питомої ваги населення у структурі споживання електричної енергії України (рис.1) та динаміка споживання електричної енергії споживачами 100-квартирного 9-ти поверхового житлового будинку (рис.2) показують, що «енергоозброєність» населення неухильно зростає за рахунок електронагрівального устаткування – електронагрівачів води (ЕНВ) накопичувального типу та електроопалення [2]. Добовий графік витрати електричної енергії на роботу ЕНВ (витрати гарячої води) мають 2 піки – ранішній й вечірній. Коефіцієнт заповнення добового ГЕН наводі багатопверхових житлових будинків становить від 0,35 до 0,5.

Отже, побутові споживачі мають значний ресурс споживачів-регуляторів. Побутові споживачі дуже різняться за біологічним ритмом робочого дня, електронавантаженням, номенклатурою устаткування, наприклад, – «сови» і «жайворонки», пенсіонери та працюючі, селяни і містяни тощо. Тому проблематично застосовувати універсальні методи, пов'язані з технологічним процесом (ТП), оскільки регулювання зі зміною ТП потребує складних досліджень стадій, виявлення їх почерговості, тривалості та пріоритетності, які побутовому споживачеві самостійно виконати важко.

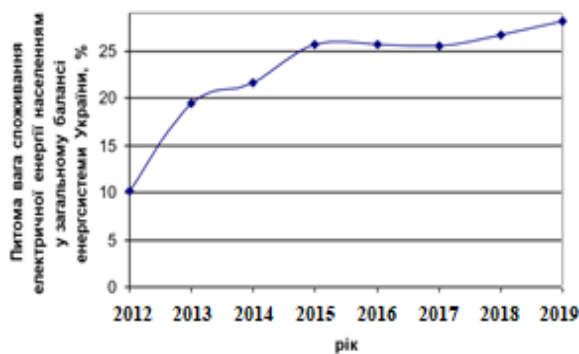


Рисунок 1 – Динаміка зміни питомої ваги населення у структурі споживання електричної енергії України

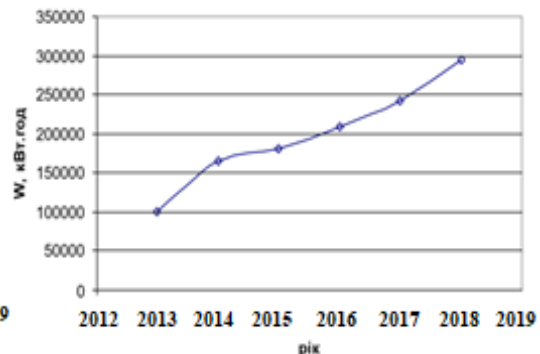


Рисунок 2 – Динаміка споживання електроенергії 100-квартирним 9-ти поверховим житловим будинком

Регулювання без зміни ТП може бути реалізоване простим поквартирним зсувом ГЕН пріоритетно-кроковим методом – зсуви між графіками вибирають «кроками», а послідовність задається пріоритетним рядом мінімумів взаємкореляційної функції:

- на першому кроці обирається зсув між парою графіків, котрі мають максимальне від'ємне значення ВКФ при цьому зсуві;
- на другому кроці обирається зсув між парою графіків, від'ємний екстремум котрих займає друге місце в пріоритетному ряді і т.д.

Аналізування ГЕН у декартовій площині дозволяє математично звести задачу керування до задачі зміни координат цього графіка:

- *вертикальне* керування (по осі ординат P), вирівнювання сумарного ГЕН в результаті зміни форми індивідуальних ГЕН соживачів-регуляторів при впровадженні енергозаощаджуючих заходів;

- *горизонтальне* керування (по осі абсцис t), вирівнювання сумарного ГЕН в результаті горизонтального зміщення по осі часу t індивідуальних ГЕН один відносно другого, яке призводить до мінімуму дисперсії сумарного графіка (пральні машини, мультиварки з програмним керуванням, ЕНВ мають можливість відстроченого старту і момент включення їх у груповий ГЕН обирають на обраному інтервалі часу з умови

зменшення дисперсії ГЕН, отриманого після зсуву). Необхідно рівномірно розподілити моменти включення споживачів-регуляторів та отримати максимально рівномірний ГЕН в зоні «провалу».

Архітектуру системи керування електроспоживанням споживача-регулятора має три рівні:

- 1) рівень об'єкту – апаратні контролери, які виконують функції збору інформації та управління;
- 2) транспортний рівень – канали зв'язку;
- 3) рівень центрального пристрою – кінцевий пристрій, який виконує функції формування команд керування електроспоживанням об'єкту.

Приклад А СКОЕ в побутовому секторі для дистанційного керування електроспоживанням та зчитування показів лічильників по багатоквартирному будинку показано в [2].

Список літератури

1. Находов В.Ф. Удосконалення нової моделі ринку електричної енергії шляхом управління режимами електроспоживання/В.Ф.Находов, А.І.Замулко//Енергетика та електрифікація. –2019. – №10. – С. 26-34.
2. Лазуренко А.П. Определение потенциального экономического эффекта от выравнивания графика электрической нагрузки ОЭС Украины /А.П. Лазуренко, Г.И. Черкашина // Світлотехніка та електроенергетика. – 2009. – №1. – С. 4-12.

УДК: 662.641.047:504.062.2

АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ СУШІННЯ ТВЕРДИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН

**Д. Хоменко, ст. гр. ЕЕ-19М,
К. Петрова, доц., канд. техн. наук**
Центральноукраїнський національний технічний університет

Залежність української економіки від зовнішніх джерел енергопостачання стала проблемою національної безпеки, а енергозбереження – пріоритетним напрямом державної політики. Технологічна схема брикетування вугільних шматків складається з процесів подрібнення вугілля, сушіння його до певної вологості, змішування з шихтою, пресування і температурної обробки. Технологічна схема брикетування торфу і бурого вугілля із високим вмістом вологи передбачає процес сушіння з метою зниження вологості палива з 40-60% до 10-15% [1]. Сушіння вугілля проводиться в спеціальних сушарках з використанням топкових або димогарних газів (в суміші з повітрям), а також нагрітого повітря, окремо або в поєднанні з парою, і парою. Завдяки цьому різко підвищується теплота згоряння палива, його транспортабельність й зручність застосування. Однак у такому разі значно зростає вартість палива внаслідок витрати теплоти на сушіння й збільшення експлуатаційних витрат [2].

На відміну від рідкого й газоподібного палива, вугілля та торф мають високу зольність та вологість. Для їх підготовки до спалювання потрібні додаткові витрати, пов'язані з сушінням і подрібненням. Сушіння торфу, так само як й інших енергетичних ресурсів, є теплофізичним процесом, у якому видалення вологи відбувається в результаті термічної дії. Крім того під час сушіння паливного торфу підвищується його теплота згоряння й температура горіння, сушіння торф'яних субстратних плит супроводжується зміцненням структури й зниженням теплопровідності. Правильно

вибраний режим сушіння повинен забезпечити високу інтенсивність процесу за мінімальних енергетичних витрат і отримання матеріалу оптимальних технологічних властивостей.

Основні витрати енергії (до 80%) у виробництві паливних брикетів пов'язані зі штучним сушінням у заводських умовах. Аналіз статистичних даних показав, що зі збільшенням середньої вологості на 1%, продуктивність заводу знижується на 3,5...5,0%, а витрата електроенергії на 1 т брикетів зростає на 3,5...4,5%. Коливання вологості в часі на брикетних заводах сягає 15%. Зі збільшенням дисперсії вологості сировини з 1% до 12% виробництво брикетів знижується в середньому на 15...20%, а питома витрата енергії при цьому зростає на 15...30%. На виготовлення 1 т буровугільних брикетів вологістю 18% з нижчою теплотою згоряння близько 4000 ккал / кг витрачається: 2,15 т бурого вугілля, 1,7 т пари, 40 кВт·год електроенергії. Тому одним з актуальних завдань вдосконалення брикетного виробництва є розроблення раціональних режимів сушильного процесу. Як показує аналіз основних виробничих витрат, вартість сировини змінюється від 34,2 до 47,8% повної собівартості брикетів, і, відповідно, витрати на паливо складають $9,7 \div 12,5\%$, а на електроенергію – від 4 до 10% [3].

Список літератури

1. Равич М. Б. Эффективность использования топлива / М. Б. Равич. – М.: «Наука», 1977. – 344 с.
2. Гелетуха Г. Г. Перспективы производства тепловой энергии из биомассы в Украине / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железная, Е. Н. Олейник. // Пром. теплотехніка, т. 35, №5 – 2013. – С. 48–57.
3. Лыков А. В. Теория сушки [Текст] : учебное пособие для студентов теплотехнических и химико-технологических специальностей высших учебных заведений / А. В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.

УДК 621.311.1

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗМІЩЕННЯ КОНДЕНСАТОРНИХ УСТАНОВОК В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ 0,4-10 кВ СПОЖИВАЧІВ

**О. Сіріков, канд. техн. наук, доц.,
А. Заїць, магістр гр. ЕЕ-19М.**

Центральноукраїнський національний технічний університет

Одним з шляхів підвищення ефективності роботи та економічності систем електропостачання є компенсація реактивної потужності. Сама реактивна потужність є невід'ємною складовою необхідною для роботи споживачів таких, як трансформатори і двигуни. Але її перетоки в системі електропостачання призводять до втрат активної потужності і енергії, що негативно позначається на економічності її роботи.

Енергопередавальні організації стимулюють споживачів до компенсації реактивної потужності стягуючи плату за її споживання. Розмір оплати буде залежати від обсягу спожитої реактивної енергії, її відношення до активної електроенергії (коефіцієнту потужності $\text{tg}\phi$). У разі перевищення $\text{tg}\phi = 0,25$ додатково нараховується надбавка за недостатнє оснащення мережі споживача засобами компенсації реактивної потужності. Крім того компенсуючи реактивну потужність споживач зменшує її перетоки і у власній мережі тим самим зменшуючи втрати. Найбільш вигідним є компенсація реактивної потужності якомога ближче до її споживача, тобто в мережах 0,4-10 кВ. Компенсація в мережі напругою 35-110 кВ менш ефективна, адже не розвантажуються живлячі лінії та трансформатори зв'язку з енергосистемою.

Найбільш розповсюдженими джерелами реактивної енергії є батареї конденсаторів, вони мають менші витрати активної потужності на генерацію реактивної в порівнянні з синхронними компенсаторами або двигунами, не мають рухомих частин та прості у обслуговуванні.

Компенсація реактивної потужності є техніко-економічною задачею, яка включає в себе, як визначення необхідного ступеня, тобто загальної потужності компенсуючих пристроїв [1], так і оптимізацію режимів реактивної потужності, тобто знаходження потужності і місця установки компенсуючих пристроїв в мережі споживача при яких досягається мінімум цільової функції витрат [2]. Оптимізаційну задачу необхідно вирішувати створенням адекватної цільової функції, з врахуванням максимальної кількості чинників та вибором необхідного математичного апарату знаходження її мінімуму.

Наявність техніко-економічних складових у вирішенні задачі робить зручним використання величини розрахункових витрат, як критерію оптимальності варіанта, що приймається до виконання.

Функцію зведених розрахункових витрат запропоновано визначати за формулою:

$$Z(Q) = p \sum_{i=1}^n K_i(Q_{\text{КП}i}) + C_0 T \left[\sum_{i=1}^n \Delta P_{\text{к}i} Q_{\text{КП}i} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(Q_{\text{H}i} + \Delta Q_i - Q_{\text{КП}i})(Q_{\text{H}j} + \Delta Q_j - Q_{\text{КП}j})}{U^2 10^3} R_{ij} \right],$$

де n – кількість вузлів в електричній схемі для якої проводиться розрахунок зведених витрат;

i, j – індекси змінних номерів вузлів;

$K_i(Q_{\text{КП}i})$ – капіталовкладення в конденсаторні установки, як функція їх потужності;

$Q_{\text{КП}i}$ – потужність компенсуючого пристрою в вузлі схеми, який розглядається;

$p = p_H + p_a + p_e$, – сумарний коефіцієнт щорічних відрахувань від капіталовкладень;

p_H – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень (є оберненою величиною до бажаного або нормативного простого терміну окупності);

p_a, p_e – коефіцієнти амортизаційних і експлуатаційних витрат;

C_0 – вартість електричної енергії;

T – кількість годин роботи компенсуючого пристрою на рік (приймається рівним кількості годин роботи підприємства, оскільки на першому етапі розрахунків проводиться розміщення джерел реактивної потужності, що умовно не регулюються);

$\Delta P_{\text{к}}$ – питомі втрати активної потужності на генерацію реактивної в конденсаторах;

R – власні і взаємні опори вузлів схеми, які приведені до одного класу напруги. Під власним опором вузла схеми приймається сума опорів, які лежать на шляху струму від балансуєчого (нульового) до даного вузла схеми ($R_{i,j}$ при $i = j$);

Q_H – реактивна потужність навантаження даного вузла схеми;

ΔQ – втрата реактивної потужності від протікання активної і реактивної (повної) потужності по індуктивним елементам електричної мережі до вузла, що розглядається

$$\Delta Q = \sum_{i=1}^K \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U^2} X_i;$$

K – кількість гілок, які підходять до вузла;

P, Q – активна і реактивна потужність, що протікає по гілці, яка розглядається;

X – індуктивний опір гілки;

U – середня напруга високовольтної розподільчої мережі.

Ознакою оптимальності отриманого рішення є умовний мінімум річних розрахункових витрат, через це математична постановка задачі може бути сформульована наступним чином. Визначити числові значення вектору керуючих змінних ($Q_{\text{КП}}$), які будуть відповідати мінімуму функції цілі з урахуванням обмежень накладених на змінні:

$$\left. \begin{array}{l} Z(Q_{\text{КП}}) \rightarrow \min \\ B_i \geq Q_{\text{КП}i} \geq A_i \\ U_{\max} > U_i > U_{\min} \\ \sum_{i=1}^n Q_{\text{КП}i} = Q_{\Sigma} \end{array} \right\} \forall i = \overline{1, n}$$

де A_i, B_i – нижнє і верхнє обмеження по потужності компенсуючого пристрою, що накладається, значення цих величин визначається можливостями джерел реактивної потужності, пропускною здатністю трансформаторів, умовами роботи мережі і т. п.;

U_{\max}, U_{\min} – максимальна і мінімальна напруга за межі якої вона не повинна виходити у вузлі при збільшенні або зменшенні потужності компенсуючого пристрою.

В такій постановці ця задача є типовою задачею нелінійного програмування. Ефективність процесу обчислення суттєво залежить від вибраного методу оптимізації, який підбирається згідно виду цільової функції і її властивостям. Це призводить до необхідності дослідження цільової функції з подальшим вибором методу пошуку її екстремуму.

Застосування «класичних» методів пошуку мінімуму функції стикається з рядом труднощів. Так потужність батарей є дискретною, що переводить її вирішення в область нелінійного дискретного програмування де задача може і не мати аналітичного розв'язку. Даний недолік вирішується застосуванням гладкої функції без розривів, яка апроксимує вартості батарей конденсаторів. Єдиною вимогою до неї є проходження через початок координат.

Список літератури

1. Печніков А.О., Сіріков О.І. Визначення оптимального рівня компенсації реактивної потужності в мережах 0,4-10 кВ споживачів. Перспективні напрямки інформаційних і комп'ютерних систем та мереж, комп'ютерно-інтегровані технології у промисловості, телекомунікаціях, енергетиці та транспорті: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція м. Кропивницький, 13-14 листопада 2019 р., – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – С. 158-159.
2. Сіріков О.І., Панасенко С.М. Оптимізація режимів реактивної потужності в системах електропостачання промислових підприємств. Автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології та проблеми енергоефективності в промисловості і сільському господарстві (АКІТ-2018): міжнародна науково-практична інтернет-конференція м. Кропивницький, 15-16 листопада 2018 р., – Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2018. – С. 113-114.

УДК 621.313.17:621.316.95

ЕЛЕКТРООПАЛЕННЯ З ТЕПЛОАКУМУЛЯЦІЄЮ В ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Р. Телюта, доц., канд. техн. наук

О. Козловський, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

А. Телюта, викл.

Кропивницький коледж механізації сільського господарства

Сьогодення у використанні електричної енергії для теплопостачання та опалення набуває швидкого розвитку. Вибір оптимального способів обігріву є непростю задачею, що потребує розробки і застосування різноманітних проектів і методик, проведення пошукових та науково-дослідних заходів, аналізу проведення монтажних та експлуатаційних робіт. Електрообігрів є чи не єдиним видом опалення, який дозволить

організувати системне впровадження індивідуального поквартирного теплозабезпечення.

Централізоване виробництво електроенергії і децентралізоване її споживання з метою обігріву гарантує практичне здійснення точкового принципу впровадження електрообігріву. Одним з перспективних шляхів підвищення енергоефективності електрообігріву є перехід до електротеплоакумуляційних технологій, Тобто, заміна традиційних котелень на електроопалювальні акумуляційні комплекси з переведенням їх у режим споживання електроенергії тільки вночі з багатотарифним обліком електроенергії є одним з найдоцільніших засобів підвищення енергоефективності [1].

Вирішенням цієї проблеми є розробка технічних засобів перетворення електричної енергії в теплову, які володіють великою експлуатаційною надійністю й високим коефіцієнтом корисної дії.

Запропоновано перетворювач електричної енергії в теплову типу «котушка в сталі» за рахунок явищ гістерезису та вихрових струмів [2].

В цілому втрати активної потужності в котушці в сталі дорівнюють:

$$D_n = D_a + D_{\dot{a}} = (r_{\dot{a}\dot{a}} + r_{\dot{a}\dot{a}})^2 \dot{a}^2 = r_{\dot{a}\dot{a}}^2 \dot{a}^2, \quad (1)$$

де r_e – еквівалентний активний опір, який враховує втрати активної потужності в сталі;

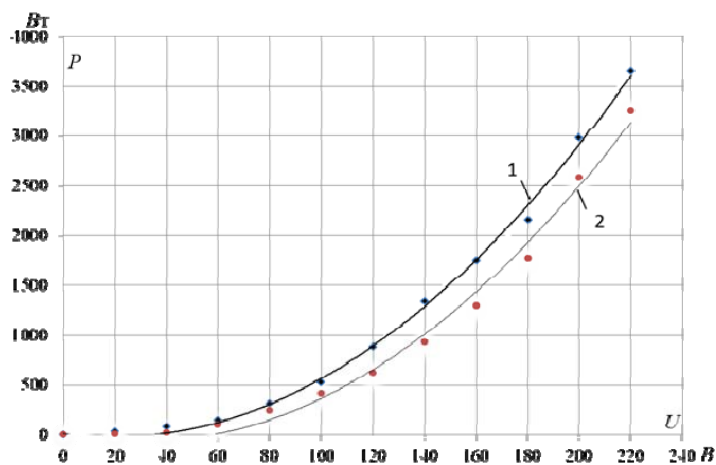
I_a – активна складова сили струму в ідеальній котушці, A .

Аналітичним способом дослідити залежності сили електричного струму та активної потужності, які споживає «котушка в сталі», досить складно із-за нелінійності основних параметрів, зокрема, в значній мірі – індуктивності котушки.

На підставі аналізу проведеного теоретичного обґрунтування можна зробити наступні висновки:

1. Втрати активної потужності в котушці в сталі на гістерезис прямо пропорційні частоті електричного струму, об'єму осердя і площі петлі гістерезису, а також залежать від матеріалу сталі.
2. Втрати активної потужності в котушці в сталі на вихрові струми прямо пропорційні квадрату частоти струму, магнітній індукції і товщині осердя.
3. У реальній котушці в сталі спостерігаються також втрати активної потужності в обмотці котушки завдяки явищу теплової дії електричного струму.
4. Котушку в сталі можливо використовувати як перетворювач електричної енергії в теплову.

Знайдені експериментальні залежності втрат активної потужності в «котушці в сталі» у функції напруги для випадків: 1 – холодного стану, 2 – гарячого стану котушки (рис 1).

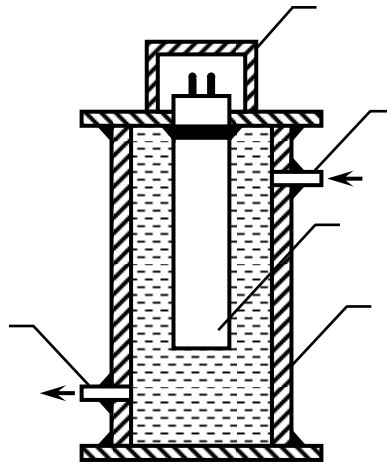


1 – при холодному стані, 2 – при гарячому стані.

Рисунок 1 – Залежність активної потужності котушки в сталі у функції напруги

Залежність втрат активної потужності «котушки в сталі» у функції напруги нелінійна і описується виразом у холодному стані: $P = 0,0897U^2 - 3,3847U + 10$, достовірність $R^2 = 0,9976$; виразом у гарячому стані: $P = 0,088U^2 - 5,0898U$, достовірність $R^2 = 0,9918$.

Для автономного опалення окремих приміщень була запропонована індивідуальна електротеплоакumuляційна установка, конструктивна схема якої наведена на рис. 2.



1 – сталевий корпус, 2 – перетворювач електричної енергії в теплову типу «котушка в сталі»,
3 – верхній патрубок (фланець), 4 – нижній патрубок (фланець), 5 – клемна кришка.

Рисунок 2 – Індивідуальна електротеплоакumuляційна установка.

Запропоновано технічний пристрій створення електротеплоакumuляційної системи опалення безпосередньо в опалювальних приміщеннях, для чого розроблено конструкцію електротеплоакumuляційного пристрою, в основі якого лежить перетворювач електричної енергії в теплову типу «котушка в сталі».

Список літератури

1. Сучасний стан і основні напрямки застосування електричної енергії для теплопостачання в Україні. За редакцією академіка НАНУ А. А. Долінського, канд. техн. наук Д.Й. Розинського. - К.: Видавництво Купріянова О.О. - 2009. - 252 с.
2. С.В. Овчаров, Р.В. Телюта, А.В. Буряк. Розробка технічного засобу перетворення електричної енергії в теплову на принципі «котушка в сталі». Збірник наукових праць КНТУ /Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/ – Вип. 25. Ч 2. Кіровоград: КНТУ, 2012. С. 114 – 121.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ DIALUX

**О. Новікова, ст. гр. ЕЕ-19М,
Н. Гарасьова, доц., канд. техн. наук,
Т. Величко, ст. викл.**

Центральноукраїнський національний технічний університет

Важливою складовою підвищення енергоефективності сучасного промислового підприємства виступає система освітлення, на долю якої витрачається до 20% загального споживання електроенергії [1].

Основним напрямком підвищення ефективності використання електроенергії в освітлювальних установках являється використання енергоощадних джерел світла, вдосконалення засобів освітлення за рахунок прогресивних енергоощадних світлових приладів [1]. Широкі можливості для оцінки світлотехнічного проекту надає програмний комплекс DIALux – одна з самих функціональних комп'ютерних програм для виконання світлотехнічних розрахунків та інженерного проектування внутрішнього та зовнішнього освітлення [2]. Програма DIALux, дозволяє виконати розрахунок освітленості на будь-якій поверхні, в нашому випадку це проектування освітлювальних установок в промисловому приміщенні.

В роботі розглянуто вдосконалення системи освітлення ремонтної ділянки механічного цеху, яке передбачає заміну світильників РСП-400 з газорозрядними лампами ДРЛ400 (кількість 56 шт.) на сучасні світлодіодні.

Для виконання розрахунків потрібно виконати підготовчі роботи, які включають визначення розмірів цеху, обладнання, норми освітлення і т.і. План розміщення обладнання цеху представлено на рисунку 1.

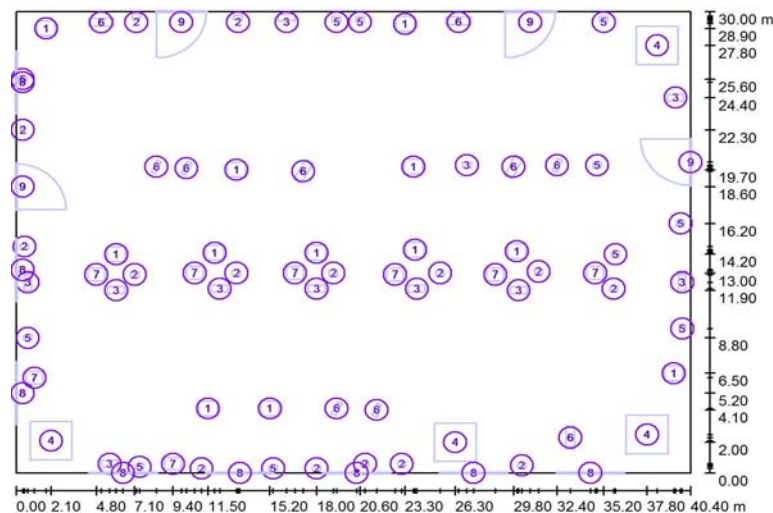


Рисунок 1 – План розміщення обладнання ремонтної ділянки механічного цеху

Вибираємо для встановлення серію світлодіодних промислових світильників "ELVA 0081 FIPAD-06-2X2R5BX30LED 4000K G2 PC 10100LM", яка підходить для заміни існуючих купольних світильників РСП-400. Світильник призначений для світлодіодного освітлення промислових об'єктів і складів. Може встановлюватися як на тросових підвісах, так і в накладному варіанті на стіни та на стелю.

За допомогою програми DIALux розраховуємо природню освітленість ділянки. На рисунку 2 представлено схему денного освітлення без врахування світильників.

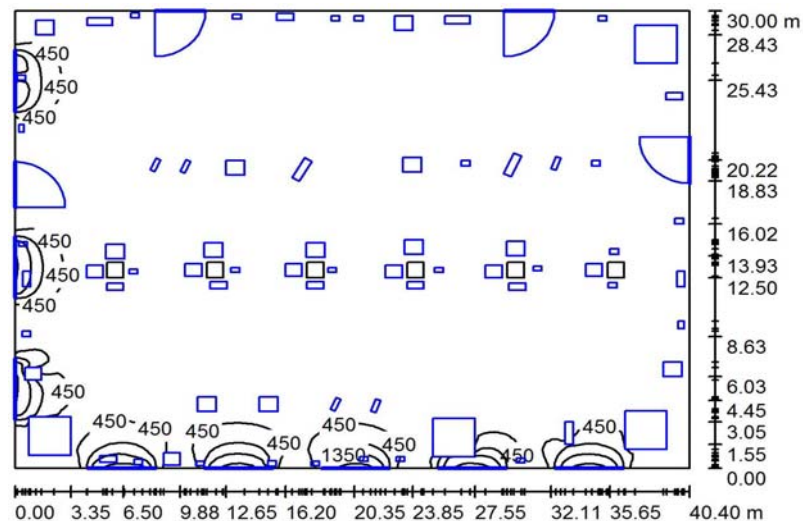


Рисунок 2 – Схема денного освітлення

На рисунку 3 представлено схему штучного освітлення.

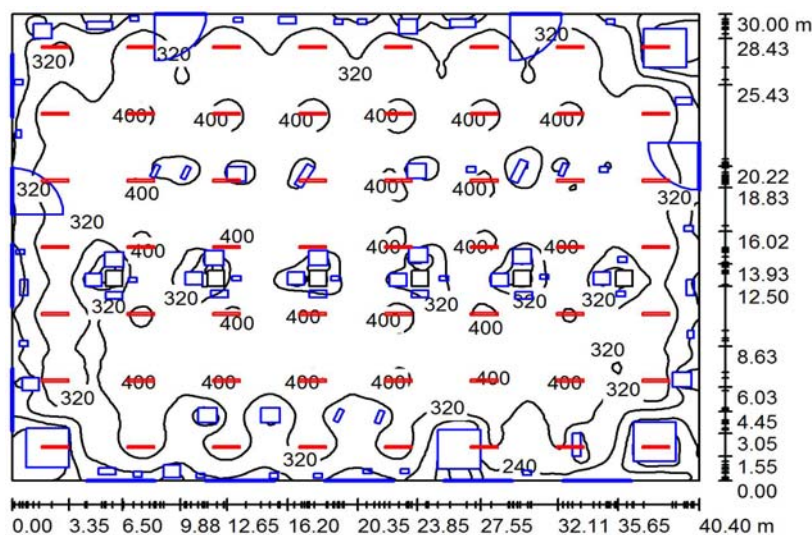


Рисунок 3 – Схема штучного освітлення

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що прийняте розміщення даного типу світлодіодних ламп забезпечує необхідну освітленість робочих місць.

В цілому, слід зазначити, що річний економічний ефект від модернізації внутрішнього освітлення ремонтної ділянки механічного цеху, за попередніми розрахунками, складає близько 105 тис. грн. Період окупності додаткових капітальних вкладень за рахунок зниження поточних витрат не перевищує 3-ох років.

Список літератури

1. Енергоефективні системи освітлення для промислових та комунально-побутових споживачів / [Плешков П.Г., Орлович А.Ю., Серебренніков С.В. та інші]; під редакцією Плешкова П.Г. – М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 246 с.
2. Програмний комплекс DIALUX <https://www.dialux-help.ru/catalog/item1244.html>

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ПАРАЛЕЛЬНО ПРАЦЮЮЧИХ НАСОСІВ З РЕГУЛЬОВАНИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

І. Буров, *ст. гр. ЕЕ-19М,*
Н. Гарасьова, *доц., канд. техн. наук,*
Центральноукраїнський національний технічний університет

На даний час регульований електропривод насосних агрегатів (НА) масово впроваджується на насосних станціях систем водопостачання і має добрі показники економії електроенергії та невеликий термін окупності [1].

Насосна станція складається, як правило, з декількох насосних агрегатів, що працюють паралельно на загальну магістраль. В цьому випадку виникає питання про оснащення регульованим електроприводом одного або декількох насосних агрегатів. Рекомендується обладнати регульованим електроприводом один з 2-3 насосних агрегатів. Тоді при розрахунках економії електроенергії потрібно враховувати зниження ККД за рахунок зменшення швидкості обертання, втрати, що виникають при паралельній роботі декількох насосних агрегатів від одного перетворювача частоти (ПЧ) та гідравлічні втрати, що виникають при роботі регульованого та нерегульованого електроприводів[1].

В роботі розглядається декілька варіантів структури насосної станції з метою виявлення енергоефективного. Прийнято три варіанти структур з одним перетворювачем частоти, коли він підключений на окремий насос або паралельно працюють один чи два нерегульованих електроприводи.

Розрахункову економію електроенергії при роботі з частотним перетворювачем для 3-х варіантів виконання насосної станції наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Результати розрахунків економії електроенергії при різних варіантах структури насосної станції.

Параметр	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Кількість насосів/перетворювачів	1/1	2/1	3/1
Потужність електродвигуна, кВт/ тип насосу	1x75/ НКМ-G 150- 400/390/75/4	2x37 / НКМ-G 100-400/408/37/4	3x22/ НКМ-G 80-400/370/22/4
Вартість заощадженої ел.енергії, грн	742952,28	713316,35	693231,86

Третій варіант дозволяє організувати експлуатацію двигунів в номінальному режимі та використовувати переваги частотного перетворювача. При цьому, регулювання можливо здійснювати у вузькому діапазоні частот (у межах 20% від номінальної частоти живлення). Це дозволить виключити значну долю додаткових втрат, які виникають при використанні ПЧ та приведе до скорочення експлуатаційних та енергетичних втрат.

В цілому, слід зазначити, що для визначення енергоефективної структури насосної станції, потрібно насамперед провести ретельний аналіз технологічних параметрів станції, правильно вибрати потужність та кількість насосів і перетворювачів, визначити структуру системи керування, яка буде забезпечувати оптимальний режим роботи насосної установки.

Список літератури

1. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходушных установках. - М.: Энергоатомиздат, 2006. 360 с. ил.

2. Автоматизована система водопостачання, яка складається з двох насосних агрегатів / М. М. Мошноріз // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія : Механіко-технологічні системи та комплекси. - 2017. - № 19. - С. 80-85.

УДК 621.316.32

НЕДОЛІКИ НЕЛІНІЙНИХ ОБМЕЖУВАЧІВ ПЕРЕНАПРУГИ

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

А. Івашенко, ст. гр. ЕЕ 19-М

Центральноукраїнський національний технічний університет

Для захисту електродвигунів і силових трансформаторів від комутаційних перенапруг (КП) широко використовуються нелінійні обмежувачі перенапруги (ОПН).

Аналіз технічних характеристик сучасних ОПН, які експлуатуються в мережах 10 кВ, показує, що залишкова напруга на ОПН у момент його спрацювання може змінюватися від 22 до 24 кВ, а для обмежувачів перенапруги у мережах 6 кВ залишкова напруга змінюється від 13 до 14 кВ [1,2]. Отже, сучасні ОПН обмежують КП до рівня (2,2- 2,4) Уном. Подібний рівень обмеження КП становить серйозну небезпеку для ізоляції електродвигунів, тому що перевищує припустиму кратність перенапруги, рівню 1,8, і не виявляє небезпечного впливу на ізоляцію обмоток силових трансформаторів, тому що припустима кратність перенапруг для трансформаторів становить 2,8, що вище рівня обмеження КП ОПНом.

Останні дослідження, показали, що при частоті комутаційного імпульсу понад 45 кГц у роботі ОПН спостерігається «зона завмирання». «Зона завмирання» характеризується тим, що ОПН не реагує на виникнення перенапруги, амплітуда якого в кілька разів може перевищувати поріг спрацювання (рівень обмеження) ОПН. Це може привести до пробію ізоляції обмоток високовольтних електродвигунів, тому що частота комутаційного імпульсу понад 45 кГц спостерігається при комутації електродвигунів потужністю від 200 кВт до 2500 кВт. Тривалість «зони завмирання», як правило, не перевищує 2-3 періодів коливань напруги комутаційного імпульсу й становить менше $4 \cdot 10^{-5}$ с [3].

Наступним недоліком у роботі ОПН є низька термічна стійкість у режимі однофазного замикання на землю.

Установлено [3, 4], що в режимі однофазного замикання на землю, яке супроводжується переможеною дугою, кратність перенапруги може перевищувати напругу мережі в 3,5-4 рази. Частота, з якою відбувається горіння дуги, може досягати 5–7 кГц. Це вказує на те, що частотна характеристика дуги дозволяє уникнути «зони завмирання» у роботі ОПН. ОПН може спрацювати, якщо перенапруга в режимі однофазного замикання на землю буде більше порога спрацювання обмежувача.

Перенапруги в режимі однофазного замикання на землю, як правило, виникають на неушкоджених фазах мережі. У момент горіння дуги спрацюють ОПН, підключені до неушкоджених фаз, що приводить до короткочасного короткого замикання на землю й ОПН. Даний процес ілюструється схемою, представленою на рис. 1.

Несвоєчасне відключення ліній з однофазним замиканням на землю за рахунок низької селективності захистів, як правило, приводить до термічного руйнування ОПНів. Це припущення підтверджується статистичними даними про наробітки на відмову ОПНів, які експлуатуються в мережах 6-10 кВ.

Характерний вид термічного руйнування ОПН представлено на рис. 2.

Таким чином, основними недоліками в роботі ОПН є «зона завмирання» при частоті комутаційного імпульсу понад 45 кГц і низька термічна стійкість у режимі однофазного замикання на землю.

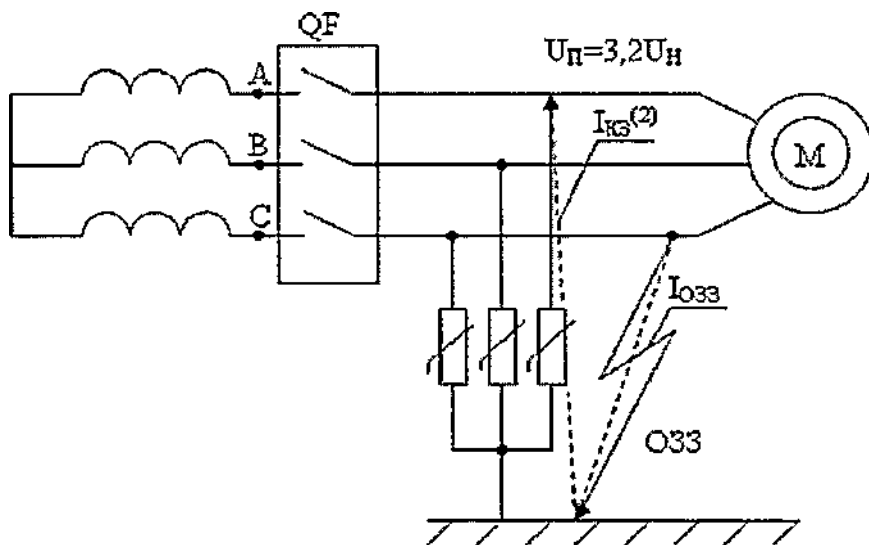


Рисунок 1 – Процес виникнення двофазного короткого замикання високовольтної мережі при спрацьовуванні ОПН у режимі однофазного замикання на землю



Рисунок 2 – Характерний вид термічного руйнування ОПН у режимі однофазного замикання на землю

Список літератури

1. Чистяков Г.Н. Экспериментальные исследования на синтетической модели импульсных перенапряжений при коммутации вакуумного выключателя // Промышленная энергетика. — 2003. - №12.
2. Гаврилова Е.В. Электромагнитная совместимость средств защиты от коммутационных перенапряжений с защищаемыми объектами / Е.В. Гаврилова, С.В. Кузьмин, Р.С. Кузьмин, В.Н. Язев, В.И. Суров, В.Е. Дубин, В.А. Меньшиков // Техничко-економический вестник РУСАЛа. - 2006. - №17 - С. 62 - 64.
3. Абрамович Б. Перенапряжения и электромагнитная совместимость оборудования электрических сетей 6 - 35 кВ / Б. Абрамович, С. Кабанов, А. Сергеев, В. Полищук // Новости электротехники. - 2002. - №5. - С.22 - 24.
4. Скакунов Д.А. Методы и средства обеспечения качества электрической энергии в распределительных сетях 0,4 - 6 кВ нефтеперерабатывающих предприятий / Д.А. Скакунов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Красноярск. - 2010.

МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ ГРОЗОСТІЙКОСТІ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

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

Т. Величко, ст. викл.

Ю. Капшитар, ст. гр. ЕЕ 19-М

Центральноукраїнський національний технічний університет

Для розрахунків перенапруг в об'єктах, пошкоджених блискавкою, необхідно прийняти еквівалентну схему заміщення каналу блискавки зі стікаючим в об'єкт струмом. Еквівалентний опір каналу блискавки залежить від миттєвого значення струму на фронті [1]:

$$Z_M = 140 \cdot \left(1 + \frac{240}{I_M} \right), \quad (1)$$

де Z_M - виражене в омах, а I_M - у кілоамперах, причому $5 < I_M < 300$ до А.

З іншого боку, струм блискавки, що протікає по пошкодженому об'єкту, залежить як від розрахункового значення хвильового опору каналу блискавки, так і величини заземлення об'єкта. Відповідно до [2] можна записати:

$$I_{об} = I_{об}^{R=0} \cdot \frac{Z_M}{Z_M + Z_{об}}, \quad (2)$$

де $I_{об}^{R=0}$ - амплітуда струму блискавки, що протікає по добре заземленому об'єкту;

$Z_{об}$ - еквівалентний хвильовий опір ураженого об'єкта.

Формула (2) отримана на основі схеми рис.1.

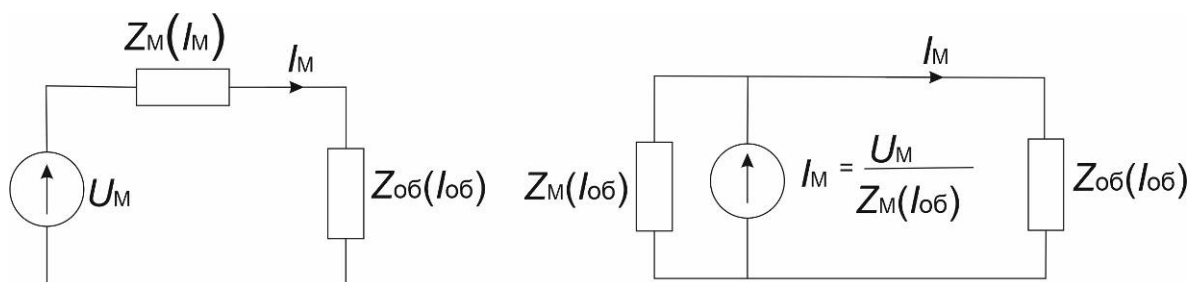


Рисунок 1 – Еквівалентні розрахункові схеми для визначення струму в місці удару блискавки

На рис.1. символом U_M позначене умовне значення напруги між грозовою хмарою й землею.

Найбільш об'єктивним показником інтенсивності грозової діяльності є число ударів блискавки на 1 км^2 земної поверхні за один грозовий сезон. За 1 грозову годину в середньому відбувається $n_m = 0,06 \div 0,1$ удару блискавки на км^2 земній поверхні. Середня тривалість грози протягом грозового дня становить 1,5-2 грозових години. Середнє число ударів блискавки в площу 1 км^2 протягом року може бути оцінене по формулі:

$$N_1 = n_m \cdot n_y, \quad (3)$$

де n_y - число грозових годин у році для даної місцевості.

Число грозових годин визначається за результатами численних метеорологічних спостережень, є випадковою величиною й залежить від характеру місцевості. У розрахунках можна приймати $N_1 = 3$. Слід зазначити, що дані цифри є усередненими показниками і якщо є дані місцевих метеорологічних спостережень, то користуватися слід місцевими даними. Удар блискавки в об'єкт є, у якійсь мірі, вибіркоким: чим більше висота об'єкта й чим краще об'єкт заземлений, тим більше ймовірність пошкодження даного об'єкта.

Для визначення числа пошкоджень ударами блискавки ліній електропередачі (ЛЕП) потрібно знати її еквівалентну (з погляду блискавкозахисту) площу $S_{ЛЕП}$. Вона обчислюється по формулі:

$$S_{ЛЕП} = (W + 2R_{екв}) \cdot L \cdot 10^{-3}, \text{ де} \quad (4)$$

$$R_{екв} = \sqrt{h \cdot (256 - h)}, \text{ а} \quad (5)$$

$$h = h_{пр} - \frac{2f}{3}, \quad (6)$$

де $h_{пр}$ — висота підвіски проводу (троса) на опорі;

f - стріла прогину проводу (троса);

W - ефективна ширина ЛЕП, яка дорівнює відстані між крайніми проводами ЛЕП на без тросових ЛЕП, відстані між двома тросами, для ліній із тросовим захистом.

Усі ці відстані підставляються в метрах, внаслідок чого в (4) з'являється множник 10^{-3} , тому що площа повинна бути отримана у квадратних кілометрах. L - довжина ЛЕП береться в кілометрах.

Порівнюючи ЛЕП із тросовим захистом і без тросового захисту по (4) видно, що число ударів блискавок у ЛЕП із тросами трохи вище числа ударів в однотипні ЛЕП без тросів. Це відбувається за рахунок збільшення ефективної ширини ЛЕП із тросовим захистом.

Розрахунки показали, що найбільш ефективним способом зниження числа грозових перерв електропостачання по ЛЕП, при незмінному опорі заземлення опори, є зміна точки підвісу гірлянди на опорі (зміщення гірлянди по траверсі до опори). На жаль, для багатьох типів опор цей спосіб не підходить із-за коротких довжин траверс і різкого зростання ймовірності зворотного перекриття з опори на провод.

Список літератури

1. К.П.Кадомская, Ю.А.Лавров, А.А.Рейхердт. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них. Новосибирск: НГТУ, 2004.
2. Чубуков М.В., Усачёв А.Е. Влияние угла тросовой защиты на грозоупорность воздушных линий электропередачи //Проблемы энергетики, 2011, №11-12, - С. 83-94.

ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

Т. Величко, *ст. викладач,*
Н. Гарасьова, *доц., канд. техн. наук,*
І. Переверзєв, *доц., канд. техн. наук,*
Центральноукраїнський національний технічний університет

У сучасних умовах зростання споживання і виробництва електроенергії на сьогоднішній день проблема підвищення пропускної спроможності ліній електропередачі дуже актуальна. Є кілька способів вирішення даної проблеми, серед яких і будівництво нових ліній і модернізація вже наявних. Вибір конкретного способу визначається особливостями даного «вузького місця» в енергосистемі, при цьому варіантів може бути декілька.

В даний час виділяються наступні основні шляхи підвищення пропускної здатності:

1. Інноваційні технології у виробництві проводів;
2. Компактні повітряні лінії електропередачі;
3. Повітряні лінії електропередачі з розщепленої резервної фазою;
4. Застосування пристроїв FACTS.

Інноваційні технології у виробництві проводів - є одним з найбільш перспективних способів збільшення пропускної спроможності ЛЕП (збільшення пропускної здатності досягає 2 і 2,5 разів для термостійких проводів). Даному питанню приділено багато уваги в станах Європейського Союзу.

Компактні повітряні лінії електропередачі підвищеної пропускної здатності дозволяють збільшувати передану потужність за рахунок зменшення міжфазних відстаней, розщеплення проводів, що знижує їх індуктивний опір, і збільшення еквівалентного радіуса фази [1].

Повітряні лінії електропередачі з розщепленої резервної фазою - це схемно-технічне рішення підвищення пропускної спроможності для існуючої дволанцюгової трифазної лінії електропередачі. Схема резервування, яка полягає в розщепленні на три проводи фази показує зростання натуральної потужності на 30-40%. Однак в даній схемі резервування робочого ланцюга четвертою фазою є і недолік, який полягає в наявності несиметрії, а також відбувається недовикористання сумарного перерізу проводів [4].

Застосування пристроїв FACTS – є підвищення пропускної здатності шляхом установки в систему передачі електроенергії спеціальних керованих пристроїв, званих пристроями FACTS (Flexible AC Transmission System - гнучка система передачі змінного струму).

При будівництві нової високовольтної лінії електропередачі можна прийняти до розгляду перші два способи підвищення пропускної здатності, а при необхідності підвищення пропускної спроможності існуючої ЛЕП необхідно розглядати варіант із застосуванням розщепленою резервною фазою або застосування будь-якого пристрою FACTS.

Питання ефективності використання засобів регулювання є одним з принципових в сучасних умовах формування енергосистем.

Ефективність використання засобів регулювання (у статиці або динаміці) може бути оцінена по питомій результативності регулюючої дії на ті або інші показники і характеристики електропередачі, наприклад, її пропускну здатність.

Відомо, що межа потужності, що передається по лінії, є показником величини пропускну здатності лінії електропередачі, визначається виразом:

$$P_m = \frac{|\hat{U}_1| \cdot |\hat{U}_2|}{Z_c \cdot \sin \alpha_0 \ell} \cdot \sin \delta. \quad (1)$$

Різні засоби регулювання (до устаткування FACTS відносяться - індуктивні (ШР, УШР, ВРГ); ємнісні (УУПК, ТУПК, БК); універсальні (СК, СТК, АСК, ОРПМ, СТАТКОМ); фазорегулювальні (ФРТ)) застосовують для дії на параметри режимів в окремих вузлах енергосистеми, у тому числі і у вузлах приєднання ліній електропередачі. При цьому вони можуть робити вплив:

- на напругу на початку $|\hat{U}_1|$ і в кінці $|\hat{U}_2|$ лінії електропередачі;
- на величину кута (δ) зсуву напруги початку і кінця лінії електропередачі (об'єднані регулятори потоку потужності – ОРПП, керовані для тиристора послідовно включені компенсатори – УУПК, ФРТ-УПК та ін.).

Проте жодне з вказаних засобів не може впливати на значення хвильового опору лінії (Z_c), величина якого залежить тільки від параметрів самої лінії електропередачі і, в першу чергу, від питомого індуктивного опору і питомої ємнісної поперечної провідності, які у свою чергу визначаються типом лінії, її конструкцією і параметрами електромагнітного поля. Вказані параметри визначають також хвильову довжину лінії ($\alpha_0 \ell$). Звертає на себе увагу той факт, що за інших рівних умов ефект від регулюючих дій вказаних вище засобів знаходиться в зворотньопрпорційній залежності від величини (Z_c), тобто чим менше величина (Z_c), тим більший ефект по збільшенню P_m лінії електропередачі при одному і тому ж регулюючому впливі за допомогою того або іншого пристрою регулювання, і навпаки.

Для можливості збільшення пропускну здатності високовольтних ЛЕП рекомендуються до установки наступні групи пристроїв:

- 1) пристрої поздовжньої компенсації;
- 2) пристрою поперечної компенсації;
- 3) фазоповоротні пристрої.

Проведений аналіз дозволяє зробити цілком певний вивід про те, що створювати ефективні керовані електропередачі великої пропускну здатності можна застосувавши в комплексі кращі сучасні засоби регулювання і нові технічні рішення в області вдосконалення ліній електропередачі.

Проаналізовано впровадження і розвиток технологій надвисокої напруги в області передачі електричної енергії на великі відстані. Проведені дослідження математичних моделей лінії і дана оцінка погрішності моделей при дослідженні режимів лінії.

Багаточисельні розрахунки режимів лінії зверх високої напруги різної протяжності показало доцільність використання керованих пристроїв компенсації при модернізації існуючих ЛЕП і при проектуванні.

Список літератури

1. Ю.П.Рыжов. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения / Учебник для вузов. - Изд. дом МЭИ, 2007. - 488 с.: ил.
2. В.Н.Сулейманов, Т.Л.Кацадзе. Электрические сети и системы / Учеб. – К.:НТУУ «КПІ», 2007.- 504с.
3. Самородов. Г.И., Красильникова Т.Г. Прогрессивные технологии передачи электроэнергии на переменном токе на дальние и сверхдальние расстояния // Энергетическая политика. – 2013. – Вып.5.
4. А.П. Свіридов, Н.Ю. Гарасьова, Т.В. Величко. Електропередача на наддалекі відстані. Аватоматика, компютерно-інтегровані технології та проблеми енергоефективності в промисловості і сільському господарстві (АКІТ-2018): Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. – Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2018. - с.105-106

5. А. С. Нестеров, П. Ф. Васильев, В. П. Кобылин. Анализ и расчет пропускной способности воздушных линий электропередачи, Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». 2018. Т. 18, № 1. С. 21–26 21

УДК 621.

ОБґРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ БЛОКУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КРІОСКОПІЧНИХ ТЕМПЕРАТУР РОЗЧИНІВ

О.Козловський, доц., к.т.н.,

Р.Телюта, доц., к.т.н.

В.Клименко., проф., д-р техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Харчові продукти, зазвичай, містять значну кількість води, яка суттєво впливає на їх властивості. Для визначення оптимальних параметрів технологічних процесів зберігання продуктів і напіфабрикатів під час їх охолодження та заморожування, отримання концентратів із сировини при знижених температурах, а також визначення якості харчових продуктів необхідно проводити контроль їх кріоскопічних температур. Цей термодинамічний показник є достатньо інформативним та найбільш зручним для використання в промислових умовах. Застосування пристроїв для контролю стану харчової продукції на основі кріоскопічної температури дає змогу підвищити її якість та знизити теплові втрати в технологічних процесах виробництва. Тому розробка засобів визначення кріоскопічних температур є актуальною.

Більшість сучасних вимірювальних блоків кріоскопічних температур входить до складу обладнанням стаціонарних лабораторій і призначені для сумісного використання з морозильними камерами [1-3]. Таке технічне рішення дозволяє заморожувати зразки до значних від'ємних температур. Основними елементами цих блоків є наступні: металева бюкса з досліджуваним зразком, термоелектричний модуль (ТЕМ), радіатор зі встановленим на нього вентилятором та первинний вимірювальний перетворювач (ПВП) температури. За допомогою такого обладнання можливо проводити паралельні вимірювання для декількох зразків, що розміщуються однієї морозильній камері, а їх ПВП температури підключені до одного вимірювального каналу [3]. Основними недоліками таких блоків для вимірювання кріоскопічних температур є низька автономність і значні розміри внаслідок використання повітряного теплообмінника для охолодження термоелектричного модуля, відсутність змішувача досліджуваного зразка.

Відомий також переносний кріоскоп «Термоскан МИНИ», що призначений для визначення якості молока [4]. До головного недоліку його вимірювального блоку кріоскопічної температури слід віднести залежність різниці температур між спаяним термоелектричним модулем від температури навколишнього середовища.

Таким чином, напрямом подальшого удосконалення існуючих блоків вимірювання кріоскопічних температур є підвищення їх автономності шляхом відмови від використання морозильних камер та контроль впливу навколишнього середовища на охолоджувач.

З метою усунення вказаних недоліків бюксу вимірювального блоку доцільно охолоджувати термоелектричним модулем, що обладнаний системою рідинного охолодження гарячої сторони. Таке технічне рішення дозволяє максимально зменшити його розміри, а шляхом зміни температури холодоносія контролювати діапазон температур охолодження досліджуваних зразків. Для попередньої оцінки залежності мінімальної температури досліджуваного зразка від температури холодоносія було

проведене комп'ютерне моделювання блоку вимірювання кріоскопічних температур на базі програми KRYOTHERM [5, 6].

Для проведення дослідження був вибраний стандартний термоелектричний модуль

ТВ-127-1.4-1.5 з наступними споживчими параметрами: $\Delta T_{\max} = 70$ К – максимальна різниця температур при температурі гарячої сторони ($T_h = 300$ К); $I_{\max} = 6,1$ А – струм при якому досягається різниця температур ΔT_{\max} ; $U_{\max} = 15,9$ В – напруга, що відповідає струму I_{\max} ; $Q_{\max} = 60$ Вт – холодопродуктивність при струмі $I = I_{\max}$ та різниці температур $\Delta T = 0$ К [6].

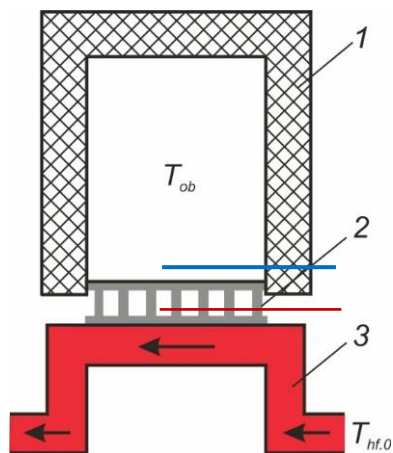


Рисунок 1 – Розрахункова модель блоку вимірювання

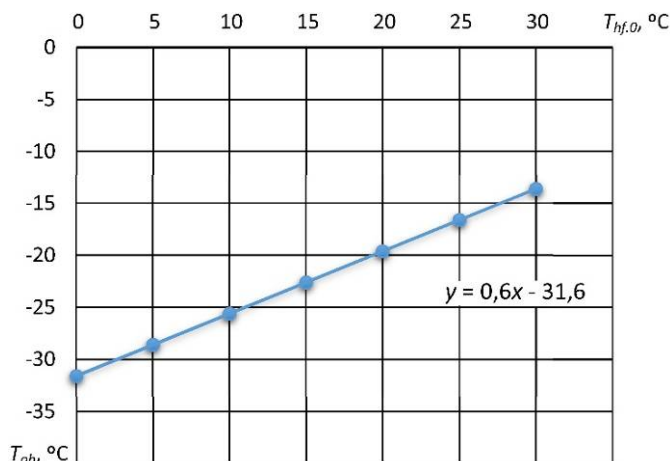


Рисунок 2 – Залежність $T_{ob} = f(T_{hf,0})$

На рис. 1 подано розрахункову модель блоку вимірювання кріоскопічних температур основними складовими елементами якої є вимірювальна камера покрита теплоізоляцією 1 з поліуретанової піни, термоелектричний модуль 2 та рідинний теплообмінник 3. Для покращення теплообміну між ТЕМ та контактними поверхнями на нього наноситься шар теплопровідної пасти, це враховується за допомогою проміжних теплових опорів R_{c1} та R_{h1} .

Вихідними параметрами до комп'ютерного моделювання були наступні: напруга живлення ТЕМ – 12 В, температура навколишнього середовища – 20 °С, холодоносій – вода, об'ємна витрата холодоносія 0,5 м³/год, товщина теплоізоляції 10 мм. Режим роботи термоелектричного модуля вибирався наближеним до режиму максимальної економічності за живленням. Для його досягнення напруга живлення ТЕМ повинна знаходитися у межах 70-80% від U_{\max} [6].

У процесі моделювання всі задані параметри термоелектричного модуля та вимірювальної камери залишалися постійними, за виключенням температури холодоносія на вході в теплообмінник $T_{hf,0}$.

На основі даних отриманих з комп'ютерного моделювання була побудована залежність температури у вимірювальній камері T_{ob} від температури холодоносія на вході в теплообмінник $T_{hf,0}$, яка подана на рис. 2. Отримана залежність носить лінійний характер і показує, що при зміні температури холодоносія на 30 °С, мінімально досяжна температура досліджуваного зразка зміниться в 2,3 рази – від -31,6 °С до -13,6 °С.

Проведене комп'ютерне моделювання залежності $T_{ob} = f(T_{hf,0})$ підтвердило можливість створення автономного, малогабаритного вимірювального блоку кріоскопічних температур з керованою шириною діапазону охолодження досліджуваних зразків.

Список літератури

1. Масліков М. М. Визначення криоскопічної температури сумішей морозива / М. М. Масліков, В. С. Козоріз, К. С. Захарченко // Сталій розвиток і штучний холод : матеріали міжнародної наук.-практ. конференції, 8-10 жовтня 2012 р. – Херсон : Гринь Д. С. – 2012. – С. 192-196.
2. Исследование температур замораживания свиной крови / И. А. Короткий, Е. В. Короткая, Д. Е. Федоров // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 3. – С. 27-31.
3. Unit for food's temperature control during theirrefrigeration / Maxim Maslikov, Galina Policshuk // Ukrainian Journal of Food Science. – 2013. – Volume 1. – Issue 2. –pp. 193-198
4. Сibaгpоpибop. Аналитатор качества молока "Термоскан-Мини" (криоскоп)[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sibagropribor.ru/catalog/krioskopy/termoskan-mini/#tab1>.
5. Шостаковский П. Разработка термоэлектрических систем охлаждения и термостатирования с помощью компьютерной программы KRYOTHERM / П. Шостаковский // Компоненты и технологии. – 2010. – №8. – С. 129-135
6. Kryothermtecsoftware [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://kryothermtec.com/kryotherm-software.html>.

УДК 621.313.17:621.316.95

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОІНДУКЦІЙНОГО ОПАЛЕННЯ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОАКУМУЛЯТОРІВ

В. Клименко, проф., д-р. техн. наук,

В. Комович, ст. гр. ЕНМ-19М

Центральноукраїнський національний технічний університет

В. Ковальов, викл.

Кропивницький коледж механізації сільського господарства

Сучасний стан застосування електричної енергії для теплопостачання можна в цілому охарактеризувати як такий, що перебуває у фазі швидкого розвитку. Існує широкий спектр засобів електроопалення - від прямого електрообігріву до використання компресійних теплових насосів з електричним приводом. Кожен із видів опалення характеризується комплексом технічних, економічних показників, споживчих характеристик.

Часто вибір найкращого серед кількох способів обігріву не є простим, однозначним і потребує розробки і застосування певної методики, проведення дослідної експлуатації у пілотних зонах і на пілотних об'єктах.

Економічне стимулювання заходів щодо завантаження нічної зони є добре прогнозованою довгостроковою політикою тарифоутворюючих відомств. Ця політика спрямована як на подальше диференціювання тарифів, так і збереження, навіть поглиблення, пільгових ставок у нічному провалі добового графіка навантажень об'єднаної енергетичної системи України. З огляду на капітальні і експлуатаційні витрати, особливості енергобалансу країни, високий рівень керованості, комфортності і екологічності впровадження індукційного електрообігріву техніко-економічно є обґрунтованим.

Основним напрямом застосування електричної енергії для теплопостачання в Україні визнаний електротеплоакумуляційний електрообігрів. Поки ще не виробилося його домінантного напрямку. В одних регіонах перевагу надають індукційним електродкотлам з акумуляційними ємностями, в інших - кабельному опаленню. Централізоване виробництво електроенергії і децентралізоване її споживання з метою обігріву гарантує практичне здійснення точкового принципу впровадження електрообігріву [1].

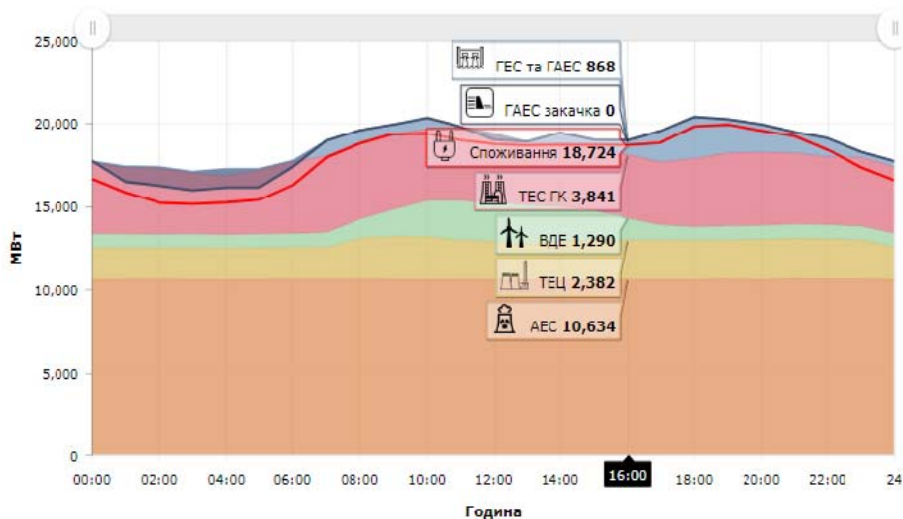


Рисунок 1 –Добовий графік ОЕС України за 26.02.2020 р. [2]

На базі аналізу графіків навантаження (рис. 1) показано, що існують великі провали навантаження вночі, це вимагає їх заповнення з погляду економії енергоресурсів. Одним з таких способів заповнення графіка передбачено застосування електричної енергії для електроопалення, з подальшим шляхом акумуляції теплової енергії.

Порівнюючи електрододні різних типівв цілому як ТЕНові, так і електродні мають суттєві недоліки. Обидва типи котлів відзначаються недостатньою електробезпекою. В електродних котлах вода і теплоносій повинна мати певну електропровідність. Тому корпус електродного котла і вода можуть мати значний електричний потенціал. Як ТЕНові, так і електродні котли за правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів мають бути встановленими у спеціально обладнані приміщення.За вимогами державних санітарних норм і правил для персоналу повинні бути спеціальні умови праці. Тому багато типів ТЕНових і електродних котлів підлягають обов'язковій реєстрації в державних наглядових органів [1].

Отже, до загальних недоліків систем електроопалення на базі ТЕНових і електродних котлів відносяться їх підвищена небезпечність, необхідність цілодобового нагляду за роботою електронагрівачів, велика матеріалоємність, необхідність в окремому приміщенні, наявність витрат електроенергії на власні потреби. Одна з помітних небезпек електронагрівачів зумовлена можливістю електричного контакту теплоносія зі струмопровідними елементами. Крім електричної небезпеки, електронагрівачам притаманний вплив електричних полів на трубопроводах (у тому числі виникнення вихрових струмів, струмів витоків і, як наслідок, електрохімічної корозії та інших електролітичних процесів на деталях електронагрівачів, теплових мереж або арматурі теплообмінників споживачів).До того ж зараз відсутній консенсус відносно доцільних сфер і діапазонів потужностей використання обох типів резистивних котлів.

Індукційні котли виграють за більшістю показників, до їх переваг відносять: високу надійність і довговічність (підтверджений практикою використання строк безвідмовної роботи складає не менше 10 років, але вважається, що потенційний строк служби ще вищий; високу електричну і пожежну (відсутнє виділення водню) безпеку устаткування; менші експлуатаційні витрати (економія на обслуговуванні і запасних частинах); безпеку для навколишнього середовища і здоров'я людей; при правильній експлуатації відсутні елементи, що виходять з ладу.

Індукційні котли можна розміщати у будь-якій частині будинку (підвалі, підсобці) на мінімальній відстані від споживача тепла. Це мінімізує витрати на теплотраси і підвідні трубопроводи. Теплоносій може бути будь-яким з точки зору його електропровідних властивостей. Що стосується можливості саморегулювання робочого процесу, то в індукційному котлі, на відміну від електродного і ТЕНового котла, вона є: при збільшенні температури теплоносія потужність не підвищується, а навпаки, за рахунок збільшення питомого електричного опору матеріалу стінок теплообмінника - зменшується. Це зумовлює самообмеження теплової потужності при розігріві теплоносія. Індукційні котли не потребують постійного нагляду і обслуговування, що знижує експлуатаційні витрати. Великим недоліком індукційного котла є його висока вартість, яка пов'язана з відсутністю серійного виробництва.

Електроопалення на базі електродів повинно бути також як електро так і теплосберігаючим, для цього використовують принцип акумуляції теплоти. Найбільш впроваджуваним технічним засобом зберігання теплоти є її накопичення в теплоакумуляторах на базі баків-акумуляторів. В таких електротеплоакумуляторних пристроях теплоносій уночі, в інтервалі дії пільгового тарифу, накопичується в теплоізольованій акумуляційній ємності, а потім на протязі доби в необхідному значенні температури надходить до приладів опалення.

Електрообігрів є чи не єдиним видом опалення, який дозволить організувати системне впровадження індивідуального поквартирного електротеплоопалення з акумуляцією теплоти на базі індукційних котлів.

Список літератури

1. Сучасний стан і основні напрямки застосування електричної енергії для теплопостачання в Україні. За редакцією академіка НАНУ А. А. Долінського, канд. техн. наук Д.Й. Розинського. - К.: Видавництво Купріянова О.О. - 2009. - 252 с.
2. Національна енергетична компанія «Укренерго» https://ua.energy/uchasnikam_rinku/

УДК 621.182

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТУ ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА

**В. Клименко, проф., д-р. техн. наук,
С.Поляков, ст. гр. ЕНМ-19М**

Центральноукраїнський національний технічний університет

Теплотехнологічні комплекси широко застосовуються в промисловості. Вони споживають велику кількість теплоти на технологічні потреби, вентиляцію, опалення та гаряче водопостачання. Виробництво таких комплексів теплоносіїв у вигляді пари і гарячої води здійснюється виробничими або виробничо-опалювальними котельнями.

Наразі традиційні котельні установки, що використовуються в теплотехнологічних комплексах, наприклад, харчопереробної промисловості, обладнані котлоагрегатами, що найбільш часто споживають природний газ або рідке паливо, які відносяться до викопних первинних джерел.

У зв'язку із прогнозованим вичерпанням основних видобувних енергоносіїв, однією з найбільш актуальних тем в Європі та в усьому світі є використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Додатковим негативним фактором використання традиційних палив є величезні викиди вуглекислого газу при їх спалюванні в атмосферу, що призводить до збільшення парникового ефекту.

Однією з важливих складових ВДЕ є тверда біосировина, що має в Україні великий потенціал, доступний для енергетичного використання – більше 27 млн. тон у. п./ рік[1].

Складові потенціалу біомаси в Україні наведені в таблиці 1 [2].

Таблиця 1 – Енергетичний потенціал біомаси в Україні

Вид біомаси	Теоретичний потенціал, млн. т	Економічний потенціал, млн. т у.п.
Солома зернових культур	30,6	4,54
Солома ріпаку	4,2	0,84
Відходи виробництва кукурудзи	40,2	4,39
Відходи виробництва соняшника	20,9	1,72
Вторинні відходи с/г	6,8	0,69
Деревна біомаса	4,6	1,97
Енергетичні культури: верба, тополя, міскантус	11,5	6,28

Оскільки котельні агрегати, що використовують газ або рідке паливо, обладнані камерними топками переважно факельного типу, то для спалювання твердого біопалива їх необхідно модернізувати шляхом обладнання додатковими пристроями.

Аналіз роботи топкових камер котельних агрегатів показує, що для кожного виду біопалива існує своя спеціальна і специфічна технологія його спалювання. Для процесу горіння важливе значення має фракційний склад палива. Наразі більш розповсюдженим є виробництво і використання дрібнофракційного палива, такого як тирса, стружка, пелети з рослинних відходів, які можуть спалюватися у псевдозрідженому стані. Для підвищення ефективності спалювання різних видів твердої біомаси та біопалива доцільно наявні технологічні схеми топкових камер пристосовувати та модернізувати шляхом застосування передтопків котельних агрегатах.

Найбільш універсальним, на нашу думку, для спалювання дрібнодисперсного біопалива є застосування циклонного передтопка (рис.1)[3].

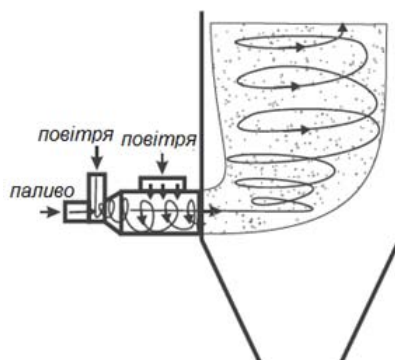


Рис.1. Топка котла з циклонним передтопком

Іншою конструкцією передтопка для водогрійних та парових котлів є варіант показаний на рисунку 2[3].

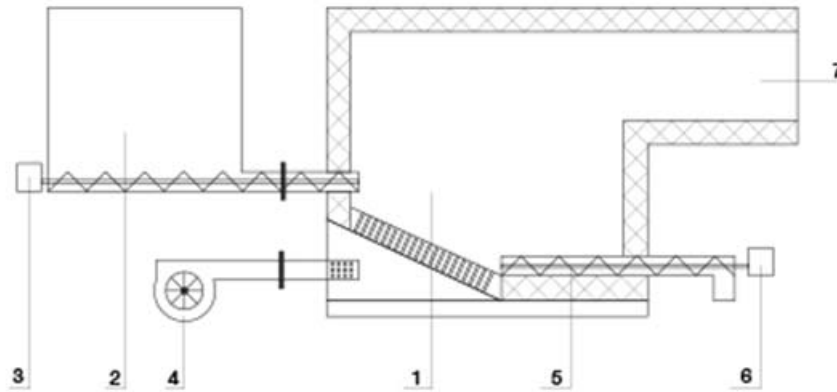


Рисунок 2 – Схема передтопка для шарового спалювання біопалива та вихровою камерою допалювання: 1 – камера згоряння; 2 – бункер палива; 3 – моторредуктор, шнек; 4 – вентилятор; 5 – шнек для вилучення золи; 6 – моторредуктор; 7 – камера допалювання CO газів

Передтопок з бункером для біопалива оснащено шнековою подачею палива та видалення золи. Спалювання біопалива відбувається у два етапи, спочатку горіння відбувається в основній камері згоряння на колосниковій решітці з газифікацією, а потім здійснюється згоряння генераторного газу у вихровій камері з вторинною подачею повітря. При цьому може досягатися максимальний ККД та зменшуватися шкідливі викиди продуктів згоряння в атмосферу.

Отже, застосування передтопків надає можливість пристосувати котельні агрегати з камерними топками для спалювання твердого біопалива.

Список літератури

1. Клименко В.В., Кравченко В.І., Боков В.М., Гуцул В.І. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів: Монографія. /За ред. В.В. Клименка — Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2017. — 162 с.
2. Гелетуха Г.Г. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник/За ред. Г. Гелетуха.– К.:«Поліграф плюс», 2015. – 72 с.
3. Технические возможности перевода малых котлов на сжигание биомассы / В.И. Зубенко, С.В. Радченко, С.М. Чаплыгин, Н.М.Жовмир. – Промышленная теплотехника. – 2011. – Т. 33, №7. – С. 114-117.

УДК 663.52:661.971.4

СУЧАСНА ТЕХНОЛОГІЯ УТИЛІЗАЦІЇ CO₂ З ВІДХІДНИХ ГАЗІВ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ

А. В. Плотнік, комерційний директор
ТОВ «ТРИКУТА ТРЕЙД»

В. В. Клименко, проф., д-р. техн. наук

О. В. Скрипник, канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Наразі викиди CO₂ в процесі бродіння підприємств концерну «Укрспирт» та приватних виробників біоетанолу складають ~1,5 млн тонн/рік. У той же час на ринку України користується попитом CO₂ харчової якості, до 30% якого виробляється в Україні, а близько 70% імпортується з Європейського Союзу.

Відомо, що вміст CO₂ в газах бродіння спиртових виробництв становить 98-99,8% [1]. Пропонований інноваційний підхід до утилізації CO₂ полягає в підготовці і додатковій очистці продуктів бродіння з метою економії витрат по очищенню CO₂ до

харчового якості на етапі вже після процесу бродіння. Це дозволить економити до 15% загальних витрат на виробництво скрапленого CO₂ харчової якості.

Реалізація проекту на заводі продуктивністю 14000-16000 тонн біоетанолу в рік дозволить організувати стабільне виробництво CO₂ - 24/7, так як воно буде супутнім до основного виробництва, а також забезпечить газами бродіння виробництво ~ 1,5 т/год CO₂, а це 13000 - 17000 тонн в рік.

Додатковими потенційними споживачами виробленого CO₂ є ті, що в своїх виробничих чи торгових сегментах діяльності застосовують сухий лід, кріогенне заморожування, стимуляцію росту рослин, льодогідратні капсули [2].

Обсяг ринку України у 2019 році становив 14 млн. дол. Очікується, що світовий попит до 2025 року щорічно буде зростати на 3,7%. Одним з найбільш потужних драйверів ринку виступає харчова промисловість.

Схемне рішення запропонованої технології виробництва CO₂ харчової якості з газів бродіння показано на рис.1.

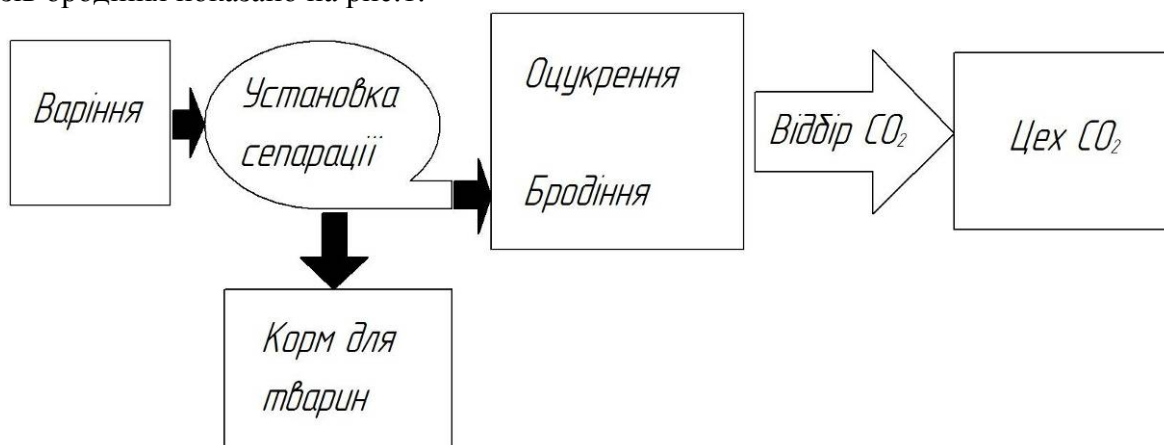


Рисунок 1 - Схемне рішення запропонованої технології виробництва CO₂ харчової якості з газів бродіння

Безпосередньо виробництво скрапленого діоксиду вуглецю буде здійснюватися у цеху CO₂ (рис.1) і включатиме такі основні технологічні процеси [1]:

- промивка газів бродіння та їх компримування до параметрів конденсації;
- очистка та осушка діоксиду вуглецю і його конденсація.

Компоновку установки утилізації газів процесу бродіння з метою отримання скрапленого CO₂ харчової якості можна виконати аналогічно подібним рішенням, що пропонуються компанією «Кріо Інтер Трейдинг» (рис. 2) [3].



Рисунок 2 - Компоновка установки утилізації газів процесу бродіння для виробництва скрапленого CO₂

Можливі показники окупності впровадження установки утилізації CO₂ з газів бродіння наведено в табл.1.

Таблиця 1

Витрати на створення установки, \$	Продуктивність, тн	Собівартість, \$/тн	Ціна, \$/тн	Прибуток від \$/в рік	Окупність, років
1300000	15000	30	80 – 200	650000	2 – 2,5

Для подальшого підвищення ефективності утилізації CO₂ з газів бродіння біоетанольного виробництва може бути доцільним застосування газогідратної технології очистки і стискування CO₂ [4, 5].

Список літератури

1. Данілова К.О. Рациональні способи одержання скрапленого діоксиду вуглецю на підприємствах спиртової галузі /О.К.Данілова, С.Т.Олійничук //Продовольчі ресурси.-2019.-№12.-С.76-78; <https://doi.org/1031073/foodresouces2019-12-08>.
2. Корниенко В.Н. Технологическое применение льдогазгидратных капсул диоксида углерода в отраслях АПК / В. Н. Корниенко, В. В. Клименко, А. В. Скрипник // Научное и техническое обеспечение холодильной промышленности. (Сборник научных трудов к 80-летию ВНИХИ). М.: ГНУ ВНИХИ Россельхозакадемии, 2010. – С. 249 – 258.
3. Електронний ресурс: <https://cryo-tm.com.ua/uk/99-ustanovki-z-virobnictva-ridkogo-dvookisu-vuglesyu>.
4. Скрипник О.В. Газогідратна технологія утилізації двооксиду вуглецю із сатураторного газу цукрового виробництва / О. В. Скрипник, В. В. Клименко // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград, 2011. – Випуск 24. – С. 257 – 264; [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/znpkntu_2011_24\(1\)_47.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/znpkntu_2011_24(1)_47.pdf)
5. Онищенко В. О. Застосування газогідратних технологій в нафтогазовій промисловості / В. О. Онищенко, В. В. Клименко // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.–2011.–№4(41).–С.5-8. <http://rrngr.nung.edu.ua/sites/rrngr.nung.edu.ua/files/journals/041/11ovotng.pdf>.

УДК 621.3.088

ВПЛИВ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ ТА НАПРУГИ НА ПОХИБКИ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

А. Саченко, ст.гр. ЕЕ-19М

А. Котиш, доц., канд. техн. наук,

С. Плешков, доц., канд. техн. наук.

Центральноукраїнський національний технічний університет

У роботі здійснено теоретичне узагальнення й розв'язання актуальної науково – технічної задачі, а саме: оцінка працездатності і якості функціонування систем обліку електроенергії в сучасних умовах експлуатації.

1. Аналітичний огляд

За наслідками аналітичних досліджень і експериментів зовнішні чинники по ступеню впливу на похибки ВТ можна розділити на три групи (табл.1).

Таблиця 1 - Класифікація чинників, що впливають на метрологічні характеристики вимірювальних ТС і ТН

Номер групи	ТС	ТН	Вплив на похибку
I	Первинний струм, потужність вторинного навантаження, $\cos\varphi$	Первинна напруга, потужність, $\cos\varphi$	> 80%
II	Температура навколишнього середовища, струми КЗ	Температура навколишнього середовища	10-80%
III	Частота мережі, дія вібрацій і транспортування, строк експлуатації		> 10%

2. Вплив потужності вторинного навантаження

Розглянемо детальніше вплив двох чинників на метрологічні характеристики ТС - *потужність вторинного навантаження* і *кратність первинного струму*.

При збільшенні потужності (опору) вторинного навантаження Z_{2H} більш номінального похибки ТС зростають. При подальшому збільшенні Z_{2H} вторинного навантаження кутова похибка починає зменшуватися і при значному перевищенні Z_{2H} (у декілька разів) може набувати негативного значення.

У роботі [2] показано, що перевищення потужності вторинного навантаження призводить до значного погіршення метрологічних характеристик ТС аж до того, що похибки ТС класу точності 0,5 можуть відповідати класу точності 1,0.

3. Вплив залишкового намагнічування після протікання струмів КЗ

При намагнічуванні ТПОЛ-10 струмова і кутова похибки виходять з меж похибок, що припускаються стандартом [1], для класу точності 0,5. Дослідження показали, що залишкове намагнічування чинить значний вплив на похибки ТС з магнітопроводом з електротехнічної сталі. Похибки всіх випробуваних ТС в стані намагнічування не відповідають класу точності 0,5.

Стає очевидно, що для виключення впливу намагнічування після протікання струмів короткого замикання необхідно застосовувати ТС класів точності 0,5S і 0,2S з магнітопроводами з аморфних або нанокристалічних сплавів.

4. Аналіз стійкості роботи трансформаторів напруги 3-35кВ

Основною причиною виходу з ладу ТН є те, що при резонансних явищах через обмотку ТН починають протікати струми, що допускаються, які набагато перевищують. За наслідками випробувань виявилось, що найменший нагрів обмоток ТН відбувається при певному опорі резистора в нейтралі, причому при більшому і при меншому номіналі резистора нагрів різко зростає.

Було рекомендовано включення в ланцюг заземлення високовольтної обмотки ТН резистора, а наступним етапом підвищення надійності ТН являється розробка ТН з вбудованими запобіжними пристроями.

5. Вплив вказаних факторів на роботу АСКОЕ

Як відомо, автоматизовані інформаційно-вимірювальні системи комерційного обліку електричної енергії і потужності (АСКОЕ), як правило, мають ієрархічну структуру. На низькому рівні розташовуються інформаційно-вимірювальні комплекси точок обліку (ІВКТО), обов'язковим компонентом яких є лічильник електроенергії. Для розширення діапазону вимірювань до складу ІВК можуть включатися вимірювальні трансформатори струму і напруги.

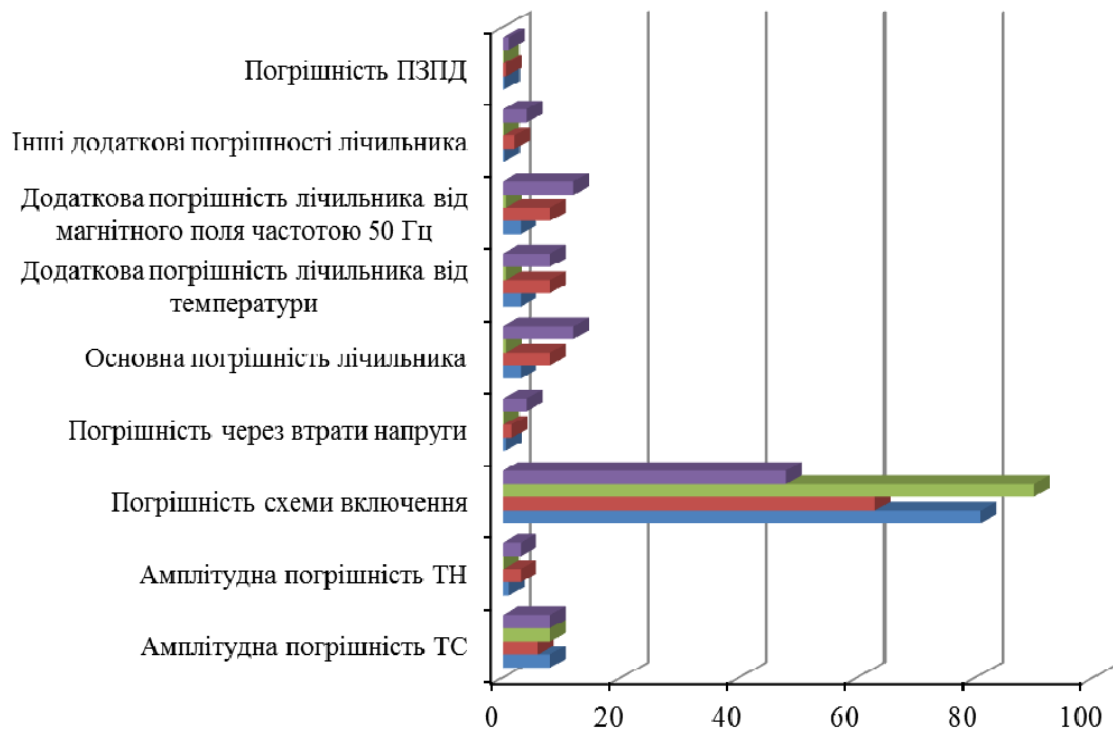


Рисунок 1 - Вклад складових в сумарну похибку вимірювального каналу

З діаграми (рис. 1), яка ілюструє внесок кожної складової в сумарну межу похибки вимірювального каналу, видно, що в області малих струмів основний внесок в сумарну межу похибки вимірювального каналу вносить складова за рахунок трансформаторної схеми включення лічильників електричної енергії. Цей внесок може досягати 90%.

Список літератури

1. ДЕСТ 7746-2001. Трансформатори струму. Загальні технічні умови.
2. Раскулов Р.Ф. Влияние вторичной нагрузки на погрешности трансформаторов тока // Электрические станции. 2003.№7. 43-45.

УДК 621.3.072.6

РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

А. Микитюк, асп.,

С. Серебренніков, проф., канд. техн. наук.

П. Плешков, проф., канд. техн. наук.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Сучасний електропривод споживає до 60% всієї електроенергії, що виробляється для промисловості. Проблема енергозбереження в електроприводі на даний час залишається актуальною. Відомо також, що асинхронний електропривод споживає до 90% електроенергії, що споживається всіма видами електроприводів. Тому розробка

способів оцінки та дослідження ефективності використання асинхронних двигунів в промисловості та побуті є дуже важливою. На сьогоднішній день широкого використання в різноманітних галузях набувають системи «перетворювач частоти - асинхронний електродвигун» (ПЧ - АД), які дозволяють регулювати частоту обертання асинхронного двигуна в широких межах. Силкові напівпровідникові пристрої, які складають основу частотного перетворювача, стають дешевшими та досконалішими, що в свою чергу сприяє їх широкому розповсюдженню. Очікується, що застосування системи ПЧ - АД дасть економію електроенергії в межах 10 – 70 % в залежності від типу навантаження та умов застосування.

Структурна схема стенду приведена на рис.1.

При розробці структури стенду враховувалось ряд вимог. Одна з основних – стенд повинен бути універсальним. Він повинен дозволяти проводити дослідження і лабораторні роботи, натурне моделювання перехідних процесів в електроприводі, яке можна спостерігати електронним осцилографом та на моніторі ПК, змінювати параметри мікропроцесорної системи керування та досліджувати роботу перетворювача частоти.

Така структура стенду дозволяє проводити дослідження частотно-регульованого електроприводу в режимах пуску, розгону та гальмування і моделювання перехідних процесів в силових ланцюгах.

Перетворювач частоти виконано з ланцюгом постійного струму. Він складається з випрямляча, фільтра та інвертора напруги. Живлення випрямляча забезпечується від мережі живлення 380В 50Гц через автоматичний вимикач. На вихід інвертора напруги підключено асинхронний двигун. В якості навантажувальної машини використовується двигун постійного струму. Двигун постійного струму живиться від мережі живлення 220В 50Гц через автоматичний вимикач та тиристорний перетворювач.

Для виміру частоти обертання АД використовується тахогенератор. Датчики напруги, струму та тахогенератор підключені до мікропроцесорної системи керування. Мікропроцесорна система керування має зв'язок із інформаційно-керуючою системою, встановленою на ПК, через послідовний канал зв'язку RS485.

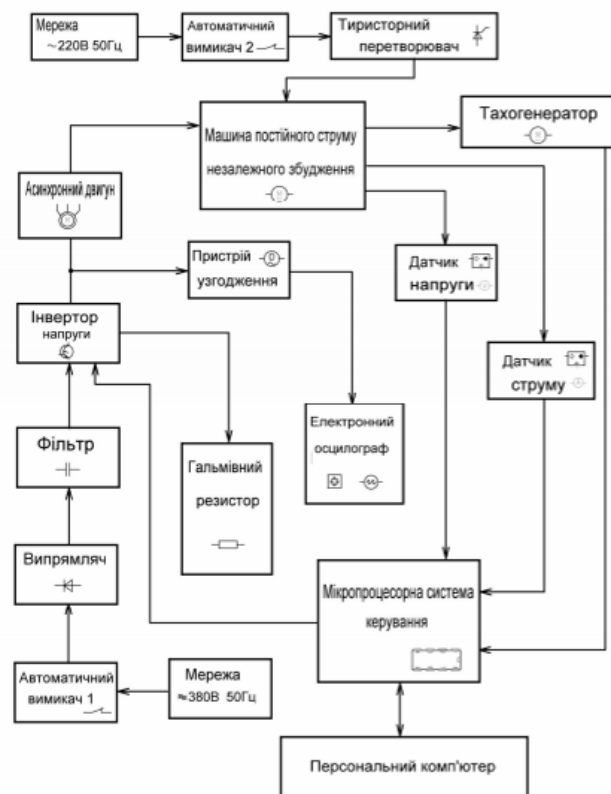


Рис.1. Структурна схема асинхронного електроприводу стенду

Таким чином, створений стенд забезпечує натурне моделювання частотно-регульованого асинхронного електроприводу із мікропроцесорною системою керування в режимах пуску та гальмування. Крім того, стенд дозволяє вирішувати питання, пов'язані з оптимізацією параметрів систем керування частотно-регульованих асинхронних електроприводів.

Список літератури

1. Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными двигателями. - М.: Энергоиздат, 1982. - 216с.
2. Далека В.Х. Перспективи впровадження тягового електроприводу /В.Х Далека, В.Ф. Харченко, М.І. Шпіка // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Вип. 73. – Т.1. – Харків: ХНТУСГ, 2008. _ С. 22-26.

УДК 697.921:628.852.2

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОЇ РЕКУПЕРАЦІЇ ПОВІТРЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ БУДІВЕЛЬ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

А. Микитюк, асп.,

П. Плешков, канд. техн. наук., проф.,

С. Плешков, канд. техн. наук., доц.,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Забезпечення комфортного повітряно-теплого режиму навчальних приміщень є одним із важливих факторів, що впливає на працездатність та стан здоров'я як школярів, так і вчителів. Недотримання нормативних значень температури повітря в приміщеннях у поєднанні з підвищеною вологістю впливає на посилення процесів тепловіддачі, що призводить до охолодження організму і як наслідок – розвитку захворювань. Крім того, фізико-хімічний склад повітряного середовища постійно варіюється впродовж дня за рахунок виділень продуктів життєдіяльності осіб, що перебувають у навчальних приміщеннях: змінюється іонний склад повітря, збільшується кількість важких частинок. Це обумовлює погіршення працездатності (появи млявості, головного болю, втрати концентрації) та стану здоров'я (збільшення пульсу, зміни рівня артеріального тиску, подразнення слизових оболонок, появи кашлю тощо) як школярів, так і вчителів.

Державна політика спрямована на виконання вимог Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» стимулює до інтенсифікації механізмів енергоощадності під час будівництва нових та реконструкції існуючих шкільних будівель. Основні принципи термомодернізації полягають у підвищенні термічного опору огорожуючих конструкцій будівель, що значно підвищує їх щільність та відповідно мінімізує природню інфільтрацію повітря. Наскрізне провітрювання приміщень впродовж 5-10 хвилинної перерви зменшує вміст діоксиду вуглецю (CO₂) на 33-50 %, однак така концентрація не відповідає рекомендованим значенням в 1000 ppm [2]. Ситуація додатково ускладнюється підвищенням рівня концентрації діоксиду вуглецю в навколишньому повітрі.

Експериментальні дослідження параметрів теплового комфорту підтвердили, що у більшості навчальних закладів системи вентиляції перебувають у неробочому стані або відсутні взагалі, а нормативні показники мікроклімату приміщень не відповідають нормативним [2]. Відновлення централізованих вентиляційних систем ускладнене

частковим демонтажем систем припливно-витяжних установок, їх низьким коефіцієнтом корисної дії, цілісністю припливно-витяжних каналів та неможливістю забезпечити вимоги повітрообміну в приміщеннях. Для забезпечення мінімально допустимого рівня теплового комфорту часто використовують локальні вентиляційні установки. Проте, існуючі локальні рекупераційні вентиляційні установки, хоча й дозволяють покращити параметри мікроклімату приміщень, однак мають перелік недоліків, зокрема зростання шумового фону, наявність холодних протягів у місцях їх встановлення тощо, що унеможливує їх використання в дитячих навчальних закладах.

До параметрів мікроклімату належать: температура повітря, відносна вологість приміщень, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання і температура поверхні.

Одним із шляхів підвищення ефективності роботи системи локальної рекуперації повітря, а саме підтримання нормативних вимог до теплового комфорту та нормативного складу повітряного середовища приміщень дитячих навчальних закладів є створення оптимальних параметрів мікроклімату за рахунок удосконалення систем автоматичного керування пристроями локальної рекуперації.

На рис.1 зображена узагальнена структурна схема системи автоматичного керування мікрокліматом в приміщенні навчального закладу з установками локальної рекуперації повітря.

На рис. 1: $t_{з\text{овн}}$, $C_{з\text{овн}}$ – значення температури та концентрації діоксиду вуглецю повітря, що подаються, як збурення на об'єкт; $t'_{з\text{овн}}$, $C'_{з\text{овн}}$, $t'_{\text{вн}}$, $C'_{\text{вн}}$ – виміряні значення температури та концентрації діоксиду вуглецю зовнішнього та внутрішнього повітря; $K_{\text{опт}}$ – вектор оптимальних значень, що визначений системою автоматичного керування, $W_{\text{опт}}$ – вектор керуючих впливів на продуктивність системи локальної рекуперації (об'єкт керування).

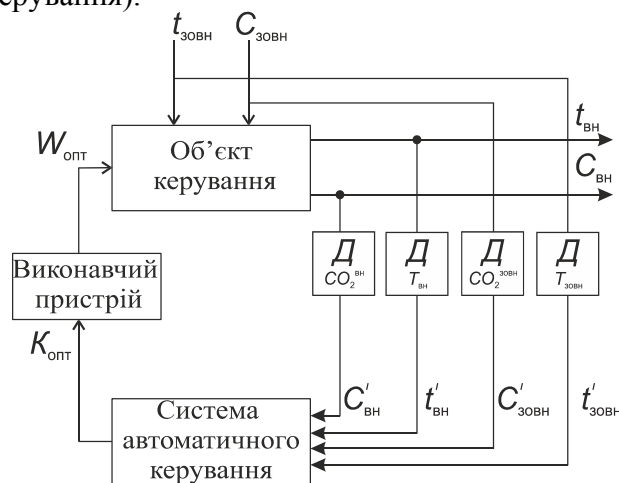


Рис. 1. Структурна схема САК мікрокліматом в приміщенні навчального закладу.

У результаті проведених досліджень встановлено, що задачу керування установками локальної рекуперації, що враховують рівень комфорту та нормативного складу повітряного середовища приміщень, найдоцільніше інтерпретувати як задачу багатокритеріальної оптимізації, а її розв'язок отримати із застосуванням методу наближення до утопічної точки в просторі критеріїв.

Список літератури

1. Сукач С.В. Оцінювання впливу мікроклімату навчальних приміщень на розумову працездатність студентів / С. В. Сукач, Т. Ф. Козловська // Проблеми охорони праці в Україні. - 2016. - Вип. 31. - С. 105-112.
2. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»/Мінрегіон України, чинний від 01.01.2014 р. – 2013, 141 с.

3. Waheed A. The Impact of Renewable Energy on Carbon Dioxide Emissions: An Empirical Analysis of Selected South Asian Countries/ A. Waheed, M. Tariq // Ukrainian Journal of Ecology, 2019, 9(4), 527-534. DOI: 10.15421/2019_785

УДК 621.316.13

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ В СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ ГЕНЕРАЦІЄЮ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ КОМБІНОВАНОЮ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЮ СИСТЕМОЮ

П. Плешков, канд техн наук, проф.

С. Плешков, канд техн наук, доц.

В. Зінзура, канд техн наук, доц.

В. Солдатенко, канд техн наук, ст. викл.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Одним із шляхів збільшення рівня генерації електроенергії від ВДЕ, що працюють в складі комбінованої електроенергетичної системи (КЕЕС при несуттєвому погіршенні якості електроенергії, є удосконалення їх САК.

Як показано в роботі [1], задачу одночасної максимізації рівня генерації електроенергії установок з ВДЕ та мінімізації збитків від понаднормових значень усталеного відхилення напруги найбільш доцільно інтерпретувати як задачу багатокритеріальної оптимізації [1, 2].

В роботі [1] зазначається, що значення вагових коефіцієнтів k_1 та k_2 є постійними і обираються в процесі експлуатації в залежності від потужності установок з ВДЕ та кількісного і якісного складу навантаження. Проте, можливо, такий підхід до вибору вагових коефіцієнтів k_1 та k_2 не є найбільш доцільним, так як не враховує зміну кількісного та якісного складу навантаження. До того ж, вираз визначення економічних збитків від понаднормових значень усталеного відхилення напруги на затискачах електроспоживачів справедливий лише для випадку, за якого найбільшу питому частку навантаження складають асинхронні двигуни. Якщо ж до складу навантаження входять потужні споживачі інших видів, виникають складнощі при визначенні постійних коефіцієнтів a_1 , a_2 та поточного значення збитків.

Перспективним видається підхід, за якого значення вагових коефіцієнтів k_1 та k_2 визначалися б в режимі реального часу в залежності від кількісного та якісного складу електрообладнання.

Зважаючи на досить велику кількість факторів, що впливають на значення даних вагових коефіцієнтів, побудова традиційної математичної моделі, яка б з достатнім рівнем точності описувала їх взаємозв'язок із значеннями якісного і кількісного складу електрообладнання, є практично неможливою. Тому для вирішення даної задачі, найбільш доцільним є підхід з використанням математичного апарату нечіткої логіки [3].

Для побудови такої нечіткої моделі, перш за все, необхідно визначити величини, що найбільш суттєво впливають на значення вагових коефіцієнтів k_1 та k_2 . При цьому, виходячи із виразу (2), можливо обмежитись знаходженням значення лише одного вагового коефіцієнту (наприклад, k_2).

Вхідними параметрами нечіткої моделі слугують: коефіцієнт завантаження k_2 споживачів електричної енергії, який дозволяє враховувати частку споживачів електричної енергії, які в даний час підключені до електричної мережі; коефіцієнт важливості навантаження k_{imp} , що враховує чутливість обладнання споживачів

електричної енергії до понаднормових значень усталеного відхилення напруги.

Вихідним параметром нечіткої моделі є ваговий коефіцієнт k_2 , який враховує відносну важливість критерію Q_2 задачі оптимізації. В табл. 1 наведено параметри нечіткої моделі, а також діапазони зміни їх значення.

Враховуючи кількість змінних і термів кожної з функції приналежності, складена нечітка база знань, що наведена у вигляді табл. 1.

Таблиця 1 – Значення вхідних та вихідних параметрів нечіткої моделі

№ з/п	Параметр	Назва параметру	Діапазон	Терми
<i>Вхідні параметри моделі</i>				
1	k_z	Коефіцієнт завантаження	0...1	дуже низький (VL), низький (L), середній (M), високий (H), дуже високий (VH)
2	k_{imp}	Коефіцієнт важливості навантаження	0...1	низька (L), середня (M), висока (H)
<i>Вихідний параметр моделі</i>				
1	k_2	Ваговий коефіцієнт k_2	0...1	дуже низький (VL), низький (L), середній (M), високий (H), дуже високий (VH)

Таблиця 2 – Нечітка база знань моделі визначення вагового коефіцієнту k_2

№ з/п		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Вхідні змінні	k_z	VL	VL	VL	L	L	L	M	M	M	H	H	H	VH	VH	VH
	k_{imp}	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H
Вихідна змінна	k_2	VL	VL	L	L	L	M	M	M	H	H	H	VH	H	VH	VH

Для вирішення поставленої задачі в якості нечіткого алгоритму було обрано алгоритм Мамдані. Такий вибір обумовлено тим, що даний алгоритм є найбільш простим для програмування, а також відрізняється простотою і наочністю всіх його складових.

Для вирішення поставленої задачі в якості нечіткого алгоритму було обрано алгоритм Мамдані. Такий вибір обумовлено тим, що даний алгоритм є найбільш простим для програмування, а також відрізняється простотою і наочністю всіх його складових.

При розробці нечіткої моделі використано функції приналежності двох видів: трикутні і трапецієподібні. На основі розробленої експертної бази знань, а також обраних типів функцій належності, було складено нечіткі логічні рівняння, які мають наступний вигляд:

$$\mu^{VL}(k_2) = (\mu^{VL}(k_z) \cdot \mu^L(k_{imp})) \vee (\mu^{VL}(k_z) \cdot \mu^M(k_{imp})). \quad (1)$$

$$\mu^L(k_2) = (\mu^{VL}(k_z) \cdot \mu^H(k_{imp})) \vee (\mu^L(k_z) \cdot \mu^L(k_{imp})) \vee (\mu^L(k_z) \cdot \mu^M(k_{imp})). \quad (2)$$

$$\mu^M(k_2) = (\mu^L(k_z) \cdot \mu^H(k_{imp})) \vee (\mu^M(k_z) \cdot \mu^L(k_{imp})) \vee (\mu^M(k_z) \cdot \mu^M(k_{imp})). \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \mu^H(k_2) = & (\mu^M(k_z) \cdot \mu^H(k_{imp})) \vee (\mu^H(k_z) \cdot \mu^L(k_{imp})) \vee \\ & \vee (\mu^H(k_z) \cdot \mu^M(k_{imp})) \vee (\mu^{VH}(k_z) \cdot \mu^L(k_{imp})) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\mu^{VH}(k_2) = (\mu^H(k_z) \cdot \mu^H(k_{imp})) \vee (\mu^{VH}(k_z) \cdot \mu^M(k_{imp})) \vee (\mu^{VH}(k_z) \cdot \mu^H(k_{imp})). \quad (5)$$

Результати проведеного моделювання показали, що для дефазифікації вихідного параметру найдоцільніше скористатись методом визначення центру ваги (центроїдним методом).

Список літератури

1. Плешков П.Г. Оптимальне керування режимом роботи комбінованої електроенергетичної системи з відновлюваними джерелами енергії / П.Г. Плешков, Н.Ю. Гарасьова, В.П. Солдатенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – №32 (1308). – С. 64–70 DOI: 10.1109/ТІЕ.2006.881997
2. Plieshkov P. H. / Automatic control of electrical distribution network mode with the voltage unbalance/ P. h. Plieshkov, V. V. Zinzura, S. P. Plieshkov // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2019. – Vol. 3. – P. 83–91; DOI: 10.29202/nvngu/2019-3/10
3. Грабко В.В. Визначення коефіцієнта впливу трансформатора нижнього рівня в задачі регулювання напруги за допомогою трансформатора з пристроєм регулювання під навантаженням / В.В. Грабко, І. В. Бальзан // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2012. Вип. 3/2012 (19). – С. 508–511.

УДК 621.316.13

КОМПЮТЕРНА ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З НЕЧІТКОЮ МОДЕЛЛЮ ВИЗНАЧЕННЯ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ В СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ

К. Вербицька, ст. гр. ЕЕ-19М

В. Солдатенко, канд техн наук, ст. викл.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Одним із шляхів збільшення рівня генерації електроенергії від ВДЕ, що працюють в складі комбінованої електроенергетичної системи (КЕЕС при несуттєвому погіршенні якості електроенергії, є удосконалення їх систем автоматичного керування (САК) [1].

Для дослідження режимів роботи САК генерацією електричної енергії установок з ВДЕ, що містить нечіткий блок визначення вагових коефіцієнтів k_1 , k_2 критеріїв оптимізації керування було створено її комп'ютерну імітаційну модель. Структурна схема блоку Р, в якому реалізується нечіткий алгоритм визначення вагового коефіцієнту k_2 , наведено на рис. 1.

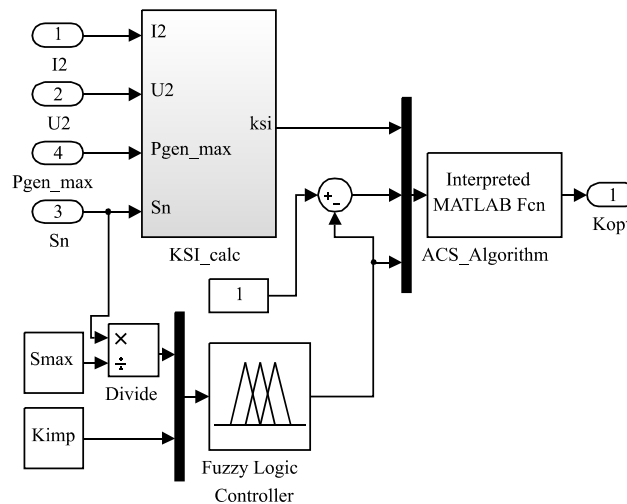


Рисунок 1 – Структурна схема блоку регулятора Р

На рис. 1: «KSI_calc» – блок визначення вектору задаючих параметрів; «ACS_Algorithm» – блок визначення вектора оптимального керування K^{opt} ; «Fuzzy Logic Controller» – блок, в якому реалізується розроблений нечіткий алгоритм визначення вагового коефіцієнту k_2 .

За допомогою розробленої моделі було проведене комп'ютерне імітаційне моделювання. Результати обробки даних комп'ютерного імітаційного моделювання розробленої САК, а також базової системи керування показують, що при застосуванні розробленої САК генерацією електроенергії установок з ВДЕ з нечітким алгоритмом визначення коефіцієнтів k_1 , k_2 спостерігається збільшення генерації електроенергії від установок з ВДЕ на 3,7 %. При цьому, як базова, так і розроблена САК здійснюють керування, за яких забезпечуються нормально допустимі значення усталеного відхилення напруги.

Список літератури

1. Плешков П.Г. Оптимальне керування режимом роботи комбінованої електроенергетичної системи з відновлюваними джерелами енергії / П.Г. Плешков, Н.Ю. Гарасьова, В.П. Солдатенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – №32 (1308). – С. 64–70 DOI: 10.1109/ТІЕ.2006.881997

УДК 628.87: 621.317

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

**Є. Шалова, ст. гр. ЕНМ-19М,
М. Бондаренко, ст. гр. ЕНМ-19МЗ
І. Савеленко, доц., канд. техн. наук**

Центральноукраїнський національний технічний університет

Однією із основних проблем теплоенергетики є неефективне керування теплопостачанням, що призводить до понад 40% втрат теплової енергії. Для підвищення енергоефективності насамперед необхідне впровадження сучасних систем керування теплопостачання, трансформація джерел постачання енергоносіїв, а також ефективне використання енергії від відновлювальних джерел.

Технологічні схеми теплових пунктів, що використовуються житлово-комунальному комплексі в основному орієнтовані на використання високотемпературного теплоносія, але реальна ситуація свідчить про те, що більшість систем теплопостачання працюють на знижених температурних графіках [1]. Експлуатація малоефективного та зношеного устаткування централізованого теплопостачання (ЦТП) обумовлює необхідність їх модернізації та впровадження сучасних автоматизованих індивідуальних теплових пунктів (АІТП), розташованих в безпосередньо в опалювальних будівлях[2].

Застосування АІТП за незалежною схемою постачання можна розглядати, як один з перспективних напрямків підвищення ефективності роботи систем теплопостачання будівель.

Для підвищення ефективності роботи АІТП використовують комбіновані системи опалення (КСО) із застосуванням відновлювальних джерел енергії [2]. Такі КСО мають високу енергоефективність, їх ККД досягає рівня 70-85%. Крім того, використання таких систем є також одним з аспектів розв'язання екологічних проблем країни.

Найбільшого поширення серед КСО із застосуванням відновлювальних джерел енергії набули теплонасосні установки, що забезпечують ефективну утилізацію потенційного тепла доквілля, промислових і побутових стоків.

Використання автоматизованих індивідуальних теплових пунктів дозволяє

отримати ефект за рахунок зменшення часу роботи систем опалення з врахуванням фактичних потреб, використання теплової енергії від альтернативних джерел енергії. В таблиці 1 наведені результати техніко-економічного розрахунку ефективності впровадження КСО із застосуванням відновлювальних джерел

Як показує аналіз результатів техніко-економічних розрахунків впровадження КСО із застосуванням відновлювальних джерел, економія теплової енергії становить 33,9%, економічний ефект від впровадження 13,6 %, термін окупності 5,5 років

Список літератури

1. Оптимізація систем тепlopостачання із використанням економікоматематичного моделювання: монографія / за заг. ред. О. М. Гаврися – Х.: НТУ "ХПІ", 2015. – 209 с.
2. Лисенко О. М., Кужель Л. М., Божко І. К. Управління тепlopостачанням будівлі на основі використання індивідуального теплового пункту оригінальної конструкції. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2015. - № 1(8). - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2015_1%288%29_1

УДК 681.5.08

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО РЕСУРСУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОПОР ЛЕП В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

В. Бондаренко, асп.,
С.Серебренніков, проф., канд. техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний університет

Тріщини в арматурі призводять до втрати механічної міцності та падіння опор ЛЕП. Візуальне виявлення пошкоджень арматури опор повітряних ЛЕП під шаром бетону, або іншого непрозорого покриття, є недоступним і створює умови невизначеності.

До неруйнівних методів діагностування стану арматури опор ЛЕП належать:

- електрохімічний поляризаційний метод, недоліком якого є нечіткість інформації і низька достовірність у разі значного ступеню корозії арматури;
- вібраційний метод, недоліком якого є складність створення коливань необхідної інтенсивності;
- ультразвуковий метод, що вимагає створення щільного контакту давача з об'єктом;
- рентгенівський контроль є точним, але малопродуктивним, небезпечним тощо.

В роботі [1] проаналізовано хімічні механізми корозії, що проходять за електрохімічним принципом – карбонізація бетону, коксування сталі арматури, зниження лужності, проникність у захисний шар вологи (електроліт) і хлоридів. Корозія арматури є одним з найбільших чинників, що визначають надійність залізобетонних конструкцій. Корозійне пошкодження арматурної сталі призводить до: зниження зчеплення арматури з бетоном; утворення тріщин і руйнування захисного шару бетону; зниження несучої здатності конструкцій в результаті зменшення перерізу арматурних стрижнів; можливості крихкого руйнування в разі розвитку виразкової корозії і корозійного розтріскування арматури.

Наявність корозійного пошкодження визначають:

1. За зовнішніми ознаками – тріщини в захисному шарі бетону вздовж арматури, відшарування бетону;

2. За потенціалом корозії – потенціалом металу, який встановився в результаті протікання пов'язаних анодного і катодного корозійних струмів без зовнішньої поляризації;

3. За питомим електричним опором бетону: метод з одним зовнішнім електродом, двоелектродний і чотириелектродний методи.

Показано результати застосування методу 4-хелектродів, реалізований за допомогою давача Веннера. Наголошено, що для діагностування корозії на ранніх стадіях і запобігання руйнуванню опор, необхідне застосування неруйнівних методів.

В роботі [2] наведено аналіз причин зниження експлуатаційного ресурсу залізобетонних опор ПЛ 35-500 кВ. Показана актуальність моніторингу експлуатаційного стану електромережних конструкцій з метою контролю рівня їх надійності.

Розглянуто методи неруйнівного контролю для випробування бетонів на міцність, засновані на вимірюванні поверхневої твердості бетону:

1. Метод пластичної деформації, заснований на вимірюванні розмірів відбитка, який залишається на поверхні бетону після зіткнення з нею сталеві кульки (молоток Кашкарова);

2. Метод пружного відскоку (склерометр Шмідта – вимірює величину зворотного відскоку ударника від поверхні бетону);

3. Метод ударного імпульсу, реєструючий енергію удару бойка;

Істотним недоліком цих методів є те, що вони дозволяють визначати характеристики міцності лише поверхневого шару бетону в одній точці.

Найбільш достовірними і інформативними є кількісні оцінки надійності елементів ЛЕП і ПС, отримані за допомогою ультразвукової, вібро- і електрохімічної діагностики.

Найбільш прийнятним є ультразвуковий метод, що вимірює швидкість проходження ультразвукових (УЗ) хвиль, оскільки він дозволяє виміряти інтегральні параметри міцності опор. УЗ метод поділяють на наскрізну «УЗ прозвучу», коли давачі розташовують з різних боків зразка, і поверхневу «прозвучу», коли здавачі розташовані з одного боку. Виникнення в структурі бетону дефектів, змінює час поширення ультразвуку в бетоні.

Оцінка корозійного стану арматури проводиться електрохімічними методами шляхом її поляризації від зовнішнього джерела струму. Опори анодної і катодної поляризації арматури в непошкодженому і пошкодженому бетоні мають істотні відмінності.

Отже, ультразвуковий контроль дозволяє отримати оцінку бетону, а за допомогою вібраційного контролю може бути отримана інтегральна оцінка технічного стану всієї залізобетонної конструкції.

Статтю[3] присвячено питанням оцінки технічного стану ПЛ, огляду методів і засобів її реалізації. Для максимально автоматизованої оцінки стану ЛЕП в [3] розроблена модель діагностичного комплексу з двох підсистем: безпілотного літального апарату – мультикоптераз модульними діагностичними блоками: управління, діагностування, вимірювань і передачі даних та системи оцінки показників стану ПЛ,на базі агрегованої інформації з мультикоптера, за допомогою методів штучного інтелекту.

В роботі [4] розглянуто метод вібродіагностики для узагальненої оцінки технічного стану всієї опори ЛЕП. Аналітичний опис загасання власних коливань опори з дефектами представлено в рамках гіпотези Ейлера-Бернуллі. Інформативним критерієм для прогнозування аварійного стану опор ЛЕП є досягнення певного значення власних частот коливань в діапазоні 0,01 - 49,1 Гц.

Аналіз статистики відключень ПЛ демонструє необхідність пошуку нових рішень в області оцінки їх технічного стану на основі поєднання різних методів

діагностування та вимірювань. В роботі[5] розглянуто мультисенсорну систему на поєднанні 2-х методів – термовізіонного і багаточастотного вихрового для виявлення арматури та ідентифікації обраних параметрів.

Висновки:

1. Візуальне виявлення дефектів в арматурі під шаром бетону, або іншого непрозорого покриття, є недоступним і створює умови невизначеності та вимагає використання інтелектуальних методів діагностування.

2. Необхідне удосконалення безконтактного електромагнітного методу діагностування, здатного поєднуватися з автоматизованими інтелектуальними системами інтерпретації результатів обстежень опор повітряних ЛЕП в умовах невизначеності.

Список літератури

1. Пузанов А.В. Методы обследования коррозионного состояния арматуры железобетонных конструкций/А.В.Пузанов, А.В.Улыбин//Инженерно-строительный журнал. Санкт-Петербург. –2011. – №7. – С. 18-24.
2. Чернев В.Т. Комплексная диагностика электросетевого оборудования с целью формирования плана ремонта линий электропередачи / В.Т.Чернев, М.А.Белюсов, В.В.Бунин, А.Н.Евстафьев, Ю.Н.Толкалин// Третья Российская с международным участием научно-практическая конференция. Линии электропередачи. – 2008. –Новосибирск.– С. 236-246.
3. Хальясмаа А.И. Диагностический комплекс для оценки состояния воздушных линий электропередачи / А.И.Хальясмаа, Д.И.Близнюк, А.М.Романов// Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – Челябинск.2015. – № 4, Т. 15. – С. 46–53.
4. Егорочкина И.О. Анализ влияния дефектов в основании опоры ЛЭП на параметры собственных поперечных колебаний на основе аналитической модели/ И.О. Егорочкина, Е.А. Шляхова, А.В. Черпаков, А.Н.Соловьев// Инженерный вестник Дона, 2015. – №4. – С. 1-7.
5. Barbara Szymanik. Detection and Inspection of Steel Bars in Reinforced Concrete Structures Using Active Infrared Thermography with Microwave Excitation and Eddy Current Sensors / Szymanik Barbara, Frankowski Karol Paweł, Chady Tomasz, Cyril Robinson Azariah John Chelliah// Sensors, 2016. – №16(2). 234. – С. 1-16.

УДК 621.56:621.438: 66.065.5

ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗОГІДРАТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АГНКС

М. Босий, ст. викладач

В. Клименко, проф., д-р техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Наразі автомобільні газонаповнювальні компресорні станції (АГНКС) здійснюють заправку балонів автомобілів та інших транспортних засобів стисненим природним газом під тиском 20-25 МПа. Заправка автомобілів на АГНКС здійснюється нерівномірно на протязі доби [1].

При використанні існуючих конструкцій АГНКС неможливо зменшити нерівномірність споживання стиснутого природного газу при заправці автотранспорту на протязі доби та підвищити економічність обладнання, що використовується [1,2]. Для вирішення цієї проблеми та підвищення ефективності використання обладнання АГНКС доцільно застосовувати газогідратний акумулятор (ГА), за допомогою якого можливо акумулювати та стискати газ при заправці автомобільного транспорту на протязі доби. Це дозволить збільшити денну кількість заправок на АГНКС-ГА та підвищити економічну ефективність її використання [3-7].

Схемне рішення запропонованої АГНКС-ГА наведено на рисунку 1.

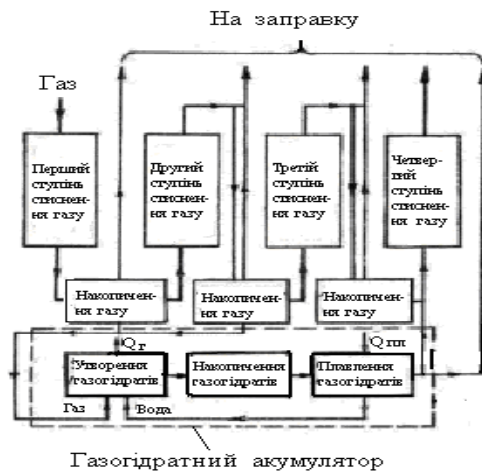


Рисунок 1– Схемне рішення АГНКС-ГА

Для доцільності використання газогідратної технології в АГНКС розглянемо три варіанти визначення енергоефективності в АГНКС-Г А:

- 1) компресорне стиснення газу в 1-й, 2-й, 3-й та 4-й ступені;
- 2) компресорне стиснення газу в 1-й, 2-й ступені і компримування газу в ГА;
- 3) компресорне стиснення газу в 1-й, 2-й, і 4-й ступені та компримування газу в ГА.

За відомими методиками розраховуємо енерговитрати компресорного стискування природного газу в АГНКС-ГА для заправки автомобільного транспорту [1, 8], а енерговитрати газогідратного стискування природного газу в АГНКС-ГА розраховуємо наступним чином.

Питома робота термотрансформатора на 1кг метану

$$l_{тр.} = l_{к.ар} \cdot g_{ар} = k/(k-1) \cdot R_{ар} \cdot T_1 \cdot [(p_2/p_1)^{(k-1)/k} - 1] / \eta_k \cdot \Delta H_T / q_0, \quad (1)$$

де $l_{к.ар}$ – питома робота холодильного компресора термотрансформатора, кДж/кг; $g_{ар}$ – кількість холодильного агента, яка необхідна для відводу теплоти гідратоутворення 1кг метану; k – показник адіабати для холодильного агента; $R_{ар}$ – газова стала холодильного агента, кДж/кг·К; $\mu_{ар}$ – молекулярна маса холодильного агента, кг/кмоль; $p_2 = p_k$ – тиск конденсації холодильного агента, МПа визначається температурою навколишнього середовища; $p_1 = p_0$ – тиск кипіння холодильного агента, МПа визначається температурою утворення газогідратів; $T_1 = T_0 = T_T - 5^0C$ – температура кипіння холодильного агента; η_k – ефективний ККД компресора; ΔH_T – теплота гідратоутворення метану, кДж/кг_(ар); q_0 – питома холодопродуктивність холодильного агента, кДж/кг.

При розрахунку енерговитрат газогідратного стискування в якості холодильного агента було вибрано пропан [9].

Значення термодинамічних параметрів циклу термотрансформатора, що використовувалися для визначення енерговитрат наступні: в денний період доби: $T_1 = T_0 = 284K$, $T_2 = T_k = 293K$; $p_1 = p_0 = 0,62$ МПа, $p_2 = p_k = 0,84$ МПа; в нічний період доби: $T_1 = T_0 = 278K$, $T_2 = T_k = 286K$; $p_1 = p_0 = 0,55$ МПа, $p_2 = p_k = 0,70$ МПа.

Кількість холодильного агента (пропану) на 1кг метану в складі газогідратів при $\Delta H_T = 3785$ кДж/кг_(ар) [3] та $q_0 = 380$ кДж/кг [9] складає 10 кг_{пр}/кг_м. Робота термотрансформатора $l_{к.пр}$ складає в денний період 183 кДж/кг, а в нічний період 142 кДж/кг.

Термодинамічну ефективність АГНКС-ГА оцінюємо ексергетичним ККД $\eta_{ex}^{уст}$ [10]

$$\eta_{\text{ex}}^{\text{уст}} = e_{\text{пр.г.}}^{\text{ст}} / (e_{\text{к}}^{\text{к.ст}} + e_{\text{гг}}^{\text{ак.ст}}), \quad (4)$$

де $e_{\text{к}}^{\text{к.ст}}$ – питома ексергія, затрачена на компресорне стискування, кДж/кг; $e_{\text{гг}}^{\text{ак.ст}}$ – питома ексергія, затрачена на газогідратне акумулювання та стискування газу, кДж/кг; $e_{\text{пр.г.}}^{\text{ст}}$ – питома ексергія потоку стисненого природного газу (корисна) на виході із АГНКС-ГА, кДж/кг.

Розрахунки показують, що енерговитрати стискування природного газу в АГНКС-ГА (2-й варіант) менші на 7-15% в порівнянні з 1-м варіантом АГНКС та 3-м варіантом АГНКС-ГА.

Визначення термодинамічної ефективності 2-го варіанту стискування природного газу в АГНКС-ГА показує, що його ексергетичний ККД складає в денний період 49%, а в нічний період 52%, що є ефективнішим, ніж 1-й та 3-й варіанти стискування природного газу в АГНКС та АГНКС-ГА. Отже, це вказує на доцільність застосування ГА в АГНКС та дозволяє не тільки зробити більш рівномірним добове навантаження на обладнання АГНКС, але й підвищити ефективність використання і зменшити її енергоспоживання.

Список літератури

1. Грудз В.Я., Грудз Я.В., Костів В.В., Михалків В.Б. Автомобільні газонаповнювальні компресорні станції (АГНКС): монографія / Грудз В.Я., Грудз Я.В., Костів В.В., Михалків В.Б. – Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2014. – 320 с.
2. Ігітов О.С., Рідченко О.В., Рідченко В.В., Грінь М.П., Тележко Б.Г. Патент на винахід. Україна №61141, МПК F04B41/00 Компресорна установка для газозабезпечення транспортних засобів // опубл. 17.11.2003, Бюл. №11/2003.
3. Макогон Ю.Ф. Гидраты природных газов. – М.: Недра, 1974. – 208 с.
4. Макогон Ю.Ф. Газогидраты, история изучения и перспективы освоения // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2010. – №2. – С. 5-21.
5. 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.
6. Клименко В.В., Босий М.В., Якименко М.С., Мартиненко В.В. Патент на корисну модель. Україна №134041 МПК F04B41/00 Компресорна установка для автомобільних газозаправних станцій // u201812267; опубл. 25.04.2019, бюл. №8/2019.
7. Klymenko V.V. Application of gas hydrated battery in automobile gas-containing compressor station / Klymenko V.V., Bosyi M.V., Yakyenko M.S. Martynenko V.V. // International research and practice conference "Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences": Conference proceedings, December 27-28, 2017. Radom: Izdevnieciba "Baltija Publishing". P. 156-159.
8. Драганов Б.Х., Бессараб О.С., Долінський А.А., Лазаренко В.О., Міщенко А.В., Шеліманова О.В. (за ред. Драганова Б.Х.). Теплотехніка: Підручник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Київ: Фірма «ІНКОС», 2005. – 400 с.
9. Варгафтник Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей.-М.: Наука, 1972. – 721с.
10. Бродянский В.М. Эксергетический метод и его приложения / В.М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек; под ред. В.М. Бродянского. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗИФІКУЮЧИХ АГЕНТІВ В ГАЗОГЕНЕРАТОРНОМУ ПРОЦЕСІ

С. Конончук, канд. техн. наук,
В. Клименко, проф., д-р техн. наук
В. Пукалов, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Загальносвітова тенденція зростання вартості паливно-енергетичних ресурсів спонукає до пошуку більш дешевих альтернативних енергоносіїв. Актуальним є отримання енергії шляхом газифікації твердого палива місцевого походження.

Основними реакціями газогенераторного процесу є реакції газифікації вуглецю, що міститься в твердому паливі (вугілля, кокс) за допомогою газифікуючих агентів.

В якості газифікуючих агентів зазвичай використовують кисень (1), водяну пару (2), вуглекислий газ (3) та їх суміші:



Для вирішення задач прогнозування і оптимізації газогенераторного процесу на основі дослідження взаємозв'язку між його параметрами а також розрахунку матеріального і теплового балансів газогенератора важливим є розрахунок термодинамічних характеристик вказаних реакцій. З цією метою на кафедрі матеріалознавства та ливарного виробництва ЦНТУ розроблена комп'ютерна програма REAGENT [1]. Методика розрахунку описана в [2]. Результати розрахунку представлені на рис. 1 – 4.

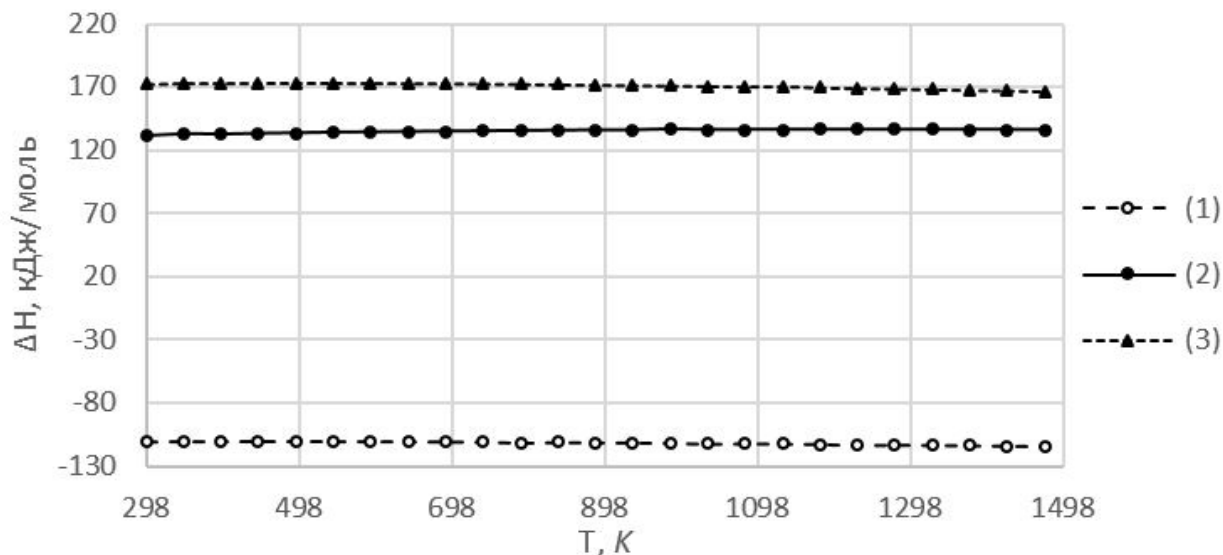


Рисунок 1 – Графіки залежності ентальпії реакцій (1) – (3) від температури

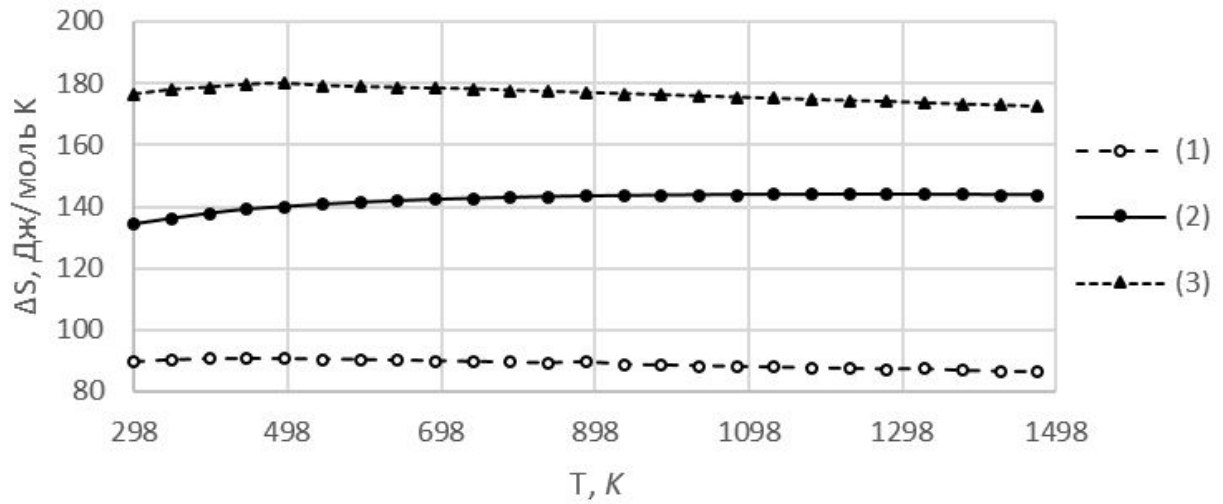


Рисунок 2 – Графіки залежності ентropії реакцій (1) – (3) від температури

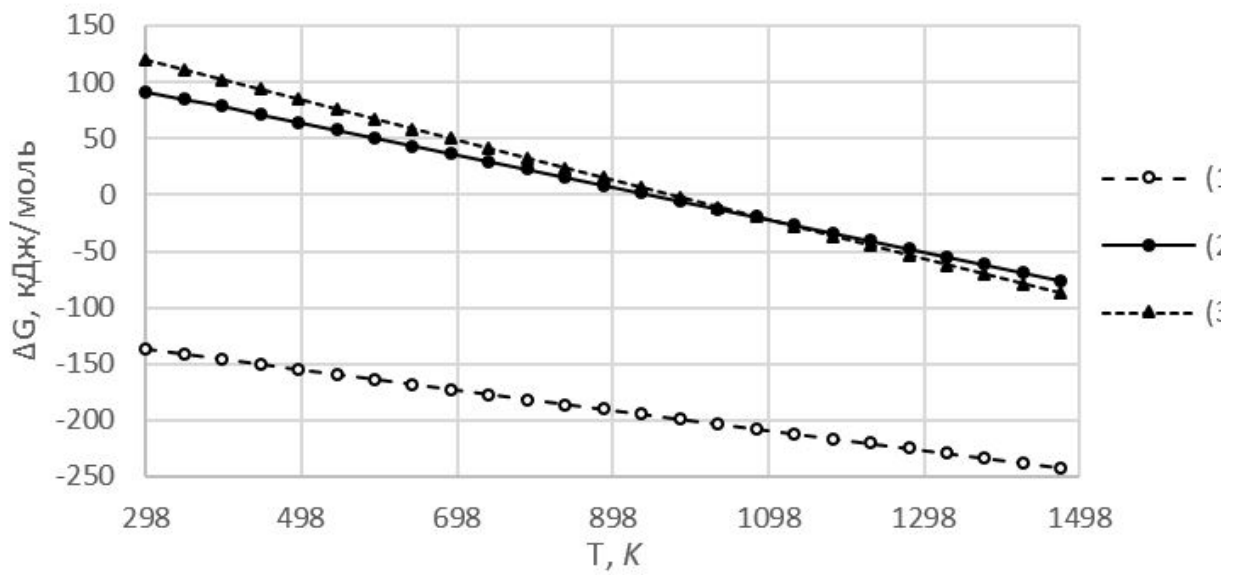


Рисунок 3 – Графіки залежності вільної енергії Гібса реакцій (1) – (3) від температури

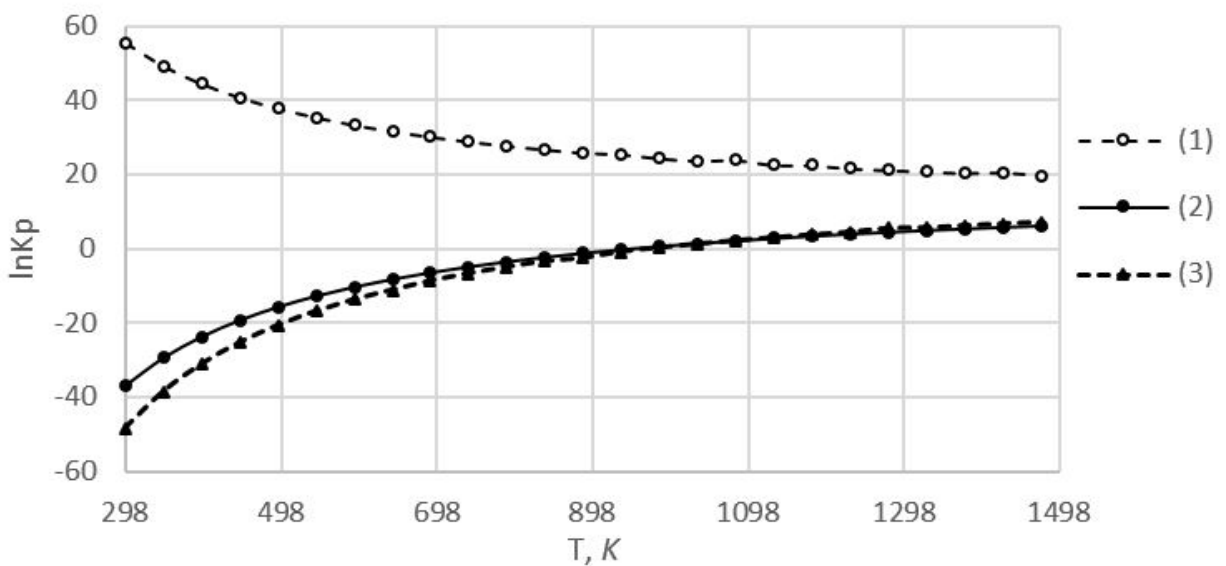


Рисунок 4 – Графіки залежності логарифма константи рівноваги реакцій (1) – (3) від температури

За результатами розрахунку можна зробити наступні висновки:

З рис. 1 видно, що реакція (1) екзотермічна (протікає з виділенням теплоти), а реакції (2) – (3) ендотермічні (протікають з поглинанням теплоти) на всьому температурному інтервалі, про що свідчать додатні значення ентальпії. Характер залежності ентропії (рис. 2) в цілому такий же, як і у ентальпії.

З графіка залежності вільної енергії Гібса (рис. 3) видно, що для реакції (1) $\Delta G < 0$ на всьому температурному інтервалі. Що стосується реакцій (2) – (3), то при $T < 948$ К, $\Delta G > 0$ – реакція протікає в зворотному напрямку. При $T = 948$ К, $\Delta G = 0$ – настає рівновага. При $T > 948$ К, $\Delta G < 0$, і реакція йде в прямому, бажаному нам напрямку. Отже, для спрямування даних реакції в бажаному напрямку необхідно підтримувати температуру вище 948 К. Це також узгоджується із слідством з принципу Потиліцина-Ле-Шательє-Брауна (ПЛБ) – підвищення температури стимулює протікання ендотермічних процесів.

Логарифм константи рівноваги (рис. 4) для реакцій (2) – (3) є зростаючою функцією, проходячи через нуль при температурі 948 К, що також вказує на оборотність цих процесів.

Згідно із другим слідством з принципу ПЛБ зменшення тиску призводить до зміщення рівноваги в бік збільшення кількості газоподібних молекул, тобто в бажаному нам напрямку. Зважаючи на цю обставину газогенератори на тягових пристроях і димососах працюють краще за пристрої нагнітання дуття (повітрорудки, вентилятори).

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

Оскільки реакція газифікації вуглецю за допомогою кисню (1) є екзотермічною, то виділену при цьому теплоту доцільно використовувати для проведення ендотермічних процесів (2) – (3). Тобто, одночасно з киснем в дутті доцільно використовувати водяну пару та вуглекислий газ у кількості, необхідній для поглинання виділеної за реакцією (1) теплоти. Цю кількість можна визначити склавши матеріальний і тепловий баланси газогенераторного процесу.

Список літератури

1. Конончук С.В. Програма розрахунку термодинамічних характеристик реакцій газогенераторного процесу / С.В. Конончук, В.І. Кравченко, В.В. Клименко та ін. // Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві. – Кіровоград: КНТУ, 2015.–С. 47 – 49.
2. Сабірзянов Т.Г. Теплотехніка ливарних процесів [Навчальний посібник для студентів-ливарників] / Т.Г. Сабірзянов, В.М. Кропівний. – Кіровоград: КНТУ, 2005. – 402с.

УДК 664.654.65

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ВИПІКАННЯ В ТУНЕЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕЧАХ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

А.Ю. Орлович, проф., канд. техн. наук
О.В. Співак, зав. лаб.

Центральноукраїнський національний технічний університет

В.В. Спориш, головний інженер
ПТЦ «Імпексмаш»

Процес випікання є однією із основних стадій виробництва харчових продуктів, що визначає якість та собівартість продукту, умови праці обслуговуючого персоналу а

також можливість створення поточкових механізованих і автоматизованих ліній. Основним етапом процесу випікання є прогрівання випікаємої заготовки (ВЗ), поміщеної в пекарню камеру за рахунок теплообміну з тепловіддаючими елементами камери і пароповітряною сумішшю, що її заповнює.

Теплота до ВЗ передається випромінюванням, конвекцією та кондукцією (прямою теплопровідністю безпосередньо від поду печі). Відносна роль передачі теплоти до ВЗ кожним із перелічених вище способів залежить від конструктивних особливостей і режиму роботи пекарної камери. Основна роль в більшості випадків приходить на процес передачі теплоти випромінюванням.

Тунельні печі з електричним обігрівом, як правило, мають 3...4 незалежні теплові зони, які обігріваються трубчастими електронагрівачами (ТЕН), що розташовані зверху і знизу відносно ВЗ. В деяких моделях печей для обігріву ВЗ зверху використовують не ТЕН, а інфрачервоний випромінювач.

Рассмотрим процесс теплопередачи к ВЗ. Если принять, что лучепоглощающая способность паровоздушной смеси в камере равна нулю, температуры поверхностей ВЗ, ТЭН, пода, свода равномерно распределены и равны неким средневзвешенным величинам и температура в камере так же равномерно распределена по всему объему и равна $T_{кам}$, тогда суммарный тепловой поток, получаемый ВЗ при выпечке, состоит из следующих составляющих:

Процес теплопередачі до ВЗ. З деякими припущеннями можна вважати, що значення сумарного теплового потоку, що надходить до ВЗ при випічці, складається з наступних складових:

1. Конвективна складова потоку від робочого середовища камери:

$$q_{к.к} = a_{кам-втз} (T_{кам} - T_{втз}), \quad (1)$$

де $a_{кам-втз}$ – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією від пароповітряного середовища камери до поверхні ВЗ; $T_{кам}$ – температура пароповітряного середовища камери; $T_{втз}$ – температура поверхні ВЗ;

2. Складова потоку, що отримує ВЗ випромінюванням від поверхні нагрівальних елементів:

$$q_{и.нэ} = C_{пр.нэ-втз} \left[\left(\frac{T_{п.нэ}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{втз}}{100} \right)^4 \right], \quad (2)$$

де $C_{пр.нэ-втз}$ – приведений коефіцієнт випромінювання системи «нагрівальний елемент – ВЗ»; $T_{п.нэ}$ и $T_{втз}$ – значення абсолютної температури поверхні верхніх нагрівальних елементів та поверхні ВЗ відповідно.

3. Потік, що отримується випромінюванням від поверхні склепіння:

$$q_{и.св} = C_{пр.св-втз} \left[\left(\frac{T_{п.св}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{втз}}{100} \right)^4 \right], \quad (3)$$

де $C_{пр.св-втз}$ – приведений коефіцієнт випромінювання системи «поверхня склепіння – ВЗ»; $T_{п.св}$ – абсолютна температура склепіння.

4. Кондуктивний потік від поду печі:

$$q_{кнд} = \frac{1}{R} (T_{под} - T_{втз}), \quad (4)$$

де R – еквівалентний тепловий опір системи «под – ВЗ»; $T_{под}$ – температура поду печі.

Для стабільного процесу випічки необхідно, щоб загальний тепловий потік, що передається від ВЗ до кожної теплової зони, повинен бути постійним:

$$q_{к.к} + q_{и.нэ} + q_{и.св} + q_{кнд} = const. \quad (5)$$

В такому разі при незмінній швидкості конвеєра кількість теплоти, що отримує кожна ВЗ при проходженні теплової зони буде теж постійною, і, як наслідок, прогрівання ВЗ буде стабільним.

Для виконання умови (5) необхідно контролювати температуру ВЗ, пароповітряної суміші в камері, поверхні ТЕН, поверхні склепіння і поду. Однак технічна реалізація такого підходу є досить складною та вартісною. В зв'язку з цим пропонується спростити систему керування, і контролювати лише дві температури: температуру поду печі і температуру пароповітряного середовища в камері.

Після введення деяких припущень та проведення математичних перетворень отримаємо залежність потужності ТЕН від відхилення температури:

$$\Delta P_{\text{тен}} = \varphi_2 (T_{\text{кам}}^4 - (T_{\text{кам}} + \Delta T_{\text{кам}})^4) + \varphi_1 \Delta T_{\text{кам}} \quad (6)$$

де φ_1 і φ_2 – деякі коефіцієнти, які будуть залежати від конструкції камери печі, виду випікаемого виробу, типу нагрівачів та ін.

Таким чином, корекцію потужності в процесі випікання необхідно проводити в більшій мірі по відхиленню температури в четвертому ступені.

Так як процес вимірювання потужності, що віддається ТЕН і температури в камері не викликає особливих складнощів, для знаходження коефіцієнтів φ_1 і φ_2 необхідно провести вимірювання в двох усталених режимах при випічці конкретного виду продукції, після чого вирішити систему з двох лінійних рівнянь. Далі, після визначення даних коефіцієнтів, можливо перейти в режим автоматичної компенсації відхилення температури.

Слід відмітити, що при відхиленні температури в камері і наступному його компенсації коригуванням потужності ТЕН, температура в камері, як правило, не повертається до початкового значення. Однак сумарний тепловий потік, що отримується ВЗ, не змінюється.

Список літератури

1. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства / Под ред. Л.И. Пучковой. – СПб.: Профессия, 2005. – 416с.
2. Михелев А.А., Ицкович Н.М. Расчет и проектирование печей хлебопекарного и кондитерского производства. – М.: «Пищевая промышленность», 1968. – 486с.
3. Володарский А. В., Михелев А. А., Сигал М. Н. Практикум по курсу "Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства" / 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 288с.
4. Пашенко Л.П., Жаркова И.М. Технология хлебоулучных изделий. – М.: КолосС, 2008. – 389с.
5. Антипов С.Т., Кретов И.Т., Остриков А.Н. и др. Машины и аппараты пищевых производств. – М.: Высшая школа, 2001 – Кн. 2. – 703с.
6. Пашенко Л.П., Мазур П.Я. Физико-химические основы хлебопечения. – Воронеж: ВГТА, 2001. – 115с.

УДК 621.316.13

КОМП'ЮТЕРНЕ ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

К.В. Зозуля, студент

В.В. Зінзура, доцент, канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Впровадження сучасних технологій та новітніх систем автоматизації у вітчизняній промисловості ставить нові вимоги до якості електроенергії та надійності

електропостачання. Найважливішим параметром якості електроенергії є рівень напруги. Відхилення напруги, особливо в бік її зменшення, спричиняють збитки практично в усіх галузях промисловості.

Проведений аналіз методів регулювання напруги в РЕМ показав, що найбільш досконалим із них є закон зустрічного регулювання напруги. Аналіз технічних засобів, з допомогою яких реалізується зустрічне регулювання, показав, що найчастіше для цього використовують силові трансформатори з пристроями РПН. Найбільш поширеними в сучасних мережах є трансформатори з механічними пристроями РПН.

Ресурс механічних контактів пристрою РПН силового трансформатора порівняно малий, оскільки йому доводиться комутувати робочі струми. Ремонт пристрою РПН – це операція досить трудомістка, і вартість такого ремонту значна. Все це приводить до того, що оперативний персонал підстанцій намагається проводити перемикання відпайок силового трансформатора якомога рідше. З цієї причини автоматичні регулятори напруги силових трансформаторів, як правило, відключаються. Відповідно, якість напруги значно знижується, а втрати від неякісного електропостачання зростають.

Одним із шляхів вирішення даної проблеми є удосконалення систем автоматичного керування (САК) пристроями РПН силових трансформаторів з метою підвищення їх надійності без суттєвого погіршення якості електроенергії

На рис. 1. наведена узагальнена комп'ютерна імітаційна модель інтелектуальної системи автоматичного регулювання напруги в РЕМ.

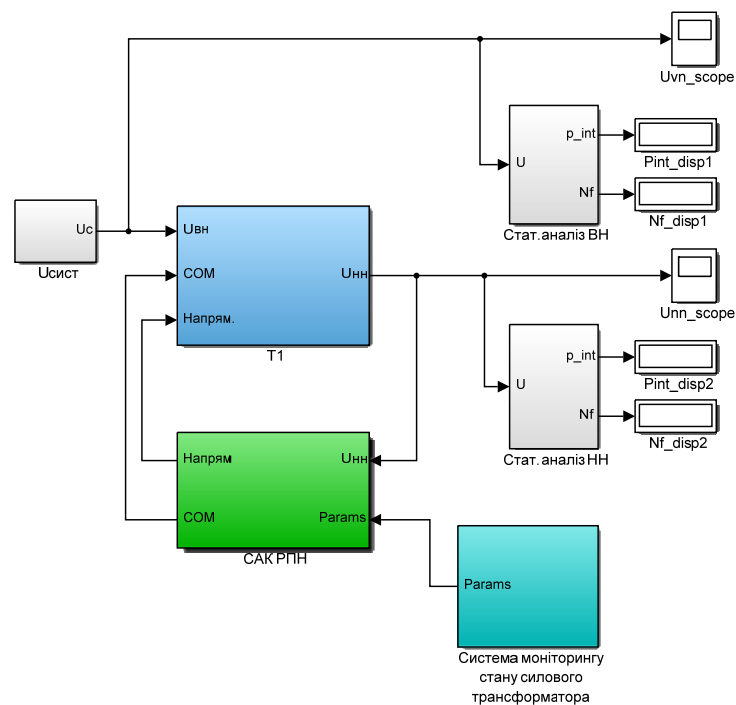


Рис. 1. Узагальнена комп'ютерна імітаційна модель нечіткої системи автоматичного регулювання напруги в РЕМ

На рис. 1: «Т1» – модель силового трансформатора ТМН-10000/110 з механічним пристроєм РПН; «Усист» – модель живлячої мережі; «САК РПН» – САК пристроєм РПН силового трансформатора; «Система моніторингу стану силового трансформатора» - модель системи моніторингу стану силового трансформатора; «Стат. аналіз ВН», «Стат. аналіз НН» – блоки розрахунку статистичних показників ПЯЕ; «Pint_disp1», «Pint_disp2» – блоки відображення значень інтегральної ймовірності потрапляння усталеного відхилення напруги в нормально допустимі межі згідно ГОСТ 13109-97; «Nf_disp1», «Nf_disp5» – блоки відображення кількості не потраплянь значень усталеного відхилення напруги в нормально допустимі межі;

«Uvn_score», «Unn_score» – віртуальні осцилографи, що відображають графіки зміни діючих значень напруги на стороні ВН та НН силового трансформатора.

Результати моделювання розробленої та базової САК режимами напруги РЕМ для випадку «зношеного» пристрою РПН представлені у вигляді графіків на рис. 2.

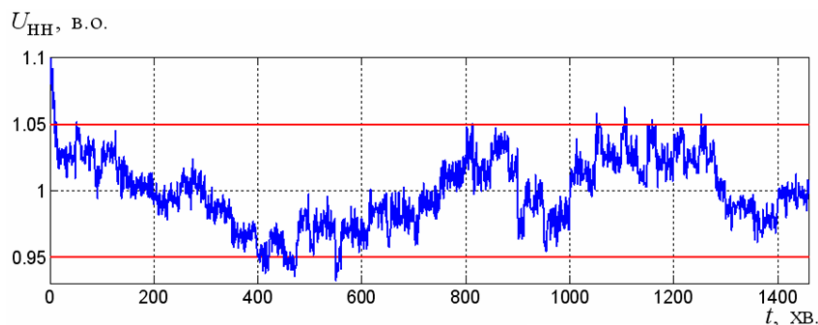


Рис. 2. Графік зміни діючого значення напруги (в.о.) на стороні НН силового трансформатора для розробленої САК

Як видно з результатів комп'ютерного моделювання, при застосуванні як базової САК, так розробленої в роботі нечіткої САК пристроєм РПН силового трансформатора, значення усталеного відхилення напруги задовольняють вимогам ГОСТ 13109-97 відносно даного показника якості. Але, у випадку застосування САК із адаптивним нечітким визначенням величини затримки часу спрацювання кількість спрацювань «зношеного» пристрою РПН виявилась на 19,4 % меншою, що безперечно, є її суттєвою перевагою. Даний ефект забезпечується, перш за все, за рахунок введення адаптивної затримки часу спрацювання, яка залежить від стану зношеності пристрою РПН силового трансформатора.

Список літератури

1. Левицький, С. М. Система автоматичного керування трансформатором з інтелектуальним регулятором напруги : монографія / С. М. Левицький, К. І. Колмачов. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 72 с.

УДК 621.316.13

ДВОРІВНЕВА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

П.А. Котиш, студент

В.В. Зінзура, доцент, канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

На даний момент показники якості напруги у споживачів електроенергії рідко відповідають встановленим нормам. Це притаманне як для виробничих, так і для міських мереж.

Проблема якості електричної енергії тісно пов'язана з надійністю і ресурсом роботи різного роду споживачів, більш того, особливо вимогливі споживачі можуть функціонувати лише при високій якості напруги.

Основними засобами регулювання напруги в електричних мережах є силові трансформатори з пристроями регулювання під навантаженням (РПН). Для них розроблено велику кількість пристроїв автоматичного регулювання напруги, але всі

вони або підвищують якість напруги на споживачах, знижуючи надійність електропостачання, або навпаки, підвищують надійність за рахунок зниження якості електричної енергії. Ресурс механічних контактів пристрою РПН силового трансформатора порівняно малий, оскільки доводиться комутувати робочі струми. Ремонт пристрою РПН – операція трудомістка і вартість такого ремонту значна. Крім того додаються збитки від припинення електропостачання споживачів. Все це призводить до того, що оперативний персонал підстанцій намагається проводити перемикання відпайок силового трансформатора якомога рідше. З цієї причини автоматичні регулятори напруги силових трансформаторів, як правило, відключаються. Відповідно якість напруги значно знижується, а втрати від неякісного електропостачання зростають.

Тому задача розробки систем регулювання напруги, які одночасно підвищують і якість і надійність електропостачання є актуальною.

Основними елементами комп'ютерної імітаційної моделі дворівневої системи регулювання напруги в РЕМ є моделі підстанції вищого рівня (напругою 35/10 кВ), підстанції нижчого рівня (напругою 10/0,4 кВ) та модель блоку визначення вагового коефіцієнту K_j .

На рис. 1. наведена узагальнена комп'ютерна імітаційна модель дворівневої системи автоматичного регулювання напруги в РЕМ.

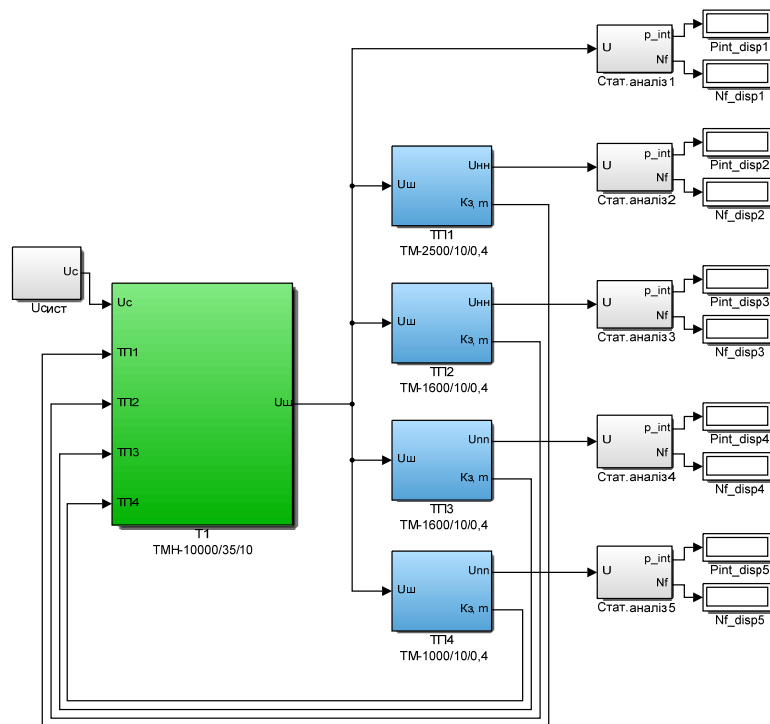


Рис. 1. Узагальнена комп'ютерна імітаційна модель дворівневої системи автоматичного регулювання напруги в РЕМ

На рис. 1: «Т1» – модель силового трансформатора підстанції вищого рівня (ТМН-10000/35); «ТП1» – «ТП4» – моделі трансформаторних підстанцій нижчого рівня (напругою 10/0,4 кВ); «Усист» – модель живлячої мережі; «Стат.аналіз1» – «Стат.аналіз5» – блоки розрахунку статистичних показників ПЯЕ; «Pint_disp1» – «Pint_disp5» – блоки відображення значень інтегральної ймовірності потрапляння усталеного відхилення напруги в нормально допустимі межі згідно ГОСТ 13109-97; «Nf_disp1» – «Nf_disp5» – блоки відображення кількості не потраплянь значень усталеного відхилення напруги в нормально допустимі межі.

Результати комп'ютерного моделювання режимів роботи РЕМ для випадку розробленої та базової САК наведено на рис. 2 – 4.

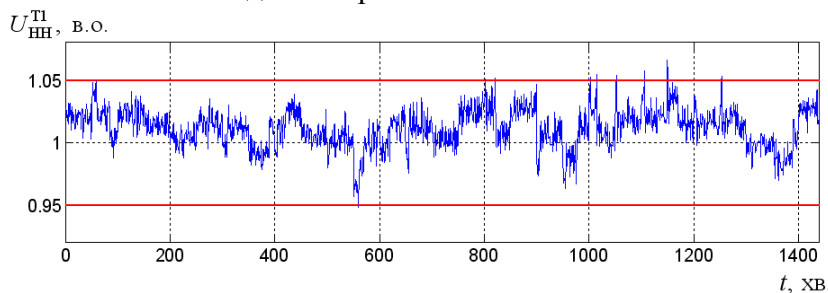


Рис. 2. Графік зміни напруги на стороні НН силового трансформатора ТМН-10000/35

Як видно з результатів комп'ютерного моделювання (рис. 2) та їх статистичної обробки, при застосуванні як базової САК, так розробленої дворівневої системи регулювання напруги в РЕМ, значення усталеного відхилення напруги задовольняють вимогам ГОСТ 13109-97 відносно даного показника якості. Але, у випадку застосування розробленої САК кількість спрацювань механічного пристрою РПН виявилась на 19,2 % меншою, що безперечно, є її суттєвою перевагою. Даний ефект забезпечується, перш за все, за рахунок поєднання систем автоматичного регулювання напруги на підстанціях вищого та нижчого рівнів в єдину САК.

Список літератури

1. Грабко В.В. Моделі і засоби регулювання напруги за допомогою трансформаторів з пристроями РПН. Монографія /В. В. Грабко – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. —109 с.

УДК 621.316.13

ОПТИМАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РІВНЕМ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

П.Г. Плєшков, проф., канд. техн. наук

А.І. Котиш, доцент, канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

А.В. Некрасов, доцент, канд. техн. наук

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

Сучасний етап розвитку світової електроенергетики характеризується суттєвим загостренням проблеми економічності роботи розподільних електричних мереж (РЕМ). Однією з основних причин зниження ефективності та економічності роботи РЕМ є погіршення якості електроенергії. Особливо гостро дана проблема стосується розподільних мереж номінальною напругою 10 кВ, до яких приєднані потужні несиметричні електроспоживачі (індукційні печі, дугові сталеплавильні печі та ін.). В таких РЕМ, як правило, виникають понаднормово завищені значення усталеного відхилення напруги та коефіцієнту несиметрії напруг по зворотній послідовності, що негативно впливає на роботу електроприймачів [1].

В роботах [2, 3] запропоновано САК режимом роботи симетрокомпенсувальними пристроями в РЕМ номінальною напругою 0,4 кВ [2] та 10 кВ [4]. Розроблені в даних роботах САК базуються на розв'язках задачі багатокритеріальної оптимізації. Застосування зазначених САК дозволяє досягти одночасного зниження рівнів усталеного відхилення напруги, несиметрії напруг та коефіцієнту реактивної

потужності в РЕМ. Проте, основним недоліком цих САК є те, що вони не в повній мірі враховують здатність симетро-компенсуючих пристроїв до зниження рівня негативного впливу, спричиненого усталеним відхиленням та несиметрією напруг. Зважаючи на це, виникає необхідність у проведенні подальших наукових досліджень з даного питання.

Як відомо, негативний вплив на роботу РЕМ, спричинений понаднормовими значеннями ΔU_1 та k_{2U} не є рівнозначним, і може суттєво відрізнятись в залежності від якісного та кількісного складу електричного навантаження. Тому перспективним видається підхід, за якого в якості критеріальних функцій виступали б залежності, що оцінюють негативний вплив відхилення та несиметрії напруг на роботу РЕМ. Постановка задачі багатокритеріальної оптимізації, яка реалізує такий підхід, має наступний вигляд:

$$\begin{cases} \operatorname{tg}\varphi(\mathbf{X}) = \frac{Q_s(\mathbf{X})}{P_s(\mathbf{X})} \rightarrow \min; \\ L_{\Delta U}(\mathbf{X}) = a_1 [\Delta U_1(\mathbf{X}) + a_2]^2 \frac{S_l}{S_{l\max}} \rightarrow \min; \\ L_{k_{2U}}(\mathbf{X}) = c_0 \sum_{j=1}^m k_j k_{2U}^2(\mathbf{X}) \rightarrow \min; \\ X \in \Omega, \end{cases}$$

де $L_{\Delta U}$ – показник, що оцінює негативний вплив, спричинений усталеним відхиленням напруги ΔU_1 ; a_1, a_2 – постійні коефіцієнти, що залежать від якісного складу електричного навантаження; S_l – поточне значення повної потужності електричного навантаження; $S_{l\max}$ – максимальне значення повної потужності електричного навантаження; $L_{k_{2U}}$ – показник, що оцінює негативний вплив, спричинений несиметрією напруг; c_0 – діючий тариф на електричну енергію; k_j – коефіцієнт додаткових втрат активної потужності від несиметрії напруг для j -ї групи однорідних елементів системи електропостачання; m – кількість груп однорідних елементів системи електропостачання.

Результати порівняльного комп'ютерного моделювання для випадку розробленої і базової САК параметрами режиму наведені на рис. 1.

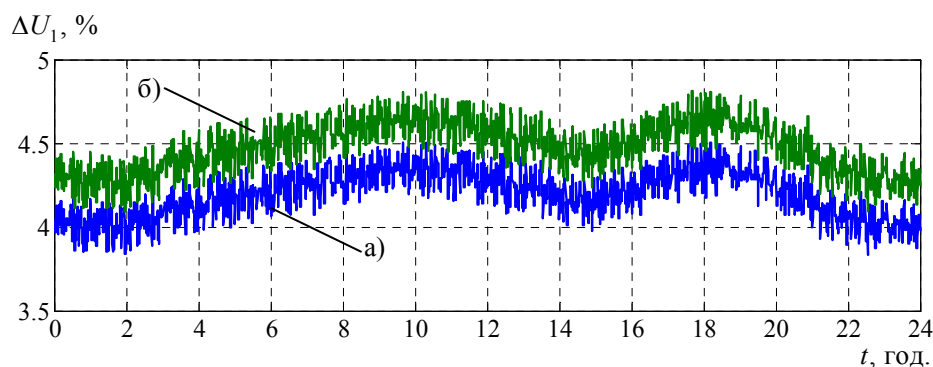


Рис. 1. Графіки зміни ΔU_1 : а – базова САК; б – розроблена САК

Статистична обробка результатів моделювання показала, що значення інтегральної ймовірності потрапляння в нормально допустимі межі ΔU_1 та k_{2U} як для базової САК, так і для запропонованої в роботі САК, задовольняють діючим нормативним вимогам. Але при застосуванні розробленої САК математичне очікування значення усталеного відхилення напруги $M[\Delta U_1]$ виявилось на 6,9 % більшим в порівнянні з базовою САК, а математичне очікування значення коефіцієнта несиметрії

напруги по зворотній послідовності $M[k_{2U}]$ – на 9,6 % меншим. Такі результати обумовлені вибором в якості критеріальних функцій задачі (2) залежностей, що описують негативний вплив усталеного відхилення ΔU_1 та коефіцієнту несиметрії напруг по зворотній послідовності k_{2U} на роботу РЕМ, який в загальному випадку не є рівнозначним для кожного із зазначених ПЯЕ.

Список літератури

1. Попова О.І. Аналіз впливу несиметричних навантажень на режими роботи трифазного асинхронного електродвигуна / І. О. Попова, Д. М. Нестерчук, В. С. Попрядухін // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. - 2017. - №13 - С. 85-87.
2. Plieshkov P. H. / Automatic control of electrical distribution network mode with the voltage unbalance/ P. H. Plieshkov, V. V. Zinzura, S. P. Plieshkov // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. - 2019. - Vol. 3. - P. 83-91; DOI: 10.29202/nvngu/2019-3/10
3. Тарануха М. С. Оптимальне керування режимами реактивного навантаження за умов несиметрії напруг розподільчих електричних мереж / М.С. Тарануха, Р.В. Телюта, В. В. Зінзура // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. - 2015. - № 42. - С. 62-66. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/19801>
4. Зінзура В.В. Методи розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації регулювання напруги в електричних мережах // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація - Кіровоград: КНТУ - 2012. - Вип. 25. Ч.1 - С. 350-360. <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/1388>

УДК 621.315

RESEARCH OF WAYS TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY OF BAKERIES

R. Halka, stud. gr. EHM-19M3,

P. Plieshkov, prof., Ph.D

I. Savelenko, Ph.D.

Central Ukrainian National Technical University

The technological features analyze of the electrical and technological equipment for the production of bakery products, which have showed that bakery industries use 10-15 % of electrical power and 85-90 % of fuel and heat power. The study of energy saving reserves showed that the potential for energy savings is on average 30-50% higher than it currently exists, which determines the relevance of modernization of the electrical complex.

Existing systems of automation of technological processes of bakeries do not provide operative complex management of process of baking of bread, in case that energy efficiency requirements ware completed by the enterprise.

Formulation of the problem. Realization of rational modes of functioning of the electrotechnical equipment of a bakery using the modern approaches of technological processes management one of directions of increase of energy efficiency of production of bakery products.

The bakery industry is characterized by continuous and irregular work. The current level of mechanization and automation of the bakery industry is quite high, but bakeries still do not have full control by the head mechanic and head engineer. the bakery enterprises energy-efficient is provided by efficient work of automatic control system.

The bakery is a complex production system, the technologies lines work usually go through different influences such as:

- 1) additional orders and refusals;

- 2) equipment accidents;
- 3) lack of material or energy resources.

The bakery controlling processes industry is relatively closed and have cyclic character.

Traditional modeling methods cannot cope with the complexity of describing the processes that take place at the bakery. Determining the substantive component of internal system connections will allow to provide parametric synthesis of the corresponding control system.

An assessment of the energy efficiency of bakery production revealed the nonlinearity and instability of processes, the actual impossibility of formalizing the relationship between production parameters using correlation analysis, in particular, between the complexity of tasks and energy efficiency.

In order to simulate the management system of the bakery's electrotechnological complex, it is necessary to use the mathematical unit of neural networks, which demonstrate the effectiveness of work in evaluating stochastic, non-linear processes, with a blurred information component.

The complexity of the description of the processes of production of bakery products determines the complexity of the neural network. The using linear approaches and the method of simulation based on the Gibbs probability distribution allow to simplify neural network model.

References

1. Боровиков В.П. Нейронные сети. Statistica Neural Networks. Методология и технологии современного анализа данных/В.П. Боровиков//Москва: Горячая линия - Телеком – 2008. – 392 с.
2. Васильченко А. Н. Состояние и перспективы развития хлебопекарной промышленности в Украине / А.Н. Васильченко // Научно-виробничий журнал. Харчова наука і технологія. – Одеса: Вид-во Одеської національної академії харчових технологій. – 2009. – №1 (6). – С. 5 – 8.

УДК 621.316.176

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАВАД НА ЯКІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ КАНАЛІВ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

А. Суржок, *ст. гр. ЕЕ-19МЗ*

І. Савеленко, *доц., канд. техн. наук*

Центральноукраїнський національний технічний університет

В останні роки використання силових мереж 0,4-10 кВ для широкосмугового доступу одержало нове прискорення. Основною причиною тому стали доступність технічних засобів передачі інформації та якість їх роботи. Мережі широкосмугового радіодоступу дозволяють без значних капітальних вкладень організувати облік електричної енергії з використанням PLC мереж.

Такі мережі базуються на ряді перспективних технологій широкосмугової передачі даних, заснованих на застосуванні ортогонально-частотної модуляції. З існуючої різноманітності варіантів схем модуляції при передачі сигналу в PLC мережах, використана схема OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) на основі мультиплексування з ортогональним поділом частот. Основними перевагами якої є висока якість, надійність і мала сприйнятливність до промислових завад, високопроменевого приймання, погодних умов і інших негативних факторів

В залежності від умов роботи та стану електричних мереж необхідно враховувати чинники, що можуть порушувати роботу систем автоматизованого збору даних. В умовах обмеженості виділеного частотного діапазону всі перераховані фактори приводять до росту рівня взаємних перешкод, які значно знижують швидкість передачі даних. Реальна оцінка інформаційної швидкості в мережах промислових підприємств із урахуванням впливу завад від промислового обладнання є актуальною задачею.

Класичний метод оцінки припускає, що прийом сигналу здійснюється на фоні білого Гаусівського шуму. Однак, як показано в [1], у реальності сигнали, передані іншими базовим станціям мережі зв'язку, також створюють додаткові внутрішньосистемні завади.

Для вирішення даної задачі необхідно виконати оцінку інформаційної швидкості цифрового каналу. За формулою Шеннона на основі співвідношення сигнал/завада і коефіцієнтів, що враховують структуру інформаційної складової, можливо визначити максимально наближену до реальної ситуації картину в PLC мережах.

Аналіз результатів дослідження свідчить, що для отримання коректних оцінок швидкості передачі інформації необхідно враховувати частку переданої службової інформації в структурі інформаційного сигналу.

Отриманий розподіл швидкості передачі даних між базовими станціями інформаційної системи дозволив визначити вимоги до вибору типу з'єднань і параметрів силової мережі при використанні технології PLC для організації автоматизованого обліку електроенергії.

Список літератури

1. Выборнов О.В. Прогнозирование потенциальной нагрузки секторов сетей широкополосного радиодоступа на основе анализа отношения сигнал/помеха с использованием геоинформационных технологий / О.В. Выборнов, А.М. Измайлов, С.В. Козлов, В.Н. Лаврушев, Е.А. Спирина. - Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2013. №4.
2. Вишнеvский В.М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации/А.И. Ляхов, С.Л. Портной, И.В. Шахнович, Техносфера, М., 2005г. 595с.

УДК 697.921:628.852.2

SECUREMENT OF THE OPTIMAL MICROCLIMATE PARAMETERS IN ACCOMODATIONS OF THE EDUCATIONAL INSTITUTIONS FOR CHILDREN BY IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM OF LOCAL AIR RECUPERATION

P. Plieshkov, prof., Ph.D

K. Petrova, Ph.D.

I. Savelenko, Ph.D.

Central Ukrainian National Technical University

The provision of a comfortable air-thermal regime of study rooms is one of the important factors affecting the studying effectivity and health of both school children and teachers. Deviations of the air temperature normative values in the rooms in combination with high humidity influences the intensification of the heat transfer processes, which leads to the cooling of the body and as a consequence - the development of diseases. In addition, the physicochemical composition of the air environment constantly varies throughout the day due to the release of products of life of people in the indoor air: the ionic composition of the air

changes, the number of heavy particles increases. This causes a deterioration in performance (the appearance of lethargy, headache, loss of concentration) and health (increase in heart rate, changes in blood pressure, irritation of the mucous membranes, cough, etc.) both students and teachers.

To development of the autonomous control systems (ACS) of local air recuperation are devoted a number of works, in particular developed a mathematical model of the ventilation complex with regard to the coefficient of comfort, which depends on two microclimate parameters: the temperature and relative humidity, but the air environment qualitative composition indices were not taken into account.

However, the synthesized system of quantitative regulation of the supply air takes into account only the indicator of carbon dioxide, which allows to provide the necessary parameters of the air quality in the room, the not less important parameter of the microclimate - the temperature of the room is not taken into account. Therefore, further exploration of the possibilities of creating a comfortable and safe air environment of the study premises is a priority of the health and ecology system.

One of the ways to increase the efficiency of the local air recuperation system, namely to maintain the normative requirements for thermal comfort and the normative composition of the air of the accommodations of children's educational institutions is to create optimal microclimate parameters by improving the systems of automatic control of local recuperation devices.

The computer simulation of the indoor climate at the expense of ACS local exhaust ventilation was as follows. For each model input, the optimal control vector and mode parameters are determined for two cases:

- the formation of optimal conditions of thermal comfort without controlling the concentration of carbon dioxide in the room air;
- formation of normative value of thermal comfort and concentration of carbon dioxide in the room air.

As a result of the conducted researches founded that the task of managing local recuperation installations, taking into account the level of comfort and normative composition of the indoor air environment, is most expedient to be interpreted as a problem of multicriteria optimization.

The analysis of the effect of the proposed approach confirmed the advantages of the proposed system by reducing the duration of the zone with exceeding the maximum permissible level of CO₂ concentration by 49.5% and reducing the value of CO₂ concentration by 13.1%, while maintaining the temperature within the maximum permissible limits.

УДК 621.31

РОЗМІЩЕННЯ АКУМУЛЮЮЧИХ БЛОКІВ В УМОВАХ АВТОНОМНОГО, МОБІЛЬНОГО КОТЕЖНОГО СЕЛИЩА

А. Потривай, ст. гр. Е-Н120в

Д. Данильченко, канд. техн. наук

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

В поточному проекті «Etherealvillage» для забезпечення безперебійності електропостачання високого рівня використовуються акумулятори. Однією з функцій селища є компенсація мінімумів і максимумів, що з'являються в електромережі. Метою даного дослідження є визначення найбільш оптимального з точки зору надійності, економічності, маневрової спроможності, простоти виконання та збереження мобільності.

Так для реалізації в проекті представлено чотири способи розміщення акумуляторних блоків:

- Розміщення генеруючих потужностей окремо від селища (ВЕС та СЕС). Акумулятори є власністю станції.
- Розміщення акумулюючих одиниць в вузлових точках мережі.
- Розміщення акумуляторних блоків у кожному будинку й подальше поєднання їх у мережу, з вузлом поєднання, в якому розташовано контролюючий орган
- Розміщення одного акумуляторного блоку недалеко від селища з підключенням до нього всіх споживачів селища. Орган керування розміщено в ньому ж.

Розглядається дане питання через те, що типові системи електропостачання не підходять, через свою простоту та застосування побічних, застарілих технологій, наприклад, таких як генератори, засновані на згорянні палива.

Першим за пріоритетністю параметром є надійність. Оскільки системи забезпечення, запропоновані вище, складаються з елементів, що можуть бути відремонтовані, розглядаємо її як відновлювані системи.

За допомогою цього методу, було проведено розрахунок для кожної системи за такими параметрами: вірогідність відновлення, вірогідність несвоєчасного завершення ремонту, частота відновлення, інтенсивність відновлення, середній час відмовлення та потік відмов.

Проведені розрахунки вказують на те, що найбільш надійною системою є та, яка передбачає установку єдиного акумулюючого блоку поряд із селищем, через значно меншу кількість критичних ланок.

З точки зору інших параметрів цей варіант не отримував першості у інших категоріях, але був на другому й третьому місцях і оглядаючи з позиції пріоритетності робимо висновок, що нижчою, у порівнянні з способом розміщення на станції, економічністю (але вищою ніж у інших варіантів) та меншим рівнем мобільності ніж у варіанті з використанням акумулюючих блоків для кожної будівлі, можна знехтувати.

В умовах автономного, мобільного котеджного селища, найбільш раціональним є використання системи з єдиним живлячим акумуляторним блоком, оскільки цей варіант виконання є найбільш надійним і не сильно уступає за параметрами економічності, маневреності та мобільності своїм конкурентам. Єдиним слабким місцем даної конфігурації є складність в реалізації, однак він повністю виправдовується її перевагами.

УДК 621.31

РОЗРАХУНОК ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ ПРИ КОРОННОМУ РОЗРЯДІ

Д. Данильченко, канд. техн. наук

О. Собченко, ст. гр. Е-М119в,

Національний технічний університет Харківський політехнічний інститут

Коронний розряд, або корона - це самостійний розряд, що виникає в різко неоднорідних полях, в яких іонізаційні процеси можуть відбуватися тільки у вузькій області поблизу електродів. До такого роду полях відноситься і електричне поле проводів повітряних ліній електропередачі.

Корона становить інтерес у зв'язку з втратами енергії при коронуванні ЛЕП. Наприклад, на лініях надвисокої напруги втрати енергії при коронуванні проводів ЛЕП

в погану погоду складають 100 ... 200 кВт на кілометр лінії і більш. Крім цього, продукти іонізації повітря руйнівні діють на ізоляцію та металеву арматуру.

У зв'язку з цим в проблема точності розрахунків коронного розряду у сучасні часи поголового поліпшення та мінімізації втрат у лініях електропередач має бути більш освітленою.

При проектуванні ЛЕП користуються розрахунковими залежностями втрат енергії при короні. Поширеною формулою для розрахунку втрат на корону на змінній напрузі є емпірична формула Піка для одиночного дроту:

$$P = \frac{24,1}{\delta} (f + 25) \sqrt{\frac{r_0}{S}} (U_\phi - U_k)^2 \cdot 10^{-6}$$

де δ – відносна щільність повітря; f – частота, Гц; r_0 – радіус одиночного проводу, см; S – відстань між проводами, см; U_ϕ – діюче значення фазної напруги, кВ; U_k – напруга виникнення корони, кВ;

На лініях електропередачі надвисокої напруги використовують розщеплені дроти в фазах. Для визначення втрат при коронуванні для розщеплених проводів можна використати формулу Л. Егоровой і Н. Тиходєєва:

$$P = 2,4 \cdot 10^{-6} \cdot U_k^2 \cdot \exp \left[8,7 \left(\frac{U_M}{U_k} - 0,53 \right) \right] \cdot 10^{-6}$$

де U_M – амплітудне значення фазової напруги, кВ

Розглянувши популярні формули для розрахунку коронного розряду очевидно що формули мають недоліки і саме цьому вони потребують корегувань для отримання більш точних значень коронного розряду.

Список літератури

1. Техника високих напруг / И. М. Богатенков, Ю. Н. Бочаров, Н. И. Гумерова, Г. М. Иманов и др.; под ред. Г. С. Кучинского. – СПб.: Энергоатомиздат, 2003. – 608 с.
2. Техника высоких напряжений / под ред. Д. В. Разевига. – М.: Энергия, 1976. – 488 с

УДК 621.373.826.032:534.232.082.73

MATHEMATICAL MODELLING OF ROD PIEZOELECTRIC TRANSDUCERS FOR AUTOMATION SYSTEMS

C. Bazilo, *Assoc. Prof., Dr. Tech. Sc.*
Cherkasy State Technological University

Systems used in critical applications such as healthcare, energy, transportation, utilities, space, robotics, industry and agriculture must be very reliable. The use of computer systems in these critical areas requires their high reliability, which can be achieved by developing fault-tolerant systems [1].

Until recently, the scientific and technical basis of the design and improvement of piezoelectric transducers was limited, mainly, only by changing the shape, sizes and material of the piezoelectric elements, as well as the type of excited vibrations. Existing approaches to increasing the efficiency of piezoelectric transducers, in particular, expanding the operating range, increasing the sensitivity and level of the output signal, require an inevitable compromise with the requirements for miniaturization of these transducers, the provision of

which is especially important for critical applications [2]. The main advantage of using transducers made from piezoceramic materials in computer systems is due to their special structure, which allows implementing fundamentally different schemes in one such element [3].

It is determined that at present there are no reliable methods for constructing mathematical models of piezoelectric transducers with separated electrodes for critical application computer systems that could be used as the theoretical basis for calculating the characteristics and parameters of this class of functional elements of modern piezoelectronics.

The work presents a mathematical model of rod piezoelectric transducer with separated electrodes.

In order to show the main features of mathematical modelling of piezoelectric transducers, we will consider the design of the transducer (Fig. 1). A prismatic rod of L length with a rectangular cross-section of $\alpha \times b$ size, made of PZT-type (lead zirconate titanate) piezoceramics polarized along the axis Ox_3 . The lower surface $x_3 = 0$ of the rod is electroded and grounded. There are two electrodes on the upper surface $x_3 = \alpha$ (positions 1 and 2 in Fig. 1), which form the primary and secondary electrical circuits of the piezoelectric transducer. The primary circuit consists of a source of electrical potential difference $U_1 e^{i\omega t}$ (U_1 is an amplitude value of the electrical potential difference; $i = \sqrt{-1}$ is an imaginary unit; ω is a circular frequency of the change in the sign of the potential difference; t is a time) with output electrical impedance Z_1 and electrode No. 1. The secondary electrical circuit of the transducer consists of electrode No. 2 (position 2 in Fig. 1) and an electrical load Z_2 , on which the potential difference $U_2 e^{i\omega t}$ is allocated.

Analytical construction (1) is a mathematical model of a rod piezoelectric transducer, the principle of operation of which involves the use of longitudinal vibrations in a prismatic rod (Fig. 1).

$$K(\omega, \Pi) = \frac{U_2}{U_1} = - \frac{\Xi_0(\omega)}{1 - i\omega C_4^\sigma Z_1 \Psi_1(\omega)}, \quad (1)$$

where $\Xi_0(\omega) = \frac{i\omega C_4^\sigma Z_2 \Psi_0(\omega)}{1 + i\omega C_4^\sigma Z_2 \Psi_2(\omega)}$ is an acoustic feedback coefficient;

$$\Psi_2(\omega) = \frac{(e_{31}^*)^2}{(\ell_4 - \ell_3) \chi_{33}^\sigma} \left[\xi_4 (\cos \lambda \ell_4 - \cos \lambda \ell_3) - \xi_3 (\sin \lambda \ell_4 - \sin \lambda \ell_3) \right] - 1;$$

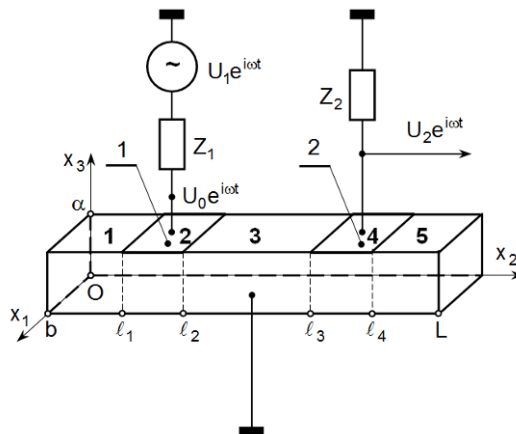


Fig. 1. Schematic representation of the construction of a rod piezoelectric transducer

$$\Psi_0(\omega) = \frac{(e_{31}^*)^2}{(\ell_4 - \ell_3) \chi_{33}^\sigma} \left[\xi_2 (\cos \lambda \ell_4 - \cos \lambda \ell_3) - \xi_1 (\sin \lambda \ell_4 - \sin \lambda \ell_3) \right];$$

$$\Psi_1(\omega) = \frac{(e_{31}^*)^2}{(\ell_2 - \ell_1)\chi_{33}^\sigma} \left\{ -[\zeta_1 - \Xi_0(\omega)\zeta_2](\sin\lambda\ell_2 - \sin\lambda\ell_1) + [\zeta_3 - \Xi_0(\omega)\zeta_4](\cos\lambda\ell_2 - \cos\lambda\ell_1) \right\} - 1;$$

$C_4^\sigma = b(\ell_4 - \ell_3)\chi_{33}^\sigma/\alpha$ is a dynamic electrical capacitance of the section of the piezoceramic rod under the electrode of the secondary electric circuit; λ is a wave number of longitudinal vibrations of material particles of piezoelectric ceramics; χ_{33}^σ is a dielectric constant for the mode of constancy (equality to zero) of mechanical stresses; e_{31}^* is a piezoelectric module for uniaxial stress state mode of piezoelectric rod;

$\zeta_1 = (\Delta_{21} + \Delta_{22})/\Delta_0$; $\zeta_2 = (\Delta_{23} + \Delta_{24})/\Delta_0$; $\zeta_3 = (\Delta_{31} + \Delta_{32})/\Delta_0$; $\zeta_4 = (\Delta_{33} + \Delta_{34})/\Delta_0$;
 $\xi_1 = (\Delta_{61} + \Delta_{62})/\Delta_0$; $\xi_2 = (\Delta_{63} + \Delta_{64})/\Delta_0$; $\xi_3 = (\Delta_{71} + \Delta_{72})/\Delta_0$; $\xi_4 = (\Delta_{73} + \Delta_{74})/\Delta_0$; Δ_{ij} is an algebraic complements – determinants of matrices of 8×8 size, which are obtained as a result of deleting the i -th column and j -th row from the matrix of 9×9 size, composed of coefficients at constants A_j in the system of equations (2); Δ_0 is a matrix determinant 9×9 from the coefficients at the constants A_j , i.e. main determinant of the system of equations (2):

$$m_{ij}A_j = P_i, \quad i, j = 1, 2, \dots, 9, \quad (2)$$

where m_{ij} are frequency dependent coefficients, the numerical values of which are determined in [4]; $P_1 = e_{31}^*U_0/\alpha$; $P_2 = -e_{31}^*U_0/\alpha$; $P_3 = e_{31}^*U_2/\alpha$; $P_4 = -e_{31}^*U_2/\alpha$; $(P_5 \div P_9) = 0$.

A set of computational procedures based on the fundamental principles of mechanics and electrodynamics, the sequential implementation of which allows us to build a mathematical model of piezoelectric rod transducer, is proposed.

Список літератури

1. Israel Koren and C. M. Krishna, Fault-tolerant systems. Amsterdam; Boston: Elsevier/Morgan Kaufmann, 2007, 378 p.
2. V. Sharapov, Piezoceramic Sensors. Springer, 2011, 500 p.
3. Вавилов В.Д., Тимошенко С.П., Тимошенко А.С. Микросистемные датчики физических величин: монография в двух частях. Москва: Техносфера, 2018, 550 с.
4. Петрищев О.Н., Базило К.В. Математическое моделирование пьезоэлектрического трансформатора стержневого типа / О.Н. Петрищев, К.В. Базило // Вісник Черкаського державного технологічного університету, Черкаси. – 2018. – № 4. – С. 11–20

УДК 681.513.68:004.032.26:620.92

PREPARATION OF THE STRUCTURE OF A FUZZY-NEURAL NETWORK FOR CONTROL PROCESS OF POWER SUPPLY WITH SOLAR PANELS AND WIND TURBINE

Olena Holyk, Associate Professor, Ph.D tech. sci, Deputy Dean
Roman Zhesan, Associate Professor, Ph.D tech. sci,
Oleksandr Holyk, student by gr. EC 19M,
 Central Ukrainian National Technical University

The paper proposes to using solar panels, wind turbines and a power plant with an internal combustion engine to supply energy to consumers of the agro-industrial complex. Suppose that the power supply facility is located in the Kirovohrad region. Thus, it is necessary to have data on the energy potential of solar and wind energy in the region. Experimental research on measuring meteorological indicators in Kropyvnytskyi has been started at the Department of Automation of Production Processes of the Central Ukrainian

National Technical University since 2009. Meteorological indicators are measured using Vantage Pro2™ digital weather meteorological station (manufactured by Davis Instruments Corp., California, USA). In fig. 1 shows the average daily intensity of solar radiation and wind speed in Kropyvnytskyi in 2019. From the form of these dependences we can conclude that the simultaneous use of solar and wind energy makes it possible to smooth out the seasonal fluctuations of these energies.

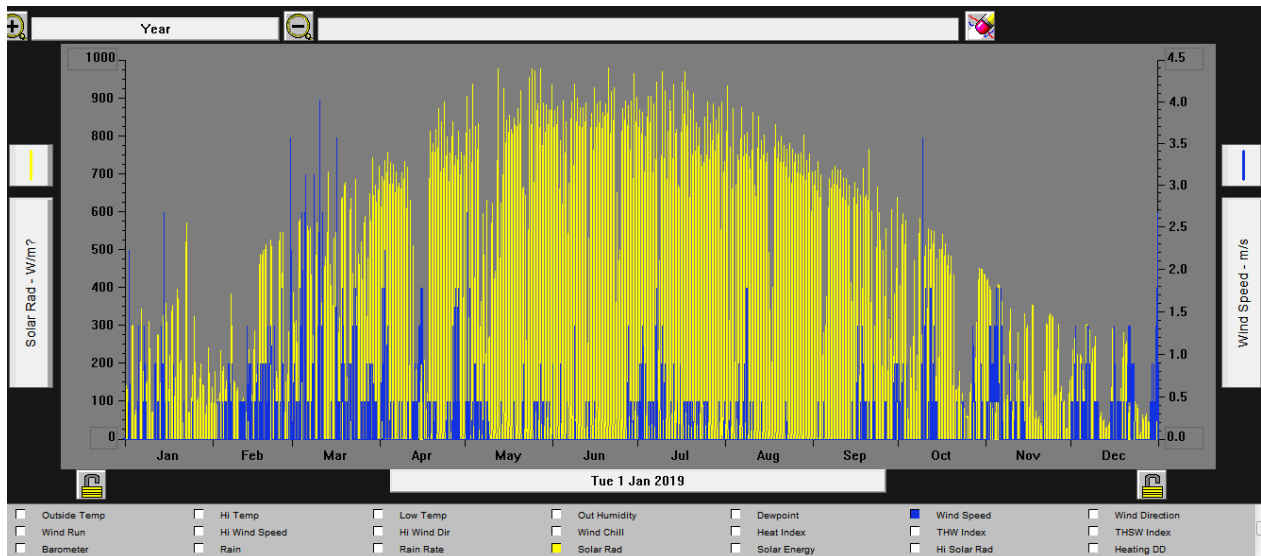


Figure 1 Wind speed and intensity of solar radiation in the Kirovohrad region

In addition, the combination of these energy sources is appropriate for the following reasons:

- wind power plants, unlike solar, operate at night;
- the ability to take into account seasonal fluctuations in meteorological indicators;
- increase system reliability;
- reducing the need to use energy storage systems.

However, the simultaneous use of solar and wind energy cannot completely solve structural problems, but only helps to reduce the need for energy storage and expansion of the system.

In [1], the choice of a fuzzy logic device with neural network adaptation for the development of an automatic control system of the power supply process with wind-solar power plants was substantiated.

The basis for conducting operations of fuzzy inference is the base of rules. The following conditions must be met:

1. There is at least one rule for each linguistic term of the original variable.
2. For any term of the input variable there is at least one rule in which this term is used as a prerequisite.

The result of a fuzzy conclusion is a even value of the variable y^* based on given even values $x_k, k=1 \dots n$. In fig. 2 shows the structure of the fuzzy inference system.

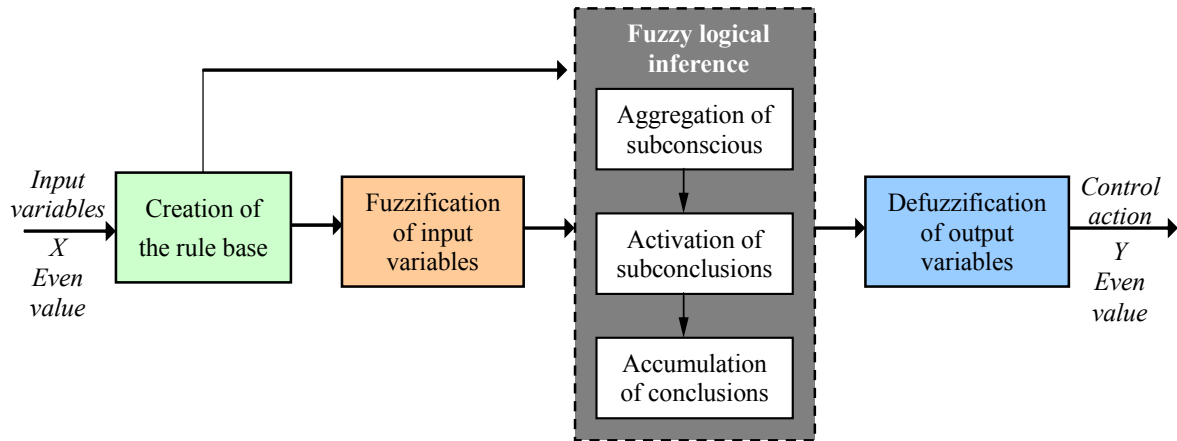


Figure 2 The structure of the system of fuzzy inference

Fuzzy-neural network draws conclusions based on the apparatus of fuzzy logic, but the membership functions are configured using algorithms for learning neural networks. Therefore, the method of error backpropagation is used to select parameters in such networks. To better prepare a fuzzy neural network to solve specific problems with less time, it is advisable to use architectures that use the algorithm of inverse error propagation, because in this case there is an optimal refinement of membership functions. The most widespread are the architectures of fuzzy neural networks such as ANFIS (Adaptive Network Based Fuzzy Inference System) and TSK. It is proved that such networks are universal approximators.

ANFIS-architecture allows you to automatically synthesize fuzzy networks from experimental data. In this case, the membership functions of the synthesized systems are configured (trained) in such a way as to minimize deviations between the results of fuzzy modeling and experimental data. It implements the Sugeno fuzzy inference system in the form of a five-layer direct signal propagation network.

TSK (Takagi, Sugeno, Kang'a) architecture is based on the Takagi-Sugeno-Kang fuzzy inference system. The generalized Gaussian function is used as a fuzzification function for each variable X .

In the following, the use of the above architectures for the development of a neuroadaptive control system for the process of power supply with renewable energy sources will be considered.

References

1. Голик О. П., Жесан Р. В., Штепа В. М. Обґрунтування вибору апарату нечіткої логіки з нейромережною адаптацією для керування системою автономного енергопостачання на основі вітро-сонячних установок // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. / Вип. 24, Ч. II – Кіровоград: КНТУ, 2011. – С. 206-213. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/1725>
2. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер с польск / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.
3. Лисенко В. П. Інструментальні засоби розробки і налагодження мікропроцесорних систем / В. П. Лисенко, В. Л. Ботвин – К.: НАУ, 2004. – 118 с.

CREATION OF AN INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEM FOR MONITORING TERRITORY STREET POLLUTION IN CITIES AND TOWNS OF UKRAINE

N. Postoronko¹, *pupil*,
D. Trushakov², *Assos. Prof., PhD tech. sci.*

¹*Junior Academy of Sciences of Ukraine Kirovograd Region*

¹*Educational association lyceum-school-preschool educational institution "Victoria-P" Kropyvnytskyi*

²*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

During the development of information technology, the question arose of creating a specialized information system that would help detect street pollution, vandalism and quickly eliminate them.

The main purpose of the work is to increase the productivity of government agencies engaged in cleaning the streets of cities and towns of Ukraine.

This can be done by creating software for information and communication system, i.e. web resource "Clean Ukraine", which would detect street pollution and vandalism by communicating with the public and quickly eliminate them.

The subject of the study is an information and communication system for detecting street pollution.

Today, during the development of information technology, society is faced with the question of creating a specialized information system that would help detect street pollution, vandalism and quickly eliminate them.

Theoretical research was conducted using the theory of work and the creation of communication and information systems.

Practical research was conducted using modern information and computer technology.

The software of the information and communication system - web resource allows to detect street pollution and vandalism by communicating with the public and quickly eliminate them.

In this paper, research is aimed at developing an interactive layout of the mobile application "Clean Ukraine" on the Figma platform.

Figma is a vector online service for interface development and prototyping with the ability to organize collaboration, developed by the company of the same name [6]. Figma can work in the browser, if it supports WebGL technology, you can check it by following the link webglreport.com. This editor is suitable for creating simple prototypes and design systems, and complex projects (mobile applications, portals). In 2018, the platform became one of the fastest growing tools for developers and designers.

The algorithm of this information and communication system is as follows.

1. If a person finds the fact of pollution on the street or the fact of vandalism, it must be registered by capturing this fact in a photo or video.
2. Then you need to go to the created information and communication web resource and fill out the form in which you report the pollution or the fact of vandalism and attach a photo or video file.
3. Employees of the relevant specialized institution will review your message.
4. If it is meaningful and detailed, the employees of the institution go to the place where the pollution was detected or the fact of vandalism was committed and eliminate it.
5. Employees of the relevant specialized institution inform you and other users of the web resource about the elimination of pollution or the consequences of vandalism.

The interactive layout of the mobile application "Clean Ukraine" is presented in Fig.1.

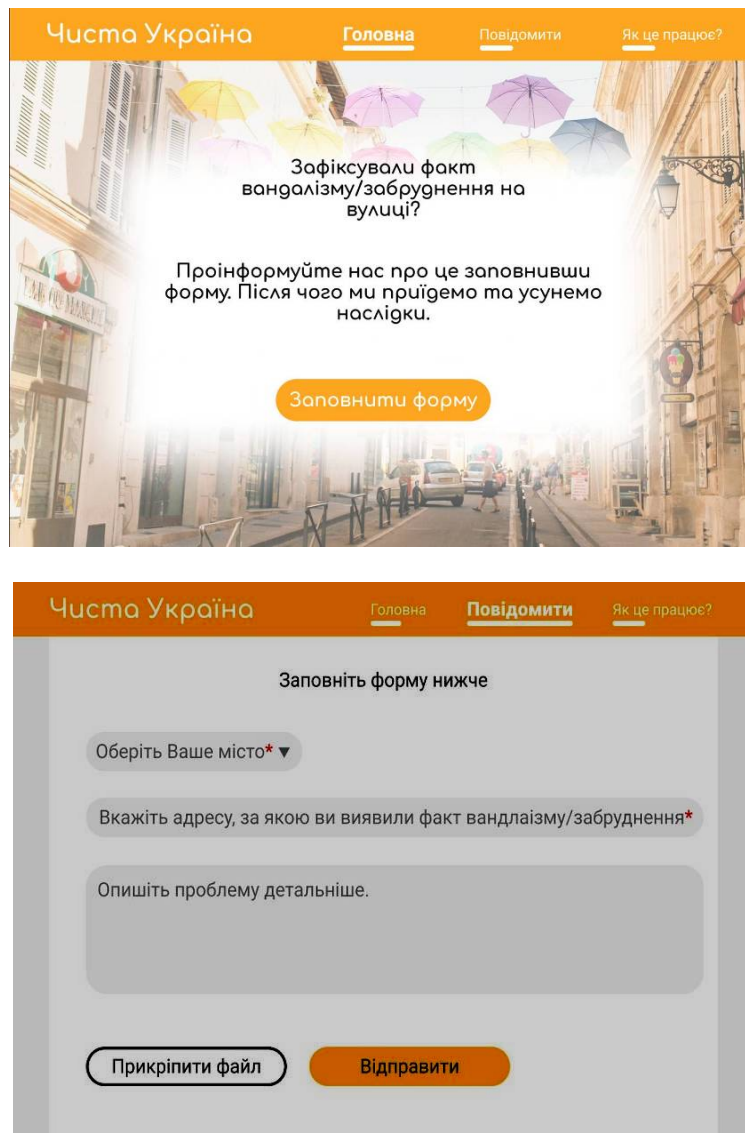


Figure 1 - Information and communication system "Clean Ukraine"

Results of the research. The set of researches carried out in the work represents the decision of problems in the field of creation of information and communication systems. As a result of the study, an interactive layout of the mobile application "Clean Ukraine" was created on the Figma platform, which allows you to detect street pollution and vandalism by communicating with the public and quickly eliminate them.

References

1. Маслянко П.П., Лісов П.М. Інформаційно - комунікаційні системи та технології обробки інформаційних ресурсів. [Електрон. ресурс]. Режим доступу: http://www.lissov.kiev.ua/files%5Cpublications%5CKPI%5CMaslyanko_Lissov_IRProcessing.pdf
2. Інформаційно-комунікаційні технології. [Електрон. ресурс]. Режим доступу:
3. https://uk.wikipedia.org/wiki/Інформаційно-комунікаційні_технології
4. Русаков М. Учебник по Основам HTML. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://myrusakov.ru>
5. Леонтьев В.П. Новейшая энциклопедия Интернет/ В.П. Леонтьев.- М.: ОЛМА-ПРЕСС. - 2002. - 607с.
6. А. Окунев. Руководство по Figma. [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <https://medium.com/slashdesigner/figma-guide-5235b8a8ab4f>

ANALYSIS OF METHODS FOR DEFAZZIFICATION OF FUZZY SETS

A. Matsui, *Phd, Associate Professor*

A. Matsui, *st. gr. AI20M-2*

A. Loscinin, M. Didov, *st. gr. EC19-3sk*

Central Ukrainian National Technical University

Fuzzy logic or control based on methods of the theory of fuzzy sets is used when there is insufficient knowledge about the control object or the experience of controlling it [1]. Therefore, in nonlinear systems, the description of which is too laborious, the use of the experience of expert technologists is desirable, and in some cases necessary. Fuzzy logic mimics human thinking and provides an effective means of displaying the uncertainties and imprecisions of the real world. For example, a person may answer a question vaguely: “yes”, “most likely yes”, “maybe yes”, “I don’t know”, “maybe not”, “most likely not”, “no”. In fuzzy logic, such expressions can be formulated mathematically and processed on a computer.

Since the information received from the operator is expressed, as a rule, verbally or in the form of data from control logs that require additional processing and analysis, linguistic variables and the apparatus of the theory of fuzzy sets, which was developed by L. Zadeh in 1965 [1].

Currently, fuzzy logic controllers are used in many control systems used to guide TV cameras when broadcasting sports events; in air conditioning systems, when controlling the supply of technological raw materials and products; for automatic control of electric motors, as well as in many other systems.

To apply the methods of fuzzy logic, first of all, it is necessary to transform ordinary crisp variables into fuzzy ones. This procedure is called fuzzification.

The main disadvantage of regulators based on the rules of fuzzy logic is the complexity of determining this membership function. In this sense, the theory of fuzzy sets itself is also fuzzy. For example, in the literature, there are more than 10 ways of different definitions of the membership function for the intersection of sets, but it is not said which one should be chosen to solve a specific problem. Therefore, when solving, a more understandable operation of finding the membership functions of sets is used, similar to the rules of probability theory [2].

The process of defuzzification of a fuzzy set plays an important role in obtaining quality control. That is, it is an operation of finding a clear value of a quantity that would represent a fuzzy set in the most "rational" way. The most famous defuzzification methods are [3]:

- Middle of Maxima;
- First of Maxima;
- Last of Maxima;
- Center of Gravity;
- Center of Sums;
- Height.

Method Middle of Maxima. The membership function can be viewed as a function that provides information about the similarity between individual elements of a set and about its most typical element.

Method First of Maxima. In the method of the first maximum, the smallest value that maximizes its membership function is selected as a clear value representing the resulting fuzzy set-conclusion.

Method Last of Maxima. The method of the last maximum chooses the largest value corresponding to the maximum of the membership function as a clear value for representing the resulting fuzzy set-conclusion.

Method Center of Gravity. The center of gravity method assumes that the coordinate of the center of gravity of the figure bounded by the graph of this function should be chosen as a clear value for representing the resulting fuzzy set, specified by the membership function.

Method Center of Sums. In the rule base of a fuzzy model, there may often be rules that end up with the same fuzzy set. There are rule bases in which the same fuzzy set at the output of the model is activated simultaneously by several rules. This influence can be taken into account by the method of center of sums (CS), which accumulates sets corresponding to the conclusions of individual rules.

Method of Height. It is a simplified discrete version of the center of sum method. Each fuzzy set at the output of the model is here replaced by a singleton (singleton set), which coincides with the modal value of this set. Therefore, this method is also called the method of singleton sets.

The analysis of literary sources showed that the most widespread method is the center of gravity method. Its advantages and disadvantages are shown below.

Advantages of the method CG:

- defuzzification involves all activated membership functions of conclusions (all active rules), that is, the center of gravity method is "democratic" and provides a higher sensitivity of the fuzzy model to changes in input signals.

Disadvantages of the method CG:

- high computational cost associated with the integration of irregular surfaces, especially when using membership functions that do not consist of straight sections (for example, Gaussian functions). For integration, it is necessary to determine the intersection points of the individual constituent functions of membership, divide the surface into sectors and perform integration within each of the sectors. Calculations are simplified by using rectangular membership functions, although other shapes can provide better simulation accuracy;

- narrowing of the defuzzification interval. This disadvantage can be eliminated by expanding the extreme fuzzy sets so that their centers of gravity coincide with the boundaries of the range of possible values of the operation. This method is called the Extended Center of Gravity;

- method insensitivity when only one output membership function is activated. This disadvantage can be reduced if the same fuzzy sets are not used in the rules;

- decrease in the sensitivity of the CG method in the case when the carriers of the output sets of the fuzzy model differ significantly in width.

Thus, a correctly chosen defuzzification method allows the development of intelligent controllers, based on the principles of fuzzy logic, for various industries. This is due to the fact that this type of means and control systems will create a completely new class of devices that allow not only to calculate the settings that correspond to certain restrictions and requirements of the technological process, but also to predict the current changes in values, choosing the optimal values of the parameters.

References

1. Egupov N.D. *Metody robastnogo, neuro-nechetkogo i adaptivnogo upravleniya*. Moskva: MGТУ im. Bauman, 2002. 744 s.
2. Kruglov V.V., Dli M.I., Godunov R.Yu. *Nechetskaya logika i iskusstvennye neironnye seti*. Moskva: Fizmatlit, 2001. 224 s.
3. Pegat A. *Nechetkoe modelirovanie i upravlenie*. Moskva: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2013. 798 s.

РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВОЇ ВЕНТИЛЯТОРНОЇ ГРАДИРНІ З ТОЧКИ ЗОРУ ТЕОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Р. Жесан, доц., канд. техн. наук,

О. Голик, доц., канд. техн. наук,

А. Грунтова, ст. гр. АК-19 М

Центральноукраїнський національний технічний університет

Забезпечення водою сучасних промислових підприємств, комплексів та окремих виробництв і цехів здійснюється шляхом створення систем оборотного водопостачання. Це дає можливість скоротити до мінімуму обсяги споживання для технологічних процесів свіжої води і обсяги скидання стічних вод у водойми. Крім того, утилізація компонентів, що містяться у шламах стічних вод, дозволяє одержувати відчутний техніко-економічний ефект, знижує забруднення поверхневих та ґрунтових вод, родючих ґрунтів, покращує показники ефективності роботи підприємств. Проте, слід відзначити, що різноманітність складу, властивостей та обсягів стічних вод на сучасних промислових підприємствах вимагає запровадження специфічних методів і засобів, а також додаткових спеціальних споруд для водопідготовки, водовикористання та попереднього очищення стічних вод.

Одним з найпоширеніших напрямків застосування води є техпроцеси охолодження елементів технологічного устаткування та готової продукції. За експертними оцінками, річні обсяги витрат води, використовуваної індустріальними виробництвами для процесів охолодження, перевищує 50 % всього річного водозабору. Споживання свіжої води підприємствами може бути суттєво зменшене за рахунок переходу виробництв на так звані безводні або маловодні технології. Але, якщо це неможливо, то на перший план у реалізації завдань економії води в промисловості виступають охолоджувальні системи оборотного водопостачання із градирнями різних типів і конструкцій.

Градирні – апарати для охолодження води при її безпосередньому контакті з повітрям в теперішній час широко використовуються в усіх галузях промислового виробництва, де є потреби в охолодженні оборотної води. Масштаби їх застосування – колосальні. В промисловості та енергетиці охолодженою градирнями оборотною водою здійснюється конденсація відпрацьованої пари і газоподібних та рідких продуктів, а також обладнання і механізмів, з метою запобігання їх руйнування під впливом високих температур. Від ефективності роботи градирень залежить ступінь реалізації переваг систем оборотного водопостачання у технічному та екологічному аспектах, в порівнянні з прямоочними системами, а також продуктивність технологічного обладнання, собівартість та якість виробленої продукції, питомі витрати сировини, палива та електроенергії.

Охолодження великих обсягів води здійснюється за рахунок часткового випаровування і теплообміну з потоками повітря. Маса води в градирні стікає по зрошувачу тонкою плівкою або збігає краплями. При цьому уздовж зрошувача проходять потоки повітря. Відзначається закономірність, що при випаровуванні 1%, температура води, що залишилася, охолоджується на 6°C [1, 2]. Випарувану рідину поповнюють за допомогою забору із зовнішнього джерела. При необхідності воду з водоймища фільтрують. Гаряча вода після виробничого процесу подається в градирню, в якій здійснюється зниження температури відпрацьованої води.

На базовому підприємстві, для якого проводились дослідження,

використовується вентиляторна градирня з продуктивністю по воді $1000 \text{ м}^3/\text{год}$. Дана градирня відноситься до класу градирень з протитечією і призначена для охолодження технологічної води, яка, в результаті нагрівання, має температуру в діапазоні $t_2 = 30 \dots 40^\circ\text{C}$, до стабільної температури $t_o = 28^\circ\text{C}$ в умовах впливу різних збурень. До цих збурень відносяться:

- метеорологічні чинники: температура і вологість повітря, атмосферний тиск та ін.;
- технологічні чинники: зміни подачі (продуктивність) циркуляційних насосів і температури гарячої води (або температурного перепаду вхідної / вихідної води).

Найбільший вплив на процес охолодження мають значення 4 параметрів: перепад температур гарячої/охолодженої води $\Delta t_{2o} = 2 \dots 12^\circ\text{C}$, температура навколишнього повітря $t_n = 5 \dots 35^\circ\text{C}$, його вологість $\beta = 50 \dots 100\%$ і подача насоса Q . Оскільки швидкість обертання вентилятора ω задається в умовах одночасної випадкової зміни всіх параметрів, для отримання стабільної температури охолодженої води необхідно [1, 3]:

- отримати і обробити достовірну інформацію з датчиків із дискретністю 1 хв.;
- обчислити оптимальну (задану) швидкість обертання вентилятора градирні $\omega_{зад} = f(\Delta t_{2o}, t_n, \beta, Q)$;
- скорегувати її з урахуванням стабілізуючої дії зворотного зв'язку по вихідній координаті – температурі охолодженої води $t_o = 28^\circ\text{C}$.

Охолодження технологічної води в градирні фізично являє собою два процеси:

- 1) теплообмін падаючих розпорослених крапель гарячої води із зустрічним потоком повітря, що має температуру навколишнього середовища;
- 2) випаровування, пов'язане з фазовим переходом води в пароподібний стан при масовому її розбризкуванні та примусовій вентиляції.

Для отримання стабільної температури охолодженої води система автоматизації вентиляторної градирні повинна мати:

- блок точного задавання швидкості обертання електропривода вентилятора для стабільної роботи в розімкнутій системі керування в умовах дії всіх технологічних і метеорологічних чинників;
- контур стабілізації температури охолодженої води для корекції заданої швидкості за сигналами зворотного зв'язку, особливо при неадекватних показаннях метеодатчиків і сильному впливі неврахованих факторів.

Функціональна схема автоматизації промислової вентиляторної градирні з точки зору теорії автоматичного керування показана на рис. 1.



$t_{зад}, t_o$ – температура охолодженої води, задана і фактична відповідно; $\omega_{зад}, \omega_{ф}$ – швидкість обертання електроприводу вентилятора, задана і фактична відповідно; Δt_{2o} – перепад температур гарячої / охолодженої води; t_n – температура навколишнього повітря; β – вологість навколишнього повітря; Q – подача насоса; U – напруга живлення; ПЧ – АД – система частотно-регульованого електроприводу «перетворювач частоти – асинхронний двигун»

Рисунок 1 – Функціональна схема автоматизації промислової вентиляторної градирні з точки зору теорії автоматичного керування

Список літератури

1. Айрапетян Т. С. Водне господарство промислових підприємств. Навчальний посібник. / Т. С. Айрапетян. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 280 с.
2. Алфёрова А. А. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов. / А. А. Алфёрова, А. П. Нечаев – М.: Стройиздат, 1997. – 156 с.
3. Лурье Б. Я. Классические методы автоматического управления. / Б. Я. Лурье, П. Дж. Энрайт. Под ред. А. А. Ланнэ. – СПб.: БХВ – Петербург, 2004. – 640 с.

УДК 681.518.5

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РОБОТОМ 6-DOF МЕТОДОМ МОДЕЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

А. Ніколенко, *ст. гр. АК-19М*,
В. Каліч, *проф., канд. техн. наук*
Центральноукраїнський національний технічний університет

Проведений огляд і аналіз стану теорії і практики створення і впровадження автоматизованих систем управління технологічними маніпулятором з декількома ступенями свободи з використанням інтелектуальних технологій показав, що залишається багато невирішених питань. Проблеми розробки сучасних систем керування для різних електронних, електромеханічних і пневматичних пристроїв безпосередньо пов'язані з завданнями моделювання реальних фізичних об'єктів, з проектуванням систем керування, з тестуванням і створенням робочих прототипів. Труднощі традиційного підходу до проектування систем керування полягають в тому, що на етапі складання вимог і специфікацій використовувані текстові документи недосконалі при ітеративному підході, фізичні прототипи на етапі проектування також недосконалі, складні і дорогі; на етапі реалізації при ручній розробці застосування інших програмних засобів і людські помилки роблять процес ненадійним, а на етапі перевірки традиційне тестування призводить до виявлення помилок лише в кінцевій стадії розробки програмного забезпечення.

Керування роботом маніпулятором відрізняється від керування іншими промисловими об'єктами. Це пов'язано з великим числом окремо керованих механічних осей. Варто зазначити, що через особливості конструкції і розташування елементів в роботі-маніпуляторі, існуючих кінематичних і динамічних відносин між осями, вони повинні бути прийняті до уваги для досягнення необхідної якості процесів керування і повинні бути враховані при розробці системою керування роботом маніпулятором [1].

В даному дослідженні - розробка алгоритму керування технологічним 6-DOF робот-маніпулятором, що забезпечує збереження заданої точності позиціонування у всьому просторі робочої зони, замість традиційних методів запропоновано новий метод - модельно-орієнтованого проектування. Пропонований підхід проектування системи керування роботом маніпулятором має ряд переваг в порівнянні з наявними рішеннями [2]:

- користувач може поставити будь-яке критерій оптимальності, крім заздалегідь запропонованого (наприклад, мінімізація часу переміщення) і будь-який набір обмежень (заздалегідь задані обмеження на робочу область і граничну потужність), завдяки чому може бути реалізований складний алгоритм руху в динамічно змінюється навколишнє середовище;

- інтерактивне моделювання і візуалізація технологічного процесу, що дозволяє забезпечити спільну роботу декількох маніпуляторів, що знаходяться поблизу один одного;
- зниження потреби в перекалібровка (вона частково здійснюється шляхом адаптації моделі маніпулятора в середовищі SolidWorks), поліпшення деталізації і повторюваності рухів, забезпечення досягнення всіх точок робочої зони і усунення зіткнень;
- при необхідності користувач може задати будь-який алгоритм руху на будь-якій ділянці траєкторії.

Для керування маніпулятором, пошуку оптимальної траєкторії і взаємодії з програмою-моделлю реальності (в середовищі SolidWorks) використовувалися програми, створені в середовищі LabVIEW з інструментарієм NI-SoftMotion в якості контролера для керування положенням моделі. Використане поєднання керуючого модуля, створеного в середовищі LabVIEW для генерування кодів програмування, і моделює реальність модуля в середовищі SolidWork дозволяє розподілити функції та обчислювальні ресурси за різними ЕОМ зі збереженням гнучкості і продуктивності системи в цілому (рис.1).

В результаті проведених досліджень розроблена система віртуального прототипування мехатронної системи, що дозволяє вибрати контролер керуванням рухом маніпулятора і необхідні двигуни з використанням інтелектуальних технологій, що дозволить підвищити ефективність роботи, поліпшити їх показники якості.

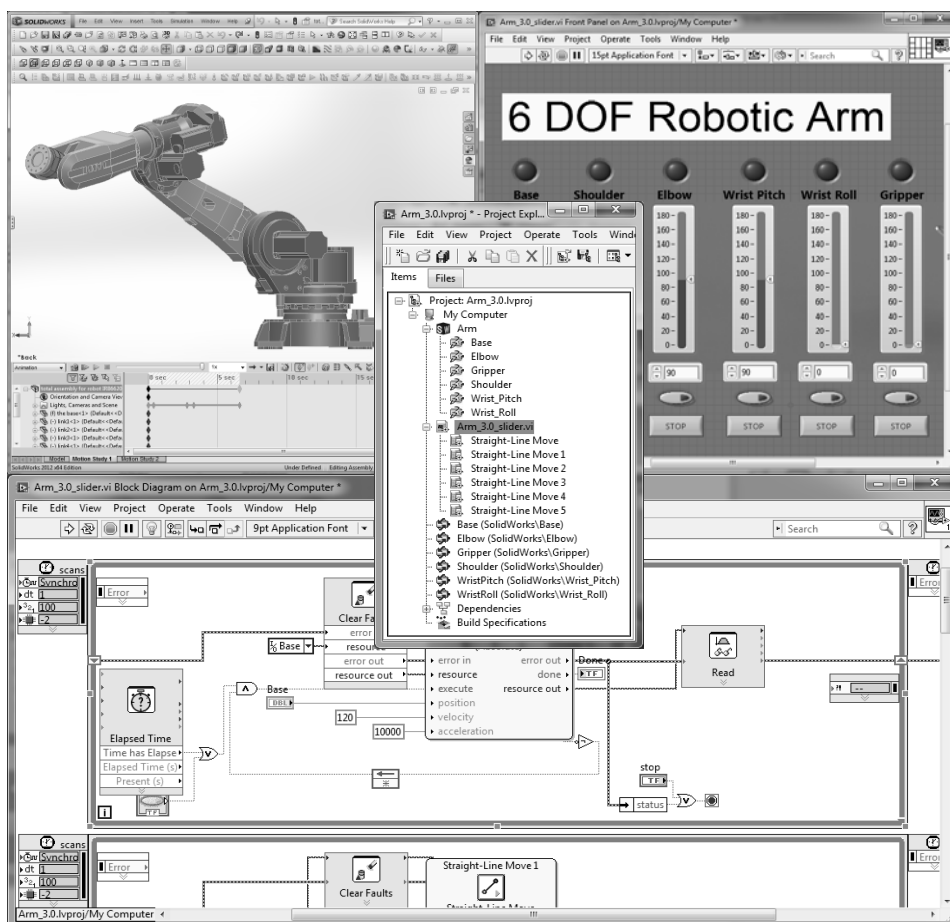


Рисунок 1 – Система віртуального прототипування системи керування технологічним 6-DOF робот-маніпулятором

Список літератури

1. О. Д. Егоров, Ю.В. Подураев, М. А. Буйнов, Робототехнические мехатронные системы: учебник, ФГБОУ ВПО МГТУ “СТАНКИН”, 2015 г, -326 ст..
2. Деменков Н.П. Модельно ориентированное проектирование систем управления [Электронный ресурс]. URL: http://is.ifmo.ru/misc2/_matlab_simulink.pdf.

УДК 681.518.5

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

А. Ткаченко, ст. гр. АК-19М,
В. Зозуля, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет

Важливою особливістю будівельних об'єктів є та обставина, що порушення технологій і дефекти, що виникають при виробництві пальових конструкцій, можуть призвести до утворення деформацій, аварійних ситуацій та руйнувань у будинках і спорудах, які будуються, або введені в експлуатацію. Нині до 70% фундаментів виготовляються на палях. При чому, в останнє десятиріччя перевага віддана буронабивним та буроін'єкційним палям.

Аналіз різних методів неруйнуючого контролю з метою порівняння визначення дефектів заглиблених залізобетонних стовпів, показав, що для визначення таких дефектів ефективніше використати луна-метод [1].

Досвід розробок та експлуатації попередніх поколінь апаратури на пальових об'єктах показав, що досить відповідальним завданням попередньої обробки зареєстрованих хвильових процесів є виділення “корисних” луно-сигналів із випадкових конструкційних та електричних завод. Прийнятий апаратурою сигнал складається з корисної інформації й випадкових завод (конструкційних та електричних). Корисна інформація представляється квазідетермінованим сигналом, що включає зондуєчий імпульс і луно-сигнали від дефектів і протилежного торця конструкції [2].

Тому в роботі була поставлена задача виділення “корисних” луно-сигналів із випадкових конструкційних та електричних завод.

Електричні заводи – це власні шуми акустичних датчиків та електронних каналів перетворення сигналу, які мають рівномірний енергетичний спектр та легко знімаються за допомогою лінійних частотних фільтрів.

Конструкційні заводи формуються в результаті ударного впливу на об'єкт контролю. Його енергетичний спектр з високою точністю збігається з енергетичним спектром корисного сигналу. Сигнал, відбитий від дефекту або стрибка поперечного перерізу, формується тим же зондуєчим імпульсом, тому його виділення із шуму за допомогою лінійних частотних фільтрів виявляється неможливим. В цьому випадку єдиною можливістю, яку було використано для більш надійного виділення сигналу це застосування алгоритму просторово-часової обробки сигналів.

Виділення сигналів із завод здійснюється тим успішніше, чим більше розходження в їхніх характеристиках. Найбільш просто задача виділення вирішується, якщо сигнал і завада мають різний спектральний склад. Наприклад, якщо завада представляє білий шум, який має рівномірний енергетичний спектр, що не залежить від частоти, то найбільш ефективно сигнал виділяється оптимальним або погодженим фільтром [3].

Для побудови оптимального алгоритму просторово-часової обробки сигналів необхідно знати кореляційну матрицю перешкод, діагональні елементи якої - це автокореляційні функції перешкод на прийомних антенних елементах, а недіагональні елементи - взаємно кореляційні функції.

Практична реалізація оптимальної просторово-часової обробки сигналів надзвичайно утруднена через те, що конструкційний шум випадковий нестационарний процес. Внаслідок цього автокореляційна й взаємно кореляційна функції є функціями двох змінних, і для визначення зворотної кореляційної матриці доводиться вирішувати складну систему з N^2 інтегральних рівнянь. Крім того, невідома кореляційна матриця конструкційного шуму [4].

Список літератури

1. Білокур І.П. Акустичний контроль – К.: ІЗМН, 1997. – 244 с.
2. Гетьман А.Ф., Козин Ю.Н. Неразрушающий контроль и безопасность эксплуатации сосудов и трубопроводов давления -М.: Энергоатомиздат, 1997.--288с.
3. Е. Шрюфер, Обробка сигналів. Цифрова обробка дискретизованих сигналів. Київ, Либідь, 1992. –294с.
4. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб: Питер, 2002. –608 с.

УДК 681.518.5

МЕТОД МОДЕЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ

В. Зозуля, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

При модельно-орієнтованому проектуванні систем реального часу ядром розробки є програмна модель об'єкта керування. Ця модель є єдиною для розробників - фахівців в різних областях знань (інженерів-розробників систем керування, фізиків, математиків, проектувальників електричних, механічних, гідравлічних систем і ін.). Вимоги, що пред'являються до математичної моделі об'єкта і до кінцевого продукту, зв'язуються з програмною моделлю. Такий зв'язок з єдиною моделлю забезпечує прозорість розробки та, як наслідок, дотримання одних і тих же вимог усіма учасниками проекту. Алгоритми, розроблені для математичної моделі об'єкта керування, перевіряються на програмній моделі. Завдяки цьому вдається уникнути витрат на раннє прототипування (створення апаратних прототипів пристроїв), а також поломки прототипів [1].

Після програмної перевірки з моделі автоматично генерується програмний код для керуючого пристрою (контролера, ПЛІС, промислового комп'ютера). Керуючий пристрій підключається до вихідної програмної моделі об'єкта керування. Таким чином, забезпечується перевірка працездатності алгоритму на керуючому пристрої в темпі часу комп'ютерного моделювання (Processor-in-the-Loop, PIL). Автоматична генерація коду з моделі дозволяє уникнути помилок, пов'язаних з людським фактором, і знижує тимчасові витрати на етап розробки.

Наступний етап - програмно-апаратний моделювання (Hardware-in-the-Loop, HIL) - дозволяє тестувати і досліджувати алгоритм керування, реалізований в пристрої, в реальному часі. На цьому етапі замість моделі об'єкта, реалізованої в математичній середовищі розробки, використовується модель, що виконується в реальному часі.

Керуючий пристрій підключається до комп'ютера, який моделює об'єкт керування і працює в реальному часі. Після проходження всіх попередніх етапом керуючий пристрій з алгоритмом керування застосовується на реальному об'єкті [1].

Для керування механічної частини мехатронної системи, пошуку оптимальної траєкторії і взаємодії з програмою-моделлю реальності (в середовищі SolidWorks) використовувалися програми, створені в середовищі LabVIEW з інструментарієм NI-SoftMotion в якості контролера для керування положенням моделі. Використане поєднання керуючого модуля, створеного в середовищі LabVIEW для генерування кодів програмування, і моделює реальність модуля в середовищі SolidWork дозволяє розподілити функції та обчислювальні ресурси за різними EOM зі збереженням гнучкості і продуктивності системи в цілому. Використання NI SoftMotion з SolidWorks для моделювання системи з фактичним рухом профілів дозволяє моделювати динаміку механічної частини мехатронної системи, в тому числі масу і ефект тертя, цикли і окремі компоненти при виконанні вказівки однієї фізичної частини і підключенні його до фактичного алгоритму керування. Цифровий аналіз прототипу дає можливість візуалізувати й оптимізувати проект і оцінити різні концепції проекту до витрат для фізичного проектування [2,3].

Модуль LabVIEW NI SoftMotion надає API у вигляді функціональних блоків для створення детермінованих додатків керування рухом. Вони являють собою API (програмний інтерфейс програми), який посилає команди менеджеру руху, які виконуються, як службовий драйвер контролера за допомогою LabVIEW Real Time, FPGA і NI SoftMotion [2].

Модуль LabVIEW FPGA дозволяє скористатися методами графічної розробки в LabVIEW з реконфігурованою ПЛІС. За допомогою LabVIEW FPGA можна проводити вимірювання, застосовуючи визначені користувачем системи вводу-виводу, і ПЛІС пристроєм без його опису на низькому рівні, без розробок рівня друкованої плати.

SoftMotion NI забезпечує властивості та методи, що забезпечують доступ низького рівня до інформації SoftMotion NI, включаючи інформацію про конфігурацію, читання, запису даних та інформацію про статус. NI SoftMotion також забезпечує режим реального часу (RT) та синхронізацію FPGA VI, щоб компенсувати дрейф та джітер між циклом об'єкта RT і цільовим циклом FPGA (рис.1).

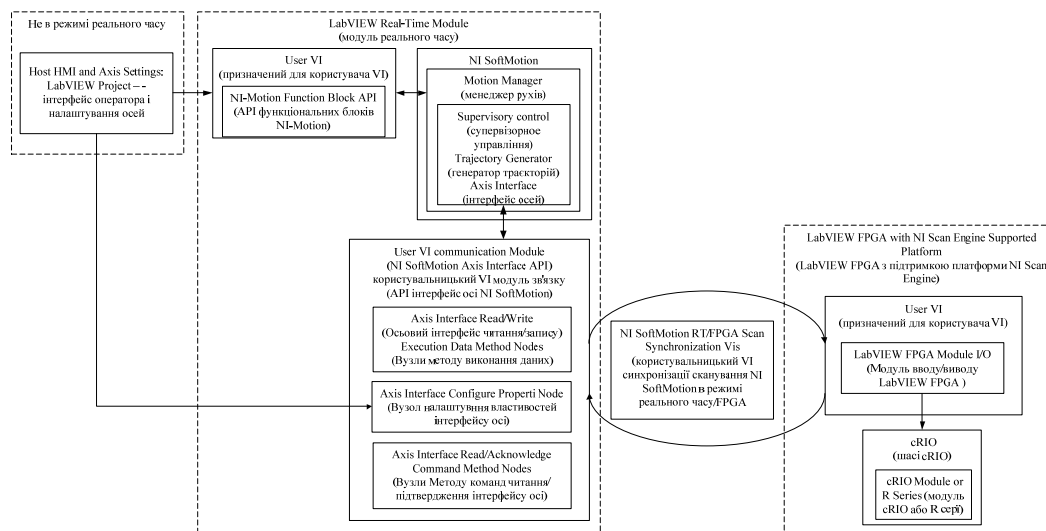


Рисунок 1 – Блок-схема компонентів LabVIEW NI SoftMotion в системі FPGA Rсерії

Користувачі отримують доступ до даних від функціональних блоків SoftMotion NI і інформації про конфігурацію осі з розгорнутого проекту LabVIEW, використовуючи вузли інтерфейсу вісі. Вузли інтерфейсу вісі зазвичай реалізуються в окремому VI, який працює під RT LabVIEW. Вузли властивості і методу інтерфейсу

вісі використовуються, щоб зв'язатися прямо з SoftMotion NI і отримати інформацію про конфігурацію з розгорнутого проекту LabVIEW [2].

Р серія це багатофункціональних реконфігуровані пристрої I/O (RIO), що настроюються, забезпечують повну гнучкість синхронізації та активації системи у програмах для збору даних (DAQ). Використовуючи модуль NI LabVIEW FPGA, можна створити Target Program апаратного забезпечення низького рівня. Після того, як Target Program була скомпільована, вона більше не потребує модуля LabVIEW FPGA, а доступ до нього можна отримати за допомогою програми - host в LabVIEW для Windows або LabVIEW в реальному часі за допомогою драйвера NI-RIO.

В результаті проведених досліджень розроблена система віртуального прототипування мехатронної системи, що дозволяє вибрати контролер керуванням рухом механізму і необхідні двигуни з використанням інтелектуальних технологій, що дозволить підвищити ефективність роботи, поліпшити їх показники якості.

Список літератури

1. Деменков Н. П. Модельно-ориентированное проектирование систем управления // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2008. – № 11. – С. 66-69.
2. Жуков, К.Г. Модельное проектирование встраиваемых систем в LabVIEW. М. : ДМК-Пресс, 2011. — 689 с. : ил. — ISBN 978-5-94074-673-7
3. Соллогуб А.В. SolidWorks 2007: технология трехмерного моделирования / А. В. Соллогуб, З. А. Сабирова. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 352 с. ISBN 5-9775-0013-0

УДК 633.853.32

ДОСЛІДЖЕННЯ КАНАЛУ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ В ЗОНІ ГІГРОТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ПЕЧІ

**І. Гудовичев, ст. гр. ЕС 19М,
В. Версаль, доц., канд. техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний університет**

Основними параметрами процесу випічки заготовок з тіста є температура середовища по зонам печі та вологість повітря в зоні гігротермічної обробки заготовок з тіста.

Для вимірювання вологості повітря в зоні гігротермічної обробки заготовок тіста застосовуємо психрометричний метод. Визначення вологості цим методом здійснюється по показанням двох датчиків температури. Один з датчиків встановлюється в зоні гігротермічної обробки заготовок з тіста, а другий контролює температуру пари в паровій магістралі. Вологість визначається по різниці температур. Функціональна схема включення датчиків температури каналу вимірювання вологості повітря зображена на рисунку 1.

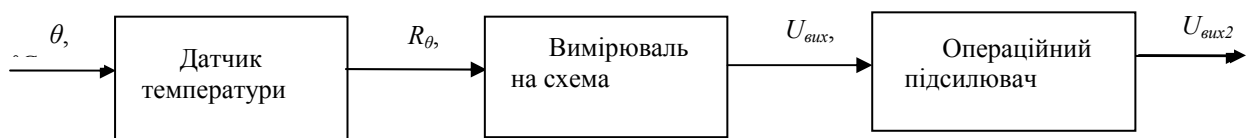


Рисунок 1 - Схема включення датчиків температури каналу вимірювання вологості повітря

Зміна температури навколишнього середовища приведе до зміни опору датчика R_{θ} . Датчик підключений до мостової вимірювальної схеми, вихідною величиною якої є напруга $U_{вих1}$, що підсилюється операційним підсилювачем до значення $U_{вих2}$.

В якості датчиків температури застосовано термістори, які мають нелінійну характеристику. Тому для одержання значення вимірюваного параметра по вихідній напрузі каналу вимірювання проведені експериментальні дослідження по зняттю залежностей $U_{вих2} = f(\theta)$, що зображені на рисунку 2.

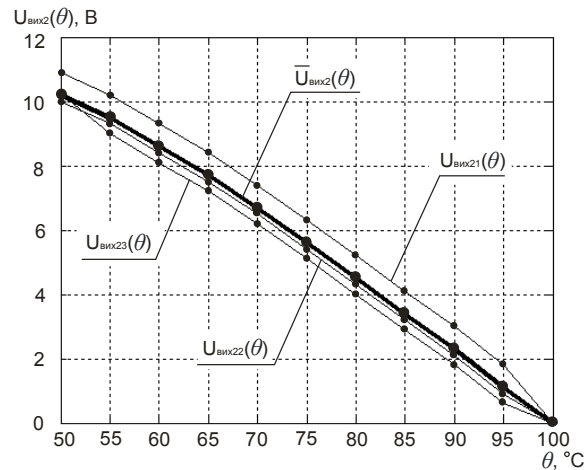


Рисунок 2 – Експериментальні та усереднена характеристики $U_{вих2} = f(\theta)$

Отримані дані усереднено за формулою :

$$\bar{U}_{вих2}(i) = \sum_{j=1}^m U_{вих2j}(i) / m$$

де $\bar{U}_{вих2}(i)$ - ордината усередненої кривої в i -й точці;

m - число кривих.

Через вплив факторів, що не контролюються, результати вимірювань мають похибку, яка представляє собою випадкову величину, через що на координатному полі результатам вимірювань буде відповідати деякий розкид. Тому експериментальні дані потребують згладжування. Для згладжування даних використано метод четвертих різниць, що заключається в апроксимації п'яти сусідніх точок характеристики параболою другого порядку. Її середня точка приймається за точку згладженої характеристики. Коефіцієнти параболі знайдені за допомогою методу найменших квадратів.

Згладжена характеристика каналу вимірювання вологості повітря $\tilde{U}_{вих2} = f(\theta)$ зображена на рисунку 3.

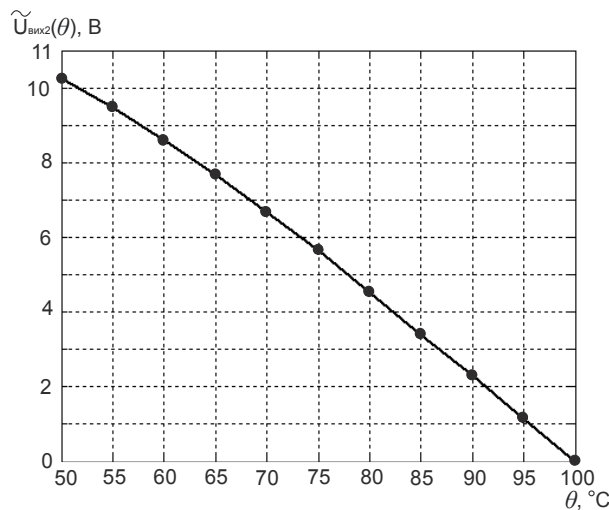


Рисунок 3 – Згладжена характеристика $\tilde{U}_{вих2} = f(\theta)$

На основі отриманих даних здійснено апроксимацію характеристики $\tilde{U}_{вих2} = f(\theta)$, в результаті чого отримано наступну залежність:

$$\tilde{U}_{вих2} = -0,0008\theta^2 - 0,086\theta + 16,6.$$

Результати досліджень каналу вимірювання вологості повітря будуть використані при розробці алгоритму вимірювання вологості повітря в зоні гігротермічної обробки заготовок тіста пристроєм для автоматичного управління технологічними параметрами печі. Визначення вологості повітря по різниці показань двох датчиків здійснюється з використанням психрометричних таблиць, що записуються в пам'ять пристрою.

Список літератури

1. Хромеенков В.М. Оборудование хлебопекарного производства: -М.: ИРПО; ПрофОбрИздат, 2002. - 320 с.
2. Мартыненко И.И., Лысенко В.Ф. Проектирование систем автоматики. – М.: Агропромиздат, 1990. – 224 с.
3. Крамарухин Ю.Е. Приборы для измерения температуры. – М.: Машиностроение, 1990. – 208с.

УДК 681.513, 62-503.55

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ КВАДРОКОПТЕРА

Є. Мажара, *ст. гр. АК-19М*,
В. Каліч, *проф., канд. техн. наук*
Центральноукраїнський національний технічний університет

Квадрокоптер (англ. Quadrotor, quadcopter, чотирехроторний вертоліт) - це літальний апарат з чотирма несучими гвинтами, що обертаються діагонально в протилежних напрямках. Узагальнена назва апаратів подібного типу, з довільною кількістю роторів - мультикоптер. Мультикоптер мають парне (від 4 до 12) число гвинтів постійного кроку. Кожен гвинт приводиться в рух власним двигуном. Половина гвинтів обертається за годинниковою стрілкою, половина - проти, тому хвостовий гвинт мультикоптеру не потрібен [1].

До складу бортового комплексу керування квадрокоптера входять [2]:

- система керування двигуном обертання несучих гвинтів, включаючи датчик швидкості обертання;
- система електроживлення, включаючи електрообладнання двигуна, стабілізовані джерела живлення бортової електронної апаратури, система контролю та обслуговування батарей живлення;
- безплатформенна система навігації на оптоволоконних гіроскопах з супутниковою корекцією має у своєму складі баровисотомер та/або радіовисотомір;
- приймально-передавальна зв'язкова радіостанція, що забезпечує керування квадрокоптера у всіх режимах роботи;
- сонар для автоматичної посадки і утримання невеликої висоти, а також для обльоту перешкод;
- GPS-приймач, що дозволяє записувати маршрут польоту заздалегідь, з комп'ютера, а також, повертати апарат в точку зльоту, в разі втрати керуючого радіосигналу, або знімати параметри польоту оперативно або потім.

Для ще більш точного визначення квадрокоптера, необхідно докладніше зупинитися на такій важливій характеристиці як спосіб керування квадрокоптером.

Існують такі способи:

Ручне управління оператором (або дистанційне пілотування) з дистанційного пульта керування в межах оптичного спостережування або по відео інформації, що надходить з відеокамери переднього огляду. При такому управлінні оператор насамперед вирішує задачу пілотування: підтримання потрібного курсу, висоти і т.д.

Автоматичне керування забезпечує можливість повністю автономного польоту квадрокоптера по заданій траєкторії на заданій висоті із заданою швидкістю і зі стабілізацією кутів орієнтації. Автоматичне керування здійснюється за допомогою бортових програмних пристроїв [3].

Напівавтоматичне керування (або дистанційне керування) - політ здійснюється автоматично без втручання людини за допомогою автопілота з спочатку заданих параметрах, але при цьому оператор може вносити зміни в маршрут в інтерактивному режимі. Таким чином, оператор має можливість впливати на результат функціонування, не відволікаючись на завдання пілотування.

Ручне управління може бути одним з режимів для квадрокоптера, а може бути єдиним способом керування. Квадрокоптер, позбавлені будь-яких засобів автоматичного керування польотом - радіокеровані авіамоделі - не можуть розглядатися в якості платформи для виконання серйозних цільових завдань.

Останні два способи в даний час є найбільш затребуваними з боку експлуатантів безпілотних систем, так як пред'являють найменші вимоги до підготовки персоналу і забезпечують безпечну і ефективну експлуатацію систем безпілотних літальних апаратів. Повністю автоматичне керування може бути оптимальним рішенням для задач аерофотозйомки заданої ділянки, коли потрібно знімати на великому видаленні від місця базування поза контактом з наземною станцією.

Основними завданнями даної роботи є:

1. Опис безпілотного літального апарата як об'єкта керування, вивчення особливостей розробленого квадрокоптера;
2. Формулювання вимог до імітаційної моделі та системі керування;
3. Створення імітаційної моделі з метою вивчення поведінки літального апарату в різних умовах;
4. Розробка системи керування квадрокоптера для динамічної імітаційної моделі.

Ефективним, надійним і більш швидким підходом до вирішення завдання розробки системи керування безпілотним чотирехвітовим літальним апаратом є відмова від використання низькорівневої фізико-математичної моделі, а застосування модельно-орієнтованого проектування і перехід до методів моделювання за допомогою спеціалізованих пакетів. Використання даного підходу дозволяє автоматично отримати згенерований вихідний код системи керування, що значно скорочує терміни її розробки та налагодження [4,5].

При проектуванні вбудованих систем на мікроконтролерах модельно-орієнтоване проектування має наступні можливості:

- розробка модельованих специфікацій;
- проектування та моделювання динамічних систем з компонентами різної фізичної природи;
- автоматичне генерування коду;
- безперервне тестування та верифікація.

Для реалізації методу більш доцільне використання спеціалізованих пакетів SimMechanics, SimDriveline, Aerospace Blockset, SimPowerSystems, Estimation, Toolbox Neural Network, System Identification та інших у складі MATLAB Simulink. Для перевірки адекватності моделі застосовується програмне, процесорної-програмне та апаратно-програмне тестування [6].

Список літератури

1. Барбасов В.К., Гаврюшин М.Н., Дрыга Д.О. и др. Многопорторные беспилотные летательные аппараты и возможности их использования для дистанционного зондирования Земли // Инженерные изыскания. – 2012. – № 10. – С. 38–42.
2. Алёшин, Б.С. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии/ Под ред. Б. С. Алёшина, К. К. Веремеенко, А. И. Черноморского. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2006. – 424 с.
3. Мирошник И. В. Теория автоматического управления // М.: Питер, 2005.
4. Деменков Н. П. Модельно-ориентированное проектирование систем управления // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2008. – № 11. – С. 66-69.
5. Herniter Marc E., Introduction to Model-Based System Design, Rose Hulman Institute of Technology, 2010URL:http://wiki.ece.rose-hulman.edu/herniter/images/8/8d/MBSD1_Lecture_Notes_Complete_Winter09-10.pdf
6. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MatLab 6.1: Учебное пособие. – СПб.: корона принт, 2001, - 320 с.

УДК 66.047

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СУШКИ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ В ЗЕРНОСУШАРКАХ РІЗНИХ ТИПІВ

С. Янишевський, ст. гр. АК-19МЗ

І. Єніна канд. техн. наук, доцент

Центральноукраїнський національний технічний університет

Основною олійною культурою в Україні є соняшник. Свіжоприбране насіння соняшнику відрізняється дуже низькою стійкістю при зберіганні, особливо при високій вологості, температурі і засміченості. При зберіганні насіння хімічним змінам в першу чергу піддаються жири, а потім білкові речовини.

Насіння високоолійного соняшнику надійно зберігається, якщо вологість його не перевищує 7%, а температура понижена до 10⁰С і нижче. При вологості вище критичної і температурі 20...25⁰ С, характерною для свіжосформованих партій насіння соняшнику, в насипі насіння починається бурхливий розвиток мікроорганізмів, інтенсивно проходять гідролітичні і окислювальні процеси, що приводять до швидкого погіршення якості насіння соняшнику, як олійної сировини. Навіть декілька годин зберігання свіжоприбраного насіння високоолійного соняшнику вологістю вище критичної приводить до масового самогріву і псування, що робить неможливим отримання масла високих сортів.

Режими сушки насіння соняшнику залежать від їх початкової вологості і способу сушки і регламентуються інструкцією по сушці.

Технологічна цінність насіння соняшнику визначається його маслянистістю. Тому важливо зберегти кількість і якість масла. В процесі сушки може відбуватися або синтез, або розпад жирових компонентів. Спрямованість цих перетворень залежить від вологості насіння, від температури і тривалості їх нагріву. При оптимальних режимах сушки вміст масла в насінні соняшнику збільшується. У масло переходять супутні йому речовини, що містяться в насінні: фосфати, каротіноїди, стероли, воскоподібні речовини.

Оскільки при вказаних режимах насіння соняшнику можна сушити в сушарках різних типів, розглянемо їх особливості.

Сушка насіння соняшнику в рециркуляційних зерносушарках.

Рециркуляційні зерносушарки забезпечують можливість одночасної сушки насіння різної вологості за один пропуск.

Високотемпературна сушка насіння соняшнику в рециркуляційних

зерносушарках благотворно позначається на показниках якості масла. Так, при нагріві насіння в сушарці до $60...70^{\circ}\text{C}$ відбувається зниження кислотного числа, а при нижчих температурах нагріву (до 50°C) - деяке збільшення кислотного числа масла. Проте кислотне число масла знижується при температурах вище 70°C , і зниження цього показника тим більше, чим вище температура нагріву насіння. При вищих температурах нагріву насіння відбувається збільшення травмуємості із-за пересушування плодової оболонки. Насіння соняшнику з порушеною плодовою оболонкою погано зберігається і швидко псується.

До недоліків рециркуляційних зерносушарок з камерами нагріву в падаючому шарі відноситься їх підвищена пожежонебезпека. Займання може відбутися при температурі агента сушки 205°C і вище в тому випадку, якщо в камеру нагріву з олійним пилом, що накопичився на стінках, потрапить іскра.

Для зниження пожежонебезпеки рециркуляційних зерносушарок при сушці насіння соняшнику необхідно: 1) не допускати накопичення олійного пилу в камері нагріву і усувати попадання іскр з топки в камеру нагріву; 2) рівномірно розподіляти насіння по всій площі камери нагріву при максимальному завантаженні рециркуляційної норії.

Сушка насіння соняшнику в сушарках барабанного типу.

Для сушки насіння соняшнику в масложировій промисловості застосовують барабанні сушарки з диференційованими режимами сушки, залежно від вологості насіння. Температура агента сушки повинна бути тим вище, чим вище вологість насіння. Великими недоліками застосування барабанних сушарок є часткове розтріскування лушпиння і обрушення насіння, низьке знімання вологи за один пропуск через сушарку, низька продуктивність.

Сушка насіння в барабанних сушарках відбувається в шарі насіння, яке пересипається, при його продуванні агентом сушки. У барабанних сушарках температура агента сушки залежно від вологості насіння і продуктивності підтримується на рівні $250...350^{\circ}\text{C}$, на виході з сушарки – $50...80^{\circ}\text{C}$. Середня тривалість перебування насіння в сушарці $14...17$ хв.

У барабанній сушарці сушка протікає швидше, ніж в шахтній, але коефіцієнт заповнення об'єму барабана насінням складає $20...25\%$, у зв'язку з чим кількість вологи, випаровуваної в 1 м^3 простору барабана, менше, ніж в шахтній зерносушарці.

Жорсткі режими сушки, різний час перебування насіння соняшнику в барабанних сушарках викликають нерівномірний нагрів і сушку, збільшення лушпиння і кислотного числа жиру, підвищену витрату палива.

Сушка насіння соняшнику в шахтних зерносушарках.

У шахтних зерносушарках сушать до 90% заготовлюваного насіння соняшнику. Високовологе насіння в цих агрегатах піддається двух-, а іноді і триразовій сушці, при цьому порушується потокова обробка, що значно ускладнює роботу з насінням, яке надходить. Із-за нерівномірності руху насіння по перетину шахт при їх продуванні агентом сушки спостерігається велика нерівномірність нагріву насіння: у стінок шахт воно рухається повільніше, ніж в середині, при цьому нерівномірність нагріву досягає більш 10°C . Якщо ж насіння містить домішки, то можливе засмічення шахт і нерідко загоряння сушарки. Тому не допускається сушка насіння без його попереднього очищення.

При недостатній пропускній спроможності сушарки може спостерігатися перегрів насіння соняшнику. Нерівномірність нагріву насіння по горизонтальній площині в зоні максимального нагріву насіння коливається в досить широких межах - від 40 до 70°C . Насіння має найбільшу температуру нагріву в пристінних зонах, які знаходяться паралельно коробам, що приводить до перегріву насіння, їх пересушування і навіть загоряння.

Сушка насіння соняшнику у вентильованих бункерах.

Для сушки насіння соняшнику застосовують бункери оснащені установками активного вентилявання і забезпечені двохсекційними електропідігрівачами (калориферами) повітря. При відносній вологості від 75 до 80% може включатися тільки одна з секцій калориферів, а при більшій чим 80% регуляторів підключають обидві секції і вони працюють одночасно.

Перевагою вентиляваних бункерів є їх простота і доступність. Вони не вимагають великих капіталовкладень, мають великий термін служби. Застосування м'яких режимів сушки запобігає пошкодженню насіння, що особливо важливе для насіння соняшнику.

До недоліків можна віднести велику тривалість сушки, значну нерівномірність сушки по вологості між шарами (різна якість насіння по вологості досягає 1,5...3,5 %), невелику продуктивність.

Список літератури

1. Лобанов В.Г. Теоретические основы хранения и переработки семян подсолнечника / В.Г. Лобанов, А.Ю. Шаззо, В.Г. Щербаков. - М.: Колос, 2002. – 590 с.
2. Как сушить подсолнечник? [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://kmzindustries.ua/elevators/kak-sushit-podsolnechnik>

УДК 620.179.147:519.853.6

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖІ З «ТАНДЕМ»-АРХІТЕКТУРОЮ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗКУ ОБЕРНЕНОЇ ЗАДАЧІ ПРИ ВИХРОСТРУМОВОМУ ВИМІРЮВАЛЬНОМУ КОНТРОЛІ

В. Тичков, доц., канд. техн. наук,

А. Сторчак, асп.,

В. Гальченко, проф., докт. техн. наук,

Р. Трембовецька, доц., канд. техн. наук

Черкаський державний технологічний університет

Вступ. Сучасна промисловість досить рідко обходиться без технологічної обробки виробів за допомогою термічних і термохімічних процесів, що надають поверхні матеріалу виробів потрібних фізичних параметрів як то міцності, зносостійкості чи візуальної привабливості тощо. Зміна фізичних властивостей матеріалу в свою чергу призводить до зміни електрофізичних параметрів електричної провідності (ЕП) і магнітної проникності (МП). Як відомо спостерігається кореляція між фізичними та електрофізичними параметрами матеріалу, а це в свою чергу дозволяє контролювати технологічний процес. Таким чином, актуальним є контроль зміни МП та ЕП матеріалу в приповерхневій зоні виробу за допомогою такого неруйнівного методу контролю як вихрострумівий.

Постановка проблеми. З точки зору можливості підвищення контролю якості технологічної обробки циліндричних виробів виникає необхідність визначення профілю розподілення електрофізичних параметрів матеріалу вдовж радіусу цього об'єкту на основі вимірювань амплітуди та фази сигналу вихрострумівового перетворювача (ВСП).

Розв'язання проблеми. Питанню розв'язку в загальному вигляді оберненої задачі ідентифікації профілів розподілення електрофізичних параметрів матеріалу циліндричних об'єктів присвячені роботи [1-3]. З технічної точки зору це є задачею багатопараметрового контролю, яка може в загальному випадку включати контроль

радіуса та профілів розподілення електрофізичних параметрів матеріалу циліндричного об'єкту контролю. З математичної точки зору це задача ідентифікації, яка об'єднує вимірювальну операцію ВСП та відповідну математичну процедуру, що в свою чергу включає в себе такі етапи: "точний" розв'язок прямої електродинамічної задачі; планування комп'ютерного експерименту та побудова метамоделі засобами багатовимірної апроксимації, яка ґрунтується на техніці сурогатного моделювання; розв'язок оберненої задачі засобами нейрокомп'ютинга. На рис. 1 схематично представлено нейрокомп'ютерне формулювання оберненої задачі контролю профілів.

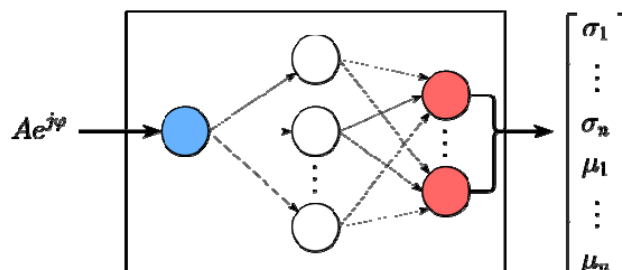


Рисунок 1 – Схематичне представлення розв'язку оберненої задачі вихрострумовевого контролю

При розв'язку оберненої задачі шляхом інверсії нейронної мережі, отриманої на етапі побудови метамоделі, виникає проблема неоднозначності даних результатів обрахувань, тобто одному табличному або наближеному значенню вхідних даних оберненої задачі може відповідати декілька наборів значень результату обчислення. Це в свою чергу призводить до неможливості ефективного використання нейронної мережі як моделі для розв'язку оберненої задачі в загальному випадку.

Для вирішення даної проблеми пропонується використовувати нейронну мережу з «тандем»-архітектурою (рис. 2), суть якої полягає в використанні вже натренованої на етапі створення метамоделі мережі, що апроксимує пряму задачу, при навчанні нейронної мережі для розв'язку оберненої задачі.

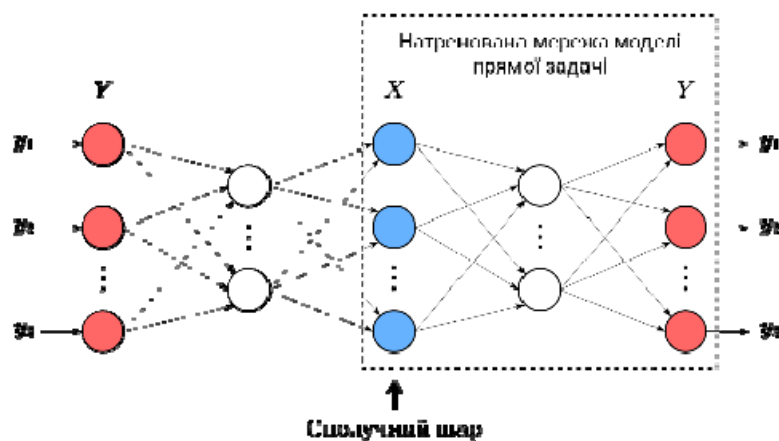


Рисунок 2 - Нейронна мережа з «тандем»-архітектурою

Висновки. Запропоновано для розв'язку оберненої задачі використовувати «data-driven» метод, що базується на застосуванні нейромережі з «тандем»-архітектурою та дозволяє створити ефективний обернений нейромережевий оператор. Такий метод дозволяє реалізувати алгоритм розв'язку вимірювальної оберненої задачі в реальному масштабі часу, досягти підвищення надійності та точності обчислень.

Список літератури

1. Відновлення приповерхневих радіальних профілів електрофізичних характеристик циліндричних об'єктів при вихрострумівих вимірюваннях із наявністю апріорних даних. Формування вибірки

- для побудови сурогатної моделі / В.Я. Гальченко, В.В. Тичков, А.В. Сторчак, Р.В. Трембовецька // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 1. – С. 35-50. <https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2020.204226>
2. Реконструкція профілів характеристик матеріалу циліндричних об'єктів шляхом розв'язку оберненої задачі вихрострумовеого вимірювального контролю / Сторчак А.В., Гальченко В.Я., Трембовецька Р.В., Тичков В.В. // *Information Technologies in Education, Science and Technology" (ITEST-2020) : V International Scientific-Practical Conference, Cherkasy, May 21-23, 2020. – Cherkasy: ChSTU, 2020. – С. 34-36. <https://knsa.chdtu.edu.ua/conferences>*
 3. Ідентифікація електрофізичних характеристик об'єктів із використанням «м'яких обчислень» [Електронний ресурс] / [Тичков В.В., Сторчак А.В., Гальченко В.Я., Трембовецька Р.В.] // *Фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2020) : науково-практична конференція, Суми, 20-24 квітня 2020 р. : матеріали конференції. – Суми: СДУ, 2020. – С. 143-144. https://drive.google.com/file/d/1XNHkBDkoJ4a_0PSrTSkA253kugxtXSfc/view*
 4. Створення евристичної комплексозначної нейромережевої сурогатної моделі / В.Я. Гальченко, А.В. Сторчак, В.В. Тичков, Р.В. Трембовецька // Український метрологічний журнал. - 2020. - № 3. (друк).

УДК 629.7.018

OVERVIEW OF THE USE OF SMALL UAVS IN MULTIMEDIA SPACE

B. Kariazha, st. gr.25M

O. Siryk, st. gr.25M

Flight Academy of the National Aviation Institute

Recently, UAVs or "drones" have become widespread and used in a variety of applications. UAV, as a physical device with certain capabilities is used in the multimedia space in several ways.

Video operator function. First of all, as a carrier of video and photographic equipment for reportage and production shooting. Due to their small size, greater maneuverability, better controllability and low cost, compared to previously used means (helicopters, helicopters and other aircraft operated by pilots), drones have access to many plans and angles that have not been implemented before. Shooting is natural and pavilion, panoramic and spectral aerial photography, which is realized thanks to the novelties of professional optics. Carrier helicopters used in this direction can be both specialized, designed specifically for this area of application, and universal, equipped with cameras only temporarily. Footage taken from a bird's eye view is used in commercials, music videos, videos from corporate parties and videos from ceremonial events; These devices are helping to record sports competitions, motocross and bicycle races.

It helped to create video reviews of real estate or construction objects, video presentations of cities and tourist facilities and video reviews of industrial facilities. And also concerts are filmed.

These devices help to shoot not only landscapes or architecture, the aircraft also allows you to get great angles on photos and videos with people, animals, natural phenomena, in staging and wedding photography. World-famous publications, resources engaged in commerce in the field of professional photography, hold annual competitions in various categories. For example, National Geographic has founded and annually holds a drone photo contest for users of the Dronestagram social network. Similar photo contests are held annually around the world.

Television operators shoot fantastic views from a bird's eye view from travels. As practice shows, drones have proven themselves well in reportage shooting where the film crew can be in danger or is impossible to be in.

Amateur photo and video shooting covers a larger mass sector than the professional one, the list of devices is wider, the price characteristics are lower, the equipment should be designed for human use without prior training. Therefore, manufacturers of drones-helicopters produce drones in several versions: RTF, BNF, PNP, ARF.

Helicopters can be equipped to fly independently, using computer vision technology, to track objects and avoid obstacles. That is, not just performing a predetermined flight program, but literally making decisions based on what the drone sees around it. The drone creates a three-dimensional model of the world around it and uses this data for its own navigation, recognizing obstacles.

Drone helicopters are used to create data transmission networks, in the absence or destruction of stationary terrestrial data transmission systems. Drones can be used during mass events where there are problems with the quality of communication. Thanks to the use of the LTE network, helicopters can transmit large data packets at high speed.

References

1. Phantom series [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dji.com/products/phantom>
2. Дроны с камерой для аэросъемки [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://dronomania.ru/top/best-video-photo.html>

УДК 681.5.015.23:658.264

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ГРУПИ ТЕПЛООВОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ ОПАЛЕННІ КОТТЕДЖНОГО БУДИНКУ

**Т. Клябіна, ст. гр. ТК-1514,
К. Беглов, доц., канд. техн. наук**
Одеський національний політехнічний університет

Класичним методом розподілу навантаження між джерелами теплової енергії, що працюють на загального споживача, являється розподіл по найменшому відносному приросту витрати палива [1].

З причини своєї класичної, цей метод застосовують на багатьох енергогенеруючих підприємствах (котельних, ТЕЦ, ТЕС) модифікований для реалізації в сучасних АСУ ТП.

Проте при оперативному управлінні котельним устаткуванням, наприклад, при обуреннях, пов'язаних зі зміною складу палива, оптимізація його роботи не робиться. Однією з причин цього є той факт, що пошукові процедури ґрунтовані на розрахункових залежностях питомої витрати палива від навантаження котла, але при відхиленні складу палива від розрахункового отримати вказані залежності не представляється можливим [2].

Більш того, якщо обладнання має різні джерела енергії, а саме газ та електроенергію, то відосну витрату палива розглядати взагалі не має сенсу. Така ситуація спостерігається при одночасному використанні газових та електродотлів, а також теплових насосів.

Від сучасних АСУ ТП необхідна надійна адаптація до зміни середовища їх використання, за відсутності або мінімальним втручанням оператора при їх функціонуванні.

Сучасний рівень розвитку теорії оптимального управління та теорії адаптивних систем АСУ дозволяє вирішити нове завдання управління технічними структурами не лише за параметрами, але і по структурі взаємозамінного устаткування системи, яке відрізняється своєю надійністю, ефективністю і вартістю.

Метою ж управління є підтримка оптимального співвідношення в системі між максимальною ефективністю використовуваного устаткування і мінімумом вартості витрачених ресурсів при заданій якості управління.

Для досягнення поставленої мети були використані математичні моделі, що розглянуті в роботі [3].

Для визначення найкращого навантаження кожного виду джерела теплової енергії пропонується використовувати критерій управління роботою групи котлів, що враховує його ккд, а саме вираз:

$$I(\eta) = \sum_{j=1}^n (a_j \eta(v_j)) \quad (1)$$

де n - кількість котлів, a_j - ваговий коефіцієнт для j -го джерела.

Метою роботи АСР є мінімізація функції I , а саме експлуатаційних витрат установки теплофікації при роботі на частковій потужності кожного з агрегатів.

Для реалізації процедури пошуку пропонується використовувати модифікований симплекс метод (Нелдера-Міда). Цей метод був вибраний виходячи з того, що він не вимагає знаходження похідної функції. В порівнянні з градієнтними методами, симплекс методу вимагає меншої кількості точок розрахунку. Так для одного кроку розрахунку градієнтним методом потрібна, як мінімум, 4 точки, для симплекс методу треба 3 точки розрахунку.

Алгоритм розрахунку оптимальних значень навантаження обладнання зроблено за допомогою роботи [4] та реалізован в пакеті Matlab. Причому, робота обладнання з обчисленням значень η і $I(\eta)$, моделювалася в пакеті Simulink, а обчислювальна пошукова процедура виконувалася шляхом виклику функції з командного рядка Matlab. Таким чином були враховані динамічні властивості котлів і враховані перехідні процеси, викликані зміною завдань регуляторам.

Для досягнення поставленої мети, були виконані такі завдання:

1) За відомим математичним моделям котеджу, газового котла, електричного котла і ТНУ були розроблені імітаційні моделі в середовищі Simulink пакета Matlab.

2) Для зазначених джерел теплової енергії були синтезовані регулятори і розраховані їх налаштування.

3) Для сформульованого критерію оптимальності (мінімум експлуатаційних витрат) був обраний метод знаходження мінімуму цільової функції. Для числової реалізації був обраний симплекс метод, як не вимагає знаходження градієнта цільової функції і, відповідно, вимагає менших обчислювальних процедур. Обчислення цільової функції в 4 точках, замість обчислення в 6 точках для функції 3 змінних.

4) Побудована динамічна модель АСР була змодельована в пакеті Simulink. Промоделювати пошук мінімуму цільової функції для комбінації початкових умов:

- температура навколишнього середовища -5, -10, -20 С;
- ціна електроенергії 1; 1,5; 5 грн / кВт · год.

За результатами моделювання можна відзначити наступне: у всіх випадках процедура пошуку мінімуму виконується, тобто відбувається зменшення експлуатаційних витрат.

При низьких температурах навколишнього середовища (-20) всі джерела теплопостачання працюють на повному або частковому навантаженні. При середніх температурах (-10) і тарифі за електроенергію 1-1,5 грн в роботі знаходяться лише електро котел і ТНУ. При тарифі на електроенергію 5 грн/кВт·год включається в роботу газовий котел. При високих температурах навколишнього середовища (-5) експлуатація ТНУ економічно недоцільна і теплове навантаження покривають частково газовий котел і електро котел.

Список літератури

1. Maksimov M. V., V. F. Lozhechnikov, T. S. Dobrovolskaya, A.V. Bondarenko. Mathematical model of non-certified burning fuels. East European journal of advanced technologies. 2014. Vol. 2.No8 (68). 44-52. Mode of access: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/22420/21760>.
2. Н. Н. Кожевников. *Экономика и управление энергетическими предприятиями*: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Т. Ф. Басова, Е. И. Борисов, В. В. Бологова и др.; Под ред. Н. Н. Кожевникова. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 432 с.
3. Максименко И.Н. Модели элементов установки теплоснабжения как объекта автоматизации / Максименко И.Н., Тодорцев Ю.К., Беглов К.В. // *Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы*. — № 2 (16). — 2005. — С. 27 – 31.
4. Лысюк, А., і К. Беглов. Автоматизация распределения нагрузки между параллельно работающими котлами. *Automation of technological and business processes* 9, no. 3 (Листопад 26, 2017).

УДК 657:681.518

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОБЛІКОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ: ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Н. Лобода¹, доц., канд. екон. наук,
О. Чабанюк², доц., канд. екон. наук.,
С. Стахів¹, бакалавр

¹Львівський національний університет імені Івана Франка

²Львівський торговельно-економічний університет

Відповідно до чинного законодавства України всі суб'єкти підприємницької діяльності повинні вести бухгалтерський облік господарських операцій.

Основними принципами бухгалтерського обліку є: безперервність, автономність, обачність, повне висвітлення, послідовність, періодичність, єдиний грошовий вимірник, нарахування та відповідність доходів та витрат, превалювання змісту над формою та фактична собівартість [1]. Кожен з цих принципів є важливим для виконання, слугує базою для бухгалтерського обліку і має свої особливості. Оскільки бухгалтерський облік здійснюється на основі інформації про всі господарські операції, які проводяться на підприємстві, то, відповідно, бухгалтерська інформаційна система охоплює всі стадії процесу управління діяльністю підприємства [2]. Тому важливим завданням забезпечення ефективної діяльності суб'єктів підприємництва є раціональний вибір форми ведення бухгалтерського обліку, враховуючи розмір підприємства, його особливості діяльності та інші супутні фактори. Серед форм бухгалтерського обліку, які застосовуються підприємствами в Україні, виділяють автоматизовану або комп'ютеризовану форму, яка дає змогу підвищити якість роботи бухгалтерії. Автоматизація бухгалтерського обліку відбувається за допомогою створення електронних таблиць (Excel, Lotus і т.д.), використання програм на підприємстві (макроси в Excel, SQL Server і т.д), а також спеціальних профільних програм та систем, які представлені на ринку. При виборі програмного забезпечення з бухгалтерського обліку слід враховувати деякі фактори. По-перше, слід розрізняти особливості програм для автоматизації малої бухгалтерії, які мають обмежене коло функцій, та великої бухгалтерії, які створені для автоматизованого обліку практично всіх видів господарських операцій на підприємстві. По-друге, варто враховувати особливості операційної системи, в якій працюватиме програма, а також можливість оновлення програм та консультації з питань їхньої роботи. Найпопулярнішими автоматизованими бухгалтерськими системами є такі: «1С:Підприємство», «Парус», «Fin Expert», «Інфо-бухгалтер», «Фінансовий аналіз» компанії «Інтелект-Сервіс», «АУБІ», «ABACUS Professional», «БЕСТ», «Супер Менеджер», «Фоліо», «БОСС» та

інші. Для того, аби краще зрозуміти вплив автоматизації бухгалтерського обліку, варто розглянути переваги застосування однієї з програм.

Наприклад, однією з програм, які представлені в Україні для автоматизованого ведення обліку і особливостей оподаткування згідно норм та вимог законодавства нашої країни, є програма "Бухгалтерія для України" ("Бухгалтерія 8") [3]. Ця програма має широкий функціональний спектр, адже за її допомогою ведеться автоматизований облік:

- товарів і послуг, виробничих процесів, операцій по касі та банку, коштів та нематеріальних активів, матеріалів, взаєморозрахунків з контрагентами;
- розрахунок зарплати;
- регламентована звітність та багато іншого.

Окрім того, серед переваг використання даної програми виділяють:

- економія часу на формування документів та подання електронної звітності;
- можливість під'єднання багатьох користувачів у єдину інформаційну систему;
- можливість внести корективи та доповнення в процесі господарської діяльності;
- після продажний супровід програми.

Як вже зазначалося вище, програми для автоматизації бухгалтерського обліку потрібно вибирати в залежності від особливостей діяльності підприємства. Загалом до основних переваг комп'ютерної форми обліку належить також автоматизація у всіх сферах діяльності підприємства:

- обліку продукції на складі, постачання та реалізація продукції;
- вдосконалення та прозорість у діяльності з партнерами внаслідок автоматизованої фіксації всіх операцій;
- підвищення ефективності співпраці з працівниками за напрямком швидкого розрахунку заробітної плати.

У результаті підприємство пришвидшує процес складання та подання фінансової звітності. Роль автоматизації бухгалтерського обліку важко переоцінити, тому що внаслідок її впровадження підприємство покращує основні показники господарської діяльності. Перш за все, внаслідок своєчасного оперативного-виробничого планування та обліку виробництва знижуються втрати в цехах на 20-30%, а також відбувається скорочення запасів на складах на 20-25% (через 5-6 місяців після запуску системи). Відбувається скорочення частки необґрунтованих видач матеріалів у цехи (на 10-15%), зменшуються витрати допоміжних матеріалів на 20-30%. Це сприяє зниженню собівартості продукції на 3-5%, що позитивно впливає на прибуток підприємства. Окрім того, внаслідок автоматизації операцій з партнерами скорочуються дебіторська заборгованість та необґрунтовані знижки при відвантаженні товару (3-5% відвантажень). Однак при автоматизованій формі обліку варто звернути увагу на безпеку функціонування підприємства, оскільки вся інформація підприємства набуває більш відкритого характеру, тому існує загроза комерційній таємниці та ризик недобросовісної конкуренції. Тому актуальним завданням для управлінського апарату підприємства є постійне вдосконалення системи інформаційної безпеки в напрямку запобігання проявів вищезазначених явищ, підвищення надійності зберігання інформації про господарські операції на підприємстві на електронних носіях. Адже прозорість і ясність бухгалтерської інформаційної системи є необхідними для складання та подання фінансової звітності, що впливає на подальший розвиток лише підприємства. Інструментами забезпечення належного рівня інформаційної безпеки підприємства є застосування контролю доступу до інформації, ідентифікація користувачів і процесів тощо. Отже, автоматизація бухгалтерського обліку свідчить про позитивну тенденцію розвитку підприємства у сучасних ринкових умовах.

Впровадження новітніх автоматизованих систем бухгалтерського обліку на підприємстві сприятиме підвищенню якості облікових даних і ефективності управління підприємством загалом, оскільки відбудеться покращення показників

більшості господарських операцій та підвищиться інформаційна безпека. Застосування автоматизованої системи бухгалтерського обліку дозволить заощадити час бухгалтера за рахунок автоматизації рутинних операцій, звести до мінімуму виникнення арифметичних помилок при, здійснити комплексний аналіз поточного фінансового стану підприємства та оцінити напрямки діяльності у перспективі. При виборі програм автоматизації варто враховувати всі особливості діяльності підприємства, а також те, що такий процес вимагає ретельної підготовки спеціалістів з обліку й аудиту, додаткових витрат внаслідок придбання нового програмного забезпечення та витрат на навчання персоналу.

Список літератури

1. Бухгалтерський облік, аналіз та аудит: навч. посібник / [С.М. Романів, С.В. Приймак, С.М. Гончарук та інші]. – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2017. – 772 с.
2. Організація обліку: [навч. посібник] / Костишина М.Т., Киричук У.М., Лобода Н.О., Демко М.Я. – Львів: ЛДФА, 2011. – 192 с.
3. Автоматизація бухгалтерського обліку. URL: https://medias.com.ua/company/articles/Avtomatyzacija_buhgalterskogo_obliku/

УДК 681.5.015.23:658.264

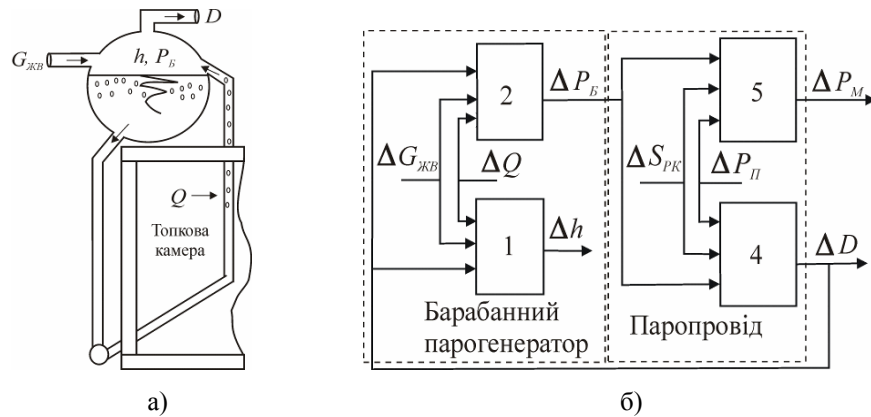
ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РІВНЯ РІДИНИ В БАРАБАННОМУ ПАРОГЕНЕРАТОРІ

**Н. Ложечнікова, аспірант,
В. Ложечніков, доц., канд. техн. наук**
Одеський національний технічний університет

Оскільки інтенсивність закипання рівня залежить від теплового навантаження парогенератора і режимів його роботи (базовий або регулюючий), тиск пари в барабані, процентний вміст насиченої пари в барабані нижче рівня рідини, котельній воді і екранних трубах впливають на тривалість перехідного процесу, динамічне відхилення регульованої величини і статичну помилку. Науково-технічна задача з розширення діапазону роботи систем управління живильною водою є актуальною і для електростанцій з комбінованим циклом для плавної інтеграції відновлюваної енергії. Діапазон роботи таких установок включає стан гарячого і холодного пуску, в яких щільність пароводяної суміші може істотно змінюватись. Нелінійна динаміка рівня барабана котла в цьому випадку моделюється в термінах лінійних моделей з параметричними варіаціями. Такий підхід дозволяє зменшити помилки управління на 77%.

При математичному моделюванні системи управління живленням парогенератора основний збурюючий вплив - витрата пари - розглядається як незалежна змінна (рис. 1).

Насправді витрата пари D залежить від тепловиділення Q в котельній камері барабанного котла та гідравлічного опору паропроводу ξ_{pp} між парогенератором і споживачем пари (електрична турбіна, мережевий підігрівач, технологічне виробництво та ін.), тобто $D = f(Q, \xi_{pp})$.



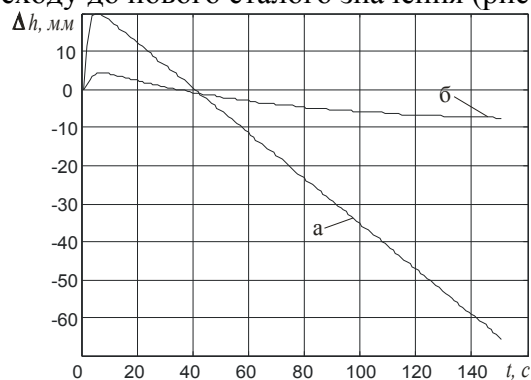
а – технологічна схема, б – структурна схема математичної моделі

Рисунок 1 – Барабанный парогенератор

В роботі запропонована математична модель динаміки рівня рідини в барабанному парогенераторі, яка поєднана з моделлю паропроводу. Така удосконалена математична модель дозволить перевірити працездатність автоматичних систем управління на скидання навантаження і встановити максимальні відхилення рівня води h без проведення натурних випробувань і спрацювання технологічних захистів за рівнем води в барабані.

Згідно з отриманими співвідношенням, інерційність процесів в паропроводі і коефіцієнт передачі по каналу „тиск пари в барабані - витрата пара до споживача” залежить від довжини паропроводу, його внутрішнього діаметра, площі внутрішнього перетину, коефіцієнтів тертя і місцевих опорів. А також, маси пари в паропроводі, витрати пари в сталому режимі, показника ступеня адиабати, щільності пари, коефіцієнта опору і площі прохідного перетину регулюючого клапана S_{PK} в сталому режимі.

Чисельне рішення отриманих співвідношень, стосовно газо-мазутного котла ГМ-50, дозволяє досліджувати динамічні характеристики рівня в барабанному парогенераторі, коли витрата пари залежить від тепловиділення в котельній камері і положення регулюючого органу по витраті пари. Витрата пари до споживача впливає на зміну тиску перегрітої пари в головній паровій магістралі P_m . Тиск перегрітої пари визначає баланс між генерацією пари в парогенераторі і його витратою через парову турбіну на ТЕС або на мережеві підігрівачі гарячої води. Тому зміна площі прохідного перетину регулюючого клапана, без зміни регулятором теплового навантаження тепловиділення в котельній камері, призводить до тимчасової зміни витрати пари, що обумовлено, в основному, акумулюючою здатністю паропроводу. Це призводить до менш інтенсивного закипання рівня (якщо прохідний перетин регулюючого клапана збільшується) і його переходу до нового сталого значення (рис. 2).



а – типова модель, б – удосконалена модель

Рисунок 2 – Зміна рівня рідини в парогенераторі

Стабілізація рівня відбувається нижче вихідного значення внаслідок короткочасного порушення балансу між подачею живильної води $G_{жв}$ в парогенератор і відбором пари. Якщо при математичному моделюванні не враховується принципова залежність витрати пари від гідравлічного опору паропроводу, який з'єднує парогенератор з споживачем пари, то результати моделювання не будуть адекватно описувати властивості реального об'єкта.

Стрибокподібні зміни витрати пари споживачем (до 50% від номінальної витрати) не призводять до аварійного перевищення або зниження рівня. Використання сигналу по тиску пари в барабанному парогенераторі P_6 дозволяє не тільки поліпшити динамічні показники якості регулювання рівня, а й зменшити статичну помилку, оскільки в класичній трьохімпульсній системі регулювання щільність пара вважається постійною.

Список літератури

1. G. Ablay. A robust estimator-based optimal algebraic approach to steam generator feedwater control system / Turk. J. Electr. Eng. Comput. Sci., 24 (2016), p. 206-218.
2. Кулаков, Г.Т. Математическое моделирование переходных процессов трехимпульсной системы автоматического регулирования питания водой парогенератора на сброс нагрузки / Г.Т. Кулаков, А.Т. Кулаков, А.Н. Кухоренко // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2014. – № 1. – С. 57-64.
3. Mazurenko, A. Improving the operation modes efficiency in heat pump systems of hot water supply with the two-stage heat accumulation / A. Mazurenko, A. Denysova, G. Balasanian, A. Klymchuk, K. Borisenko. // Eastern-european journal of enterprise technologies, 1/8, 2017 p.27-34.
4. Sunil, P. U. A robust heat recovery steam generator drum level control for wide range operation flexibility considering renewable energy integration / P. U. Sunil, Jayesh Barve, P. S. V. Natara // Energy, V. 163, 2018, p. 873-893.

УДК 658:821

ПЕРЕДУМОВИ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОНОМІКИ

**В. Дубницький, проф., д-р екон. наук,
О. Нефедова, магістр**

Український державний хіміко-технологічний університет

Останнім часом науковці приділяють все більше уваги цифровізації економіки. Хоча явище це вже не нове, багато його аспектів залишаються недостатньо розглянутими. Зупинімося на них детальніше. Розглянемо спершу чинники, вплив яких зазнають всі підприємства, що стали на шлях цифровізації. На нашу думку, універсальними факторами впливу на трансформаційні перетворення підприємства виступають:

– досяжність інноваційних і цифрових технологій. Інновації завжди є тривалим проектом. Тому варто оцінити доцільність використання нових технологій, продумати варіанти використання пілотних проектів і створення стратегічних інноваційних альянсів для спільної апробації нових технологій і надійності обладнання;

– дількість і охоплення бізнес-даних. Цифрова трансформація початково вибудовується на якісних даних, їх повноті, несуперечливості, а отже роботі з даними (особливо з Big Data) більш пріоритетній, такій, що потребує використання актуальних інформаційно-комунікаційних технологій, у т. ч. технологій інформаційної безпеки;

– готовність підприємства до змін. Цифрова трансформація з одного боку – це час радикальних змін для підприємства з усіма відповідними наслідками, а з ін. боку – це привід оцінки наявних і формування нових компетенцій для всіх працівників підприємства через можливу зміну методів роботи, повноважень і відповідальність працівників, бізнес-модель роботи підприємства, форми співробітництва з партнерами і клієнтами;

– строковість процесу трансформації. Визначається цифровим лагом бізнес-процесу, можливістю появи нових ключових для підприємства технологій, значимість і силою впливу на

підприємство загроз зовнішнього середовища, рівнем досягнутого імунітету конкурентних переваг підприємства.

Далі сформулюємо принципи, які підприємству слід врахувати, вибудовуючи нову архітектуру власного розвитку. В умовах швидких змін це необхідно для ефективного планування і результативного впровадження запланованих заходів. Серед принципів інноваційного розвитку промислових підприємств в умовах системної перебудови, якою виступає цифрова трансформація підприємства, на нашу думку, слід виділити:

– принцип керованості – задачею цілеспрямованого керівного впливу на інноваційний процес є забезпечення відповідності фактичного стану інноваційного процесу бажаного, запланованого стану після реалізації системної трансформації;

– принцип вимірюваності – передбачає існування системи оцінки ефективності впровадження інноваційних і системних перебудов, включаючи кількісні і якісні показники;

– принцип забезпеченості ресурсами – Необхідною є наявність фінансових, технічних, інформаційних і кадрових можливостей підприємства для реалізації системної перебудови й інноваційної діяльності;

– Принцип ефективності – ефективність інноваційної діяльності визначається зростанням прибутку, розширенням масштабів і можливостей накопичення для наступного реінвестування капіталу, підвищення конкурентоспроможності підприємства що також є показниками ефективності системної перебудови;

– Принцип збалансованості – погодженість етапів даного процесу між собою здійснює істотний вплив на кінцеві результати трансформації підприємства.

Враховання наголошених принципів дозволить підприємству легше зорієнтуватися в непростих умовах системної перебудови і швидкої цифровізації.

УДК 681.5:001.57

ПІДВИЩЕННЯ ЦУКРИСТОСТІ БУРЯКА ЗА РАХУНОК РОЗРОБКИ ОПТИМАЛЬНОГО ФІЛЬТРУ

І. Березюк, доц., канд.техн. наук

Я. Добровольський, ст.гр.ЕС-19М

Центральноукраїнський національний технічний університет

Переробка цукрового буряка є однією з важливих галузей народного господарства України, оскільки Україна має всі підстави зайняти лідируючі позиції в світі у цій галузі. Але на даний момент сільськогосподарські товариства, не зацікавлені у вирощуванні надлишків цієї продукції, так як витрати на вирощування буряка не перевищують доходів отриманих від здачі буряка на підприємства-перероблювачі цієї продукції.

Першою стадією переробки цукрового буряка на підприємствах і однією з головних є визначення цукристості буряка. Показник цукристості означає кількість цукру, яку отримає виробник цього цукрового буряку, і від цього залежить ціна на цукор. На показник цукристості впливає забрудненість буряка, кількість вологи, температурний стан буряка.

Цей показник залежить не тільки від якості буряка, але і від способів його вимірювання. На даний момент існує багато способів вимірювання цукристості, але основним є оптичний метод вимірювання, тобто вимірювання цукристості за допомогою поляриметрів.

Майже на всіх підприємствах України для вимірювання цукристості використовують лінію УЛЦ, де і знаходиться поляриметр ПЕА. Лінія є повністю автоматизована, тобто на вхід подається 3-4 кг цукрового буряку, а на виході показник цукристості цього буряка, це призводить до зменшення похибки вимірювання. Але показники цукристості буряка визначені завдяки цьому

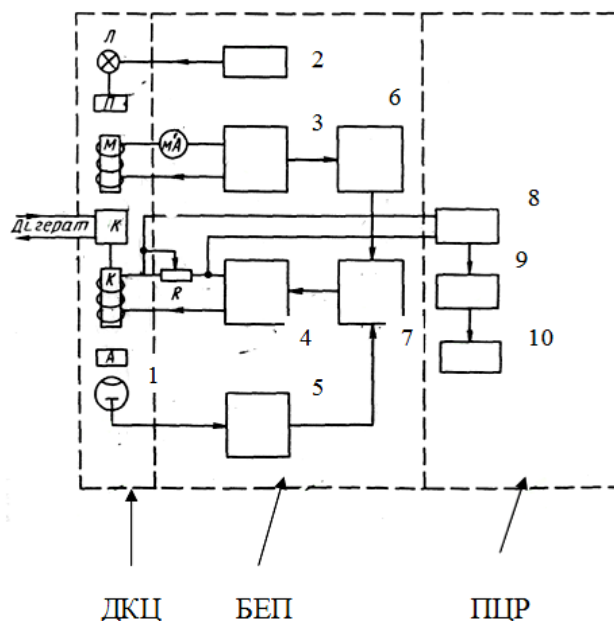
поляриметра мають нестабільний характер, що викликає необхідність контролю зі сторони оператора за даними отриманими з поляриметра. Скорочення втрат та підвищення ефективності сільського господарства багато в чому залежить від точності визначення цукристості буряка. Кожний процент (чи кожна його доля) систематичної похибки вимірювання може привести до недостовірних даних про кількість та якість врожаю, що вирощений та зібраний в країні. Наприклад, при похибці вимірювання цукристості в 0,1% - невизначеність у встановленні дійсної кількості цукру оцінюється сумами в сотні тисяч гривень.

Враховуючи, ще і той факт, що раніше цукристість буряків була 16—18%, а зараз вона становить 11—14%, визначати цукристість необхідно якомога точніше.

Похибку яка виникає при цьому будемо називати динамічною. Величина цієї похибки залежить від методу вимірювання цукристості, а також від способу обробки вимірювальної інформації. Тому важко переоцінити значення вимірювання цукристості при удосконаленні технології виробництва і переробці буряка в державі.

Метою досліджень є визначення граничних точнісних можливостей поляриметра типу ПЕА які можуть бути досягнуті за рахунок статистичної обробки результатів вимірювання за допомогою мікропроцесорної системи.

До складу ПЕА (рис. 1) входять датчик контролю цукристості ДКЦ, блок електронного поляриметра БЕП, пристрій цифрової реєстрації ПЦР.



Л – лампа; П – поляризатор; СТ – стабілізатор струму; К – вимірювальна кювету; А – аналізатор; М – модулятор; К – компенсатор; 1 – фотоелектронний помножувач; mA – міліамперметр; R – резистор; 3 – генератор; 5 – підсилювач змінного струму; 4 – підсилювач постійного струму; 7 – випрямляч; 9 – блок узгодження; 10 – електрокерований пристрій; 6 – блок опорної напруги; 8 – цифровий вольтметр.

Рисунок 1 – Блок-схема поляриметра ПЕА

В результаті моделювання процесу вимірювання цукристості було створено модель поляриметра та за допомогою пакета прикладних програм MatLab побудовано графік сталого режиму роботи поляриметра (рис. 2).

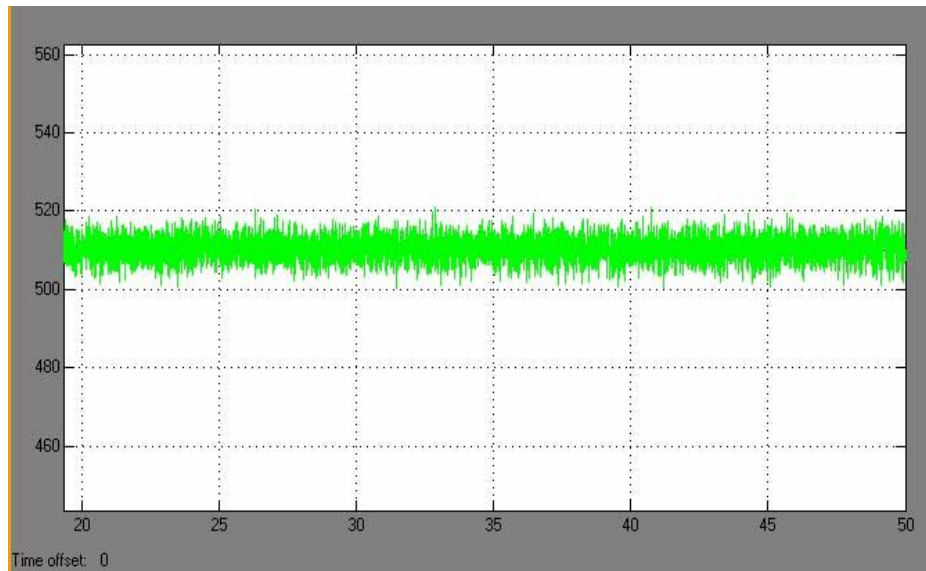


Рисунок 2 - Сталий режим роботи

Як бачимо з рис. 2 результат вимірювання має випадковий характер. Його середнє значення характеризує цукристість.

Тому в подальших дослідженнях необхідно розробити оптимальний фільтр, який би дозволив виділити з даного зашумленого сигналу корисний сигнал, придатний для подальшого використання.

УДК 681.5

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДИНАМІЧНОГО ПООСНОГО ЗВАЖУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

Д. Трушаков, доц., канд. техн. наук.,

О. Дідик, доц., канд. техн. наук.,

О. Гержов, ст. гр. ЕС-19М

Центральноукраїнський національний технічний університет

Збільшення вантажних потоків, в умовах зростання ефективності економіки, вимагає удосконалення методів та засобів визначення маси, які б давали можливість швидко та точно збирати інформацію про об'єми та напрямки перевезень вантажів, з метою оперативного контролю та управління потоками. Зокрема у сільськогосподарських підприємствах при веденні польових робіт для перевезень використовується двоосний автомобільний транспорт середньої вантажопідйомності.

В умовах великих сільськогосподарських підприємств проблема визначення маси вантажів вирішується за допомогою ваговимірювальних станцій, які забезпечують достатню точність вимірювань. Але в умовах фермерських господарств економічно недоцільно встановлювати великогабаритні стаціонарні ваги, а розроблені невеликі мобільні ваги, які забезпечують визначення маси без зупинки автомобіля, не дають достатньої точності. Проведений аналіз вагового обладнання, яке пропонується виробниками показав, що точність визначення маси динамічними вагами на порядок гірша від статичних. Аналіз конструкцій ваг показав, що як в статичних так і в динамічних вагах використовуються первинні перетворювачі, які володіють досить високою точністю, тому шлях підвищення точності динамічних ваг може лежати у створенні нових та удосконаленні існуючих методів обробки виміряної інформації.

При проведенні аналізу методів обробки інформації, вони були поділені на дві групи за постановкою задачі. Для методів першої групи задачею є виділення постійної складової, яка відповідає масі, з адитивної суміші корисного сигналу, регулярної динамічної перешкоди, пов'язаної з коливаннями мас автомобіля та випадкових перешкод, пов'язаних з вібрацією елементів автомобіля та шумами вимірювальної апаратури.

До методів даної групи були віднесені методи фільтрації та регресійного аналізу. Динамічна перешкода становить найбільшу проблему для методів фільтрації, адже при наїзді на платформу вона може досягати 20 – 30 % від корисного сигналу і складається з низькочастотних квазіперіодичних коливань. Зменшення впливу даної перешкоди ускладнюється тим, що час зважування обмежений. Застосування ж методів регресійного аналізу ускладнюється наявністю випадкових перешкод та впливом коливань невіднесеної маси. Методи другої групи знайшли своє використання при розробці інтелектуальних систем на основі нейронних мереж, які здатні за формою сигналу оцінити один або декілька параметрів. Але на точність оцінювання, як відомо з літературних джерел, суттєвий вплив мають випадкові складові сигналу.

Для підвищення точності динамічного зважування запропонована система, яка реалізує оптимальну комплексну обробку вимірювальної інформації з декількох тензодатчиків, для виділення з мінімальною похибкою корисного сигналу на фоні випадкових перешкод та нейронну мережу для ідентифікації даного корисного сигналу з метою визначення маси в умовах невизначеності стану елементів автомобіля. Визначення структури та параметрів даної системи повинно базуватися на аналізі динамічних характеристик корисних сигналів та перешкод.

Дослідження динамічних характеристик регулярної складової сигналу, яка являє собою суму статичного та динамічного навантаження, проводилось методом імітаційного моделювання. За відомою системою рівнянь коливань осі автомобіля одержана передаточна функція, яка пов'язує координату рельєфу та динамічне навантаження. На її основі була створена модель для дослідження навантаження на вагоприймальний пристрій. При подачі на вхід необхідних параметрів на виході моделі одержуємо регулярну складову навантаження.

Аналіз навантаження при зміні конструктивних параметрів в межах 10% показав, що в деяких точках різниця між графіками становила 300 кг, при підстановці параметрів автомобілів різних марок графіки взагалі мають різний характер.

На основі одержаних характеристик сигналів було проведено дослідження граничних рубежів якості оцінювання маси нейронною мережею при відсутності випадкових перешкод. Задачею нейронної мережі є оцінка маси за формою кривої навантаження на вагоприймальний пристрій при проїзді автомобіля через нього. Вибір структури нейронної мережі, яка б давала найкращий результат процес дуже складний. Не існує чітких правил, а структура визначається експериментально перебором різних варіантів. Розглядалися варіанти поєднання різних активаційних функцій, кількості нейронів у вхідному та прихованому шарі, розміру навчального масиву. Серед розглянутих варіантів визначено, що найкращий результат досягається для нейронної мережі, яка містить 15 нейронів у вхідному шарі з радіально-базисною функцією активації, 20 нейронів у прихованому шарі з сигмоїдною функцією та 1 нейрон у вихідному шарі з сигмоїдною функцією, при цьому середньоквадратичне відхилення похибки рівне 1.467 кг, а закон розподілу похибки близький до нормального.

При подачі на вхід даної мережі зашумленого сигналу похибка становить тисячі кілограм, а закон розподілу втрачає нормальний характер. Також була спроба навчання нейронної мережі на зашумлених сигналах, але й при цьому середньоквадратичне відхилення зросло в 60 раз. Це підтверджує те, що необхідно проводити попередню обробку сигналу з метою зменшення впливу випадкових перешкод.

Для виділення регулярного сигналу на фоні випадкових перешкод використовувався метод комплексування. Інтегральним показником якості роботи системи, який необхідно мінімізувати є сума певним чином зважених інтегральної квадратичної помилки оцінювання регулярного сигналу та дисперсії випадкової складової помилки.

На основі проведених розрахунків були розроблені функціональна схема та спроектована аналогова частина інтелектуальної системи. Нейронна мережа реалізована на персональному комп'ютері.

Проводилось моделювання роботи системи з використанням кривих навантаження одержаних експериментально, яке показало, що погрішність не виходить за межі 0.5 %.

Список літератури

1. Дашевский Б.А., Скалевой В.В. Комплекс цифровых измерительных приборов для тензометрических весов. – М.: Машиностроение, 1985. – 423 с.
2. Скалевой В.В. Измерительная аппаратура для взвешивания движущихся вагонов. – М.: Машиностроение, 1982. – 302 с.
3. Руденко О.Г., Бородянський Є.В. Штучні нейронні мережі: Навчальний посібник. – Харків: ТОВ „Компанія СМІТ”, 2006. – 404 с.
4. Нейронные сети в системах автоматизации/ В.И. Архангельский, И.Н. Богаенко, Ж.Г. Грабовский, И.А. Рюмшин. – К.: Техніка, 1999. – 364 с.
5. Блохін Л.М., Буриченко М.Ю. Статистична динаміка систем управління: Підручник. – К.: НАУ, 2003. – 208 с.
6. Азарсков В.Н., Блохин Л.Н., Житецкий Л.С. Методология конструирования оптимальных систем стохастической стабилизации: Монография / Под ред. Л.Н. Блохина. – К.: Книжное изд-во НАУ, 2006. – 400 с.

УДК 681.518.3

СТАБІЛІЗАЦІЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТЕПЛОНОСІЯ В КАМЕРІ ЕСКИМОГЕНЕРАТОРА

І. Гуслистий, ст. гр. ЕС-19М,

О. Сербул, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Вибір такого напрямку досліджень обумовлений наявністю проблеми руйнування оболонки порцій морозива через примерзання при їх вийманні з форм. Сьогодні на молокопереробних підприємствах використовуються автоматичні регулятори та дозатори, але вони є застарілими і потребують оновлення, що суттєво впливає на ціноутворення і конкурентоспроможність продукції. Метою проведення досліджень є підвищення рівня якості продукції, шляхом введення в експлуатацію нових засобів автоматизації, які більш точно реагують на зміни контрольованих величин. Проект автоматизації певної ділянки процесу виробництва морозива передбачає зменшення затрат на виробництво продукції через зменшення бракованих виробів, а також зменшення фізичного навантаження робітників, а це свідчить про необхідність розвитку автоматизації технологічних процесів даної галузі та актуальність обраного напрямку досліджень.

Під час опрацювання матеріалу за темою роботи розглядалася схема технологічного процесу виробництва морозива, детальний аналіз якої призводить до формування ідеї створення інформаційно-контролюючої системи, яка б допомагала оператору, підвищувала ефективність ведення процесу, проте на шляху створення такої

системи слід вирішити ряд частинних задач, зокрема і задачу регулювання температури на заданому оператором рівні, для часткового відтаювання зовнішнього шару морозива.

Об'єктом досліджень є система подачі гарячого розсолу, яка входить до складу ескімогенератора. Розсіл по складній системі магістралей надходить до формочок, розігріваючи їх та викликає відтаювання зовнішнього шару порцій морозива.

В ході аналізу проблематики за темою дослідження встановлено, що розробку запропонованої системи унеможлиблює відсутність будь-яких даних про динамічні характеристики об'єкту регулювання. Тому було здійснено моделювання процесу нагріву формочок, в результаті якого зняті криві розгону об'єкта для двох випадків: при використанні в якості чутливого елемента терморезистора; при використанні в якості чутливого елемента термопари. За допомогою графічного методу визначені сталі часу об'єкта та передаточні функції. Для дослідження системи вибрали передаточну функцію об'єкта, отриману при використанні терморезистора в якості датчика. З метою дослідження динамічних характеристик системи та визначення показників якості визначені передаточні функції елементів системи, побудована схема електрична структурна запропонованої системи. Побудова графіка перехідного процесу вихідної САР дала можливість висунути вимогу зменшення часу регулювання. В проекті здійснено синтез коректуючого пристрою та визначено його передаточну функцію. Введення такого пристрою в основний контур регулювання покращує показники якості системи. На основі функціональної схеми створена схема електрична принципова мікропроцесорної частини розроблюваної системи, а також запропоновано узагальнений алгоритм її роботи.

Список літератури

1. Оленев Ю.А. Технология и оборудование для производства мороженого: Учеб. пособие для вузов/ Ю.А. Оленев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ДеЛи, 2001.-323 с.: ил.
2. Маккен Б.М. (Маккен В.М.) Структуры и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы / под. ред. Б.М. Маккена; пер. с англ. под науч. ред. Ю.Г. Базарновой. – СПб.:Профессия, 2008, 480 с.

УДК 681.5.015.23:681.5.015.24

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРИ ПОКРАЩЕННІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДРІБНЕННЯ РУДИ КУЛЬОВИМИ МЛИНАМИ

В. Кондратець, проф., д-р техн. наук

А. Мацуй, доц., канд. техн. наук

А. Абашина, ст. гр. КІ-17

Центральноукраїнський національний технічний університет

Сировинною основою чорної металургії України є залізорудний концентрат, який отримують збагаченням бідних залізних руд. Вагомі перевитрати електричної енергії та сталевих куль і футеровки в процесі рудопідготовки, особливо в першій стадії подрібнення, підвищують собівартість концентрату і знижують конкурентоспроможність як самого концентрату при прямій його реалізації, так і виробів вітчизняної чорної металургії на міжнародному ринку. Це насамперед зумовлено низьким значенням механічного коефіцієнта корисної дії кульового млина при утворенні нової поверхні, який не перевищує 1% [1]. Одним з напрямів покращення ситуації є підвищення енергоефективності подрібнення руди кульовими млинами, яка стримується відсутністю альтернативних технологічних агрегатів та дієвих заходів модернізації діючого обладнання.

Дана проблема відображається в державних документах та входить до складу наукової тематики ряду профільних організацій, зокрема, Центральноукраїнського національного технічного університету, який розробляє тему: «Оптимізація продуктивності кульових млинів по руді і готовому продукту при мінімальних енергетичних і матеріальних перевитратах» (0115U003942). Оскільки дана публікація спрямована на розв'язання однієї із згаданих задач, її тема є актуальною.

Метою даної публікації є визначення факторів, роль яких в підвищенні продуктивності кульового млина повністю не розкрита, визначення критерію оптимальності та впливу цих факторів на критерій оптимальності при їх повній реалізації та розробка можливих шляхів покращення енергетичної ефективності рудопідготовки в перших стадіях подрібнення.

Системно розглянувши фактори, що визначають продуктивність кульового млина, приходимо до висновку, що не повністю розкритою залишилась роль дев'яти достатньо важливих з них, які представлені на рис.1. Аналізу, зв'язаному з виявленням можливості підвищення продуктивності кульового млина, необхідно піддати всі приведені на рис.1 фактори. Легко встановити, що вони одночасно прикладені до технологічного агрегату, однак деякі впливають на весь об'єкт, інші лише на його частину. Зважаючи на це при дослідженні впливу конструкції кульового млина, його розміру, завантаженості рудою, ефективності роботи класифікуючого апарату на продуктивність необхідно розглядати весь технологічний агрегат в цілому. В процесі дослідження впливу інших факторів на продуктивність млина доцільно здійснити декомпозицію об'єкта і розглядати їх роль окремо з наступним узагальненням результату. При декомпозиції кульового млина необхідно виділити і дослідити окремі незалежні підсистеми: футеровка, подрібнювальне середовище, подрібнюваність руди, розрідження (в'язкість) пульпи. При цьому в одну незалежну підсистему подрібнювального середовища увійдуть дії факторів – характеристика крупності подрібнювальних тіл, правильність їх форми, густина і твердість.

Аналіз показує, що дію досліджуваних факторів на енергетичну ефективність подрібнення руди в кульовому млині не можливо виразити в таких же одиницях виміру, оскільки відсутні конкретні дані їх впливу на роботу подрібнювального агрегату. Тому, аналізуючи дію конкретного фактора на роботу кульового млина, доводимо його суттєвий позитивний вплив. Якщо він є, наприклад збільшення продуктивності або зменшення енерговитрат, виставляємо умовну оцінку його впливу. При цьому необхідно враховувати і степінь впливу конкретного фактора на створюваний ефект. Ще на початку 60-х років минулого століття встановлено, що автоматичне регулювання процесу подрібнення руди дозволяє збільшити продуктивність млинів на 5...10% [2]. Оскільки збільшення продуктивності на 5% складає вагому величину, цей рівень можливо прийняти за одиницю відліку позитивного ефекту конкретного фактора. Якщо, наприклад, збільшення продуктивності складе 10%, то необхідно врахувати дві одиниці і т.д. Як показує аналіз, цим підходом можливо об'єднати дію усіх факторів на результат роботи кульового млина в цілому і отримати результуючий ефект. Цього можливо досягнути розв'язанням оптимальної задачі.



Рисунок 1 – Фактори, роль яких в підвищенні продуктивності кульового млина повністю не розкрита

Для розв'язання завдання необхідно визначитись з критерієм оптимальності. В якості критерію оптимальності може бути висунута вимога досягнення найбільшого значення умовної оцінки від впливу окремих факторів. При цьому зручно прийняти «1» за відлік досягнутого вагомому позитивного ефекту при дії конкретного фактора, тобто $J_i = 1$.

Методом динамічного програмування здійснена оптимізація енергетичної ефективності подрібнення руди кульовими млинами, де розглядалося дев'ять стадій. В кожній стадії оптимізації шляхом аналізу процесів встановлювався абсолютний рівень критерію оптимальності величиною «1», якщо показник поліпшувався на 5%, тобто кожним 5% приросту показника встановлювалася «1». У всіх стадіях критерій оптимальності склав не менше 1, найбільш високе значення отримано на рівні 9, а результуючий критерій оптимальності, який дорівнює сумі часткових, склав 29.

Покращення показників кульового млина може відбутись до 2,5 разів порівняно з існуючим варіантом його роботи. Реалізація оптимальних варіантів удосконалення подрібнення руди потребує тимчасових і фінансових витрат, а також автоматизації ряду процесів, яка зводить нанівець вплив людського фактору на кінцевий результат. Підняття роботи подрібнювальних агрегатів на новий рівень потребує також зміни психології працюючих, підвищення професіоналізму, чіткого виконання службових інструкцій та ін., тобто переведення організації праці на новий якісний рівень і об'єднання зусиль всіх учасників даного процесу.

Список літератури

1. Науменко Ю.В. Основи теорії режимів роботи барабаних млинів. Рівне: СПД Зелент, 2009. 282 с.
2. Божко М.П., Маргулис В.С. Машинист мельницы. Москва: Гостехнаучиздат лит. по горному делу, 1962. 100 с.

ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ КЕРУВАННЯ ПРИ ДОЗУВАННІ КОМПОНЕНТІВ ШИХТИ

В. Кондратець, проф., д-р техн. наук

І. Модло, ст. гр. АК-19М

Центральноукраїнський національний технічний університет

Дільниця дозування компонентів шихти фабрики огрудкування призначена для приготування суміші з концентрату, возврату, вапняку та бентоніту, її подальшого змішування та транспортування до дільниці огрудкування. Для забезпечення високих показників якості агломерату необхідно стабілізувати задане процентне співвідношення компонентів шихти. На більшості підприємств України в технологічному процесі дозування приймають участь по 5 дискових дозаторів концентрату, 2 дискових дозатори аглоруди, по 2 стрічкових дозатори вапняку та коксу на одну лінію. Тому з метою мінімізації відхилення співвідношення дозуючих матеріалів потрібно забезпечити ефективне керування всім комплексом технологічного обладнання. Цього можна досягти шляхом розробки та впровадження автоматизованої системи керування технологічним процесом (АСК ТП) дозування шихтових матеріалів.

Таким чином, питання розробки системи автоматизації дозування є актуальним прикладним завданням для стабілізації роботи агломераційної фабрики, підвищення якості продукції та культури обслуговування обладнання.

Використання сучасних технічних засобів автоматизації (індустріальних комп'ютерів, промислових контролерів, апаратури введення-виведення, засобів контролю, частотних перетворювачів та засобів людино-машинного інтерфейсу) та програмного забезпечення автоматизованих систем (OPC-серверів та SCADA-систем) дозволяє підвищувати ефективність та надійність системи автоматичного дозування компонентів шихти.

В результаті аналізу існуючої системи, виявлено ряд недоліків:

- затримка в часовому опитуванні датчиків 5-6 с;
- низька стійкість системи до відмов;
- недосконалий парк контролерів, який не дозволяє реалізувати необхідну якість ведення процесу дозування;
- існуючі контролери нестабільні і нестійкі при зміні навантажень (відбувається зміна коефіцієнти продуктивності на дозаторах коксу та вапняку);
- недосконалість використовуваного програмного забезпечення, на верхньому і нижньому рівнях системи;
- неповне охоплення системою комплексу устаткування, що бере участь в процесі дозування шихтових матеріалів тощо.

Реалізація повнофункціональної АСК ТП відділення підготовки шихти дозволяє підвищити керованість виробництва за обсягом та якістю за рахунок реалізації наступних функцій:

- зниження ролі суб'єктивного фактора при реалізації функцій автоматичного управління та контролю;
- збільшення інформаційної забезпеченості персоналу оперативного управління виробництвом;
- підвищення рівня контролю технологічних рішень прийнятих по ходу виробництва.

Структурну схему технічних засобів АСУ ТП дільниці підготовки шихти можна подати наступним чином (рис. 1).

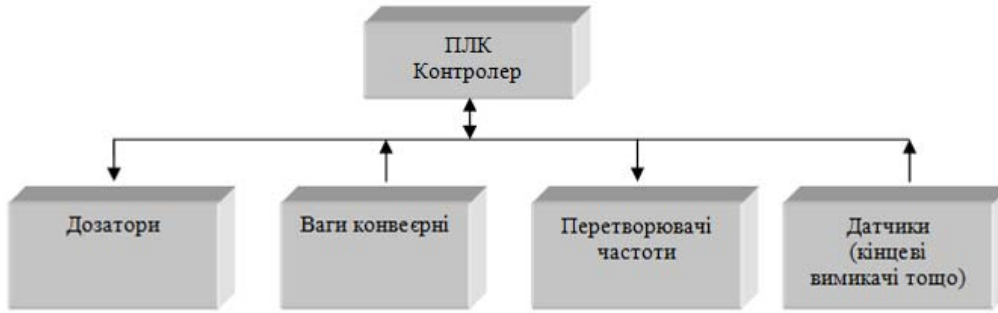
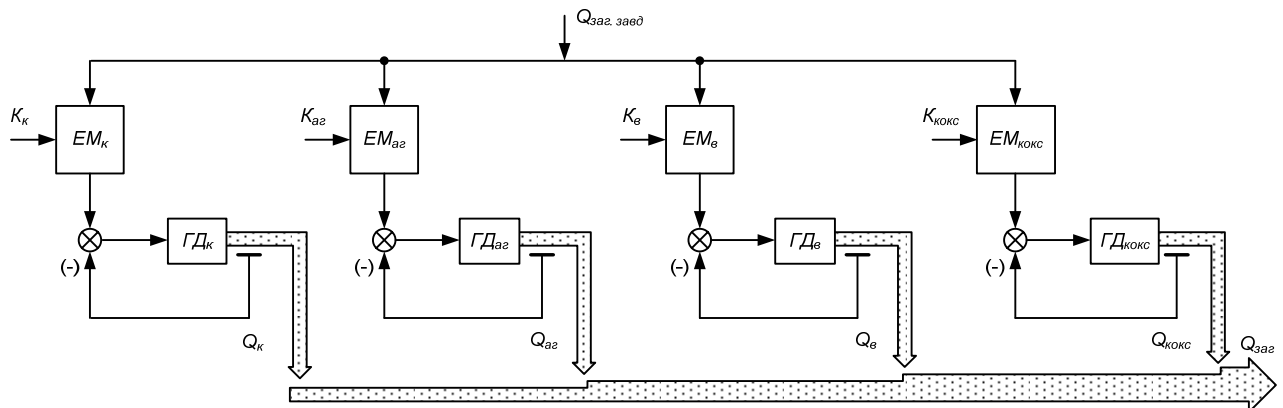


Рисунок 1 – Структурна схема комплексу технічних засобів АСК ТП дільниці підготовки шихти

Для стабілізації співвідношення витрат концентрату і аглоруди необхідно стабілізувати вагову витрату концентрату в залежності від завдання і автоматизувати витрату аглоруди в залежності від витрати концентрату, а витрати вапняку та палива – в залежності від витрати рудної частини шихти.

Автоматичне підтримання витрати концентрату досягається при впровадженні частотних перетворювачів в схемах керування електроприводом тарілчастих живильників. Автоматичне регулювання витрати аглоруди в залежності від витрати концентрату можливо здійснити за рахунок використання автоматичних стрічкових дозаторів з програмним керуванням.

Дослідження технологічного процесу дозування компонентів шихти в умовах агломераційної фабрики ГЗК показує, що найдоцільнішим є використання системи автоматичного дозування компонентів шихти з паралельним з'єднанням дозаторів (рис. 2).



ГД_к, ГД_{аг}, ГД_в, ГД_{кокс} – групові дозатори концентрату, аглоруди, вапняку та коксу відповідно; ЕМ_к, ЕМ_{аг}, ЕМ_в, ЕМ_{кокс} – елементи множення для розрахунку заданої витрати концентрату, аглоруди, вапняку та коксу відповідно; $Q_{заг.завд}$ – задана загальна продуктивність системи дозування шихтових матеріалів; $K_{к}$, $K_{аг}$, $K_{в}$, $K_{кокс}$ – розраховані коефіцієнти вмісту концентрату, аглоруди, вапняку та коксу в агломераційній шихті; $Q_{заг}$ – фактична продуктивність системи дозування; $Q_{к}$, $Q_{аг}$, $Q_{в}$, $Q_{кокс}$ – фактичні витрати концентрату, аглоруди, вапняку та коксу відповідно

Рисунок 2 – Структурна схема системи автоматичного дозування компонентів шихти

Завдання загальної продуктивності за шихтою надходить з системи узгодження продуктивності спікального відділення та відділення підготовки шихти. Далі на основі алгоритму розрахунку складу агломераційної шихти визначаються коефіцієнти вмісту компонентів ($K_{к}$, $K_{аг}$, $K_{в}$, $K_{кокс}$) в агломераційній шихті та в елементах множення (ЕМ_к, ЕМ_{аг}, ЕМ_в, ЕМ_{кокс}) формується завдання продуктивності для групових дозаторів концентрату, аглоруди, вапняку та коксу.

Проведені дослідження та розроблена структурна схема дозволяє наступним кроком обрати комплекс технічних засобів АСК ТП дозування, провести моделювання та визначити якісні та кількісні показники.

КЕРУВАННЯ ЦИРКУЛЮЮЧИМ НАВАНТАЖЕННЯМ В КУЛЬОВОМУ МЛИНІ, ЩО ПРАЦЮЄ В ЗАМКНУТОМУ ЦИКЛІ З СПІРАЛЬНИМ КЛАСИФІКАТОРОМ

А. Мацуй, доц., канд. техн. наук

Б. Остащук, ст. гр. АК-19МЗ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Процеси дроблення, подрібнення та грохочення обов'язково включаються в технологічні схеми збагачувальних фабрик. Цими процесами корисні копалини підготовлюються до збагачувальної обробки. При експлуатації збагачувальних фабрик витрачається багато металу та біля половини всієї енергії затрачується на дроблення і подрібнення. Зважаючи на це постає проблема пошуку нових, більш прогресивних методів управління даними процесами з метою зменшення вищезгаданих витрат.

Подрібнення вихідної руди на залізородних збагачувальних фабриках здійснюють в кілька стадій. В основному перша стадія містить стрижневий млин і спіральний механічний класифікатор, друга стадія кульовий млин, який з класифікатором створюють замкнутий цикл. Схема першої та другої стадії подрібнення реалізує відкритий цикл (рис.1). Класифікатор розділяє подрібнений матеріал на готовий продукт і піски, що направляються в кульовий млин на обробку. Піски виходять із циклу тільки після того, як подрібняться до необхідної крупності. Усталену кількість циркулюючих пісків називають циркулюючим навантаженням, яке найбільш часто виражають у відсотках до продуктивності по вихідній руді. Воно рідко буває нижче 200 % і інколи перевищує 800 %. Циркулююче навантаження зростає при збільшенні продуктивності млина по руді. Порівняно невеликі циркулюючі навантаження помітно збільшують продуктивність млина. Дуже великі циркулюючі навантаження менш вигідні.

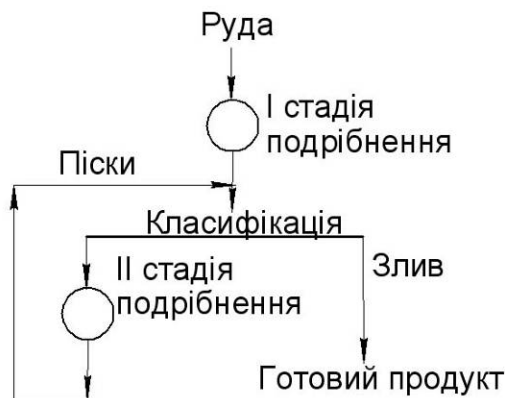


Рисунок 1 - Схема подрібнення з відкритим циклом в першій стадії

Розвиток технології збагачення пов'язаний із застосуванням складних технологічних схем, які передбачають застосування різних методів збагачування, одержання із однієї тієї ж сировини продукції для різних галузей промисловості та використання в народному господарстві різного обладнання, пристроїв та матеріалів. Все це ставить високі вимоги до обслуговуючого персоналу фабрики і обумовлює необхідність автоматизації технологічних процесів і управління.

Піски класифікатора складають недоподрібнені частинки руди, тому вони по складу характеризуються аналогічно вихідній руді. Піски лише матимуть менший

розмір частинок порівняно з вихідною рудою. Так як руди звичайно осереднюються, то вміст магнітного заліза в пісках буде таким же, як і в вихідній руді і практично змінюватись не буде.

Аналіз роботи двоспирального класифікатора показує, що піски, які транспортуються спіралями, в пісковий жолоб поступають нерівномірно. Вода, що надходить в пісковий жолоб, і піски, які поступають нерівномірно в часі, створюють пульсуючий двохфазний потік. Він надходить в приймальний пристрій завиткового живильника кульового млина.

Завитковий живильник представляє собою спіральної форми черпак 1 (розташований нижче вісі млина) з круглим отвором в боковій стінці для завантаження млина дрібною рудою. Такими живильниками забезпечуються млини, що працюють на доподрібненні пісків класифікації першого циклу подрібнення. Вони виготовляються з одним, двома і трьома черпаками. Кінці черпаків захищаються змінними козирками 2 з міцної сталі.

Важливою характеристикою пісків класифікатора є їх крупність. Дослідженнями, проведеними на даних рудах в умовах кульового млина і механічного класифікатора, встановлено, що при різній продуктивності кульового млина гранулометричний склад пісків не залишається постійним. З ростом продуктивності кульового млина крупність пісків зменшується. Аналіз отриманих результатів показує, що можна вибрати найкращі умови для роботи циклу, коли продуктивність по вихідній руді відповідає номінальній продуктивності кульового млина.

Циркулююче навантаження в відкритих циклах подрібнення руди є витратами пісків спірального класифікатора. Так як в пісковий жолоб додається вода, то в ньому фактично створюється двохфазна суміш руда-вода. Тому можливо вимірювати витрати двохфазної суміші з послідуочим визначенням витрат твердого. Отже, мову можна вести про спеціальні технічні засоби вимірювання циркулюючого навантаження та витратоміри загального призначення.

На сьогодні розроблений високий арсенал витратомірів для різних потоків. Засоби безпосереднього вимірювання циркулюючого навантаження складають значно менший перелік.

Величину циркулюючого навантаження можна визначити безпосередньо по даним випробування окремих потоків циклу подрібнення.

Пристрої з стрічковими ваговимірювачами являють собою конвеєр, на який розвантажуються піски класифікатора. Можна визначити вагу стрічки з матеріалом або вагу всього конвеєра.

Навантаження електродвигуна класифікатора визначається силами опору руху транспортуючого органа класифікатора, тобто циркулюючим навантаженням. Величинами, що характеризують навантаження двигуна, служать активна потужність, що витрачається двигуном із мережі, і активна складова струму або повний струм.

Автоматичне управління виробничими процесами на залізрудних збагачувальних фабриках пред'являє високі вимоги до засобів контролю технологічних параметрів. Як і всі вимірювальні пристрої, що використовуються на збагачувальних фабриках, датчики циркулюючого навантаження повинні забезпечувати достатню точність вимірювання, малу інерційність, високу надійність. Вони повинні відрізнятися простотою вимірювальної схеми і конструкції, відносно малими розмірами і вагою.

Проведений аналіз показав, що жоден пристрій для вимірювання циркулюючого навантаження не може задовольнити вимогам до таких засобів в умовах керування процесами збагачувальних фабрик. Тому перспективою подальших досліджень є розробка такого пристрою.

THE SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL OF POWER SUPPLY OF THE ENTERPRISE WITH SOLAR PANELS

Larisa Vihrova, *Prof., PhD tech. sci.*

Viktor Murchyk, *master*

Central Ukrainian National Technical University

A significant amount of electrical energy is required to maintain the normal operation of a heavy machinery plant.

Currently, the whole world is suffering from the energy crisis, which leads to an increase in the cost of energy use. Therefore, there is a need to reduce the use of traditional energy sources through the introduction of non-traditional types of energy sources.

For this purpose, a power supply system with solar panels was developed on the example of a heavy engineering plant.

In winter, the total energy needs of the heavy engineering plant are 20,349 W • h, in summer - 17,296.65 W • h, in spring and autumn at 15,261.75 W • h, the calculations show that the energy needs in winter are the highest.

The systems for which energy is supplied at the enterprise are heating, ventilation, lighting, production shop, etc. All these systems receive electricity from the central power grid. The set of these systems forms the power supply system of the enterprise (SEP).

Factors influencing the control object are the intensity of solar radiation and the energy needs of the consumer. The analysis of the components of the control object should include a study of the above factors.

The average daily energy needs for this enterprise were determined, which are: 400.8 kW in winter; in spring and autumn - 300.6 kW; in summer - 340.7 kW.

It is determined that to meet the energy needs of the enterprise it is possible to use 100 JV type TALESUN TP672M-370W.

As a result of the analysis of the company's energy needs, it was found that in winter solar panels can provide about 9.45% of the company's energy needs, in spring almost 14.44%, in summer about 25.36% and in autumn almost 22.27%.

When developing the algorithm of this system, it was taken into account that the priority in energy supply should be given to solar energy.

Studies of the ability to meet the energy needs of the enterprise have shown that the inflow of solar energy is much less than the schedule of the enterprise. Therefore, it was decided to store the energy received from solar panels in the storage system, in order to further use the energy at the right time. Thus, the microcontroller must first signal the transfer of energy received from the solar panels to the batteries, and then provide it to the consumer.

If the energy accumulated in the batteries is not enough to meet the energy needs of the enterprise, you need to give a signal about the need to use energy from the grid.

That is, the automatic control system (ACS) must constantly compare the energy needs of the enterprise and energy flows. Then the ACS must decide on the use of a particular energy source.

If none of the energy sources can meet the energy needs of the enterprise, the microcontroller must signal the shutdown of the system. This situation is undesirable for the company, because in this case its energy needs will not be met.

Therefore, when developing ACS SEP it is necessary to use methods that allow the ACS to respond to external influences that can lead to the shutdown of SEP.

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ
МОЛОТАРКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ**

**О. Дідик, доц., канд. техн. наук.,
О. Оглоблін, гр. ЕС-19М**

Центральноукраїнський національний технічний університет

Основними напрямками розвитку зернозбиральної техніки є підвищення продуктивності, покращення ефективності використання наявних потужностей, зменшення втрат зерна та звичайно полегшення праці комбайнера. Деякі питання потребують внесення змін в конструкцію комбайну, а деякі лише доповненням наявної конструкції системами автоматики.

Дана робота присвячена стабілізації потоку хлібної маси на вході в молотарку зернозбирального комбайну, що дасть можливість підвищити ефективність збору зернових та зменшити втрати зерна. По-перше, робота комбайну в оптимальному режимі дозволить пришвидшити процес збору, а це дасть можливість зменшити втрати зерна перед комбайном. По-друге, уникнення перевантаження комбайну не призведе до збоїв в його роботі, а також зменшить втрати зерна після комбайну. По-третє, відсутність недовантаженості комбайну дозволить уникнути роботи в холосту та зменшить дроблення зерна після молотарки.

В роботі розглянута конструкція зернозбирального комбайну «Славутич» [1,2]. Зелена маса після зрізання формується в потік та через транспортер подається до молотарки, де і відбувається процес відокремлення зерна. Пропускна здатність комбайну становить 9 кг/с. Задачею системи стабілізації є підтримання потоку хлібної маси близьким до цього значення. Потік залежить від урожайності зерна, швидкості руху комбайну, ширини захвату жатки та відношення зерна до не зернової маси. Оскільки урожайність змінюється в напрямку руху комбайну, то регулювати завантаження необхідно зміною швидкості руху.

Основним елементом, що приводить в рух комбайн є гідротрансмсія [3]. На комбайні «Славутич» використовується гідротрансмсія ГСТ-112. Гідронасос приводиться в рух від двигуна комбайну, який обертається з постійною частотою. Кількість рідини, що поступає від гідронасосу до гідромотору залежить від нахилу шайби, а відповідно частота обертання гідромотору залежить від кількості рідини. Тому за допомогою зміни кута нахилу шайби гідронасосу змінюється частота обертання валу гідромотору, а відповідно і швидкість руху комбайну.

На основі карти урожайності поля було проведено дослідження динаміки зміни урожайності по ходу руху комбайну. В результаті одержали, що середня урожайність становить 35 ц/га, при цьому вона змінюється в межах від 25 до 45 ц/га, а спектральна щільність зміни урожайності має наступний вигляд

$$S_{yy}(s) = \frac{\sigma_y^2}{\pi} \left| \frac{1}{(T_y s + 1)} \right|^2 \quad (1)$$

Перехід від швидкості комбайну до потоку хлібної маси був взятий у вигляді пропорційної ланки з коефіцієнтом рівним трьом.

Вимірювання потоку хлібної маси проводиться у транспортері. Ведений вал транспортера – плаваючий. В залежності від потоку він переміщається. Положення

валу вимірюється за допомогою магнітного датчику. В якості виконавчого механізму обрано електропропорційний гідророзподільвач, який за сигналом управління переміщує шайбу гідронасосу.

В результаті структурна схема автоматизованої системи стабілізації завантаження зернозбирального комбайну набула наступного вигляду (рис. 1)

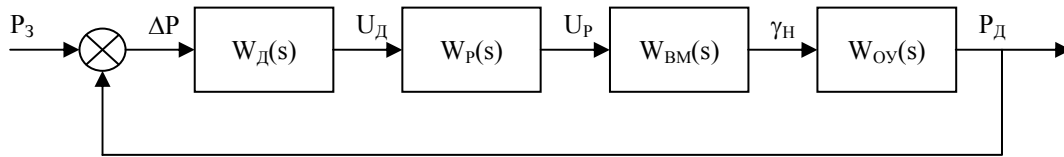


Рисунок 1 – Структурна схема САР завантаження комбайну

Дану систему можна розглядати як систему стабілізації якщо привести її до необхідного вигляду. Тоді для передаточної функції регулятора можна використати алгоритм синтезу оптимального регулятора [4]. В результаті його застосування була одержана передаточна функція оптимального регулятора

$$W_{рег} = \frac{0,93(20s + 1)(0,111s^2 + 0,467s + 1)}{(14,42s + 1)(0,66s + 1)(9,76s + 1)}. \quad (2)$$

Для дослідження якісних характеристик автоматизованої системи стабілізації було використано метод імітаційного моделювання [6]. Розроблена модель роботи зернозбирального комбайну без системи стабілізації та з автоматизованою системою стабілізації. При моделюванні значення потоку хлібної маси визначалось шляхом перемноження сигналів зміни урожайності та швидкості комбайну попередньо помноженої на коефіцієнт зв'язку, що включає в себе ширину захвату жатки та параметр відношення зерна до не зернової маси, які вважались постійними. Середньоквадратичне відхилення системи з оптимальним регулятором становить 0,77 кг/с, при цьому воно зменшилось по відношенню до системи без регулювання у 6 разів.

Оптимальний регулятор реалізовувався на мікроконтролері. Для цього був визначений період дискретизації рівний 0,1 с. Виконане Z-перетворення та одержані різниці рівняння. На їх основі побудований алгоритм програмної реалізації.

Цифровий регулятор завантаження зернозбирального комбайну апаратно реалізовано на мікроконтролері PIC16F873.

Список літератури

1. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
2. Долгов И.А. Уборочные сельскохозяйственные машины. (Конструкция, теория, расчет): Учебник. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2003. – 707 с.
3. Нагорный В.С., Денисов А.А. Устройства автоматики гидро- и пневмосистем: Учеб. Пособие техн. Вузов. – М.: Высш. Шк., 1991. – 367 с.
4. Блохін Л.М., Буриченко М.Ю. Статистична динаміка систем управління: Підручник. – К.: НАУ, 2003. – 208 с.
5. Стеклов В.К. Проектирование систем автоматического керування.-К.:Вища школа,1995.-231 с.
6. Дьяконов В., Круглов В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002. – 448 с.:ил.

СТАБІЛІЗАЦІЯ ТЕМПЕРАТУРИ МАТЕРІАЛУ В ЦИЛІНДРАХ ЕКСТРУЗІЙНОГО АГРЕГАТУ

**В. Попета, ст. гр. АК-19М,
В. Кондратець, проф., д-р техн. наук**
Центральноукраїнський національний технічний університет

Вибір такого напрямку досліджень обумовлений наявністю проблем в процесі виробництві профілю з термопластів, а саме коливання якості продукції через недосконалість існуючих засобів автоматизації регулювання температури розплаву по зонам екструзійного агрегату взагалі і в зоні головки зокрема. Сучасні агрегати обладнані системами регулювання температури, проте невеликі приватні підприємства використовують обладнання, яке потребує вдосконалення. Крім того, часто устаткування монтується в цехах, де добове і сезонне коливання температури середовища не відповідає нормам. Метою досліджень є підвищення рівня якості продукції, що випускається, шляхом удосконалення існуючого обладнання, і, як наслідок, більш точного регулювання згаданого технологічного параметра. Проект автоматизації певної ділянки процесу виробництва профілю передбачає зменшення затрат на виробництво продукції через зменшення бракованих виробів, а також зменшення фізичного навантаження робітників.

Розглядалася схема технологічного процесу виробництва профільних виробів із термопластів, детальний аналіз якої призводить до формування ідеї створення інформаційно-контролюючої системи, яка б підвищувала ефективність ведення процесу, проте на шляху створення такої системи слід вирішити ряд частинних задач, зокрема і задачі стабілізації температури розплаву як по зонам окремо, так і головки екструдера на певному рівні, що задається оператором. Сьогодні торгові організації пропонують широкий спектр екструзійного обладнання, проте в даній роботі розглядається екструдер НР-45Н, оскільки саме такий агрегат використовується на невеликих підприємствах, і саме на цьому агрегаті виникали проблеми з невідповідності якості продукції заданим нормам. Основними елементами екструдера є циліндр, що обігривається, шнек з охолодженням, сітки, що розміщуються на ґратах, і формуюча головка. Залежно від природи полімеру, технологічних режимів переробки застосовуються шнеки різного профілю, зокрема з різним характером зміни глибини h нарізки по довжині шнека.

Роботу над вдосконаленням існуючої системи було розпочато з огляду загальної схеми управління, з огляду різних типів регуляторів температури. Була розроблена схема електрична функціональна системи автоматичного регулювання температури в робочій камері екструдера. З метою дослідження динамічних характеристик системи та визначення показників якості визначені передаточні функції елементів системи, побудовано графік експериментальної перехідної характеристики об'єкту з ілюстрацією графічного методу визначення динамічних характеристик, проведено експериментальне визначення передаточної функції об'єкту регулювання. На основі функціональної схеми створена схема електрична принципова мікропроцесорної частини розроблюваної системи, а також запропоновано узагальнений алгоритм її роботи.

Список літератури

1. Производство изделий из полимерных материалов /В.К. Крыжановский [и др.]. - СПб.: Профессия, 2008. – 460 с.

2. Оссвальд Т.А. Литье пластмасс под давлением /Т.А. Оссвальд, Ш. Тунг, П.Дж. Грэмани. — СПб.: Профессия, 2006. – 712 с.
3. Ключев А.С., Пин Л.М. Наладка средств измерений и систем контроля: Справочное пособие. - Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 400 с.

УДК 631.354.2

СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА СИСТЕМИ АДАПТАЦІЇ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ІЗ ВИБОРОМ СТРАТЕГІЇ

С. Смолінський, доц., канд. техн. наук
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Для механізованого збирання зернових культур у всьому світі використовуються переважно самохідні зернозбиральні комбайни, які досить складні конструктивно і динамічні при виконанні робочого процесу. З метою підвищення ефективності роботи зернозбиральних комбайнів та зменшення навантаження на оператора в конструктивних схемах збиральних машин встановлюються різноманітні автоматичні системи, які дозволяють забезпечити адаптацію зернозбирального комбайна щодо напрямку руху комбайна, вибору необхідної швидкості машини, режимів роботи системи тощо.

Останнім часом наявність та ефективність застосування в конструкції збиральних машин систем адаптації стало однією із основних ознак технічного рівня комбайна. В конструкціях сучасних марок зернозбиральних комбайнів все частіше застосовуються такі системи, а їх рівень з кожним роком змінюється, вони стають більш ефективнішими, але і складнішими.

Найбільш відомими системами автоматичного контролю і оперативного управління зернозбиральними комбайнами є: системи управління робочим процесом жатки, системи паралельного водіння комбайна та направлення жатки краю проходу або по рядках, системи управління завантаженням молотарки комбайна хлібною масою, системи управління режимами роботи молотарки, адаптації комбайна при роботі на схилі, картування врожайності зернових культур в процесі збирання, контролю за функціонуванням агрегатів комбайна та уникнення їх критичного стану, управління режимами роботи двигуна тощо, які функціонують в більшості випадків лише на основі даних по хлібній масі в жатці, похилій камері чи молотильному апараті зернозбирального комбайна. Однією із головних проблем, з якою стикаються фахівці за наявності таких систем на стадії їх розробки та проектування, є пошук шляхів підвищення ефективності функціонування.

З метою підвищення ефективності процесу збирання зернових культур доцільно оперативний контроль і управління робочим процесом зернозбирального комбайна здійснювати на основі системного аналізу умов виконання процесу та із вибором стратегії процесу збирання.

Аналіз умов виконання процесу може здійснюватися шляхом контролю характеристик хлібостою (дистанційний моніторинг, прогнозування характеристик на основі вегетаційних моделей і т.д.) та режимів роботи зернозбирального комбайна і окремих його робочих органів згідно даних датчиків.

Основними елементами такої схеми (рис. 1) є: блок 1 оцінки характеристики біосередовища на основі даних моніторингу або вегетаційної моделі; блок 2 оцінки даних датчиків режимів роботи та якості функціонування комбайна в цілому і окремих його робочих органів; блок 3 вибору стратегії функціонування, в якому оператором задається відповідна стратегія при збиранні зернових культур в залежності від умов збирання, цільового призначення врожаю тощо; блок 4 обґрунтування режимів роботи

зернозбирального комбайна (у відповідності із обраною стратегією і даними з блоків 1 і 2) та формування керуючого сигналу на виконавчі пристрої.

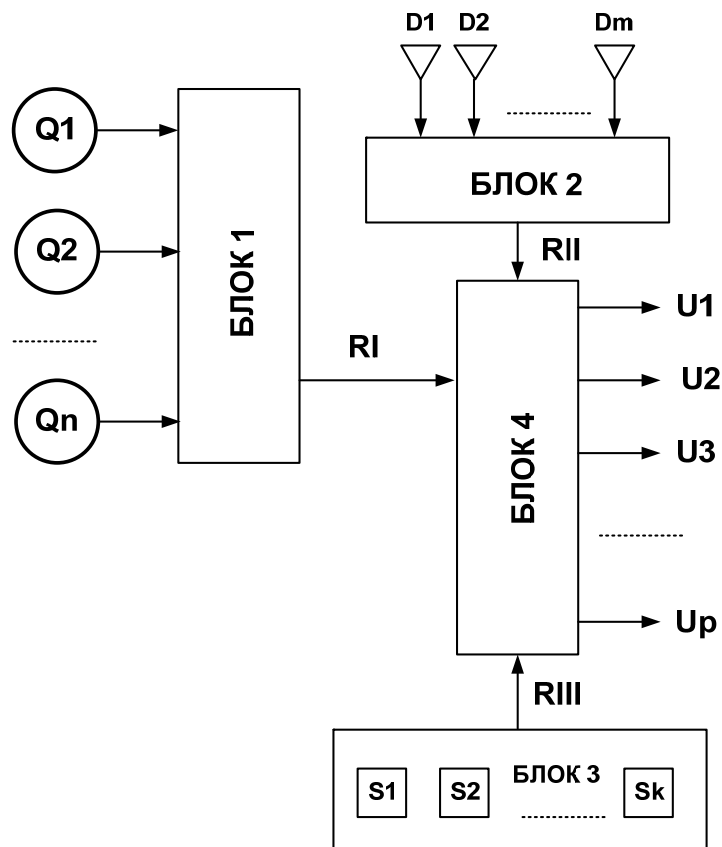


Рис. 1. Структурно-логічна модель системи адаптації зернозбирального комбайна із вибором стратегії

Блок 1 являє собою нейронну мережу, входами якої є значення характеристик хлібостою Q_1, Q_2, \dots, Q_n , а виходом - модель стану біосередовища RI (може формуватися на основі розробленої і завантаженої вегетаційної моделі), а блок 2 – мережу, в якій входами є дані датчиків D_1, D_2, \dots, D_m з вихідним показником RII . В блоці 3 оператор здійснює вибір стратегії із можливих S_1, S_2, \dots, S_k або задається власною стратегією (функціонування цього блоку здійснюється у відповідності з мережею Петрі), на основі якої в блоці 4 обирається відповідна динамічна модель і з урахуванням RI і RII обґрунтовуються оптимальні значення режимів роботи зернозбирального комбайна та окремих його робочих органів і формуються сигнали на виконавчі пристрої, що забезпечують відповідне управління процесом.

Аналогом такої системи може бути розробка компанії JOHN DEERE, що полягає у керуванні роботою проактивного автоматичного зернозбирального комбайна (із можливістю «самонавчання») на основі даних, які отримані з 3D-камер на комбайні та із використання вегетаційних моделей (формуються по карті або зображенні біомаси при супутниковому моніторингу або за допомогою цифрових технологій). Отримані дані формують математичні моделі, які використовуються безпосередньо для керування величиною швидкості руху та режимів роботи комбайна і окремих його робочих органів.

КЕРУВАННЯ ЛІНІЙНИМ КРОКОВИМ ПРИСТРОЄМ ПРИ ЗМІННИХ ІНДУКТИВНИХ ПАРАМЕТРАХ

А. Білоус, ст. гр. М2МЕ-20,
В. Смолянинов, доц., канд. техн. наук
Київський національний університет технологій та дизайну

Для автоматизації технологічних процесів широке застосування знайшли лінійні крокові пристрої, як елементи електроприводу з покроковим пересуванням рухомої ланки. З великої кількості механізмів, що використовують для створення обертового моменту або синхронізуючого зусилля під дією струму та магнітного поля та які можна розділити: а) пристрої у яких взаємодіють постійні магніти та провідники зі струмом (магнітоелектричні); б) пристрої у яких частини з магнітом'якого матеріалу втягуються в котушки зі струмом (електромагнітні); в) пристрої у яких взаємодіють котушки зі струмом, будемо розглядати тільки електромагнітні пристрої лінійного пересування принцип дії яких базується на дискретній зміні стану електромагнітного поля в робочому зазорі за рахунок імпульсного збудження або перемикання обмоток при пересуванні рухомої ланки на довжину кроку. Для реалізації багатокрокового пересування використовуються крокові двигуни. Лінійні крокові двигуни (ЛКД) з електромагнітним зв'язком статора та якоря зберігають синхронізм при пересуванні якоря при пуску, гальмуванні та реверсі, а також допускають довгу фіксовану стоянку якоря коли в обмотці статора протікає постійний струм. Керування такими ЛКД відбувається за допомогою напівпровідникових перетворювачів які формують необхідні рівні напруги живлення керуючих обмотках ЛКД та мають відповідну систему керування ними за допомогою датчиків, що контролюють пересування якоря, чи без них, при досягненні струмом в обмотці свого сталого значення.

Багатообмоткова структура ЛКД подається як єдиний магнітопровід, в якому розміщені магнітозв'язані обмотки в розточці якого, вздовж секцій з полюсними наконечниками де розміщені обмотки керування, пересувається якор, який набраний з почергово встановлених феромагнітних та немагнітних вставок, що відповідає довжині кроку при пересуванні якоря.

На основі аналізу експериментальних кривих зміни індуктивності обмотки ЛКД в залежності від положення якоря [1, 2] отримані вирази, що апроксимують характер цих змін при переміщенні якоря до підходу під полюсний наконечник статора ЛКД, при $\sigma^* < s \leq 1 - K$:

$$L^* = L_H^* - \Delta L_I^* \cos \left[\frac{\pi(s-\sigma^*)}{2(1-K-\sigma^*)} \right]; \quad \frac{dL^*}{ds} = \frac{\pi}{2(1-K-\sigma^*)} \Delta L_I^* \sin \left[\frac{\pi(s-\sigma^*)}{2(1-K-\sigma^*)} \right],$$

та при підході під полюсний наконечник, при $1 - K \leq s < 1$;

$$L^* = L_I^* + \Delta L_H^* \sin \left[\frac{\pi(s+K-1)}{2K} \right]; \quad \frac{dL^*}{ds} = \frac{\pi}{2K} \Delta L_H^* \cos \left[\frac{\pi(s+K-1)}{2K} \right],$$

що представлені в безрозмірному вигляді, де коефіцієнти, що визначають зв'язок розмірних та безрозмірних величин, наведені:

$$L^* = \frac{L}{L_I}; \Delta L_I^* = \frac{\Delta L_I}{L_I}; \Delta L_H^* = \frac{\Delta L_H}{L_I}; \varepsilon = \frac{\pi}{\pi_g}; \sigma^* = \frac{\sigma}{\pi_g}; K = \frac{b_n}{2\pi_g};$$

$$\Delta L_I = (L_{II} - L_I) \frac{b_{II} - b_I - 2\sigma}{b_{II} - 2\sigma}; \Delta L_{II} = (L_{II} - L_I) \frac{b_{II}}{b_{II} - 2\sigma}$$

де L_I, L_{II} - мінімальна та максимальна індуктивності обмотки; $b_{ст}$ - ширина секції статора; b_{II} - ширина полюсного наконечника; σ - зміщення якоря відносно положення магнітної рівноваги, а шаг переміщення якоря - x_8 . На рис.1 представлені графіки, що ілюструють зміну індуктивності та її першої похідної в безрозмірному вигляді при переміщенні якоря ЛКД. При порівнянні експериментальних [2] та розрахункових даних знаходимо, що середня похибка не перевищує 15 %, яку можна пояснити додатковим механічним опором при переміщенні якоря.

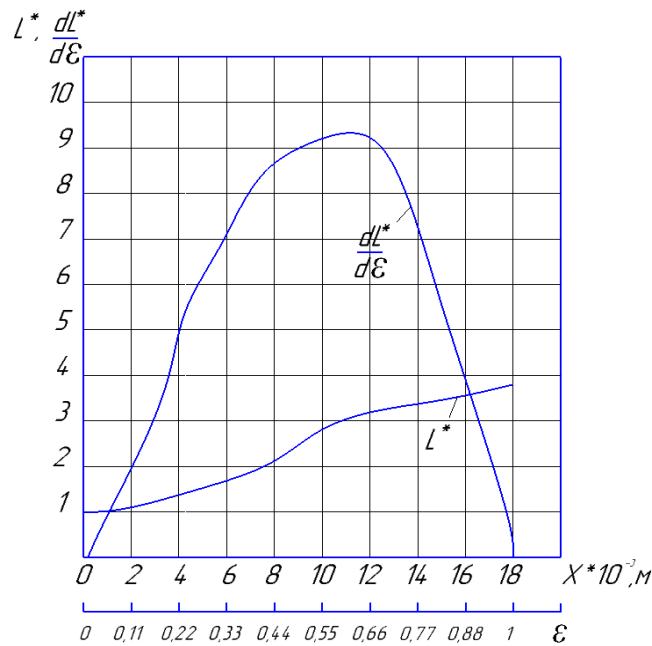


Рисунок 1 - Графік індуктивності та її першої похідної у безрозмірних величинах

Аналізуючи залежність індуктивності та її першої похідної від координати у безрозмірному вигляді, знаходимо, що при підході якоря під полюсний наконечник зміна індуктивності незначна, що призводить до стрімкого зменшення її похідної, яка в положенні магнітної рівноваги приймає нульове значення, що пояснюється замиканням магнітного ланцюга крізь ділянки з малим магнітним опором та досягненням індуктивності системи свого максимального значення. Зі зміною індуктивних параметрів ЛКД, відбувається зміна струму в обмотці включеної секції ЛКД який досягає свого мінімального значення [3] коли індуктивність має максимальне значення, а її похідна спадає до нуля, якір зробила переміщення на величину кроку та зайняв положення магнітної рівноваги в секції включеної обмотки. Аналіз зміни струму в обмотках ЛКД при зміні його індуктивних параметрів, дозволяє реалізувати керування ЛКД без додаткових складних апаратних засобів та покращити динамічні та енергетичні характеристик його роботи.

Список літератури

1. Гнатов А. В. Теорія електроприводу транспортних засобів / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, І. С. Трунова. - Харків: ХНАДУ, 2016. - 292 с.
2. Электромагнитный привод робототехнических систем / [А.А. Афонин, Р.Р. Белозер, В.В. Гребеников и др.]. - Киев: Наук. думка, 1986. - 272 с.
3. Смолянінов В. Г. Енергоефективне керування лінійним кроковим пристроєм / В. Г. Смолянінов, О. М. Сухопара // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2019. – № 4 (136). – С. 49-57.

SIMULATION MODEL OF CONTROL SYSTEM OIL TRANSPORTATION

Mariya Miroshnichenko, *Assos. Prof., PhD tech. sci.*
Vladyslav Totskyi, *master*
Cetnral Ukrainian National Technical University

In the development of the oil industry of our country today there is a new stage associated with a comprehensive automated control of oil production, refining and transportation.

It is important to create such methods and models that would systematically analyze the distributed technological complex and, using modern information technology to increase the efficiency of management of integrated automated information and control systems.

When analyzing the organizational structure of such systems, it was found that it has a multilevel, hierarchical form, and its operation is described by many algorithms interconnected, or represented by a system of algorithms and logical rules of communication between them. In addition, it should be borne in mind that such systems must be considered, both in normal operation and in the event of abnormal situations, which must be described by appropriate algorithms.

Modeling of oil transportation systems can be performed at different levels of the hierarchy, while at the lower levels of the hierarchy the duration of simulated control algorithms is minimal, and at the upper levels of control it has the maximum duration. Therefore, to study the dynamics of the system at different levels of management, you can set different units of simulation time

A distinctive feature of the processes of oil production, refining and transportation is their continuous nature. The internal modeling mechanism is based on the discrete principle, which allows by detailed simulation to represent a continuous flow in the form of discrete applications. In this way, the entire production and marketing cycle of the oil complex is modeled, starting with the extraction of natural raw materials and ending with its sale. To account for the long-term aspect of the field, the model provides for the possibility of a gradual decrease in intensity from the maximum value to zero (interpreted as an emergency stop of the production process). An example of such a dependence is the function of the exponential law, where the intensity decreases over time.

For the tasks of analysis of management, operation, forecasting of oil transportation systems, a computer simulation system was developed, which is an integrated graphical shell for rapid creation of interactive visual models of complex distribution networks for gas, oil and oil transportation and computational experiments. with them.

The simulation model of the system allows to study different modes of operation of the distributed network of a given architecture with the accumulation of statistical information and preparation of data for decision-making in the field of management of transportation of oil and oil products.

СТАБІЛІЗАЦІЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ У ВУЛИКАХ

**С. Шевченко, ст. гр. АК-19М,
В. Кондратець, проф., д-р техн. наук**
Центральноукраїнський національний технічний університет

В роботі розглядаються проблеми автоматизації бджільництва, яке у даний час не користується популярністю в Україні, адже великі сільськогосподарські організації у своїй діяльності здебільшого розвивають рослинництво, займаються розведенням великої рогатої худоби. Останнім часом значно зменшилась кількість пасік, знижується виробництво продуктів бджільництва. В такій ситуації не можливо вести розмову про розвиток автоматизації технологічних процесів даної галузі, впровадження засобів, які підвищують продуктивність бджолиних господарств. Дослідження технологічних процесів бджільництва, створення засобів автоматизації та механізації, які дозволять підвищити продуктивність окремих пасік і сільського господарства загалом є необхідними, а це доводить актуальність обраної теми роботи.

Проведення досліджень передбачало здійснення аналізу ведення пасічного господарства. Зокрема розглядалися роботи на пасіці в 100 вуликів. Об'єктом дослідження є найбільш розповсюджений на українських пасіках вулик-лежак на 20 рамок.

В умовах широкого розповсюдження мікропроцесорної техніки та її здешевлення, можливо створювати і використовувати не дорогі, прості у обслуговуванні і користуванні пристрої. Звичайно, створення автоматизованих комплексів, які б забезпечували найменше втручання бджоляра у складну біологічну систему – це надто не проста задача, оскільки машину не можливо навчити тонко відчувати процеси у бджолиній сім'ї, як їх може відчувати досвідчений пасічник. Проведені дослідження спрямовані на вирішення частинних задач автоматизації процесів бджільництва, а саме на розробку та дослідження системи стабілізації температури у вулику, використання якої сприятиме підвищенню продуктивності бджіл, адже, знаходячись у холодному середовищі, бджоли поїдають меду більше, витрачаючи його на теплотворення. Навесні бджоли підвищують виділення тепла, споживаючи більше меду. У цьому випадку не покритий бджолами розплід проохолоджується і гине. Крім того, підігрів створює своєрідний інкубатор. Це звільняє бджіл від обігріву розплоду, дозволяє більшій кількості бджіл займатися збором меду.

Для створення системи регулювання температури повітря у вулику було вибрано нагрівальний елемент та датчик. Проте для того, щоб мати можливість використати сигнал вказаного датчика в якості інформативного параметра необхідно було визначити залежність вихідного сигналу датчика від температури повітря у вулику. Для визначення вказаної залежності були використані експериментально отримані дані, аналіз яких показав явну лінійну залежність вихідного сигналу датчика від температури. В роботі визначено рівняння регресії і коефіцієнт кореляції та виконана оцінка їх істотності.

Була розроблена функціональна та структурна схеми системи регулювання температури повітря у вулику, визначені передаточні функції розімкнутої, замкнутої системи. Засобами математичного редактора Matcad побудовано графік перехідного процесу системи, що дало можливість визначити прями показники якості.

Список літератури

1. Тарасов Е.Я. Эффективное пчеловодство. Все о домашнем пчеловодстве. - Ростов н/Д.: Издательский дом "Владис", М.: Издательский дом "РИПОЛ Классик", 2007. – 450 с.
2. Гордов А.Н., Жагулло О.М., Иванова А.Г. Основы температурных измерений. М.: Энергоатомиздат, 1992. – 450 с.

УДК 621.18:622.412

MATHEMATICAL MODELS OF THE GAS FUEL COMBUSTION PROCESS IN A BOILER UNIT

Larisa Vihrova, Prof., PhD tech. sci.

Igor Yakubenko, master

Central Ukrainian National Technical University

The modern period of society's development is characterized by an intensive increase in the consumption of natural energy sources, primarily oil and natural gas.

This is due to the growing needs of society in heat and electricity, as well as in motor fuels for transport and raw materials for the chemical industry.

Along with the technical and technological improvement of work processes in the heat industry based on the use of new materials and design solutions, no less important is the rational management of energy conversion processes, the main task of which is to support the best in terms of energy conservation and environmental improvement. environmental parameters and characteristics of the fuels used.

Mathematical models of these processes are systems of differential equations in partial derivatives, which complicates their effective use in solving control problems.

On the other hand, the finite-dimensional approximation of distributed processes requires additional information about the parameters of the model, such as heat transfer coefficients, constant rates of chemical reactions and others, the reliability of which is not guaranteed in the considered technological process.

These circumstances significantly complicate the procedure for solving the problem of process control in the power plant and do not guarantee a high degree of adequacy.

In this regard, there is a need to develop simplified mathematical models of working processes of thermal power plants, which allow to effectively conduct a comparative assessment of different structures of control systems and the synthesis of their optimal parameters.

The criteria that allow to consider dynamic systems as quasistatic are substantiated.

The criteria take into account both the parameters of the mathematical model of the dynamic system and the characteristics of the control and perturbing effects on the control object.

A complete and simplified mathematical model of the process of combustion of gaseous fuel in the furnace of boilers, which are based on the balance ratios for energy and matter. It is shown that such a model is quasi-static.

This allowed us to apply the classical general approaches to the synthesis of the optimal stabilization system of the operating point of the boiler.

ГЕНЕРАТОР ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ЧИСЕЛ НА ОСНОВІ ХАОТИЧНОГО БІЛЬЯРДУ СІНАЯ

О. Майданик, магістрант,

О. Собінов, викладач,

Є. Мелешко, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Генератори псевдовипадкових чисел застосовуються у багатьох сферах, зокрема, у криптографії, моделюванні, евристичних алгоритмах, розробці комп'ютерних ігор, тощо.

В даний час існує велика кількість методів генерації послідовностей з різним ступенем випадковості. Однак на практиці більшість цих генераторів створюють послідовності, властивості яких не відповідають вимогам випадковості і є генераторами псевдовипадкових чисел (ГПВЧ).

Часто в послідовностях чисел, які згенеровані ГПВЧ існують очевидні закономірності, тому що генератори на основі математичних формул, а не фізичних явищ, повністю детерміновані. Вони використовують різні складні функції для обчислення псевдовипадкових чисел. Послідовності, отримані в результаті роботи таких генераторів, є передбачуваними та відтворюваними, а отже часто непридатними до використання, зокрема, у криптографії [1].

Системи динамічного більярду виявили добре розвинену хаотичну поведінку [2, 3]. Незважаючи на хороші характеристики, ці системи не використовуються на практиці для створення ГПВЧ. Головною причиною є складність вираження рівняння руху частинок в явній формі.

У 1976 році відомий математик Сінай Я.Г. довів, що поведінка більярдної кулі у динамічному більярді, яка визначається детермінованим рівнянням, та поведінка більярдної кулі, яка керується процесом Маркова першого порядку, нерозрізнимі. Оскільки марковський процес першого порядку є ймовірносним процесом, який залежить тільки від попереднього зіткнення з перепорою, то він є як недетермінованим, так і непередбачуваним [2]. На рис. 1 зображено вигляд графічного виведення роботи моделі генератора.

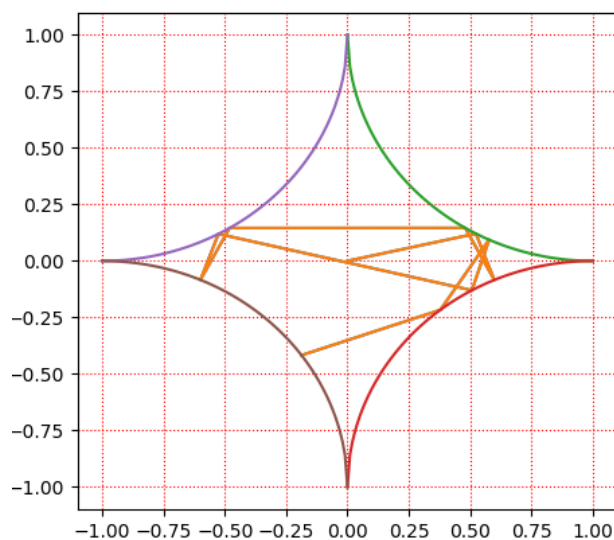


Рисунок 1 - Зовнішній вигляд графічного виведення роботи моделі генератора псевдовипадкових чисел на основі більярду Сіная

Програмне моделювання руху кулі у більярді Сіная [4] базується на твердженнях, що рух кулі здійснюється без втрати швидкості (терте відсутнє) та кут падіння дорівнює куту відбиття. Таким чином приймаємо, що рух кулі має швидкості по координатах $V_x = \cos(\alpha)$, $V_y = \sin(\alpha)$. Звідси $V_{x2} + V_{y2} = 1$. Приймаємо для побудови алгоритму руху кулі наступні входні параметри: напрямок руху кулі $-V = \{V_x, V_y\}$ та початкове положення кулі $P = \{P_x, P_y\}$.

Математична точка рухається по більярду Сіная з постійною швидкістю v . Коли вона досягає кордону, зазнає пружного зіткнення з дзеркальним відображенням відповідно до закону відбиття, кут падіння дорівнює куту відображення відносно \vec{n} нормального вектору в межі зіткнення кордону. Між двома зіткненнями частинка йде прямим шляхом.

Кути ініціалізації беруться використовуючи показчик, який вказує на різні позиції до тих пір, поки є його загальне покриття.

Математичні точки починають свій рух від центру поля в бік початкового кута який задається на початку розрахунків. Далі частинка в точці перетину відбивається по закону кутів та рухається до іншої точки перетину. Саме в цих точках перетину її є число яке генерується як випадкове.

При невеликій різниці початкового кута для різних математичних точок (напр., у проведених у даній роботі експериментах бралася різниця в 0,3 градуси) виникає дуже велика розбіжність у траєкторіях їх руху. Така велика розбіжність пояснюється високою хаотичністю математичного більярду Сіная.

Чутливість до невеликої зміни початкових параметрів є однією з основних властивостей ГПВЧ. Іншими словами, мала різниця в системі повинна викликати велику зміну псевдовипадкових послідовностей. Ця властивість робить генератор високо захищеним від статистичних та диференціальних атак, тому послідовність не може бути зламаною, навіть якщо між ними є невелика різниця початкових параметрів. Генератор заснований на математичному більярді Сіная володіє даною властивістю, а отже є захищеним від статистичних та диференціальних атак.

Перевага даного алгоритму в тому, що його можна використовувати на будь-якій платформі. Тобто можливе використання в портативних пристроях на основі мікроконтролера.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що науково-практична задача дослідження та реалізація алгоритму математичного більярду Сіная є актуальною, тому що на його основі можна створити якісні генератори псевдовипадкових послідовностей, які створюють послідовності чисел без очевидних закономірностей.

Список літератури

1. Атака на ГПВЧ [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Атака_на_ГПВЧ.
2. Собінов О.Г. Простий генератор псевдовипадкової послідовності // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія: зб. тез доп. наук.-практ. конф., м. Кіровоград, 4 груд. 2014 р. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 184.
3. Гананольский Е.М. О природе квантового хаоса в рассеивающей бильярдной К-системе // Доповіді Національної академії наук України. - 2012. - № 3. - С. 85-91.
4. Sinai Y.G. Dynamical systems with elastic reflections // Russian Mathematical Surveys. – 1970. - vol. 25, no. 2, pp. 137-189.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ У БАЗАХ ДАНИХ

Є. Мелешко, доц., канд. техн. наук,

В. Босько, доц., канд. техн. наук,

Р. Минайленко, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Бази даних надають можливість зберігати і обробляти дані у зручному для програміста форматі. Існують різні моделі збереження інформації у системах управління базами даних:

1. *Прості моделі даних.* Дані зберігаються у звичайних файлах. Напр., у електронних таблицях – у файлах формату .csv. Підходять для зберігання даних з простою структурою.

2. *Ієрархічні моделі даних.* Можуть бути представлені файловою системою, за дорогою якої можна здійснити деревовидне структурування даних шляхом розміщення їх у каталогах та файлах. В такому разі кожен запис може мати не більше одного батьківського запису і не можливо реалізувати відношення «багатьох-до-багатьох». Прикладом таких баз даних можуть бути різні файлові системи.

3. *Реляційні моделі даних.* Найпопулярніші моделі загального призначення. Дані представлені у вигляді таблиць. Окремий запис представлений у вигляді рядка таблиці. Для доступу до даних використовується структурована мова запитів SQL. Реляційна структура даних має ряд недоліків, що призводять до надмірності даних, які в свою чергу можуть приводити до різних аномалій та порушень цілісності даних. Для усунення цих недоліків структури використовується нормалізація. Приклади – MySQL, SQLite, Visual FoxPro, Access, Oracle.

4. *Модель даних «ключ-значення».* Належать до NoSQL типу. Для зберігання даних використовуються хеш-таблиці, які зберігають колекцію записів, що містять множину різних полів даних. Записи зберігаються та вилучаються з використанням ключа. Немає жорсткої схеми відношень між даними. Хеш-таблиці забезпечують швидкий доступ до даних, але ресурсомісткі. Найпопулярнішим прикладом таких баз даних є база даних Redis.

5. *Документні моделі даних.* Належать до NoSQL типу. В основі лежать документні сховища, що мають структуру дерева. Дані зберігаються в структурованих форматах JSON, BSON або XML. Кожен документ може мати свою внутрішню структуру. Запити до бази даних дозволяють знайти документ або частину документу. Документні моделі даних застосовуються в системах управління змістом, видавничій справі, документальному пошуку. Приклади таких баз даних – CouchDB, MongoDB, RethinkDB, eXist.

6. *Графові моделі даних.* Належать до NoSQL типу. Дані зберігаються у вигляді вершин та ребер графів. Вершини та ребра можуть мати будь-яку кількість пов'язаних з ними властивостей. Часто застосовують для моделювання соціальних графів, семантичної павутини, тощо. Можуть бути високопродуктивними, є більш наглядними та простими для внесення змін. Приклади – Neo4j, JanusGraph, JanusGraph, ArangoDB, InfiniteGraph.

7. *Комбіновані моделі даних.* Об'єднують переваги SQL та NoSQL підходів у побудові баз даних. Мають можливість горизонтального масштабування, велику продуктивність, гнучкість, але велику ресурсомісткість і необхідність спеціалізованих знань для роботи з ними. Приклади – MemSQL, VoltDB, Calvin, Calvin.

Вибір моделі збереження даних залежить від властивостей даних, що потребують обробки (зокрема, складності їх структури), сфери застосування і апаратних можливостей.

Список літератури

1. Коннолли, Т. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика / Т. Коннолли. - М.: Вильямс И.Д., 2017. - 1440 с.
2. Shashank Tiwari. Professional NoSQL. – John Wiley & Sons Inc, 2011. – 384 p.

УДК 004.9

ІНФОРМАЦІЙНІ ЗАГРОЗИ В РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Є. Мелешко, доц., канд. техн. наук,

М. Якименко, доц., канд. ф.-м. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Через соціальні мережі часто здійснюються різні інформаційні впливи [1, 2], і рекомендаційні системи (РС), як їх складова, стали однією з цілей для інформаційних атак з метою здійснення таких впливів [3, 4]. Виконавши успішну атаку на РС соціальної мережі, можна змінити наповнення та порядок показу об'єктів у стрічках новин користувачам системи. Це можна використати в маркетингових, політичних чи шахрайських цілях.

Основним видом інформаційних атак на РС є атаки ін'єкцією профілів [4, 5]. Такі атаки мають на меті зміну рейтингів, а отже, і зміну частоти показів у рекомендаціях, певних об'єктів системи. Для реалізації описаних дій використовуються мережі ботів, так як тільки певна сукупність профілів у системі здатна вплинути на формування рекомендацій своїми згуртованими діями [4-6]. Якщо атакуючому вдається підвищити ймовірність потрапляння об'єкту у списки рекомендацій, то цільовий об'єкт з високою ймовірністю стає більш відомим, популярним та затребуваним у користувачів. Таким чином можна просувати певні товари, послуги чи інформацію. Мета атакуючого може бути і протилежною – знизити потрапляння об'єкту у списки рекомендацій. Це дозволить йому боротися з конкурентами, знижуючи популярність їх контенту. Тож атаки на РС можуть призводити до загроз інформаційній безпеці користувачам та збитків власникам системи.

Методи виявлення і нейтралізації атак у РС [6-8] спрямовані на виявлення профілів ботів у системі та нейтралізацію результатів їх роботи, а саме неврахування даних їх профілів у алгоритмах колаборативної фільтрації при формування рекомендацій автентичним користувачам системи.

Список літератури

1. Курбан О. В. Сучасні інформаційні війни в соціальних онлайн-мережах / О. В. Курбан // Інформаційне суспільство. – 2016. – Вип. 23. – С. 85–90. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/is_2016_23_15
2. Ulichev O.S., Meleshko Y.V., Sawicki D., Smailova S. (2019) Computer modeling of dissemination of informational influences in social networks with different strategies of information distributors // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering, Volume 11176, Номер статті 111761T
3. Lam, S.K., Riedl, J. (2004) Shilling recommender systems for fun and profit. Proceedings of the 13th International World Wide Web Conference, pp. 393–402.
4. O'Mahony M.P., Hurley N.J., Silvestre G.C.M. Promoting recommendations: An attack on collaborative filtering // from book Database and Expert Systems Applications: 13th International

- Conference, DEXA Aix-en-Provence, France. – 2002. – pp. 494–503. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-46146-9_49
5. Kumari T., Punam B. A Comprehensive Study of Shilling Attacks in Recommender Systems // IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Volume 14, Issue 4. – 2017. – URL: <https://www.ijcsi.org/papers/IJCSI-14-4-44-50.pdf>
 6. Recommender Systems Handbook / Editors Francesco Ricci, Lior Rokach, Bracha Shapira, Paul B. Kantor. – 1st edition. – New York, NY, USA: Springer-Verlag New York, Inc. – 2011. – 842 p.
 7. Zhou, W., Wen, J., Qu, Q., Zeng, J., Cheng, T. (2018) Shilling attack detection for recommender systems based on credibility of group users and rating time series. PLoS ONE 13(5): e0196533.
 8. Chirita P.A., Nejdl W., Zamfir C. Preventing shilling attacks in online recommender systems // In Proceedings of the ACM Workshop on Web Information and Data Management. – 2005. – pp. 67–74. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1097047.1097061>
 9. Zhou W., Wen J., Koh Y. S., Alam S., Dobbie G. Attack detection in recommender systems based on target item analysis // 2014 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Beijing, 2014, pp. 332–339, URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6889419>

УДК 004.9

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗГОРНУТИХ СПИСКІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ БАЗИ ДАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

В. Міхав, асп.,

Є. Мелешко, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

На сьогоднішній день рекомендаційні системи (РС) мають широке застосування у соціальних мережах, системах Інтернет-торгівлі, поширенні медіа-контенту, реклами та ін. Ефективний спосіб представлення даних, необхідних для роботи такої системи, може зменшити кількість потрібних ресурсів та полегшити розробку і використання більш складних алгоритмів для формування списків рекомендацій.

У цій роботі було проведено дослідження можливості та ефективності використання відкритих списків для збереження даних рекомендаційної системи.

Зв'язний список – це структура даних, у якій кожен елемент має вказівник на наступний елемент. Основна перевага цієї структури полягає у сталому часі додавання нового елемента. Проте для кожного елемента потрібно виділяти новий блок пам'яті, через що менеджер пам'яті спричиняє значні затримки та накладні витрати пам'яті.

Розгорнутий зв'язний список – це зв'язний список, кожен елемент якого містить масив логічних елементів. Це дозволяє об'єднати переваги масивів та зв'язних списків у випадку додавання елементів у кінець списку. Об'єднання блоків логічних елементів у список дозволяє додавати нові елементи без зміни розміру блоку пам'яті, економити пам'ять на вказівниках та ефективніше використовувати кеш процесора завдяки послідовному розташуванню елементів. При послідовному заповненні гарантується, що незаповненим лишиться не більше одного блоку елементів.

V-список – це розгорнутий зв'язний список, у якому розмір блоків задається геометричною прогресією. Це дозволяє зменшити зважений час додавання елемента і зменшити накладні витрати у списку малої розмірності, але збільшує максимальні накладні витрати у списку великої розмірності.

Ми пропонуємо зберігати у розгорнутому списку рекомендації користувачам для кожної сесії. У варіанті із інвертованим списком ми також зберігаємо дані про вподобання користувачів для кожного об'єкту. Завдяки інвертованому списку ми можемо використати наступну схему вибірки даних: 1) для кожного вподобання сесії вибрати з інвертованого списку усі сесії, пов'язані з об'єктом вподобання; 2) вибрати

вподобання усіх відібраних сесій. Таким чином це дозволяє переглядати лише частину даних. Завдяки цьому вибірка для формування рекомендації виконується швидше, але додавання нових вподобань вимагає більше обчислень та пам'яті.

У проведених експериментах, розгорнутий список показав найкращі показники швидкодії та використання пам'яті. Профілювання показало, що 75% часу роботи тесту для варіанту з розгорнутим списком зайняло генерування випадкових даних для тесту, тож саме сховище даних має високі показники ефективності. Профілювання варіанту із інвертованим списком показало, що доступ до випадкових блоків займає більше часу через неможливість закешувати їх, тож за умов реального навантаження час вставки нових даних буде більшим, а відносна ефективність застосування інвертованого списку зросте. Для найбільш ефективного використання пам'яті розмір блоку зв'язного списку має бути адаптований таким чином, щоб блоки були максимально заповнені. Блоки малого розміру зменшують втрати пам'яті, але збільшують час обходу усіх елементів списку та збільшують накладні витрати пам'яті.

УДК 004.62

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ЗНИЖЕННЯ РОЗМІРНОСТІ ПРИ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДАНИХ

**В. Прокопов, магістрант,
Є. Мелешко, доц., канд. техн. наук**
Центральноукраїнський національний технічний університет

Загалом розподілення великої вибірки даних на кластери є процесом самодостатнім і використання того чи іншого алгоритму кластеризації може не потребувати попереднього очищення набору даних. Проте під час вирішення задач машинного навчання із виконанням обробки даних, які мають велику кількість ознак, виникає низка вагомих проблем: складність моделі; надмірність даних; велика тривалість тренування; велика розмірність простору даних; складність графічного представлення даних. Для вирішення цих проблем і використовується зниження розмірності.

Під процесом зниження розмірності даних прийнято розуміти перетворення даних з простору великої розмірності в простір низької розмірності таким чином, щоб представлення нового простору зберегло деякі значимі властивості вихідних даних. Такий підхід необхідний для обробки надлишкових даних, коли найважливіші ознаки зводяться до невеликої підмножини усієї множини ознак, і тому немає сенсу використовувати їх усі, що є особливо актуальним для корелюючих ознак. Зниження розмірності даних виконується або вибором найбільш вагомих для даних ознак, або створенням нових ознак на основі комбінації старих [1, 2]. Пошук найбільш інформативних ознак дозволяє зробити модель більш компактною і уникнути втрат, пов'язаних з негативним впливом малоінформативних ознак. Відбір інформативних ознак полягає в пошуку найкращої підмножини з множини всіх вихідних змінних. Критеріями можуть служити або найбільш висока якість моделювання при заданій розмірності простору ознак, або найменша розмірність даних, при якій можлива побудова моделі заданої якості. Типовим прикладом застосування зниження розмірності при кластеризації є поєднання алгоритму k-середніх із PCA (рис. 1). Використання таких алгоритмів як PCA дозволяє зменшити кількість змінних, об'єднавши їх у більш значущі властивості, що забезпечує покращення відділення одного сегменту сукупності даних від іншого.

Хоча зниження розмірності насправді викликає втрату деякої інформації, в більшості випадків воно дозволяє відфільтрувати деякий шум і непотрібні деталі,

забезпечивши більш високу продуктивність алгоритмів кластеризації [3]. До того ж зниження розмірності також надзвичайно корисно при візуалізації даних.

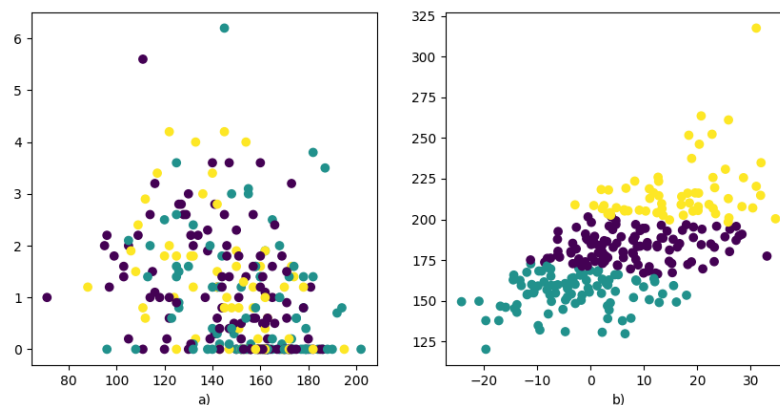


Рис. 1. Візуалізація кластеризованих даних з (b) та без (a) звикористання зниження розмірності

Список літератури

1. Снижение размерности признакового пространства. URL: https://studme.org/93348/statistika/snizhenie_razmernosti_priznakovogo_prostranstva
2. Clustering and Dimensionality Reduction. URL: <https://www.imperva.com/blog/clustering-and-dimensionality-reduction-understanding-the-magic-behind-machine-learning/1>.
3. Жерон, Орельен. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем. СПб.: Альфа-книга. – 2018. – 688 с.

УДК 681.518.5

ЗАСОБИ ТРЕНДУ “INTERNET OF THINGS” В АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА

*В. Шельпяков, спеціаліст II категорії, викладач
Глухівський агротехнічний інститут імені С.А. Ковпака Сумського НАУ*

Інноваційні розробки і рішення про їх запровадження в промисловості протягом останніх десятиліть формують все нові та нові етапи технічної революції. Перша промислова революція використовувала енергію води та пару для механізації виробництва. Друга – використовувала електроенергію для створення масового виробництва. Третя – використовувала електроніку та інформаційні технології для автоматизації виробництва, і на ній базується четверта промислова революція. Вона характеризується процесом загального злиття технологій фізичної, цифрової і біологічної сфери, розмиваючи кордони між ними, і докорінно змінює саму концепцію виробництва. Сучасна автоматизація разом із створеним програмним забезпеченням дозволяє виробникам швидко адаптуватися до змін на ринку і створювати персоналізовані продукти в масовому масштабі. Такі машини повідомляють про свій поточний стан в режимі реального часу, підвищуючи ефективність виробництва і зводячи години простою до мінімуму. Любителям інновацій такі процеси відомі як «Інтернет речей». Термін «Інтернет речей» (або англійською “Internet of Things”, скорочено – IoT) вперше було сформульовано в кінці ХХ-го століття. Це концепція комунікацій об’єктів («речей»), які використовують технології для взаємодії між собою та з навколишнім середовищем. Вона передбачає виконання пристроями певних дій без

втручання людини. Таким чином, пристрої виконують обробку інформації, її аналіз, обмін та, залежно від результатів, приймають рішення і виконують певні дії.

Сьогодні сфера IoT – один із головних світових трендів, що є рушійною силою четвертої промислової революції. Потенційні можливості запровадження IoT багаточисленні, здатні проникнути практично у всі сфери повсякденного життя людей, підприємств і суспільства в цілому: охорона здоров'я, транспорт, торгівля, сільське господарство тощо.

Аналітиками виділяються наступні причини вибору вектору застосування IoT-технологій на сільськогосподарських підприємствах:

1. Оптимізація операційних витрат з переходом до точного землеробства;
2. Боротьба зі шкідниками продукції хімічними та інноваційно-технологічними методами;
3. Економія водних ресурсів;
4. Довгострокове зберігання врожаю.

Не виключенням стали промислові теплиці, у яких відбуваються постійні вдосконалення систем мікроклімату і віддаленого моніторингу за станом внутрішніх процесів.

Функціонально «розумна» теплиця (рис.1) може контролювати тепло, світло, вологу, полив, вентиляцію, водовідведення, боротьбу зі шкідниками. Зрозуміло, що типи автоматизованих технологій, які контролюють роботу теплиці, формують вартісний показник і відповідну ступінь автоматизації виробництва: часткову, комплексну, повну.

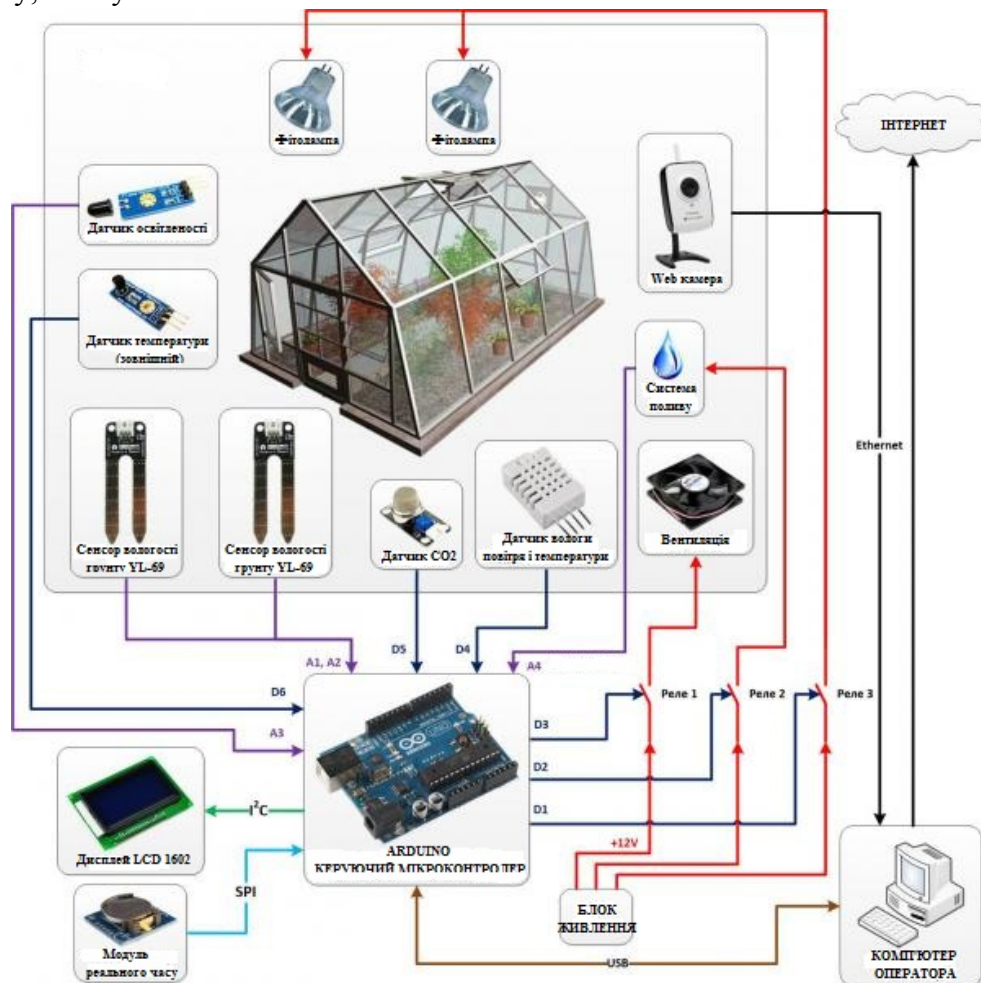


Рисунок 1 – Функціональна схема проекту автоматизованого управління мікрокліматом теплиці на базі IoT-технології Arduino

Реалізація сучасних технічних підходів в теплицях залежить від загальної апаратної бази, яка застосовується, має власну технологію, переваги і недоліки. Поява нових технічних рішень, як, наприклад, Arduino і одноплатні комп'ютери, вивели приватну та промислову автоматизацію на новий рівень.

Апаратне і програмне забезпечення Arduino було розроблене для тих, хто зацікавлений у створенні інтерактивних об'єктів і середовищ. Arduino може взаємодіяти з кнопками, реле, світлодіодами, двигунами, приладами звуку та GPS, камерами, Інтернетом. Ця гнучкість із врахуванням того, що програмне забезпечення Arduino є безкоштовним, апаратні плати дуже дешеві, а програмне і апаратне забезпечення легко зрозуміти, привела до об'єднання великої спільноти користувачів, які вже написали коди і випустили інструкції для величезної кількості проектів. Одним словом, ця IoT-технологія є «мозком» практично будь-якого проекту електроніки та загальної автоматизації.

Список літератури

1. Клаус Шваб, Ніколас Девіс. Технології четвертої промислової революції. Серія Top Business Awards. – М.: Ексмо, 2016 – 320 с.
2. Школа автоматизації: <http://edu.asu.in.ua> – Курс «Технологія індустрії 4.0»
3. Джеремі Блум. Вивчаємо Arduino: інструменти і методи. Пер. з англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015 – 336 с.
4. Віктор Петін. Arduino і Raspberry Pi в проектах Internet of Things. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016 – 320 с.

УДК 631.365.22;621.317

СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЮ ЗЕРНОВОЇ МАСИ ПРИ ЇЇ ЗБЕРІГАННІ

М. Федотова, асист., канд. техн. наук

І. Скриннік, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Особливо несприятливі умови зберігання зерна створюються саме в металевих силосах. Їх будівництво в останні роки прийняло масовий характер через низьку вартість і швидкість зведення в порівнянні з залізобетонними конструкціями.

У ряді країн, де широко поширені металеві силоси (США, Австралія та ін.) під час збирання зерно має вологість 9-12%. Таке зерно досить стійке для зберігання. А от в умовах клімату України вологість зерна під час збирання нерідко досягає 17-22%. Різкі добові коливання температури восени та післязбирального похолодання супроводжуються процесом природного тепло-вологпереносу в зерновій масі, якому сприяє і часом нерозумно організована система вентиляції в металевих сховищах. Відбувається конденсація вологи на стінках і даху силосу, і запотівання поверхневих і пристінних шарів зернової маси. У них зерно проростає, піддається мікробіологічному псуванню, пріє, гніє, та самозигрівается.

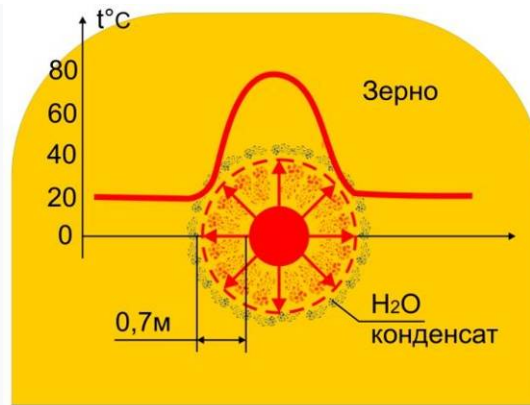


Рисунок 1 – Процес самозігрівання зернової маси

Зволоження зернової маси (рис. 1) веде до збільшення інтенсивності дихання її живих компонентів (насіння, мікрофлори, комах). Воно супроводжується виділенням вуглекислого газу. Склад міжзернового повітря в цих шарах насипу змінюється найзначніше в порівнянні з іншими ділянками: кількість кисню знижується, а вміст вуглекислого газу і водяній парі наростає. Саме ці шари (поверхневий і пристінний) повинні в першу чергу піддаватися моніторингу при зберіганні, що не враховується традиційними методами контролю.

Саме з цією метою були розроблені компанією CEPRA ряд САУ температурно-вологісним станом зернової маси, яку потрібно зберегти до нового врожаю.

Система термо-вологіметрії від компанії CEPRA. Технологія зберігання зернових культур і продуктів їх переробки вимагає контролювати температуру матеріалу з похибкою не більше 1°C на кожному 1,5 метра шару насипу. Фірма пропонує систему, котра має у своєму складі наступні елементи.

Термопідвіски. Складається з гладкої і гнучкої трубки малого діаметру, що дозволяє знизити вплив тяги на дах силосу. Калібровані датчики, встановлені в кабелі, вимірюють температуру на різних рівнях. Простота отримання і при необхідності повторного монтажу кабелю з датчиками (навіть при заповненому силосі) полегшує ремонт, перевірку і калібрування.

Термопідвіски з датчиками вологості (1.2). Складаються з гладкої і гнучкої трубки з каліброваними датчиками, які вимірюють температуру і вологість зерна, що зберігається. Виготовляються з необмеженою кількістю датчиків на відстані один від одного, яке необхідно клієнту.

Блок опитування термопідвісок (1.3) Блоки опитування (електронні щитки), як правило, розташовані в центрі силосу і мають доступ до галереї. Просте підключення і обмін дозволяють зробити будь-який тип ремонту.

Система автоматичної вентиляції силосів. Реалізує автоматичне керування вентиляторами, призначених для кожного силосу в залежності від умов навколишнього середовища і від виду зернового матеріалу, який потрібно зберегти.

Датчик вологості (1.2) Вимірює відносну вологість і температуру повітря між зерном і дахом силосу. Керує запуском і зупинкою дахових екстракторів, запобігаючи утворенню конденсату на стінах і на стелі силосу.

Метеостанція (2.2) Вимірює відносну вологість і температуру зовнішнього повітря. Дозволяє вентилятором підключатися тільки тоді, коли умови навколишнього середовища сприятливі для вентиляції силосів.

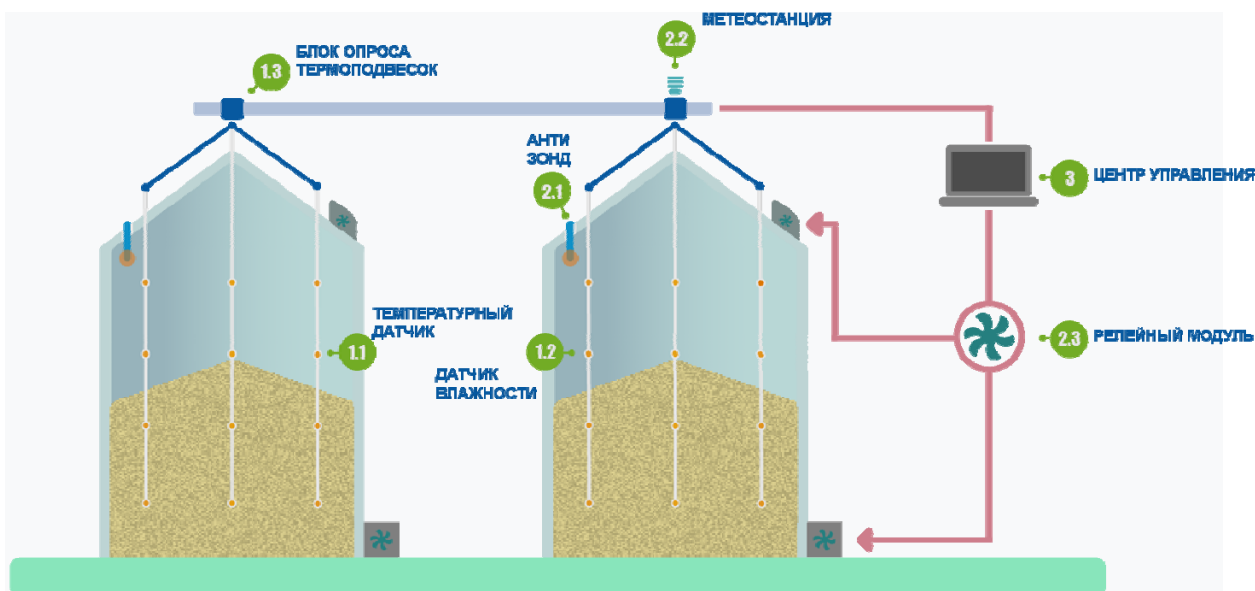


Рисунок 2 – складові та їх місце монтажу при застосування АСУ СЕРРА

Релейний модуль (2.3) Електронна шафа з контактами, куди підключаються сигнали вентиляторів для автоматичного запуску/зупинки, згідно з обраними параметрами. Може також використовуватися для передачі сигналу тривоги в використовувану систему ПЛК або SCADA системи.

Система управління. Показує температуру зерна всередині силосу відповідно до потреб і особливостями кожної установки.

Портативний зчитувач. Ідеально підходить для невеликих установок з невеликою кількістю датчиків. Виводить показники температури на дисплей цифрового модуля або за технологією Bluetooth, формує графіки на основі історії попередніх показників температури.

Ручний зчитувач. Зчитувач призначений для малих і середніх установок, де не доцільно використовувати ПК. Він складається з блоку, з LCD -дисплеєм і цифровою клавіатурою, щоб вибрати потрібну Термопідвіску і силос. Також передбачена можливість підключення принтера.

Список літератури

1. Електронне джерело <https://serpa.ru>

УДК 629.7.018

BENEFITS AND POSSIBLE PROBLEMS OF FREE UTILITY USE of UAV

A. Sharabaiko, Associate Professor, PhD
Flight Academy of the National Aviation University

In recent years, the latest technology has been actively used in the public and private sectors. Radio-controlled models of aircraft, which were worthy only for fun, turned into maneuverable "smart" robots. They are now used as a full-fledged, multifunctional tool in many industries. Their collective name is "drones". All these quadro-, multi-helicopters have an official name: unmanned air vehicle (UAV).

UAVs are divided into four classes: micro, mini, medium and heavy. Currently, in the world, flying drones use:

For military purposes:

Unmanned systems are currently a sign of a modern army and by their number it is possible to determine the technological level of the Armed Forces of any country. They collect data on the basis of which information about the enemy can be obtained.

Since 2016, Ukraine has its own military drones. Spectator unmanned aerial systems are actively used in border protection, thanks to which it is possible to monitor the situation on the ground with high accuracy, detect and quickly detain persons engaged in illegal activities on land and in water areas. Ukrainian UAV manufacturers have developed unmanned military systems:

The unmanned air complex Sparrow is designed for air reconnaissance at a distance of up to 20 km. A wingspan of up to 980 mm significantly increases its flight characteristics compared to other complexes of this class. Due to the small dimensions and materials used in the manufacture, it remains invisible both visually and for radars.

The Windhover complex is designed for optical and thermal imaging reconnaissance, determining the coordinates of stationary objects in the daytime and at night, adjusting fire, targeting, target tracking, in various weather and climatic conditions.

The unmanned air complex Anser is used as a means of conducting aerial reconnaissance, observation, target designation, in day and night mode, it also has the ability to perform tasks as a repeater, conduct radiochemical and other reconnaissance using a variety of target loads.

The Columba complex is designed for long-range aerial reconnaissance. Wingspan up to 2000 mm significantly increases its flight characteristics compared to other complexes of this class.

The Ardea complex is designed to conduct optical and thermal imaging reconnaissance, determine the coordinates of stationary objects in the daytime and at night, adjust fire, target designation and target tracking, in various weather and climatic conditions.

In the public sector:

Firefighters use UAVs to inspect areas with inaccessible or unsafe access and for patrolling the area. Drones are used to estimate the area of fires and detect their location from the air. This allows not only faster to extinguish fires, but also to prevent their further spread, notice the change in the direction of fire in a timely manner, and prevent the encirclement of both victims and firefighters by taking appropriate measures.

In research:

Scientists and researchers use drones to collect the necessary scientific data. Environmentalists use them to monitor the situation in the lower atmosphere, and in close proximity to sources of such pollution. They are also used in volcanic eruptions and forest fires. Floating and flying drones are used to monitor the state of water resources, using photos and video from the air. Drones are used to detect natural dumps, unauthorized deforestation and subsoil development.

In Wildlife Conservation and Restoration of Natural Resources:

They are used in the surveillance of wild animals in their natural environment, in the prevention of poaching and illegal hunting.

In the state security service: patrolling highways, patrolling the streets and identifying those wanted in the surveillance environment, as a mobile element of urban video surveillance networks; drones - security guards are armed with cannons with paint, which are supposed to mark offenders for further detention. More traumatic plastic balls are loaded into the same guns.

In the private and business sectors: drones are used for photography and video, as guides or mobile companions. UAVs carry out address and coordinate delivery of small cargo.

In agriculture, forestry and water management, drones are used to protect wildlife and restore natural resources. And also used for protection and supervision of cattle and search of the lost animals. For rural cartography, surveying to assess and monitor the condition of crops, forests and water bodies. Accordingly, patrolling fields with crops of protected crops can also be carried out with the involvement of drones.

Drones are used in modern art, sports and the entertainment industry.

The number of drones is growing every day, and their spread can cause many problems.

First, the capabilities of drones and the lack of a legal framework put people in an unequal position. Situations in which UAVs are used with malicious intent are not legally identified and cannot be resolved in the field of law.

Secondly, what are the rules for the movement of flying drones? If there are rules for airplanes and helicopters, then in the field of drones, these rules are just developing.

The third key problem of drones is related to attackers. As everywhere, in this area there are fraudsters, criminals who seek to profit in any illegal way. For example, the hacker SkyJack in his blog described the hacking of a drone what brand name is Parrot. He assembled his own hack drone, providing it with additional equipment and specialized software. This device is able to intercept the signal of drones flying nearby, break them over a wireless connection and gain control over the control and camera of someone else's drone.

The fourth problem is the imperfection of the software for drones. To deal with a large number of drones, you need to develop and improve control algorithms. There are already programs that can synchronize devices in the air. In the future maybe it will be a software that will allow you to quickly control the helicopters and perform large-scale tasks. For example, synchronize drones with each other to shoot panoramic video.

The fifth problem is the structure of the drone itself. The drone is a rather powerful and technically complex device. It must be operated with caution. Drones, for the most part, do not have protective covers on the propeller, although some models are provided with restraint strips. The speed of rotation of the screws is quite high, and if the device will be more powerful then it can cause more physical injuries to a person or other living being.

The sixth problem. The drone can easily bypass metal detectors by flying into an open window of the room or entering the site from the air. This allows terrorists to control it from a safe distance. And in the case of ready-made algorithms, it does not even need a remote control, just turn on the drone, press a few buttons, and the explosive, disguised as a load, will be activated at the right time.

References

1. Области применения беспилотников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://robotrends.ru/robopedia/oblasti-primeneniya-bespilotnikov>
2. Василин Н.Я. Беспилотные летательные аппараты / Н.Я. Василин. Минск: Поппури, 2017. -272 с.
3. Sparrow, windhover, anser, columba [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spaitech.net/ru/company.html>

УДК 658.5.012.011.56

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ ЯК НЕОБХІДНИЙ АСПЕКТ СУЧАСНОСТІ

С. Шпакович, ст. гр. ЕПБ 19-1,
О. Марченко, доц., канд. екон. наук
Університет державної фіскальної служби України

Сьогоднішня перед підприємством ставить ряд вимог та цілей, які воно повинно досягти. Одним з яких є досягнення максимального прибутку шляхом збільшення

випуску продукції. Ступінь розвитку ІТ-систем досить великий, що допоможе автоматизувати більшу частину процесів на підприємстві. Тож, для забезпечення швидкого та результативного протікання трудового процесу застосовують автоматизацію.

У загальному плані автоматизація виробництва – це етап машинного виробництва, що характеризується звільненням людини від безпосереднього виконання функцій управління виробничими процесами та передаванням цих функцій технічним засобам – автоматичним пристроям і системам [1, с.8]. Саме цей процес може бути впроваджений як і на самому ході виробництва продукції так і в обліку доходів чи витрат самого підприємства за допомогою різних програмних забезпечень, таких-як: «1С: Підприємство» та «1С: Бухгалтерія», яка має досить значну продуктивність. Паралельно з програмою «1С: Бухгалтерія» слід використовувати MS SQL Server [3].

До основних переваг автоматизації слід віднести: покращення умов праці; стрімке зростання продуктивності; підвищення рівня кваліфікації та освіченості обслуговуючого персоналу; проведення робіт у недоступних умовах для людей.

Автоматизація виробництва проводиться за допомогою автоматичних пристроїв, які можна класифікувати за різними ознаками. Однією з найпоширеніших є класифікація за функціональним призначенням пристроїв [1, с.9]: автоконтроль та сигналізація; автоматичний захист; обчислювання; автоматичне керування.

Автоматичні пристрої контролю та сигналізації впроваджують контроль за технологічними процесами та сигналізацією, а для розрахунку різних режимів роботи, обчислень і обрахунку великих масивів даних запроваджують найновіші обчислювально-лічильні пристрої. Однією з характерних рис пристроїв автоматичного захисту є те, що вони теж здійснюють контроль над певними технологічними процесами, а при появі небезпечної ситуації, вони автоматично припиняють цей процес та сповіщають про небезпеку.

Також, одним з найголовніших аспектів автоматизації виробництва є впровадження конвеєрних ліній або автоматичних роторних ліній. Автоматичні лінії з агрегатних, спеціальних і універсальних верстатів-автоматів забезпечують додаткове (у кілька разів) підвищення продуктивності праці за рахунок автоматизації міжверстатних транспортних операцій, завантаження заготовок і вивантаження готових деталей [2, с.6].

Отже, сучасне підприємство не можливо уявити без автоматизованих систем управління та виробництва. Для того щоб воно могло зберігати свою конкурентоспроможність на ринку – необхідно впроваджувати все те, що надає сучасність, завдяки автоматичним лініям виробництво стає швидшим, покращується якість виробів та зменшується ціна за продукт шляхом великої кількості випуску.

Список літератури

1. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с
2. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Обладнання автоматизованих виробництв. Частина 2. Автоматичні лінії. Гнучкі виробничі системи. Транспортно-завантажувальні пристрої : навчальний посібник / Р. Д. Іскович-Лотоцький, О. Д. Манжілевський – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 129 с.
3. Филатова В. 1С для начинающих. Понятный самоучитель. Москва : Издательство «Питер», 2016. 256 с

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ РІВНЯ ЦЕМЕНТУ В СИЛОСАХ В УМОВАХ ПРАТ «ІВАНО-ФРАНКІВСЬКЦЕМЕНТ»

Р. Скрип'юк, доц., канд. техн. наук

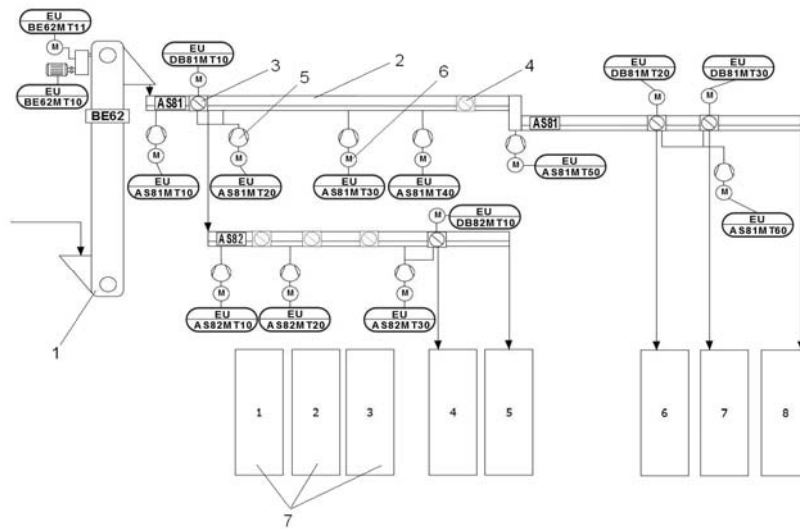
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ПРАТ «Івано-Франківськцемент» сьогодні є провідним лідером на ринку України у виробництві цементу та майже 100 найменувань будівельної продукції високої якості. На сьогоднішній день на підприємстві випускається до 8 типів цементу, що вимагає наявності відповідної кількості силосів для зберігання кожного типу окремо. В існуючій структурі використовувалось лише 5 силосів із застарілою системою контролю рівня (механічними засобами). Тому актуальною була задача розширення структури цементного цеху до 8 силосів цементу та модернізації системи завантаження та контролю рівня цементу в силосах.

При реалізації проекту використовувались сучасні технології та рішення із залученням цієї структури до системи автоматизації технологічного процесу цементного цеху та диспетчерського контролю (чого раніше не було).

Модернізація системи завантаження та контролю рівня цементу в силосах передбачає розробку апаратної частини та верхнього її рівня. При цьому однією із основних задач є автоматизація аерожолоба - трубопроводу прямокутного перерізу, складеного із двох коробів (верхнього і нижнього), між якими поміщена повітропроникна мікропориста перегородка (керамічна або м'яка пориста). У нижній канал, що служить повітропроводом, нагнітається від повітродувної машини (вентилятора) повітря, а в верхній канал, який є транспортним лотком, через завантажувальний патрубок подається порошкоподібний матеріал. Порошкоподібний матеріал, насичений повітрям що проходить через пористу перегородку, набуває текучості і переміщається по лотку. Запланована заміна заслінки із ручним перемиканням на заслінки з електроприводом, що будуть перемикатись двигуном, на дистанційному управлінні. Щодо модернізації саме системи контролю рівня цементу в силосах, то окрім дискретних давачів, що контролюють максимальний і критичний рівень цементу в резервуарах, заплановано оснастити її аналоговим рівнеміром для контролю поточного рівня цементу в силосі у реальному часі. Першим етапом створення верхнього рівня системи автоматизації було створення структурної схеми об'єкту управління, яка наведена на рис. 1. Для реалізації даної системи були обрані наступні апаратні компоненти: пиловий вентилятор ВРП-4, загальнопромисловий уніфікований асинхронний чотирьохполюсний електродвигун АІР-71В трифазного типу, SIMOCODE pro (Siemens Motor Protection and Control Device) - система комплексного захисту і управління двигуном з інтерфейсом підключення до PROFIBUS-DP, вібраційний давач рівня Siemens Sitrans LVS200. Для розробки верхнього рівня системи було використано SCADA-систему компанії Wonderware InTouch – відкритий з можливістю розширення людино-машинний інтерфейс, що дозволяє здійснювати гнучке налаштування і створювати користувальницький дизайн програми. Використовуючи даний програмний продукт було створено нові теги із параметрами, що відповідають кожному об'єкту та підключено їх до відповідних об'єктів. В результаті отримана модель, яка відображає процес транспортування цементу від елеватора по аерожолобі до силосів. Штатне функціонування елементів, що знаходяться в роботі відображаються зеленим кольором, а блоки в яких виникли дефекти чи збої - червоним кольором. Також реалізовано можливість при виборі кожного елемента управління вказувати деякі його показники роботи та спостерігати за

поточними параметрами блоку. Аварія будь-якого роду відображається на моніторі оператора. Блоки, в яких виникли дефекти, мигають червоним кольором. При відкритті вікна несправного блоку, система відображає оператору характер аварії.



1 – елеватор, 2 – аерожолоб, 3,4 – заслінки, 5 – вентилятори, 6 – двигуни управління вентиляторами та заслінками, 7 – силоси

Рисунок 1 – Структурна схема об'єкту

Загальна схема роботи всього цементного цеху, починаючи із млина помолу клінкеру, до транспортування і зберігання цементу в силосах наведена на рис. 2.

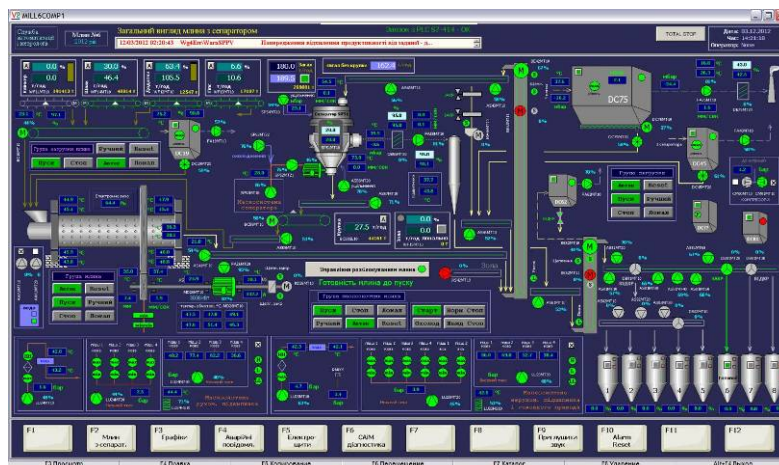


Рисунок 2 – Мнемосхема системи управління

Висновки. Проведено модернізацію системи завантаження та контролю рівня силосів цементу з використанням сучасних апаратно-програмних засобів. Розроблена мнемосхема системи дозволяє оператору отримувати інформацію про стан кожного об'єкта системи автоматизації та рівень завантаженості кожного силосу. При виникненні відмови вся система зупиняється та інформує оператора про конкретний блок (блоки), що відмовив та причину відмови. Це дає можливість оператору швидко відреагувати і ліквідувати причину та запустити об'єкт в експлуатацію.

Дана система реалізована та успішно функціонує на виробництві в умовах ПрАТ «Івано-Франківськцемент».

Список літератури

1. Вибрационные датчики уровня Siemens – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.sensoren.ru/vibracionnie_datchiki_urovnya_siemens_sitrams_lvs200.html
2. SIMATIC Totally Integrated Automation. Информация о продуктах. Приборы, системы,

консультації, обучение. ДП “Сименс Україна”, Департамент “Средства автоматизации и приводы” 2008 (CD SIMATIC документация, Каталог по автоматизации, 05/2011).

3. Wonderware InTouch – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.wonderware.com.ua/pdf/Wonderware_InTouch_1015.pdf

УДК 620.179

ПАРАМЕТРУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕХО-ПРОФІЛІВ УЛЬТРАЗВУКОВИХ «SMART»-ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Л. Заміховський, проф., д-р техн. наук

М. Николайчук, доц., канд. техн. наук

І. Левицький, асист., асп.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Розробка та експлуатація автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП) на сучасному рівні базується, в тому числі, на широкому застосуванні інтелектуальних «smart»-перетворювачів фізичних величин. При інтеграції вказаних перетворювачів в АСУ ТП необхідно вирішувати задачі з організації апаратно-програмних засобів для параметрування і діагностики «smart»-перетворювачів, налагодження компонентів комунікаційного середовища промислового зв'язку, розробки алгоритмів збору, обробки і передавання даних, дослідження характеристик вимірювальних сигналів та інформаційних процесів в АСУ ТП [1-2].

В роботі наведено результати параметрування ультразвукового сенсора XPS10 [3] і «smart»-перетворювача Multiranger 100 [4] від «Siemens», а також дослідження ехо-профільів на основі інструментарію «DELPHIN PLUS V1.5» [5]. Додатково, для вирішення задач параметрування, вводу в експлуатацію та дослідження може застосовуватись інструментарій Simatic PDM (Process Device Manager) [6] на основі стандартизованої мови опису «smart»-перетворювачів EDD (Electronic Device Description) з підтримкою «smart»-перетворювачів практично всіх світових виробників.

На рис. 1 наведено результати параметрування ультразвукового «smart»-перетворювача Multiranger 100 з сенсором XPS10.

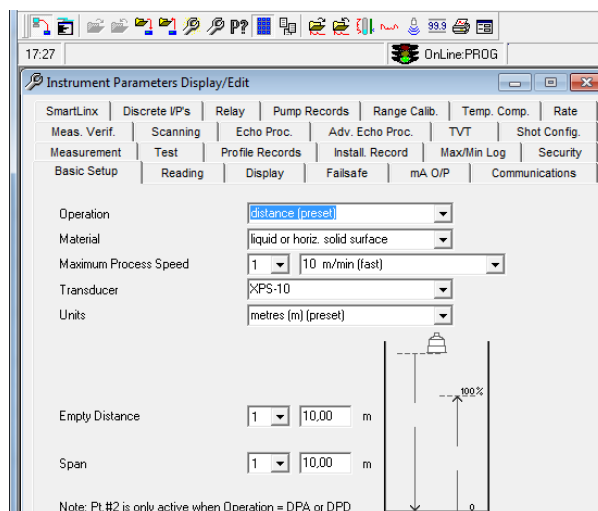


Рисунок 1 – Результати параметрування ультразвукового «smart»-перетворювача Multiranger 100 з сенсором XPS10

На рис. 2 неведено результати дослідження ехо-профілю ультразвукового сенсора XPS10 зі «smart»-перетворювачем Multiranger 100 при вимірюванні дистанції в 10 м до контрольованого об'єкту.

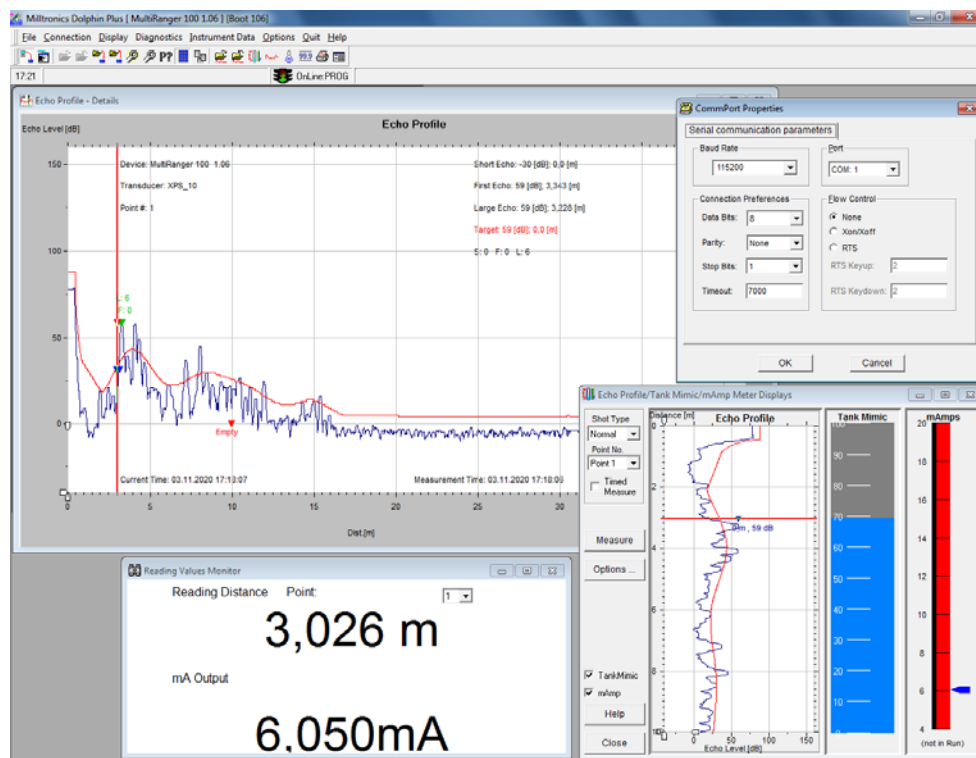


Рисунок 2 – Ехо-профіль ультразвукового сенсора XPS10 зі «smart»-перетворювачем Multiranger 100

На виході «smart»-перетворювача Multiranger 100 формується уніфікований струмовий сигнал (0/4-20 mA), що подається на PLC S7-1200 [7], де оцифровується, нормується і масштабується для подальшого використання в складі АСУ ТП.

Таким чином, можливість відтворення, аналізу і дослідження ехо-профільів ультразвукових вимірювальних сигналів розширює функціональні можливості систем на їх основі, в тому числі шляхом блокування окремих складових ехо-профільів, що виникають за рахунок конструктивних перешкод при вимірюванні дистанції або рівня на технологічних об'єктах.

Список літератури

1. Заміховський Л.М., Николайчук М.Я. Апаратно-програмний комплекс для параметрування і вводу в експлуатацію Smart-перетворювачів АСУ ТП. Інтелектуальний продукт вчених, винахідників і раціоналізаторів Прикарпаття. Щорічний каталог найвагоміших винаходів, корисних моделей, промислових зразків і раціоналізаторських пропозицій. Довід. вид. Редакційна колегія: Б.І.Середюк, Ж.П.Табанець, Л.В.Бабій – Івано-Франківськ, 2018. - С. 30-33.
2. Николайчук М.Я. Апаратно-програмний комплекс для дистанційного параметрування smart-перетворювачів у складі АСУ ТП // Збірник тез доповідей XIV міжнародної конференції Контроль і управління в складних системах 15-17 жовт. 2018 р., Вінниця. – 2018.
3. Ultrasonic Transducers XPS10/15F. Operating Instructions: Siemens (A5E32725813) 08/2013. – 28 p.
4. Ultrasonic controllers MultiRanger 100/200. Operating Instructions: Siemens (7ML19985FB06, rev 6.2). – 11/2019. – 282 p.
5. DOLPHIN PLUS. Instrument configuration software. Siemens Milltronics: 2002. – 9 p.
6. SIMATIC PDM V8.2 Device Integration. Function Manual: Siemens (A5E33208400-AA). – 04/2014. – 150 p.
7. S7-1200 Programmable controller. System Manual: Siemens (A5E02486680-AN, V4.4). – 11/2019. – 1542 p.

ОБГРУНТУВАННЯ МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Р. Кичак, асп.,

А. Степанюк, доц., канд. техн. наук

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Нині, у світовій практиці, в аграрній сфері широко застосовується органічні та мінеральні добрива, для стимуляції росту та розвитку вирощуваної культури. За підвищеного темпу розвитку культури з допомогою таких добрив, вона вимагає підвищеного живлення, в тому числі бракуючих органічних речовин, які вона бере з ґрунту.

Гумус є інтегрованим показником родючості ґрунту. Від є перетворювачем наявних в ґрунтах речовин в доступну та засвоювану форму.

Тому, при використанні добрив того чи іншого виду, актуальною є проблема виснаження ґрунту на предмет гуміново-органічних речовин, під час їх засвоєння культурою, протягом всього вегетаційного циклу.

Таким чином, окрім живлення рослин стимулюючими речовинами, необхідно внести гумінові та органічні речовинами, в тій кількості, щоб після живлення ними вирощуваної культури, в ґрунтах залишався їх достатній запас.

Отже, розробка нового покоління гранульованих органічно-мінеральних добрив, які здатні задовольнити дані вимоги є своєчасною та обґрунтованою.

Однією з найважливіших технологічних процесів в даному виробництві є можливість вловлення компонентів у вигляді пилу та повернення сировини на переробку до установки для запобігання їх втрат. Для цього установки для виробництва добрив збирають за схемою замкнутого циклу та напівзамкнутого циклу [1, 2].

Спрощена схема експериментальної установки зображена на рисунку 1.

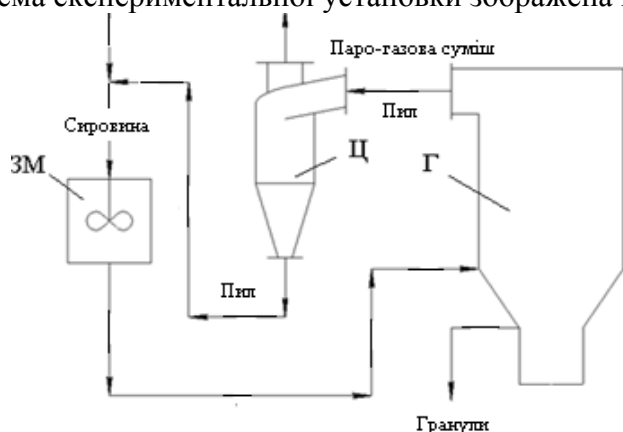


Рисунок 1 – Експериментальна установка виробництва органічно-мінеральних добрив:

ЗМ – Змішувач; Ц – Циклон; Г – Гранулятор

Для організації матеріальних потоків за замкнутим циклом необхідно, щоб в ній був справедливий матеріальний баланс за всіма компонентами [3]

Матеріальний баланс для даної установки в загальному вигляді виглядає наступним чином:

$$G_{PP} = G_{B-П} + G_{ТВ} \quad (1)$$

де, G_{PP} – масова витрата робочого розчину;

$G_{B-П}$ – масова витрата води залежно від агрегатного стану;

$G_{ТВ}$ – масова витрата твердих компонентів (гуматів, сульфатів, стимулюючих речовин)

З урахуванням, що масова витрата твердих речовин складається їх витрат на утворення гранул та пилу, тобто:

$$G_{ТВ} = G_{ГР} + G_{Пил} \quad (2)$$

Підставляючи значення (2) у вираз (1), матеріальний баланс набуде вигляду:

$$G_{РР} = G_{В-П} + G_{ГР} + G_{Пил} \quad (3)$$

де, $G_{ГР}$ – масова витрата утворених гранул в грануляторі; $G_{Пил}$ – масова пилу який виділяє гранулятор;

З урахуванням масової частки компонентів, тобто:

$$G_{В-П} = G_{РР}x_B \quad (4)$$

$$G_{ТВ} = G_{РР}x_{ТВ} \quad (5)$$

Підставляючи значення (4) та (5) у вираз (1), матеріальний баланс набуде вигляду:

$$G_{РР} = G_{РР}x_B + G_{РР}x_{ТВ} \quad (6)$$

де, x_B та $x_{ТВ}$ – відповідно масові частки води та твердих речовин.

Оскільки, масова витрата утворених гранул визначається як:

$$G_{ГР} = G_{ТВ}\psi \quad (7)$$

А масова витрата, утвореного пилу:

$$G_{Пил} = G_{ТВ} - G_{ТВ}\psi \quad (8)$$

де, ψ – коефіцієнт гранулоутворення.

Тоді, підставляючи послідовно вирази (7), (8) та (4) відповідно у – (2) та в (1), матеріальний баланс остаточно набуде вигляду:

$$G_{РР} = G_{РР}x_B + G_{РР}x_{ТВ} + G_{ТВ}(1 - \psi) \quad (9)$$

Або,

$$G_{РР} = G_{РР}x_B + G_{ТВ}\psi + G_{ТВ}(1 - \psi) \quad (10)$$

Вирази (4) та (8) показують витрати в циклоні, відповідно пари, яку необхідно сконденсувати та полідисперсного пилу складових вироблюваних гранул.

Тому, ідеєю даної роботи є, забезпечення окрім вловлення циклоном, твердої фази, конденсації водяної пари, шляхом встановлення на нього охолоджуючої обичайки. Це дозволить подавати у вигляді суспензії дані компоненти на рецикл та забезпечити замкнутість виробничого циклу з повторним використанням утворених відходів, що цілком є доцільним в рамках ресурсозбереження та екологічної безпеки.

Список літератури

1. Процес одержання модифікованих гранульованих гуміново-мінеральних добрив [Електронний ресурс]: уклад. Я.М. Корнієнко, А.М. Любека, С.С. Гайдай. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 206 с.
2. Грин, В. Лейн. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. Перевод с английского под редакцией докт. хим. наук Н. А. Фукса. Издание второе, стереотипное. Издательство «Химия» Ленинградское отделение 1972.
3. Щербина В. Ю; Моделювання процесу сепарації в циклонних вихрових апаратах.

КАВІТАЦІЙНИЙ РЕАКТОР ПУЛЬСАЦІЙНОГО ТИПУ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ЕКСТРАГУВАННЯ

Б. Целень, *ст. наук. співр., канд. техн. наук,*
Н. Радченко, *ст. наук. співр., канд. техн. наук,*
Л. Гоженко, *ст. наук. співр., канд. техн. наук,*
Г. Іваницький, *проф., д-р техн. наук.*
Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ

Екстрагування біоактивних компонентів з рослинної сировини застосовується в багатьох галузях промисловості, Сучасні інноваційні методи інтенсифікації екстракційних процесів, такі як ультразвукове, мікрохвильове, електророзрядне екстрагування, а також гідродинамічне екстрагування із застосуванням роторно - пульсаційних та вібраційних апаратів тощо, базуються на використанні ефектів кавітації [1].

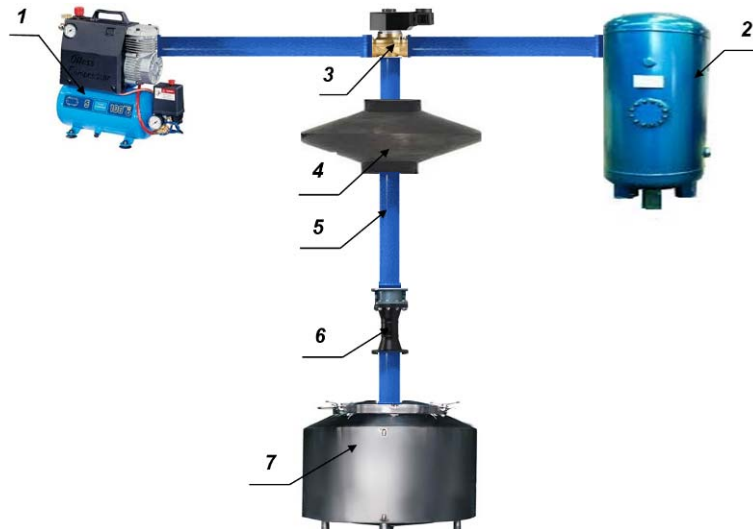
Застосування кавітаційних механізмів дозволяє зменшити час екстрагування і водночас забезпечити більш повне вилучення компонентів з мінімальними енерговитратами. Ініціювання потужних динамічних ефектів кавітації сприяє руйнуванню клітинних структур, що прискорює розчинення корисних речовин і їх наступне перенесення в екстрагент.

До гідродинамічних кавітаційних пристроїв відносяться пульсаційні апарати з активною мембраною різної модифікації, які створено в Інституті технічної теплофізики НАНУ, і які широко використовуються у різних галузях виробництва та в АПК в якості змішувачів, гомогенізаторів та екстракторів [1,2]. Ці апарати відрізняються високою зносостійкістю та відсутністю вузлів, які труться або обертаються, що дозволяє обробляти грубодисперсні суміші з твердими частинками, незалежно від їх форми, розміру та абразивних властивостей.

На рисунку 1 наведено принципову схему пульсаційного екстрактора з активною мембраною. Апарат складається із завантажувальної ємності 7 з екстрагентом, яка знаходиться під атмосферним тиском; робочої камери 4; прямої труби 5, що з'єднує камеру 4 з ємністю 7. В середині камери 4 розміщено круглу гнучку мембрану, і яка розділяє рідинний та газовий тракти апарата. За допомогою швидкодіючого е/м клапана 3 камера 4 у відповідності до заданої програми періодично з'єднується з ресивером низького тиску (РНТ) 1, або з ресивером високого тиску (РВТ) 2. Величина тиску в РВТ підтримується компресором, а величина тиску в РНТ – вакуумним насосом. Принцип роботи апарата полягає в наступному.

В ємність 7 завантажують у заданому співвідношенні суміш попередньо роздрібної сировини з водою. На початку роботи рідинна суміш через трубу 5 заповнює увесь об'єм камери 4, так що мембрана перекриває верхній отвір, який з'єднує камеру з ресиверами. При з'єднанні камери з РВТ суміш по трубі виштовхується з камери 4 в ємність 7 до повного перекриття мембраною нижнього отвору камери. Внаслідок швидкого інерційного руху вниз по трубі 5 рідина відривається від мембрани із створенням глибокого вакууму над поверхнею стовпа рідини. Різка зміна тиску в об'ємі суміші в трубі прискорює масоперенос екстрагента всередині капілярної структури частинок сировини з можливим руйнуванням дисперсної фази і вилученням компонентів з клітин сировини. В ємності 7 під дією потужного струменя з труби відбувається інтенсивне турбулентне перемішування. Завдяки різниці тиску рідина в трубі швидко гальмується і змінює напрямок руху на зворотний. На цій стадії камера 4 через клапан підключається до РНТ і мембрана

відкриває отвір з камери в трубу. При русі суміші вверх по трубі відбувається різке гальмування потоку на верхній поверхні камери, внаслідок чого створюються потужні ефекти гідроудару всередині камери і в трубі. На цій стадії камера знову підключається до РВТ, на чому завершується черговий цикл роботи пульсатора. За період одного циклу в рідинному тракті апарата ініціюється сукупність потужних механізмів, таких як кавітація, гідравлічний удар, дія зсувних напружень та інтенсивна турбулізація суміші.



1 - ресивер низького тиску; 2 – ресивер високого тиску; 3 – електромагнітний клапан; 4 – робоча камера з мембраною; 5 – труба; 6 – сопло Вентурі; 7 – завантажувальна ємність з екстрагентом

Рисунок 1. Кавітаційний екстрактор пульсаційного типу

На основі модифікації існуючих пульсаційних апаратів створено принципово новий тип кавітаційного екстрактора - диспергатора, в якому завдяки незначній, на перший погляд, зміні в конструкції ініціюється більш широкий комплекс кавітаційних механізмів, що дозволяє обробляти сировину із широким спектром структурно механічних і реологічних характеристик при порівняно невеликих питомих витратах енергії.

Новизна конструкції полягає в тому, що в середину труби 5 вміщено сопло Вентурі заданої геометрії 6. При проходженні в трубі рідини, швидкість якої періодично змінюється за величиною і напрямом, в соплі відбувається періодична зміна тиску і створюються динамічні кавітаційні ефекти, що сукупно сприяє конвективному переносу цільової речовини через капіляри і пори частинок сировини.

Результати проведених досліджень показали, що застосування в пульсаційному екстракторі сопла Вентурі забезпечує максимальний вихід цільових компонентів за більш короткий час у порівнянні з існуючими типами пульсаційних екстракторів. При цьому питомі енерговитрати у порівнянні з пульсаційним екстрактором ударного типу знижуються від 2 до 8 разів залежно від виду та структури рослинної сировини.

Список літератури

1. Natural product extraction: Principles and applications. Edited by M.A. Rostagno and J. M. Prado.– Cambridge: Royal Society of Chemistry, UK. –2013.–500 p.
2. Іваницький Г.К., Корчинський А.А., Матюшкин М.В. Математическое моделирование процессов в пульсационном диспергаторе ударного типа //Пром. теплотехника.–2003. –Т.25, №1.–С.29–34.
3. Іваницький Г. К., Гоженко Л.П. Застосування пульсаційного диспергатора для інтенсифікації диспергування фрезерного торфу // Наук. праці ОНАХТ – Одеса, 2013. – Вип. № 43.–Т.1.–с.120 – 123.

БЕЗРЕАГЕНТНА НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ КОНДЕНСАТУ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Б. Целень, *ст. наук. співр., канд. техн. наук,*
Н. Радченко, *ст. наук. співр., канд. техн. наук,*
Г. Іваницький, *проф., д-р техн. наук.*
Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ

В різних галузях промисловості існує проблема нейтралізації кислих стоків. Існуючі способи нейтралізації передбачають використання реагентів, які спричиняють утворення стічних вод, забруднених продуктами реакції та різних домішок. Зокрема, кислий конденсат, що утворюється при спалюванні природного газу, на сьогоднішній день не знаходить застосування і надходить у стічні води підприємства. З огляду на те, що він є водним розчином вуглекислоти з незначною кількістю домішок оксидів азоту і не містить солей жорсткості, після нейтралізації його доцільно використовувати для технологічних потреб підприємств, а також як води для живлення водогрійних котлів промислових і комунальних котельних. Існуючі способи нейтралізації, що передбачають використання реагентів, не дають можливості повторно використовувати нейтралізований конденсат. Використання з цією метою декарбонізаторів недоцільне в зв'язку з високими показниками енерговитрат і матеріалоемності

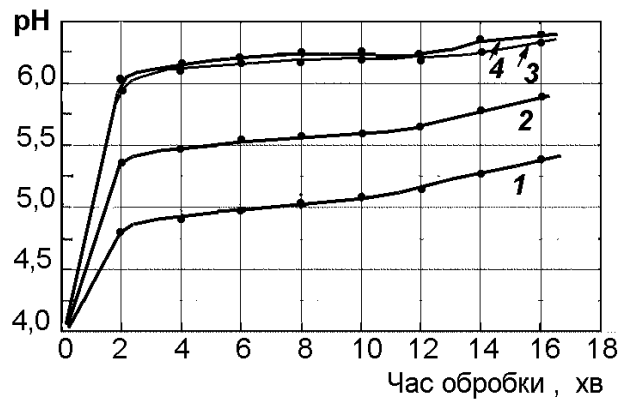
В Інституті технічної теплофізики НАН України запропоновано спосіб безреагентної нейтралізації кислого конденсату [2], що базується на використанні динамічних та термічних кавітаційних ефектів, які здатні суттєво впливати на структуру води. В якості кавітаційного реактора застосовано роторно-пульсаційний апарат спеціальної конструкції, в якому створюються високочастотні імпульсні перепади тиску, високі зсувні напруження, потужні акустичні імпульси та локальні кавітаційні механізми. При ініціюванні кавітаційних механізмів у воді генеруються гідроксильні радикали OH^\cdot та H^\cdot , які мають високий окислювальний потенціал і здатні окислювати присутні в стічних водах органічні та неорганічні забруднювачі.

Утворений на виході з котлів конденсат за своїм фізико-хімічним складом, в основному, є розчином вугільної кислоти, що зумовлює низьке значення величини водневого показника (рН), що знаходиться в межах 3,8÷4,9.

Вуглекисла рівновага, або карбонатна буферність води, зумовлена наявністю в ній вугільної кислоти, карбонатів, гідрокарбонатів, вуглекислого газу, їх кількісним вмістом і взаємозв'язком. Ступінь взаємодії залежить від концентрації іонів водню (рН) і активності вуглекислого газу, тобто розчинності його у воді. При розчиненні у воді за рахунок хімічної реакції утворює вугільну кислоту, яка, в свою чергу, дисоціює на іони H^+ та HCO^- . При цьому лише 1% CO_2 , що знаходиться в розчині, перебуває у вигляді H_2CO_3 , хоча для зручності розрахунків хімічних рівнянь, прийнято вважати, що весь вуглекислий газ реагує з водою. Розчинення CO_2 у воді, встановлює рівновагу між вугільною кислотою H_2CO_3 , бікарбонатом HCO^{3-} і карбонатом CO^{3-} . Порушення цієї рівноваги пов'язано саме із гідратацією іонів внаслідок кавітаційної дії. Надлишок в розчині іонів водню, саме і зрушує лужну реакцію середовища в кислоту сторону ($\text{pH} \leq 5,5$). Недостача протонів з системи зміщує рівновагу реакції вліво, коли вуглекислий газ утворюється з іонів карбонату і бікарбонату. Таким чином, при низькому значенні показника рН, в системі переважає вуглекислий газ, тоді як при нейтральному значенні рН, кількість бікарбонатів домінує над кількістю CO_2 і H_2CO_3 . Водневий показник (рН), за яким кількісно оцінюється кислотність, або

термодинамічну активність іонів оксонія, є одним з ключових параметрів, що визначають якість обробки водних систем. Вміст вуглекислоти у водному розчині з врахуванням дисоціації розчинника, можна кількісно оцінити шляхом визначення величини водневого показника рН. Результати досліджень показали, що при зміні рН від 4 до 6,5 мольна концентрація H_2CO_3 зменшується від $2,25 \cdot 10^{-2}$ до $4,86 \cdot 10^{-7}$ моль/л. При зміні рН кислого конденсату від 4,7 до 6,5 масова концентрація вуглекислоти знизиться з 62 мг/л до 0,03 мг/л.

На рис. 3 наведено зміну величини водневого показника конденсату продуктів згоряння природного газу від тривалості його обробки в контурі дослідного зразка установки нейтралізатора безреагентного.



1 – после відбору проби; 2 – через 3 години; 3 – через 1 добу; 4 – через 3 доби

Рис. 1. Зміна величини рН конденсату продуктів згоряння природного газу від тривалості обробки конденсату.

Як показано на рисунку, швидке зростання величини рН спостерігається на протязі приблизно перших 2-3 хвилин обробки. При подальшій обробці швидкість зростання суттєво зменшується, і далі залишається стабільною на протязі всього часу обробки.

Можна стверджувати, що на перших двох хвилинах вилучається найбільша частка вуглекислоти, розчиненої в конденсаті. Поступове зростання водневого показника рН протягом подальшого зберігання проб свідчить про те, що оброблена рідина перебуває в нестабільному стані.

Аналіз закономірностей зростання рН дозволяє припустити, що отримати величину $\text{pH} > 6,0$ можна при меншій тривалості обробки, що підвищить продуктивність апарата (продуктивність дослідного-промислової установки становить близько 450 л/год обробленого конденсату).

Вилучення з конденсату вугільної кислоти, уникаючи способу хімічної нейтралізації, дає можливість отримувати воду, близьку до дистильованої. Така вода може бути використана для приготування води для живлення котлів, минаючи стадію пом'якшення води, а також для інших технологічних потреб.

Список літератури

1. Gogate PR, Kabadi AM. A review of applications of cavitation in biochemical engineering and biotechnology. //Biochem Eng J 2009; 44: 60–72.
2. Braeutigam P., Franke M., Wu Z.-L., Ondruschka B., 2010, Role of Different Parameters in the Optimization of Hydrodynamic Cavitation. // Chem. Eng. Technol., 6, 932–940.
3. Вітенько Т.М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах.– Тернопіль: ТДТУ ім. Івана Пулюя, 2009.–224 с.

SMART ТЕХНОЛОГІЇ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

С. Яценко, аспірант,
С.Філімонов, к.т.н., доцент,
Н. Філімонова, к.т.н., доцент

Черкаський державний технологічний університет

Забезпечення населення продовольством і отримання сировини для ряду галузей промисловості, займається сільське господарство, саме тому галузь є однією з найважливіших, економічних сфер представленої практично у всіх країнах. Від стану галузі залежить продовольча безпека держави та її громадян[1].

Обробка землі все ще займає велику кількість сил і часу, обробітку землі нам все ще потрібні великі витрати енергії. Для вирішення цієї проблеми використовується нові види сільгосптехніки, що є однією з головних задач розвитку сучасного машинобудування. Але на цьому шляху існують обмеження продуктивності традиційних машин, коефіцієнт корисної дії яких коливається в межах 0,19-0,38. Для створення машин більшої ефективності необхідно звертатися до нових принципів і технологій, в тому числі і вібраційних [2].

Експериментально встановлено, що при використанні вібрацій в плугів значно зменшується тертя ковзання ґрунтом, що є основною складовою в загальній величині тягового опору. Зменшується також і залипання робочих органів. У зв'язку з цим останнім часом з'явилося багато конструкцій плугів з вібруючими робочими органами [3]. Однак, при всіх позитивних ефектах, є свої недоліки, а саме: великі габарити, а також складні експлуатація та виготовлення.

На рис. 1. представлена 3Dмодель конструкції плуга зі smartpiezoceramics.

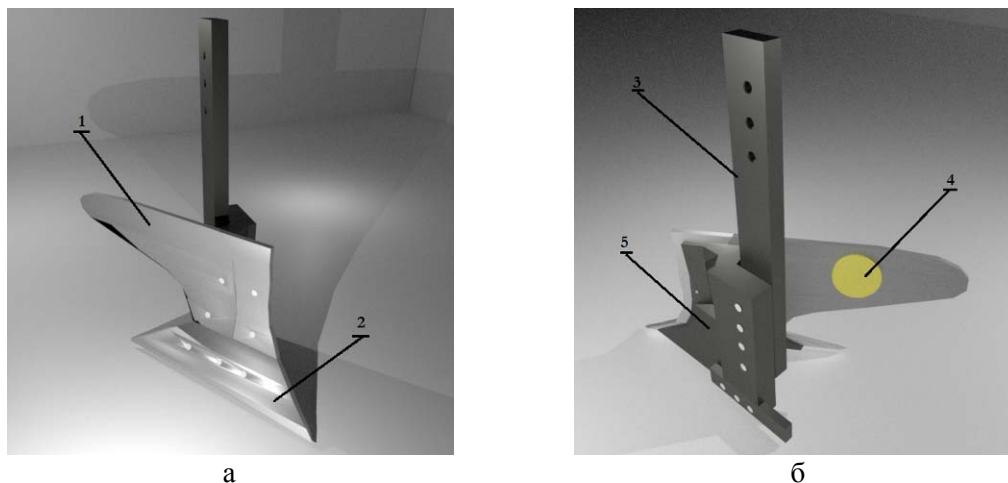


Рис. 1. Конструкція плуга зі smartpiezoceramics в 3D: а) - вид спереду; б) - вид ззаду;
1 - відвал, 2 - леміші відвалу, 3 - стійка корпус, 4 – smartpiezoceramicsформмедіска, 5-черевик

Суть даної технології при використанні в культивуванні ґрунту полягає в наступному. П'єзокерамічний п'єзоелемент щільно розташований на поверхні плугового відвалу. За рахунок наявності у п'єзоелемента прямого і зворотного п'єзоєфекту він може використовуватися як актуатор (вібратор) або датчик.

При подачі змінної електричної напруги, за рахунок зворотного п'єзоєфекту, в п'єзоелементі виникають коливання, які передаються плужному відвалу. Таким чином, в плузі виникає вібрація, яка сприяє зменшенню сили тертя плуга з ґрунтом.

При відключенні змінної електричної напруги, за рахунок прямого п'єзоєфекту, п'єзоелемент виступає в якості датчика. Отримані значення, якого, використовуються

для корекції амплітуди коливань вібрації [4].

Таким чином в даній роботі запропоновано рішення використання smartpiezoceramics для створення коливань в плужному відвалі, для зменшення опору ґрунту при оранці.

Список літератури

1. С.С. Яценко Розрахунок сил, що виникають при створенні вібрацій за допомогою smartpiezoceramics, та дослідження їх розподілу у плужному відвалі / С.А. Філімонов, А.В. Батраченко, С.С. Яценко, Н.В. Філімонова // "Вісник Черкаського державного технологічного університету". –2020. – №2. – С.21-28. (фахове видання). DOI: 10.24025/2306-4412.2.2020.198180
2. Булгаков В.М. Дослідження вібраційних процесів при основному обробітку ґрунту / В.М. Булгаков, М.О. Свірень, Р.В. Кісільов, С.Б. Орищенко, І.О. Лісовий // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2015. – Вип. 5, Т. 1 – С. 3 – 13.
3. Вібраційні машини сільськогосподарського виробництва: Монографія. / В.М. Булгаков, М.О. Свірень, І.П. Паламарчук, В.В. Дрига, О.М. Черниш, В.В. Яременко. – Кіровоград: КОД, 2012. – 512 с.
4. Філімонов С.О. Яценко С.С., Батраченко А.В., Філімонова Н.В. Использование smartpiezoceramics для обработки почвы в сельском хозяйстве // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2019. - №2.

УДК 681.5

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СУШКИ ДЕРЕВИНИ

Я. Гаврилов, ст. гр. АК-19М

С. Плешков, доц., канд.тех.наук.

В. Зубенко, доц., канд.тех.наук.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Автоматизація процесу сушіння пиломатеріалів є актуальною темою в наш час. Деревина – це дуже цінний матеріал, який використовується в багатьох галузях народного господарства і побутових умовах. Якісні властивості деревини залежать від вмісту вологи. При значному вмісті вологи в матеріалі розвиваються дереворуйнуючі грибки та мікроорганізми, в результаті чого матеріал гниє і швидко псується. Крім того, деталі і вироби, виготовлені з деревини з підвищеною вологістю (на підприємствах деревина, як правило, поступає з підвищеною вологістю), розсихаються, коробляться, що погіршує їх експлуатаційні якості.

Для того, щоб цього не відбувалося, деревину необхідно сушити до певної вологості, яка відповідає умовам експлуатації виробів. Існуючі зараз системи сушки деревини не задовольняють вимогам висунутим до них.

Метою роботи є підвищення ефективності проведення технологічних операцій процесу сушіння (на прикладі букових пиломатеріалів) за рахунок зменшення енерговитрат на проведення даних операцій та досягнення високої якості висушеного матеріалу.

Виходячи з поставленої мети, для проведення ідентифікації закономірностей технологічних операцій процесу сушіння букових пиломатеріалів, були проаналізовані основні етапи проведення теплової обробки пиломатеріалів у процесі сушіння за тривалістю, залежно від характеристик і якісних показників матеріалу. Об'єктом дослідження стала сушильна камера для сушки пиломатеріалів СПМ-1К.

В результаті проведеної роботи, було запропоновано розробити систему автоматичного контролю і управління технологічним процесом сушки деревини. Функціональну схему керування процесом сушки деревини представлено на рис.1.

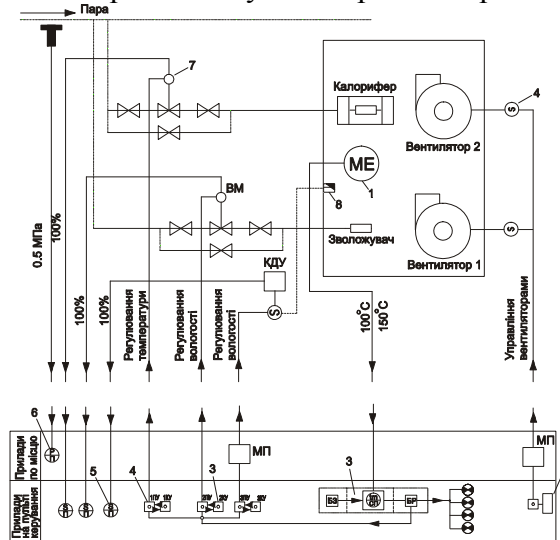


Рисунок 1 – Функціональна схема автоматичного регулювання сушкою деревини: 1 – термометри опору; 2 – вимірювально-регулюючий пристрій; 3 – ключ управління; 4 – перемикач управління; 5 – показчик положення; 6 – манометр; 7 – виконавчий механізм; 8 – шибер; 9 – пристрій для автоматичного програмного управління вентиляторами камер.

Система працює наступним чином. Температуру і ступінь насиченості сушильного агента контролюють за допомогою сухого і змоченого термометрів опору, які посилають сигнали у вимірювально-регулюючий пристрій.

Якщо регульований параметр відхиляється від заданого, встановленого за допомогою задатчиків БЗ, подається сигнал на вихідні реле БР. Виконавчі механізми управляються автоматично регулятором (через блок реле БР) і вручну за допомогою перемикачів ПУ і ключів дистанційного керування КУ на щиті управління. Ступінь відкриття регулюючих органів контролюється показниками положення, розташованими на щиті управління.

В системі є пристрій для автоматичного програмного управління вентиляторами камери, який розташовується залежно від об'єкту по місцю або на щиті управління. За тиском пари, що подається в камеру, спостерігають по манометру. Межі вимірювання і регулювання температури агента сушки 0-100 або 0-150°C, відносної вологості – 20-100%.

В результаті розробки автоматизованої системи управління сушкою деревини з використанням промислового контролера нами була розроблена структурна та електрична принципова схеми системи, алгоритм роботи АСУТП сушки деревини, печатна плата. Вибрані та описані всі елементи системи.

При розробці системи керування було використано сучасні швидкодіючі мікросхеми (комутатори, підсилювачі інтерфейси вводу/виводу та ін.) на базі мікроконтролера Philips P89CE558.

Для з'єднання мікроконтролера з ЕОМ верхнього рівня було використано інтерфейс RS-232 з коаксіальними лініями зв'язку.

За допомогою сучасних датчиків температури та вологості система оперативно керує процесом сушки деревини. При порушенні технологічного процесу спрацьовує світлова та звукова сигналізація.

Розроблена система дозволить підвищити продуктивність роботи сушильних камер, зменшити енерговитрати підприємства та покращити якість сушки пиломатеріалів.

Список літератури

1. Билей П.В. Сушка древесины твердых лиственных пород. -М.: Экология, 1992. – 224 с.
2. Білей П.В., Павлюст В.М. Сушіння деревини. Навчальний посібник. -Львів: ЛІГА-ПРЕС, 2003. – 240 с.
3. Математичне моделювання процесів конвективного сушіння// М.Л. Гірник, В.М. Гербей, З.Ю. Мазяк, В.О. Саферов та ін. -К.: Будівельник, 1993. – 248 с.
4. Воронов В.Г., Михайлецкий З.Н. Автоматическое управление процессами сушки. Киев: Техніка, 1982. – 110 с.

УДК 62-533.61

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ СПАЛЮВАННЯ ПАЛИВА В КОТЛОАГРЕГАТІ ТЕЦ

Д. Денисюк, ст. гр. АК-19М
В. Зубенко, доц., канд.тех.наук.

Центральноукраїнський національний технічний університет

ТЕЦ промислових підприємств грають суттєву роль, як в плані додаткового вироблення електроенергії, так і в плані забезпечення безперервного енергопостачання важливих технологічних об'єктів підприємств і утилізації різних вторинних видів енергоносіїв – відходів і побічних продуктів основного виробництва.

На сьогодні устаткування багатьох ТЕЦ застаріло і морально і фізично. Старіння енергетичного устаткування призводить до низької енергетичної ефективності його роботи і сприяє підвищенню викиду шкідливих речовин в навколишнє середовище.

В даний час на більшості котлоагрегатів ТЕЦ промислових підприємств постійне регулювання температури перегрітої пари котлоагрегату не здійснюється.

Тому розробка автоматизованої системи регулювання технологічних параметрів роботи котлоагрегату, з метою оптимального управління процесами спалювання газового палива, які забезпечують підвищення енергетичної ефективності котлоагрегатів і зниження викидів ними шкідливих речовин в навколишнє середовище, є актуальною задачею.

Мета дослідження: розробка системи автоматичного регулювання температури перегрітої пари котлоагрегату, що забезпечує більш високу точність підтримки режимів його роботи, і автоматизоване налаштування існуючих перспективних систем управління технологічними параметрами котла, що дозволить збільшити його продуктивність і економічність за рахунок підвищення швидкості і точності адаптації.

Виходячи з поставленої мети, виконаний аналіз систем управління, методів контролю параметрів і технічних засобів автоматизації процесів спалювання газового палива в котлоагрегатах промислових підприємств. В якості об'єкту управління був взятий один з найбільш типових представників котлоагрегат типу ТП-230.

На основі проаналізуємої нами інформації по технологічному процесу з метою його автоматизації нами була розроблена структурна схема системи керування технологічними параметрами котлоагрегату представлена на рис.1.

Структурна схема системи складається з датчика температури води (ДТВ), датчика температури перегрітої пари (ДТПП), датчика тиску розширювального бака (ДТБ), сенсора тиску перегрітої пари (СТПП), та датчика рівня ДР.

Датчики через відповідні пристрої спряження підключені до аналогового комутатора (АК), який служить для передачі сигналів від пристроїв спряження до аналогового-цифрового перетворювача (АЦП).

В складі системи керування є вимірювачі витрати води (ВВВ), вимірювачі витрат перегрітої пари (ВВПП), та пального (ВВП), які представляють собою

самостійні пристрої і через інтерфейс зв'язку (ІЗ) та лінією зв'язку (ЛЗ) підключаються до керуючої мікро-ЕОМ (КМЕОМ). На основі інформації, що надійшла від датчиків та зовнішніх пристроїв КМЕОМ через пристрої керування (ПКПД, ПКР) керує повітряним вентилятором ПВ, димососом та регуляторами: подачі води РПВ, подачі палива РПП, відведення пари РВП, вприску води РВВ.

Керування системою та висвітлення інформації відбувається за допомогою пристрою вводу-виводу ПВВ. Передача інформації до ЕОМ вищого рівня відбувається за допомогою інтерфейсу зв'язку (ІЗ).

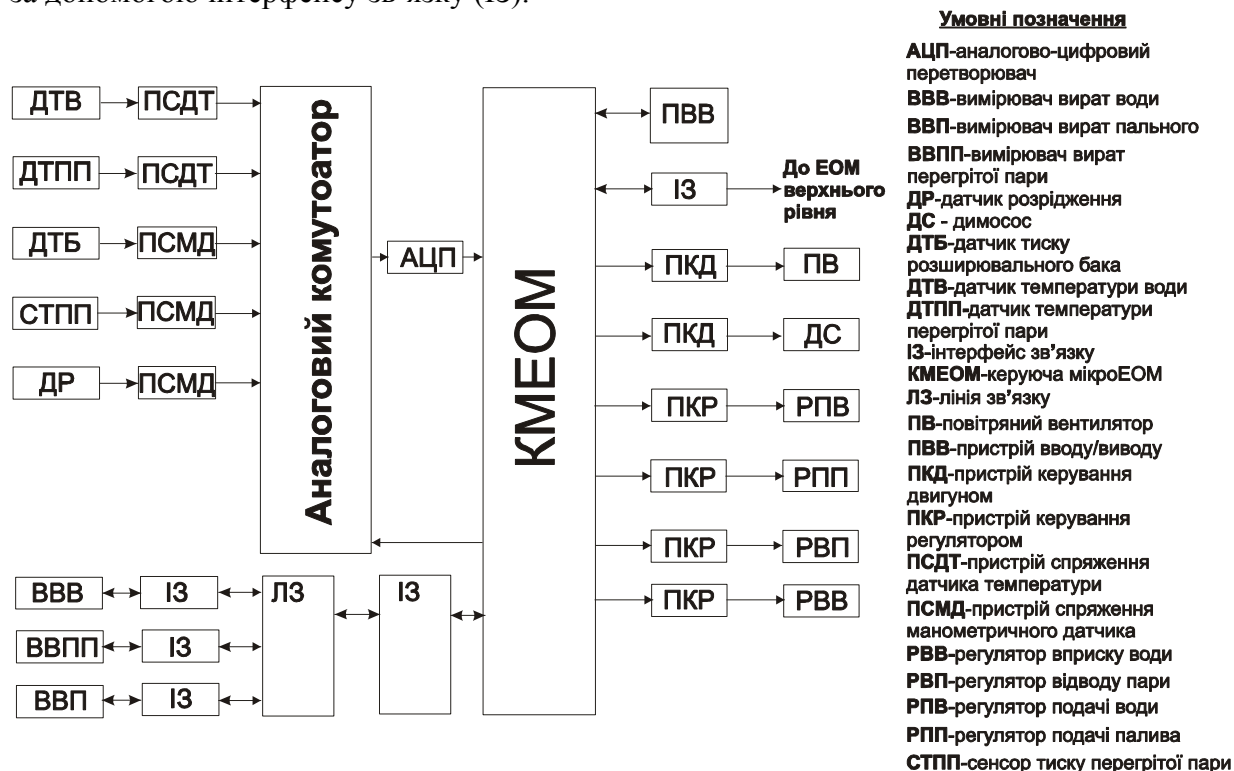


Рисунок 1 - Схема електрична структурна системи регулювання температури перегрітої пари котлоагрегату ТП-230

По електричній структурній схемі була розроблена електрична принципова схема системи. В якості КМЕОМ використано одно кристальний мікро контролер АТmega 162 фірми Atmel.

Використання такої системи автоматизації керування технологічним процесом спалювання газового палива в котлоагрегатах ТЕС промислових підприємств забезпечить підвищення ефективності спалювання палива і зниження викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище і дозволить одержати економічний ефект в результаті економішного спалювання газового палива в котлоагрегатах.

Список літератури

1. Деякі напрямки заощадження енергоресурсів котельними агрегатами / Л. І. Янко, Й. С. Мисак, М. О. Гут, Є. М. Якимів, Т. Ю. Кравець // Энергетика и электрификация. – 1999. – №9. – С. 9–12.
2. Наладка систем автоматического регулирования барабанных паровых котлов / А.С.Клюев, А.Т.Лебедев, С.И.Новиков. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 280 с.
3. Котел високого тиску типу ТП-230 ст.№2 ТЭЦ-ПВС №2. Инструкция по эксплуатации, Укрэнергочермет. – Харьков, 1984. - 67 с.
4. Аминов Р. З., Доронин М. С., Долгина В. Д. Оперативное управление режимами работы ТЭЦ на базе ЭВМ – реальный путь экономии топлива // Энергетик. – 1991. – №9.
5. Артюх С. Ф., Дуэль М. А., Шелепов И. Г. Основы автоматизированных систем управления энергогенерирующими установками электростанций. – Харьков: Знание, 1998. – 324 с.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТОЧНІСТЮ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНОМУ ВЕРСТАТІ

Ю. Чашіна, ст. гр. АК-19М

Т. Прокопенко, доц., канд.тех.наук.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Однією із складових успішного виходу України на світовий ринок товарів є випуск конкурентоспроможної продукції. Тому основною задачею є отримання продукції заданої якості. Якість складається з багатьох показників, і особлива роль в її забезпеченні відводиться показнику точності, бо від точності виготовлених поверхонь безпосередньо залежить якість роботи машин, їх надійність та довговічність.

Якість продукції значною мірою залежить від точності розмірів деталей. Деталі, які мають значні відхилення розмірів, зменшують довговічність як рухомих, так і нерухомих з'єднань. Вплив різноманітних факторів зменшує точність обробки деталей на металорізальних верстатах з ЧПУ. Задача забезпечення необхідної якості може бути вирішена на основі контролю точності розмірів деталей, що обробляються. Особливого значення це набуває в умовах серійного виробництва. Додаткова обробка бракованих деталей зменшує продуктивність металорізальних верстатів.

У зв'язку з цим актуальною проблемою є створення автоматизованої системи контролю та регулювання точності деталей, що обробляються на металорізальних верстатах з ЧПУ, яка б забезпечувала необхідну точність і надійність автоматизованого контролю в зоні різання. Існуючі зараз системи не задовольняють сучасним вимогам і потребують подальшого вдосконалення.

Прогресивним способом досягнення необхідної якості деталей, які обробляються на токарних верстатах з ЧПУ, є спосіб, за яким розміри деталей контролюються безпосередньо в робочій зоні.

В результаті аналізу існуючих способів контролю точності виробів, була розроблена система автоматичного контролю та регулювання точності обробки деталей на координатно-розточувальному верстаті, структурна схема якої приведена на рис. 1

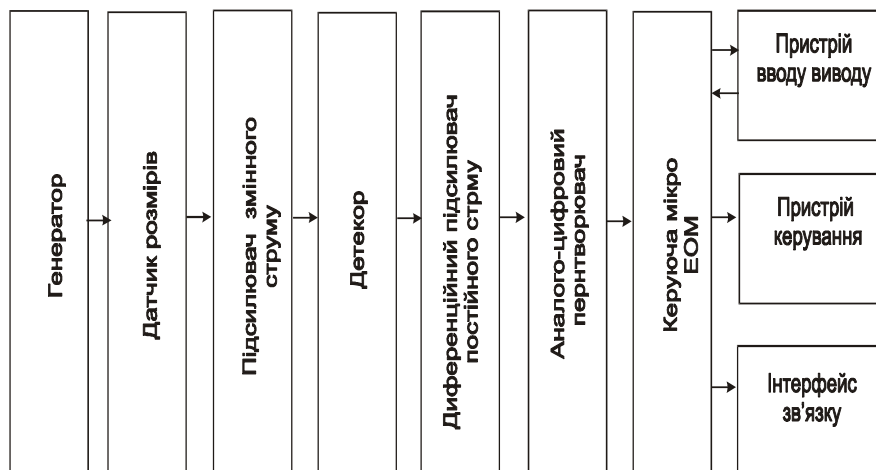


Рисунок 1 - Структурна схема системи автоматичного контролю та регулювання точності обробки деталей на координатно-розточувальному верстаті

До складу системи входить датчик розмірів, в якості якого була обрана вимірювальна головка торкання. В свою чергу датчик підключений до генератора.

Сигнали з датчика потрапляють на підсилювач змінного струму, завдяки чому підсилюється падіння напруги на виході з нього. Принцип дії датчик оснований на зміні положення контакту при доторканні до поверхні розміри якої необхідно контролювати, в результаті чого змінюється положення адаптера, в результаті вимірювачі 5, передають сигнал підсилювачу змінного струму.

Далі через піковий детектор потрапляють до диференційного підсилювача і ще раз підсилюються. Аналого-цифровий перетворювач перетворює підсилений аналоговий сигнал у цифрову форму і передає його до керуючої мікро ЕОМ. Керуюча мікро ЕОМ по заданому алгоритму роботи обробляє отриману інформацію і за допомогою пристрою керування здійснює відповідні дії по керуванню верстатом та точністю обробкою деталі.

Пристрій вводу-виводу призначений для задання перед початком роботи розмірів оброблюваної деталі та вводу відповідної програми обробки деталі.

Інтерфейс зв'язку дозволяє передавати та нагромаджувати звіти про роботу системи, керувати та контролювати за роботою системи на відстані, виконувати моніторинг основних технологічних параметрів системи, що дозволить вчасно отримувати інформацію про стан роботи системи в цілому та автоматичне відключення її при аварійних режимах.

Відповідно до особливостей керування технологічним процесом обробки деталей координатно-розточувальним верстатом, сформульований алгоритм керування режимами функціонування технічного об'єкту та розроблена електрична принципова схема системи автоматичного контролю та регулювання точності обробки деталей на координатно-розточувальному верстаті

В якості керуючої мікро ЕОМ застосований мікроконтролер з сімейства CLASSIC фірми "Atmel", типу AT90LS2333.

Використання такої системи на підприємстві дозволить скоротити витрати підприємства за рахунок отримання готових виробів більш високої точності.

Список літератури

1. Пуш В.Э., Пигерт Р., Сосонкин В.Л. Автоматические станочные системы / Под. ред. В.Э. Пуша. - М.: Машиностроение, 1982. - 319 с.
2. Стискин Г.М., Ганевский В.Д. Токарные станки с оперативным программным управлением. - К.: Техника, 1989. - 176 с.
3. Оптимальное управление точностью обработки деталей в условиях АСУ / В.И.Кантор, О.Н. Анисифоров, Г.Н. Алексеева и др. - М.: Машиностроение, 1981.-256с.
4. Приборы автоматического управления обработкой на металлорежущих станках / А.В. Высоцкий, И.Б. Карпович, М.П. Соболев, М.И. Этингоф. - М.: Машиностроение, 1995. - 328 с.
5. Клюев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов./Клюев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х.-М.: Энергия, 1980.-512 с.

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ ON-LINE КОНФЕРЕНЦІЇ

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

11-12 листопада 2020 року

Відповідальний за випуск І.О. Переверзєв

Комп'ютерна верстка Т.В. Величко

Тиражування О. Г. Каліч

*Приватне підприємство «Ексклюзив-Систем»
Свідоцтво № ДК 4470 від 17.01.2013р.
25006, м. Кіровоград, вул. Шевченка, 25
тел./факс 24-35-53*

Підписано до друку 12.11.2020р. Формат 60x84/8. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Офсетний друк. Умов. друк. арк. 26,5
Тираж 300 прим. Зам. № 0520