

ВСЕУКРАЇНСЬКА 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 БУДІВНИЦТВА, ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА
ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ



ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ ON-LINE
КОНФЕРЕНЦІЇ

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

13-14 листопада 2024 року

м. Кропивницький

Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції «Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві». – Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – 251 с.

Затверджено рішенням засідання кафедри ЕТС та ЕМ (протокол № 4 від 20.11.24 р.).

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Голова оргкомітету: Тихий Андрій Анатолійович – проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків, кандидат технічних наук, доцент, 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

Дідик Олександр Костянтинович – завідувач кафедри автоматизації виробничих процесів, кандидат технічних наук, доцент, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Члени оргкомітету:

Віхрова Л.Г. – канд. техн. наук, професор Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький; Жук Г.В. – д-р. техн. наук, старший науковий співробітник, директор Інституту газу НАН України, м. Київ; Запорожець В.І. – технічний директор ПрАТ “Кіровоградобленерго”, м. Кропивницький; Калінчик В.П. – канд. техн. наук, доцент, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, м. Київ; Клименко В.В. – д-р. техн. наук, професор, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький; Книш С.В. – голова ЦК електротехнічних дисциплін, Світловодський політехнічний фаховий коледж Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Світловодськ; Кондратенко Ю.П. – д-р. техн. наук, професор, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв; Коренькова Т.В. – д-р. техн. наук, професор, Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, м. Кременчук; Максимов М.В. – д-р. техн. наук, професор, Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса; Матіко Ф.Д. – д-р. техн. наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів; Мацуї А.М. – д-р. техн. наук, професор, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький; Назаркевич М.А. – д-р. техн. наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів; Некрасов А.В. – канд. техн. наук, доцент, Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, м. Кременчук; Орлович А.Ю. – канд. техн. наук, професор, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький; Осадчий С.І., доктор технічних наук, професор, Льотна академія Національного авіаційного університету, м. Кропивницький; Прус В.В. – д-р. техн. наук, доцент, Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, м. Кременчук; Резнік Л.С. – фахівець І категорії методично-організаційного відділу ЦНТУ; Різуненко А.А. – к.т.н., начальник КБП ПАО «НВП «Радій», м. Кропивницький; Розен В.П. – д-р. техн. наук, професор, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, м. Київ; Рубан С.А. – канд. техн. наук, доцент, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг; Сінчук О.М. – д-р. техн. наук, професор, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг; Смірнов О.О. – керівник методично-організаційного відділу ЦНТУ; Шмельова Т.Ф. – д-р. техн. наук, професор, Національний авіаційний університет, м. Київ; Щокін В.П. – д-р. техн. наук, професор, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг.

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

Збірник містить тези доповідей за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції «Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві», що відбулася 13-14 листопада 2024 року на базі кафедри електротехнічних систем та енергетичного менеджменту і автоматизації виробничих процесів Центральноукраїнського національного технічного університету.

Матеріали збірника опубліковано у авторській редакції.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ № 1. ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ЕЛЕКТРО- ТА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ

<i>Г. Жук, С. Крушневич, Ю. Іванов, Л. Онопа</i> Електроенергія, тепло та вуглекислий газ зі звалищного газу	12
<i>Л. Троценко, В. Пікашов</i> Інфрачервоне променисте опалення при розморожуванні змерзлих вантажів	15
<i>О. Михайловська, В. Клименко, Л. Молокост, С. Шматько, Д. Ципляк</i> Вплив добавок золи винесення теплових електростанцій на міцність зразків грунтоцементу	18
<i>Ю. Яковлев, В. Клименко, Ю. Дем'яненко, О. Яковлева, В. Гайдаржі</i> Підвищення ефективності енерговикористання в автомобільних системах кондиціонування повітря	20
<i>В. Яронуд</i> Експериментальні дослідження ефективної теплової потужності U-подібного вертикального ґрунтового теплообмінника	22
<i>М. Omelchuk</i> Energy efficiency of semiconductor converters in traction electric drives and GaN technology	25
<i>Д. Заболотний</i> Способи керування інверторами фотоелектричних станцій для забезпечення стабільності та якості електроенергії в мережі	28
<i>А. Котиш, Є. Варшавський, М. Куцоконь</i> Система моніторингу стану силових трансформаторів	31
<i>А. Котиш, О. Довженко, В. Панкрат'єв, Р. Панченко</i> Аналіз заходів по мінімізації втрат електроенергії в мережах 380 В комунально- побутового призначення	33
<i>А. Кузнецов</i> Аналіз методів плавки ожеледі на повітряних лініях електропередавання	35
<i>А. Дудка, О. Козловський</i> Технічні втрати електроенергії в повітряних лініях	37
<i>П. Розпутній</i> Система раннього визначення утворення ожеледно-памозевих відкладень на ПЛ розподільних мереж	39
<i>О. Братаніч, К. Петрова, С. Серебренніков</i> Оптимізація функціонування розосереджених джерел енергії в локальних електричних системах	41
<i>А. Орлович, В. Здобнов</i> Оцінка енерговитрат на опалення для підприємства малого бізнесу: сучасні виклики, інноваційні вирішення	43
<i>Р. Шаповалов, Н. Гарасьова, Т. Тисленко</i> Оцінка впливу зміни кількості та складу паралельно працюючих насосів на ефективність роботи насосної станції	45

<i>В. Зінзура, І. Пташник</i> Система автоматичного регулювання пристроєм РПН силового трансформатора зі схемою з'єднання обмоток «трикутник/зірка з нулем».....	48
<i>В. Зінзура, В. Войтенко, С. Галушка, І. Лагно</i> Автоматичне керування параметрами режиму розподільних електричних мереж в умовах несиметрії напруги.....	51
<i>В. Клименко, В. Мартиненко, В. Піцик</i> Модернізація системи очистки біогазу для підвищення ефективності його використання в когенераційних установках.....	54
<i>І. Переверзєв, Т. Величко, М. Улановська</i> Неоднорідна замкнена електрична мережа та оптимізація її режимів	56
<i>І. Переверзєв, Т. Величко, М. Правий</i> Математичне моделювання комутаційних перенапруг в мережах 6-10 кВ	57
<i>І. Нижник, П. Плешков, А. Некрасов, С. Дубенко</i> Розробка системи автоматичного регулювання напруги в електротехнічних системах	59
<i>О. Щербакова, П. Плешков, С. Дубенко</i> Енергетичні процеси в системі реактивної потужності з транзисторними перетворювачами.....	61
<i>Г. Криховецький, П. Плешков, С. Дубенко</i> Регулювання напруги в розподільчих електричних мережах з використанням пристроїв регулювання напруги під навантаженням силових трансформаторів	63
<i>R. Rahmankulov, I. Savelenko</i> The impact of hydropower plants on power supply systems	65
<i>Ю. Яблуновський, Р. Телюта</i> Моніторинг стану витрати ресурсу ізоляції асинхронного електродвигуна.....	67
<i>В. Шамара, А. Телюта</i> Підвищення працездатності комплектних трансформаторних підстанцій	69
<i>Ю. Фішер, Р. Телюта</i> Аналіз та прогнозування споживання електричної енергії.....	71
<i>О. Співак</i> Енергоефективність системи повітряного опалення для повітряно-опорних конструкцій	73
<i>Д. Абрамов, С. Книш</i> Підвищення енергоефективності системи теплопостачання коледжу за рахунок впровадження автоматизованого теплового пункту.....	76
<i>А. Непрозваний, О. Сіріков</i> Оптимізація компенсації реактивної потужності в електричних мережах 0,4-10 кВ промислових підприємств	78
<i>Н. Щукіна, О. Сіріков</i> Дослідження впливу відновлювальних джерел енергії на стійкість енергетичної системи	80
<i>О. Далданов, М. Ратьков, В. Солдатенко</i> Моделювання роботи електрогенеруючої вітроустановки	82

<i>С. Нзепі, В. Солдатенко</i> Розробка комбінованих електроенергетичних систем та оцінка ефекту від їх застосування.....	84
<i>В. Одарченко, Д. Оршлетт, В. Солдатенко</i> Дослідження режимів роботи мікроенергетичної системи із акумулюванням електроенергії	85
<i>Р. Чернощоків, М. Сулим, В. Солдатенко</i> Оцінювання ефективності роботи електросистем з ВДЕ шляхом використання технології CAES для акумулювання електроенергії.....	86

СЕКЦІЯ № 2. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ

<i>В. Мельник, О. Погрішук</i> Енергоменеджмент у забезпеченні ефективності аграрного виробництва	87
<i>В. Зубенко, І. Березюк</i> Застосування сучасних теплоізоляційних технологій для зниження енергетичних витрат у будівництві	89
<i>І. Ващишак</i> Роль енергомоніторингу при техніко-економічному обґрунтуванні проєктів з впровадження систем безперебійного енергозабезпечення.....	91
<i>Ю. Шерстньов</i> Енергоефективне регулювання перетікання реактивної потужності підприємств гірничозбагачувального комбінату.....	93
<i>О. Кухта</i> Енергоефективність міського рейкового електротранспортного комплексу: інновації та перспективи розвитку	96
<i>К. Козка, В. Третьяк, К. Петрова, С. Серебренніков</i> Формування науково-обґрунтованого механізму моніторингу енергоспоживання житлових та громадських будівель	98
<i>І. Колодій, М. Горбов, К. Петрова, С. Серебренніков</i> Дослідження методів підвищення рівня енергоефективності адміністративних будівель	100
<i>Д. Зозуля, Н. Гарасьова</i> Скорочення викидів парникових газів при реалізації проєктів підвищення енергоефективності підприємства	102
<i>А. Солох, П. Плешков, А. Некрасов, С. Дубенко</i> Оцінка показників якості перетворення енергії і ефективності її використання в електротехнічних системах	103
<i>О. Нижник, П. Плешков, С. Дубенко</i> Синтез нейронної мережі прогнозування споживання електричної енергії гірничозбагачувальних підприємств для впровадження енергозберігаючих режимів	105
<i>В. Вознюк, П. Плешков, С. Плешков, С. Дубенко</i> Системи енергетичного контролю промислового підприємства з впровадженням енергоаудиту та енергозбереження	107

<i>В. Зінзура, Ю. Козлик, В. Бруєв</i> Визначення оптимальної точки приєднання СЕС до розподільної електричної мережі	109
<i>Л. Моклюк, П. Плешков, С. Плешков, С. Дубенко</i> Економічна ефективність впровадження когенераційних установок як джерел електропостачання	112
<i>Л. Віхрова, В. Зінзура</i> Енергетичний моніторинг та автоматизація керування енерговикористанням на промисловому підприємстві.....	114
<i>L. Danylchenko, I. Savelenko</i> Analysis of technological losses of electric energy in in distribution power grids.....	116
<i>О. Байда, І. Савеленко</i> Розробка наукових рекомендацій з енергозаощадження для об'єктів спортивної інфраструктури на прикладі басейнів	117
<i>В. Бондаренко, В. Клименко, І. Савеленко</i> Аналіз використання автономної системи тепlopостачання студмістечка Центральноукраїнського національного технічного університету з біопаливною котельнею.....	119
<i>К. Мороз, В. Клименко, І. Савеленко</i> Аналіз рішень підвищення ефективності використання відходів деревини для системи тепlopостачання деревообробного підприємства з біопаливною котельнею.....	120
<i>С. Дутчак, А. Телюта</i> Підвищення енергоефективності в подрібнювачах рослинних відходів.....	121
<i>Є. Маклашевський, А. Ткаченко, О. Сіріков</i> Аналіз характеристик акумуляторів різних типів як накопичувачів електроенергії	123
<i>Ю. Яловенко, О. Сіріков</i> Аналіз методики розрахунку електромеханічної частини електротранспорту.....	126
СЕКЦІЯ № 3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ	129
<i>І. Березюк, В. Зубенко, О. Сугак</i> Використання сучасних інформаційних технологій для скорочення енергетичних витрат при керуванні мікрокліматом в теплиці	129
<i>L. Vikhrova, M. Miroshnichenko, I. Horelik</i> Automated system of bench tests of complex machine-building products	131
<i>Ю. Мишковський, М. Назаркевич</i> Розпізнавання рухомих об'єктів за допомогою моделі Yolov8s.....	132
<i>С. Осадчий, В. Каліч, Л. Віхрова, М. Мірошніченко</i> До питання створення автоматичної системи стабілізації потоку хлібної маси на вході молотарки зернозбирального комбайну.....	134
<i>О. Файзулін</i> Оптимізація OLAP систем із використанням Spring Batch	136
<i>Р. Федчук, В. Висоцька</i> Автоматизація процесу виявлення та виправлення помилок в текстах.....	139

<i>С. Рендзіняк, Р. Холодняк, В. Коруд, Д. Трушаков</i> Дослідження ефективності паралельних обчислень у релаксаційних методах для аналізу динамічних систем.....	142
<i>О. Майданик, А. Мацуї, Є. Мелешко</i> Автоматизація автономного польоту БПЛА з використанням зовнішнього модуля навігації.....	146
<i>В. Джигирей, Ф. Матіко</i> Алгоритми для реалізації інформаційно-виміральної системи визначення обсягів втрат газу внаслідок пошкоджень газопроводів.....	148
<i>М. Хлебніков, А. Мацуї</i> Обґрунтування задачі удосконалення автоматичної стабілізації оптимального різнорозмірного кульового завантаження барабанних млинів при подрібненні вихідної руди.....	150
<i>О. Holyk, O. Nerush, O. Korsikov, O. Shavrunov</i> The intelligent decision support system under uncertainty for an automated energy supply management system using renewable energy sources.....	152
<i>О. Holyk, O. Kopyl, I. Moroz, Y. Panchenko</i> Decision-making models for automation systems of the power supply management process of autonomous consumers in conditions of uncertainty of input information.....	154
<i>О. Didyk, S. Dyatlov</i> Development and research of a system for automatic temperature control at the outlet of a drum granulator-dryer in the production of mineral fertilizers.....	156
<i>R. Zhesan, O. Holyk, O. Shavrunov</i> Formalization of the decision-making process under conditions of uncertainty for managing the energy supply process.....	157
<i>О. Didyk, K. Malyi</i> Development and research of an automatic web tension stabilization system for a web offset printing machine.....	159
<i>С. Бондаревський, Ю. Пархоменко</i> Основні концепції Spring Framework та його використання в сучасних Java-додатках.....	161
<i>О. Didyk, I. Berezyuk, V. Negara</i> Development and research of a system for measuring the weight of rolling stock.....	163
<i>V. Bondarchuk, A. Matsui, Lin Lin</i> Far-field to near-field conversion for production testing of Millimeter Wave Antenna Arrays.....	164
<i>О. Didyk, A. Panchenko</i> Development and research of a vehicle weight estimation system for dynamic axial weighing.....	166
<i>R. Zhesan, S. Plieshkov, V. Kovalov, Y. Stepanenko</i> Justification of the development and research of an asynchronous electric drive of a production mechanism.....	167
<i>О. Didyk, I. Berezyuk, D. Semenenko</i> Development and research of a system for automatic height control of the rice harvester's reaping device.....	169

Б. Кріль, Ф. Матіко, В. Шалева,	
Удосконалення вагових комірок для технологічного процесу дозування інфузійних розчинів	170
<i>О. Didyk, V. Kalich, A. Shulyar</i>	
Development and research of a system for automatic control of the temperature of the mixture in a mixer in the production of caramel	173
<i>M. Miroshnichenko, I. Parkhomenko, O. Lysenko, A. Polishchuk</i>	
Intelligent system of diagnostics based on microprocessor devices	174
<i>О. Didyk, I. Berezyuk, M. Stoyanov</i>	
Development and research of an autoclave temperature control system	176
<i>Ю. Пархоменко, А. Бокій, Д. Литвиненко</i>	
Дослідження необхідності розробки та програмної реалізації системи діагностики, обробки та запису сигналів ЕКГ на базі флеш-накопичувачів	177
<i>С. Рева</i>	
Комп'ютерно-інтегровані технології в агровиробництві	179
<i>С. Кравцов, Р. Жесан, О. Голик, В. Зубенко</i>	
Місце енергоефективних будівель із системами керування в розподіленій генерації енергії	181
<i>В. Ляшок, М. Тиханський</i>	
Інтелектуальна ідентифікація в технологічному процесі збагачення	184
<i>В. Ложечніков, Г. Мариничев, А. Третьяк, Є. Ложечнікова</i>	
Аналіз та дослідження контурів автоматизованого контролю нафтохімічного виробництва	186
<i>І. Маринич, А. Макогонов</i>	
Визначення рядків сільхоз культур, як основа для розрахунку траєкторії руху дрону з оприскувачем	188
<i>О. Воловецький</i>	
Адаптивний метод фільтрації зашумлених даних у системах магнітної сепарації з використанням логарифмічної залежності ширини вікна	191
<i>О. Янюк, Д. Марчук</i>	
Підтримка ресторанів і кафе в інтернеті	194
<i>С. Плешков, А. Саченко</i>	
Керування режимами розподільних електричних мереж середньої напруги з сонячними електростанціями при несиметричному навантаженні	197
<i>Д. Проданов, Я. Беглов, К. Беглов</i>	
Управління температурою киплячого шару котла при спалюванні твердих побутових відходів	198
<i>Є. Тимохін, В. Харламенко</i>	
Аналіз проблеми оптимізації споживання водних ресурсів на гірничо-збагачувальній фабриці	201
<i>О. Шепель, А. Мацуї</i>	
Економічна доцільність автоматизації визначення місця однофазного замикання на землю у мережі з ізольованою нейтраллю	203
<i>О. Дідик, І. Скакун</i>	
Розробка та дослідження системи автоматичного дозування сипучих матеріалів	205

<i>С. Плешков, О. Сіса, А. Некрасов</i> Система автоматичного керування подачею електрода при розмірній обробці твердого сплаву	207
<i>Д. Трушаков, С. Руссу</i> Система автоматичної стабілізації технологічного параметра холодильної камери	209
<i>О. Сербул, О. Ізовіта, В. Ярмоленко</i> Огляд проблем при автоматизації процесу управління подрібненням вихідної руди на рудозбагачувальних фабриках	210
<i>О. Сербул, А. Барбул</i> Удосконалення системи керування процесом сепарації зерна	212
<i>С. Плешков, Т. Гугой, А. Некрасов</i> Автоматизація підтримування тиску у технологічному агрегаті випарної станції	213
<i>О. Сербул, В. Дятлов</i> Удосконалення системи керування підігрівом води в процесі вичинки шкіри	214
<i>О. Сербул, В. Луньов</i> Автоматизація керування процесом катодного розпилення по каналу товщини плівки	215
<i>Д. Трушаков, С. Мельник</i> Система регулювання мікроклімату шару ґрунту по каналу температури	216
<i>Д. Трушаков, А. Тимофіїв</i> Модернізація системи автоматичного управління припливно-витяжної вентиляції по каналу температури	217
<i>D. Bratushko, A. Matsui</i> Automation of the process of pellet loading into the roasting machine	218
<i>I. Golubev, A. Matsui</i> Control system of condensate heating process in a tube furnace during petrol production	220
<i>V. Kuznetsov, A. Matsui</i> Modernisation of automated control system for blast furnace cooling process control	222
<i>В. Левченко</i> Єдиний інформаційний простір для кар'єрів: концепція, виклики та перспективи впровадження	223
<i>A. Panchenko, V. Kalich</i> Modernisation of the automatic temperature control system of the press of the technological line	225
<i>S. Petrenko, A. Matsui</i> Automated control system of the lift loading process during parking of passenger cars	227
<i>M. Prochakov, V. Kalich</i> Justification of automatic control of the extraction process during oil production	229
<i>D. Ratushny, V. Kalich, A. Miroshnichenko</i> Electric drive control system of modern solar photovoltaic power plants	230
<i>М. Чорна, Д. Лавренко, Б. Денисов</i> Переваги застосування передпосівної обробки насіння електромагнітним полем	232
<i>N. Kosulina</i> Justification of the method of dielectric constant measurement	234

<i>V. Shigimaga, N. Kosulina, M. Chorna, H. Lyashenko, V. Sukhin, K. Korshunov</i> Application of the pulse conductometry of ukraine natural waters.....	236
<i>Н. Косуліна, К. Коришун</i> Електромагнітна технологія для зберігання яблук	238
<i>Г. Ляшенко, Н. Полянова</i> Використання методу порожнинних збурень для аналізу біологічних зразків	240
СЕКЦІЯ № 4. ЕЛЕКТРОННІ КОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА.....	242
<i>Ю. Пархоменко, О. Кислун, А. Козак</i> Дослідження необхідності розробки та програмної реалізації системи захисту персональних даних із застосуванням псевдовипадкових алгоритмів	242
<i>Р. Прокопчук, Ю. Пархоменко</i> Дослідження та програмна реалізація системи автентифікації користувачів в інтернет-мережах на основі FreeRADIUS	244
<i>В. Босько, А. Суббота, Д. Довгань</i> Дослідження та програмна реалізація систем безпеки на основі бездротових технологій при реалізації керування в системах автоматизації.....	246
<i>В. Босько, Д. Погорілий, А. Казанков</i> Дослідження та програмна реалізація NoSQL баз даних для підвищення ефективності роботи систем обробки даних при розробці ERP систем	248
<i>В. Босько, Д. Погорілий, А. Казанков</i> Дослідження та програмна реалізація застосування об'єктно-орієнтованої бази даних.....	249
<i>В. Босько, А. Суббота</i> Дослідження та програмна реалізація системи обміну даними в мережі інтернет	251

СЕКЦІЯ № 1. ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ЕЛЕКТРО- ТА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ

УДК 504:536.7

Геннадій Жук, член-кореспондент НАН України, проф., д-р. техн. наук, директор Інституту газу Національної Академії Наук України, **Сергій Крушневич**, ст. наук. співр., канд. техн. наук, **Юрій Іванов**, наук. співр., **Лілія Онопа**, наук. співр.

*Інститут газу НАН України, відділ газових технологій, м. Київ
e-mail: hen_zhuk@ukr.net*

ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, ТЕПЛО ТА ВУГЛЕКИСЛИЙ ГАЗ ЗІ ЗВАЛИЩНОГО ГАЗУ

На території України налічується більше 4,5 тис. полігонів твердих побутових відходів загальною площею понад 7,8 тис. га. на які щорічно завозиться близько 13 млн. т відходів, які в процесі анаеробної переробки виділяють до 1800 тис. тон вуглекислого газу і до 800 тис. тон метану (ще більш потужного парникового газу) в рік. Тому утилізація звалищного газу несе в собі значиму екологічну складову.

Найбільш простий спосіб утилізації біогазу є спалювання метану, так суттєво знижується вклад полігону твердих побутових відходів в накопичення парникових газів у атмосфері, але більш раціонально використати енергію метану для виробництва роботи.

За участі ТОВ «Міжнародний газовий центр» та Інституту газу НАН України в 2015 році в місті Кам'янець-Подільському був введений в експлуатацію черговий комплекс утилізації біогазу на полігоні твердих побутових відходів зі встановленою проектною потужністю 600 кВт. Узагальнена схема комплексу наведена на рис. 1.

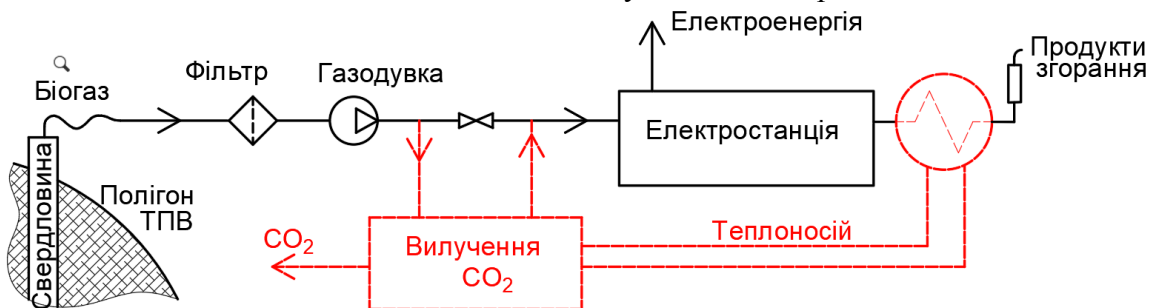


Рисунок 1 – Схема комплексу утилізації біогазу полігону ТПВ (Червоним пунктиром показано додаткове обладнання для вилучення CO₂)

На рис. 2 наведені статистичні дані по питомим витратам цієї біогазової електростанції за 2022 рік. Видно, що зі зменшенням концентрації метану в біогазу від 47 % до 35 % питомі витрати біогазу зростають в 1,86 рази, тобто з 0,7 до 1,3 нм³/кВт. Експериментально встановлено, що поршневі двигуни здатні стабільно працювати, при падінні концентрації метану в біогазу до 32 %. В разі оптимізації паливної системи вдається отримати відносно стабільну роботу до концентрації 28 %.

Наявність у складі біогазу CO₂ як негорючої домішки зменшує його теплоту згорання і нормальну швидкість поширення полум'я в порівнянні з природним газом.

На рис. 1 червоним пунктиром показано додаткове обладнання для збагачення біогазу і одночасного отримання діоксиду вуглецю. За рахунок вилучення вуглекислого газу концентрація метану зростає і ефективність роботи двигуна підвищується. Тепло вихлопних газів двигуна використовується для підігріву колони десорбера (регенератора) в установці вилучення вуглекислого газу і тим самим мінімізуються витрати енергії на процес регенерації.

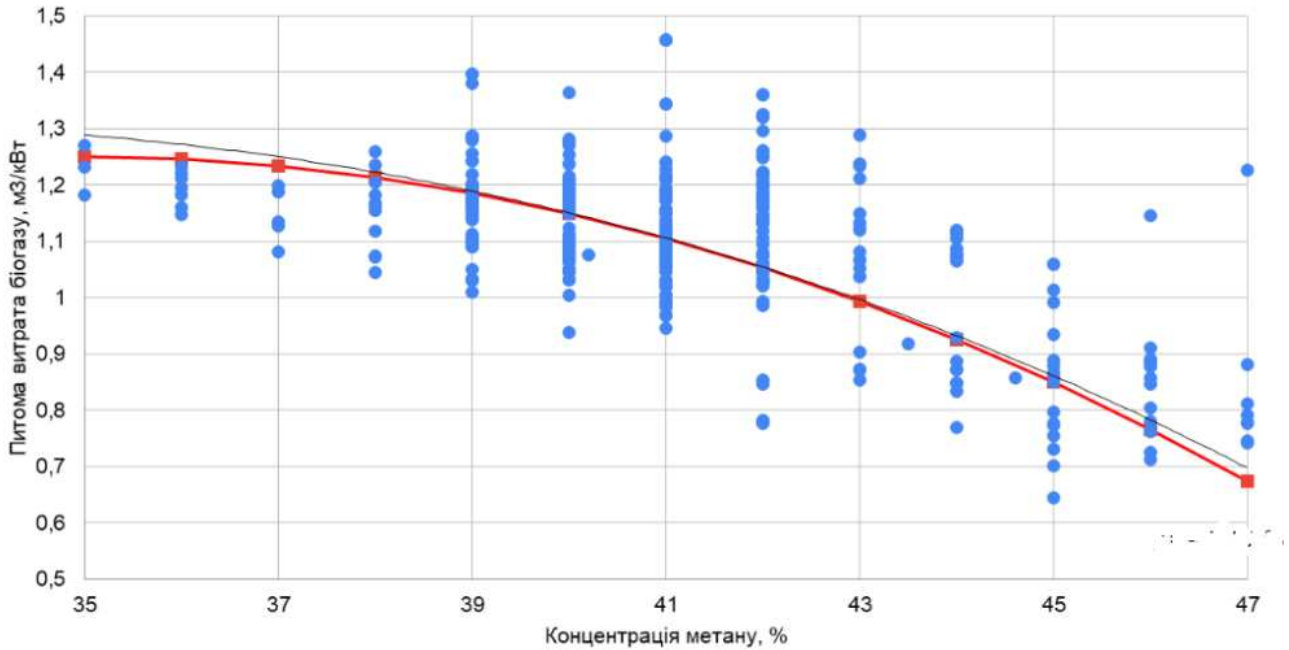


Рисунок 2 – Статистичні дані по питомій витраті біогазу електростанції на полігоні твердих побутових відходів в м. Кам'янець-Подільський

Вилучення вуглекислого газу відбувається за рахунок абсорбції водним розчином амінів: моноетаноламіну (МЕА) або метилдіетаноламіну (МДЕА), рис. 3. За допомогою комп'ютерного моделювання було розроблено унікальний водний розчин МЕА та МДЕА, який дозволив знизити затрати енергії на процес в 1,5-2,5 рази в порівнянні з традиційними розчинами моноетаноламіну [1].

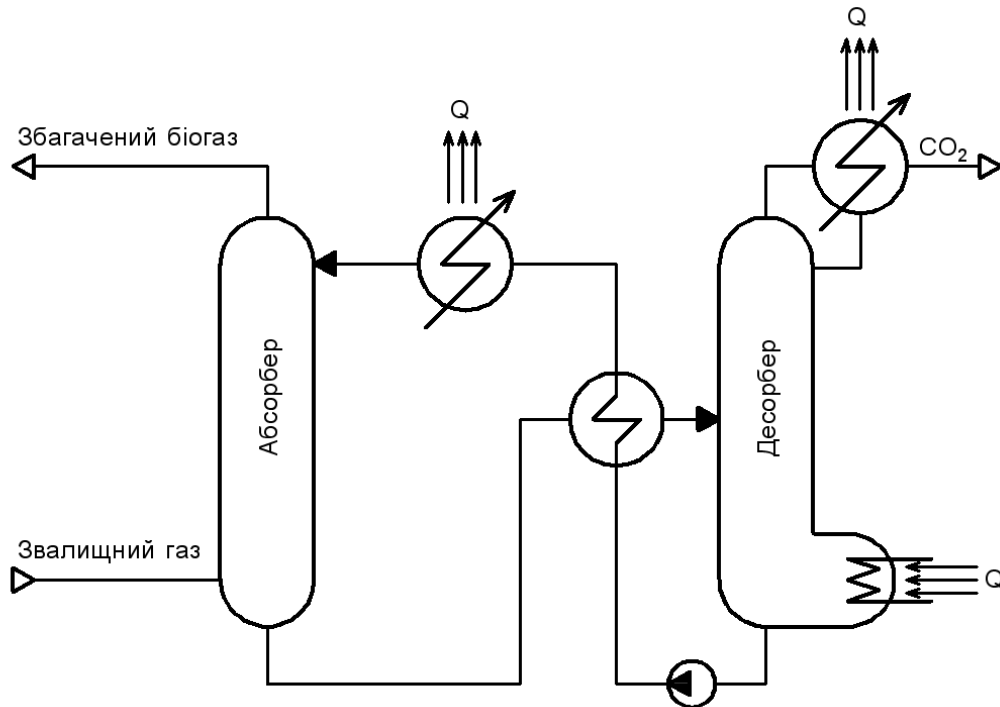


Рисунок 3 – Типова схема амінового процесу вилучення вуглекислого газу

На рис. 4 наведено результати моделювання процесу збагачення біогазу для двох варіантів тиску: 0,16 та 0,26 МПа. Збільшення концентрації метану на виході установки

майже пропорційно до росту концентрації метану і призводить до збільшення затрат тепла в десорбері та збільшення об'єму розчину, який циркулює в системі.

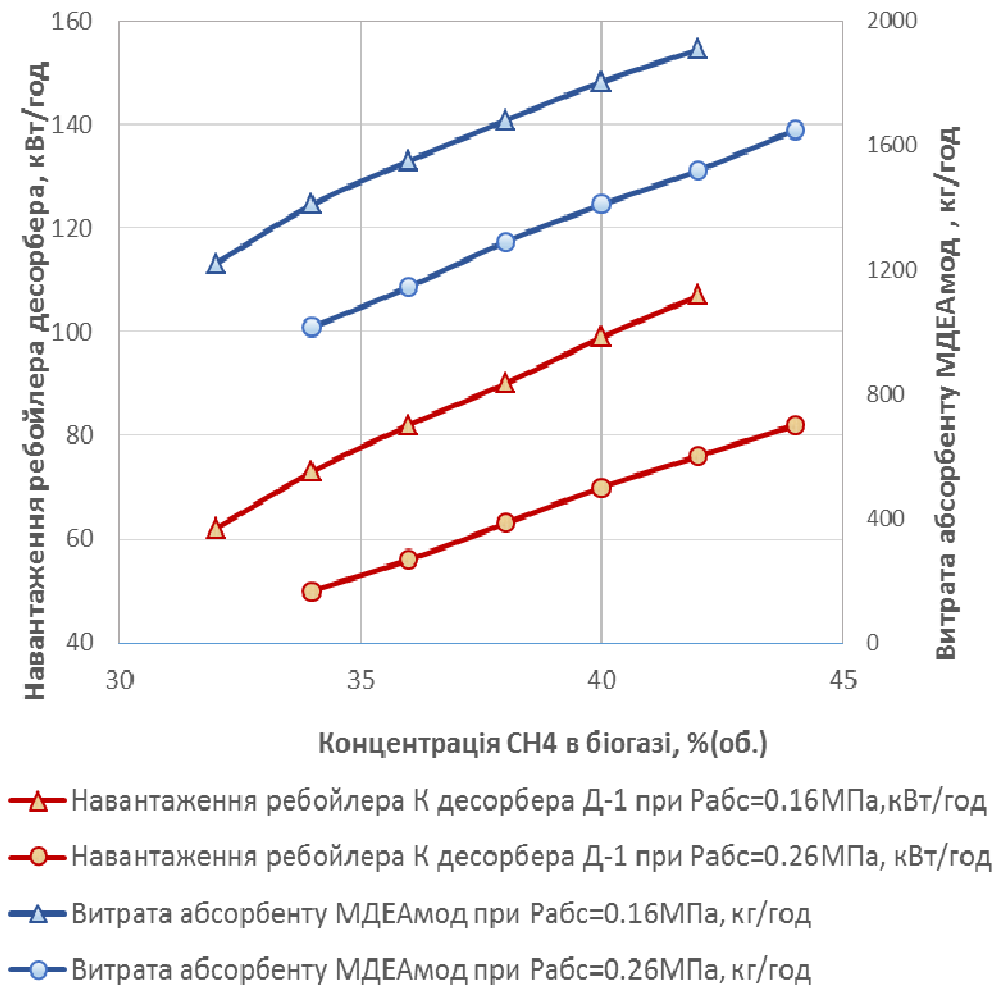


Рисунок 4 – Залежність теплового навантаження ребойлера десорбера і витрати абсорбента при збагаченні БГ до концентрації в ньому метана 32÷44%(об.)

Завдяки програмі «Innovate Ukraine – підтримка енергетичного відновлення України», яка відбувається за підтримки уряду Великої Британії в Україні силами Інституту газу НАН України, ТОВ «Міжнародний центр газових технологій» та TIWAKIKI Consulting Limited планується побудувати протягом наступних 1,5 роки установку збагачення біогазу на полігоні твердих побутових відходів в м. Кам'янець-Подільський, де зараз знаходиться діюча електростанція на біогазі.

Список літератури

1. Effectiveness of Water-Amine Combined Process for CO₂ Extraction from Biogas / Hennadiy Zhuk, Yuriy Ivanov, Liliya Onopa, Serhii Krushnych, Mehrzad Soltanibereshne // Environmental and Climate Technologies, Mar 25, 2024, pp 135 – 148. DOI: 10.2478/rtuect-2024-0012

УДК 628.8

Лариса Троценко, ст. наук. співр., канд. техн. наук, завідувач відділу,
В'ячеслав Пікашов, ст. наук. співр., канд. техн. наук, пров. наук. співр.
Інститут газу Національної Академії Наук України, м. Київ
e-mail: t-ln@ukr.net

ІНФРАЧЕРВОНЕ ПРОМЕНИСТЕ ОПАЛЕННЯ ПРИ РОЗМОРОЖУВАННІ ЗМЕРЗЛИХ ВАНТАЖІВ

Спосіб променистого опалення та обігріву за допомогою інфрачервоних випромінювачів має відомі переваги в порівнянні з іншими видами обігріву: економія палива, мінімальні капітальні витрати, мала інерційність та ін. Як правило, відомі конструкції випромінювачів, що використовують паливо, мають обмежену довжину. Тому при обігріві великих приміщень використовується значна кількість обігрівачів (випромінювачів), кожен з яких має окремі системи автоматики, паливopодачі, електророзведення та димовидалення. Для підвищення ефективності використання випромінювання для опалення та нагріву є перспективним розробка та застосування системи випромінювачів, що об'єднані в єдиний робочий контур.

Прикладом такої системи є розроблена в Інституті газу система нагріву, робочий контур якої є по суті великогабаритним низькотемпературним випромінювачем, що складається з тонкостінних сталевих труб з екранами. Труби встановлені під стелею, на стінах чи спеціальних опорах. В труби подають продукти згоряння, які надходять від теплогенератора чи топки з температурою 300-350°C, а після відпрацювання викидаються в димову трубу. Труби з екранами, що покриті спеціальним складом з високою випромінювальною здатністю, практично все тепло випромінюють на об'єкти нагріву.

Рівномірність променистого потоку по довжині випромінюючих труб досягається за рахунок організації рециркуляції гріючих газів в контурі, а також шляхом керування тепловідленням від випромінюючих труб за рахунок заданої зміни ступеня чорноти окремих ділянок труб.

На одному з підприємств кольорової металургії України авторами розроблена, пройшла промислові випробування та успішно експлуатується понад 15 років система променистого обігріву залізничних вагонів зі змерзлою рудою у тепляку (рис. 1), в якому розміщуються 2 потяги по 6 вагонів кожний.



а

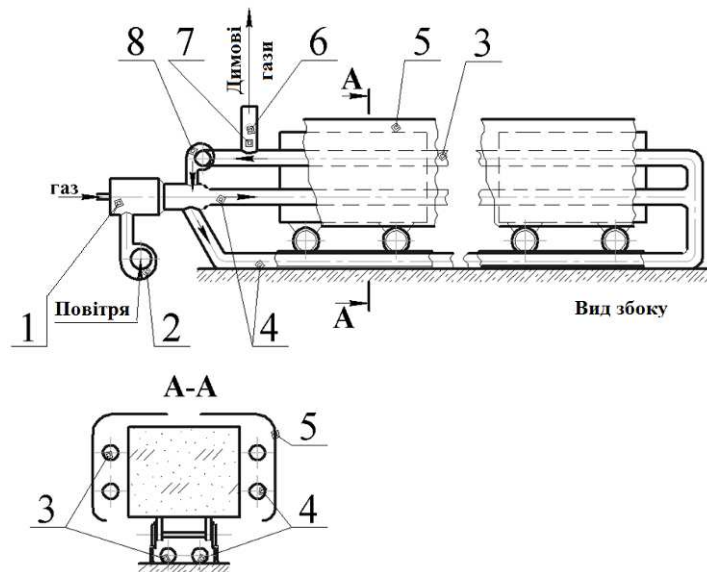


б

а – зовнішній вигляд гаража-розморожувача з боку приміщення для встановлення теплогенераторів та відповідного обладнання; б – внутрішні приміщення гаража-розморожувача з гріючими трубами і відбивають екранами.

Рисунок 1 – Тепляк Побузького феронікелевого комбінату

На рис. 2 умовно показані перший та шостий вагони кожного з потягів. Для кожного з двох потягів вагонів була встановлена автономна система розморожування, що включає теплогенератор і робочий контур: прямі та зворотні протяжні випромінюючі труби (вздовж бортів і донної частини вагонів), а також систему автоматичного управління з контролем температури корпусу вагонів і колісних пар. Тепловіддача від бокових випромінюючих труб посилювалася відбивними екранами.



1 – теплогенератор; 2 – вентилятор; 3, 4 – прямі та зворотні тепловипромінюючі труби; 5 – екрани, 6 – димова труба; 7 – регулююча заслінка; 8 - димосос

Рисунок 2 – Принципова схема опалення залізничних вагонів зі змерзлим вантажем

Промислові випробування системи розморожування показали її надійність та ефективність для розморожування вантажів. Температура на зовнішній поверхні бічних стін вагонів і на колісних парах за весь процес обігріву вагонів не досягала граничних значень: 90°C для стін вагонів і 55°C для підшипників ковзання, що запобігало перегрів бортів і колісних пар вагонів, забезпечувало цілісність рухомого складу, подовжувало їх термін експлуатації.

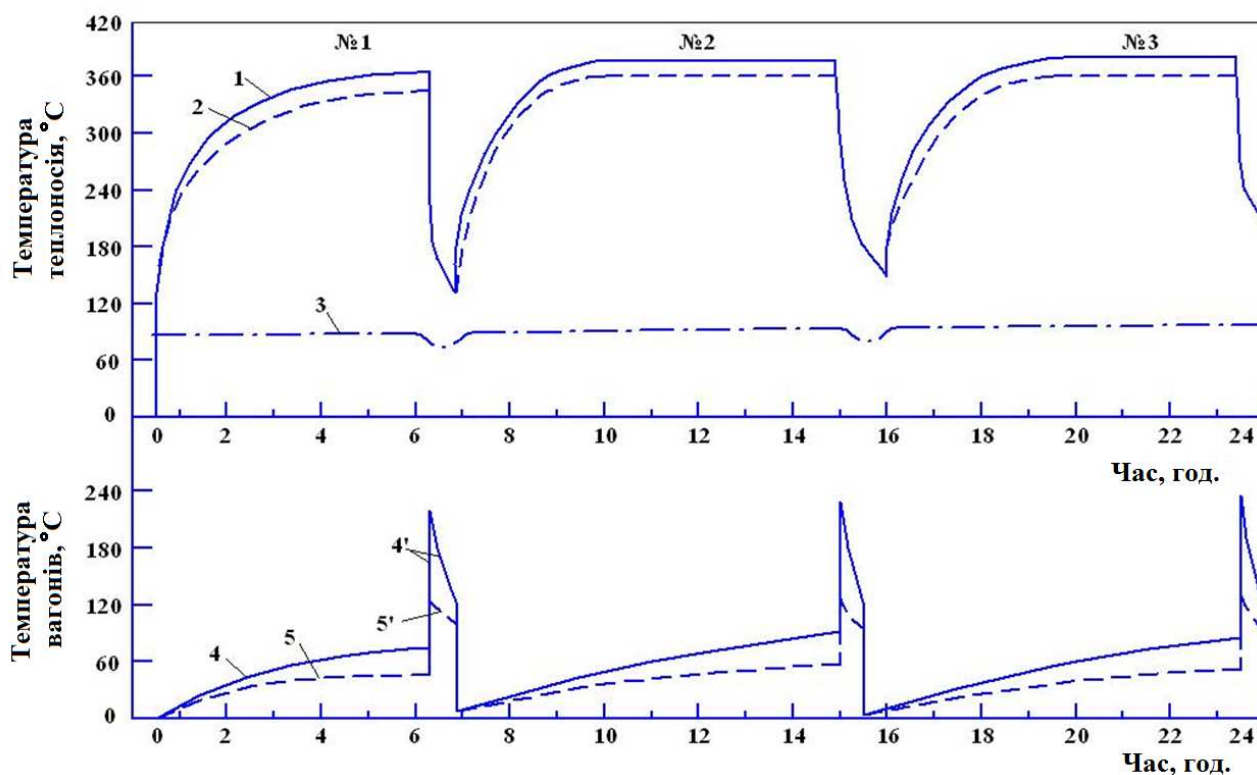
Робоча температура випромінюючих труб виключала виникнення аварійної або пожежонебезпечної ситуації і труби були максимально наближені до поверхонь, що нагріваються, що забезпечило компактність будівлі тепляка. При цьому за рахунок циркуляції гріючих газів у робочому контурі системи забезпечувалося відносно рівномірне підведення тепла по всій довжині складу вагонів, що підвищило К.К.Д. розморожування в цілому.

Крім нагрівання вантажів у вагонах за рахунок випромінювання, відбувалося їх нагрівання конвекцією, так як нагріте від труб і екранів повітря піднімається вгору за рахунок природної циркуляції і нагріває верхню частину вагонів і поверхню вантажу.

Теплова потужність теплогенератора, розміри труб та екранів робочого контуру, їх розташування, тепловий режим роботи системи визначалися з урахуванням оптимальної опроміненості та збереження корпусу та підшипників ковзання колісних пар вагонів.

Залежно від кліматичних умов, вихідної вологості та виду вантажів, що змерзли, тривалість розморожування, достатня для вивантаження вагонів, на підприємстві становила 4–8 годин.

На графіку (рис. 3) представлені результати вимірів температур теплоносія та бічних поверхонь вагонів за період від подачі в тепляк до розморожування в них руди та виведення потягу з приміщення. Вимірювання проводилися за температури навколишнього середовища – 23°C. Початкова вологість руди становила 28 %.



№1- №3 – номери дослідів; 1, 2 – температура теплоносія на виході з теплогенератора та в районі 1-го вагона відповідно; 3 - температура теплоносія на виході з системи перед димовою трубою (або в зворотних трубах перед циркуляційним насосом); 4, 5 – температура першого та останнього вагонів відповідно.

Рисунок 3 – Добова зміна основних параметрів теплового режиму системи розморожування у промислових умовах.

Після впровадження даної системи кількість вагонів, що розвантажуються, за зміну склало до 24 вагонів в порівнянні з 1-2 вагонами за добу при ручному подрібненні змерзлої руди.

Система проста в обслуговуванні та надійна у роботі; має високий К.К.Д. системи за рахунок низької температури вихідних газів. Мінімальна відстань випромінюючих труб до об'єктів, що нагріваються, забезпечує компактність будівлі. До переваг даної системи опалення можна віднести:

- можливість використання різних видів палива, в тому числі й вугілля;
- мінімальні втрати тепла із приміщення за рахунок спрямованого нагріву;
- мінімальна теплова інерція, мінімум витрат тепла на акумуляцію тепла приміщенням;
- відсутність руху повітряних мас, що перешкоджає циркуляції пилу та інших мікроорганізмів, які є шкідливими для здоров'я людини;
- екологічність - теплоносій не надходить у приміщення.

До того ж при однакових витратах на будівельні роботи приміщення тепляка експлуатаційні та капітальні витрати такої системи опалення значно менші, ніж при встановленні великої кількості окремих випромінювачів. Ця система має значну перевагу перед раніше відомими системами – надійне та безпечне прогрівання донної частини вагонів. Така система розморожування простіше в обслуговуванні, дешевше і надійніше в роботі, так як робочий контур складається зі звичайних сталевих труб, не вимагає великої кількості газопальникових пристроїв і приладів КВП та автоматики (в даному випадку один теплогенератор на потяг із шести вагонів), може бути зібрана з вітчизняних комплектуючих та матеріалів.

УДК 624.012.131

Олена Михайловська¹, доц., канд. техн. наук, Василь Клименко², проф., д-р. техн. наук, Людмила Молоког², викладач, Сергій Шматько², інж., Дар'я Ципляк¹, ст.

¹Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава
e-mail: helena_2005@ukr.net

²Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: klytmvas@ukr.net

ВПЛИВ ДОБАВОК ЗОЛИ ВИНЕСЕННЯ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА МІЦНІСТЬ ЗРАЗКІВ ГРУНТОЦЕМЕНТУ

Змішування місцевих ґрунтів із цементом, вапном, гіпсом, шлаками та спеціальними добавками дозволяє отримати матеріал - ґрунтоцемент, який останнім часом активно використовується для будівництва фундаментів та геотехнічних споруд [1].

Для покращення властивостей ґрунтоцементу різні дослідники пропонують додавати вапно, глину, різні пластифікатори, а також піски і відходи збагачення корисних копалин. Одним з таких матеріалів є зола винесення теплових електростанцій, добавки якої, в певних межах, підвищують міцність ґрунтоцементу [2]. Цементні суміші з золами краще зв'язуються з ґрунтом, мають менше водовідділення і розшарування. Ґрунтоцемент на основі таких сумішей характеризується високою міцністю, щільністю, водонепроникністю, стійкістю до деяких видів корозії і меншою теплопровідністю.

Для кількісної оцінки ефективності впливу додатків золи винесення Дарницької ТЕЦ (м. Київ) на міцність ґрунтоцементу було розроблено методику та проведено експериментальні дослідження на міцність виготовлених дослідних зразків. При виготовленні ґрунтоцементних зразків використовували цемент, золу винесення, лесоподібний суглинок і дистильовану воду. Зола додавалася у співвідношеннях 15% та 20% від вмісту цементу. Метод випробувань полягав у визначенні максимальної руйнівної сили при одноосьовому стисканні циліндричного зразка. Суху суміш цементу та золи змішували з водою, а потім поєднували з ґрунтом і активно перемішували протягом 5 хвилин. При дослідженнях приймали водоцементне відношення В:Ц = 2:1 [3]. Отриману масу вкладали у форми і залишали для твердіння на 24 години. Потім зразки витримували у воді протягом 7 діб. Далі проводили їх випробування на міцність. Зразок встановлювали на прес для одноосьового стиснення і при контролюванні навантаження фіксували величину навантаження, яке спричиняло появу першої тріщини.

Результати випробувань ґрунтоцементних зразків на міцність представлені у табл. 1.

Таблиця 1. Результати випробувань ґрунтоцементних зразків на міцність

№ п/п	Найменування досліджуваних зразків	Міцність при одноосьовому стисненні, σ (МПа)
1	Зразок без додавання золи виносу	2,27
2	Зразок з додаванням 15% золи виносу	2,49
3	Зразок з додаванням 20% золи виносу	2,61

Джерело: розроблено авторами

Загальний вид зразка ґрунтоцементу з додаванням 20% золи виносу після прикладання руйнівного навантаження показано на рис. 1.



Рисунок 1- Загальний вид зразка ґрунтоцементу з додаванням 20% золи виносу після прикладання руйнівного навантаження

Джерело: розроблено авторами

Результати експериментальних досліджень показали, що додавання золи виносу Дарницької ТЕЦ в межах 15%....20% підвищує міцність зразків ґрунтоцементу. При додаванні золи виносу 15% та 20% від вмісту цементу відповідно міцність зразків збільшилась на 9 % та 13%.

Список літератури

1. Маєвська І. В., Очеретний В. П., Гончарук М.С. Визначення впливу добавок золи-виносу на властивості ґрунтоцементу. *Іноваційні технології в будівництві*: Міжнародна н/т конф. ВНТУ, Вінниця, 2018. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2018/paper/view/6020>.
2. Гріщенко Р. П., Маєвська І. В. Аналіз міцності ґрунтоцементу при частковій заміні ґрунту на золу виносу. *Енергоефективність в галузях економіки України*: Міжнародна н/т конф. ВНТУ, Вінниця, 2019. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2019/paper/viewFile/8263/6946>
3. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Будматеріали з відходів. URL: <http://bibliograph.com.ua/spravochnik-110-stroitelnye-materialy/index.htm>.
4. Журнал «ЕКОBUSINESS. Екологія підприємства» №5, 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://ecologia.com/news/pro-praktychni-rishennya-zola-vynosu-v-cementniy-promyslovosti-zamist-vycherpnyh-pryrodnyh>
5. Михайловська О.М., Клименко В.В. Патент на корисну модель UA №157436 Спосіб влаштування ґрунтоцементних блоків з добавкою золи-заявл. 07.03.2024; опубл. 16.10.2024. Бюл. №42. 4 с.

УДК 629.06

Юрій Яковлев¹, доц., канд. техн. наук, **Василь Клименко**², проф., д-р. техн. наук, **Юрій Дем'яненко**¹, доц., канд. техн. наук, **Ольга Яковлева**¹, доц., канд. техн. наук, **Василь Гайдаржі**¹, асп.

¹ *Одеський національний технологічний університет, м. Одеса*

² *Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький*
e-mail:klymvas@ukr.net

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ В АВТОМОБІЛЬНИХ СИСТЕМАХ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ

Наразі дорогами світу пересувається понад мільярд транспортних засобів, і очікується, що до 2035 року ця цифра подвоїться. Автомобілі споживають значну кількість палива на рік. На автомобільний та транспортний сектор припадає близько 30% всього споживання енергії у світі [1], а автомобільні кондиціонери повітря (АКВ), які є невід'ємним компонентом автомобіля, споживають близько 6% від щорічного світового споживання енергії автомобілями.

Залежно від кліматичних умов, звичок водіння та завантаженості доріг це споживання енергії коливається від 3% до 20%. У спекотному кліматі і при перевантаженому трафіку це споживання енергії може досягати максимуму 40%.

Викиди, пов'язані із споживанням енергії автомобільними кондиціонерами, посилюють парниковий ефект, сприяючи зміні клімату. Розробка більш енергоефективних систем кондиціонування та перехід на альтернативні джерела енергії, такі як електричні або гібридні автомобілі, стають необхідністю зниження екологічного впливу. Скоротити кількість автомобілів на дорогах і, отже, зменшити викиди, можна підвищенням рівня використання громадського транспорту.

В автомобільних системах кондиціонування повітря застосовують дві основні технології охолодження: пасивні та активні.

Пасивна технологія охолодження передбачає використання спеціальних покриттів та кольорів, які допомагають зменшити температуру всередині салону, мінімізуючи поглинання тепла від сонячного випромінювання.

Активна технологія охолодження базується на роботі системи кондиціонування повітря, яка може живитися від вала двигуна або акумуляторної батареї автомобіля. Обидві технології мають свої переваги й обмеження, залежно від конструкції автомобіля, умов експлуатації та енергоефективності.

Коли автомобіль рухається, або тривалий час знаходиться на стоянці під впливом сонячних променів, спостерігається явище теплової акумуляції. Це явище виникає через поглинання та зберігання теплової енергії матеріалами інтер'єру автомобіля, такими як скло, пластик, тканини та металеві поверхні. У рухомому автомобілі теплову акумуляцію спричиняють пряме сонячне випромінювання та недостатній теплообмін через вентиляцію. На стоянці вплив сонця безпосередньо збільшує температуру всередині, часто до значно вищих показників, ніж температура навколишнього середовища.

Це явище не лише створює дискомфорт для пасажирів, але й вимагає додаткових витрат енерговитрат від системи кондиціонування повітря для швидкого охолодження салону. Ефективні рішення цієї проблеми включають використання терморегулюючих покриттів, світловідбивних матеріалів, шторок, а також удосконалення систем охолодження.

Парокомпресійна холодильна машина (ПКХМ) вже тривалий час використовується в автомобільних системах кондиціонування повітря для забезпечення ефективного охолодження

в літній період. Цей тип системи базується на реалізації зворотнього термодинамічного циклу, що включає процеси: стиснення, конденсації, розширення та випаровування холодоагенту і дозволяє знижувати температуру повітря в салоні автомобіля навіть за високих зовнішніх температур.

Наразі, завдяки своїй надійності, парокомпресійні холодильні машини залишаються основою автомобільного кондиціонування, забезпечуючи комфорт для водіїв і пасажирів.

Експлуатація автомобільного кондиціонера з використанням системи ПКХМ характеризується високим енергоспоживанням - вона споживає близько 10% потужності двигуна [2], що призводить до збільшення витрати палива та потенційно більш високого рівня забруднення навколишнього середовища. Це пов'язано із високою енергоємністю компресорів, які забезпечують роботу системи, а також із використанням хладагентів, що у випадку витоків можуть сприяти посиленню парникового ефекту.

У результаті збільшується витрата палива у транспортних засобах із двигунами внутрішнього згорання, що призводить до зростання викидів вуглекислого газу та інших шкідливих речовин в атмосферу. У випадку електромобілів зростання енергоспоживання кондиціонера зменшує запас ходу, обмежуючи ефективність використання акумуляторів.

Для вирішення цих проблем можуть бути застосовані такі альтернативи та інноваційні підходи:

Застосування природних холодоагентів. Використання природних речовин, таких як вуглекислий газ (CO_2) або аміак, може значно зменшити вплив на довкілля у випадку витоків.

Енергоощадні технології. Впровадження систем автоматичного регулювання роботи кондиціонера, які враховують зовнішні умови, та покращення теплоізоляції салону автомобіля можуть суттєво зменшити споживання енергії. Використання холодоакумуляторів [3,4] дозволить більш ефективно забезпечувати оптимальне споживання енергії кондиціонера при різних режимах руху та експлуатації автомобілів і транспортних засобів.

Сонячна енергія. Використання сонячних панелей на даху автомобіля дає змогу компенсувати частину енергоспоживання кондиціонера, особливо в сонячну погоду.

Абсорбційні або адсорбційні системи охолодження. Такі системи можуть використовувати теплову енергію відпрацьованих газів (у випадку автомобілів із двигунами внутрішнього згорання) або інші джерела тепла, що дозволяє зменшити витрати пального або електроенергії, які використовуються при експлуатації автомобілів

Впровадження зазначених технологічних підходів потребує додаткових досліджень та розробок, але їх використання може суттєво підвищити енергоефективність автомобільних систем кондиціонування повітря та знизити їх негативний вплив на довкілля.

Список літератури

1. S. Vashisht, D. Rakshit. [Recent advances and sustainable solutions in automobile air conditioning systems](#). J. Clean. Prod. [Volume 329](#), 20 December 2021, 129754.
2. Ali Alahmer. Thermal analysis of a direct evaporative cooling system enhancement with desiccant dehumidification for vehicular air conditioning. [Applied Thermal Engineering](#). [V. 98](#), 5 April 2016, P. 1273-1285.
3. Клименко В. В. Энергоэффективность парокомпрессионных холодильных установок с конденсаторами воздушного охлаждения и аккумуляторами естественного холода. / В. В.Клименко, В. Н. Корниенко, А. В. Скрипник, Вит. В. Клименко // Холодильная техника і технологія. – 2011. – № 6 (134). – С. 15 –18.
4. Клименко В. В. Термодинамический анализ холодильных установок с аккумуляторами холода / В. В. Клименко, В. Н. Корниенко // Холодильная техника. – 1994. – № 6. – С. 13 – 15.

УДК 536.24:697.94

Віталій Яропуд, доц., канд. техн. наук

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

e-mail: yaropud77@gmail.com

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ U-ПОДІБНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ҐРУНТОВОГО ТЕПЛООБМІННИКА

В більшій частині України найбільш доступним джерелом низькопотенційної теплоти є ґрунт. На глибині понад 10 метрів він зберігає сталу температуру в межах $+9-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ впродовж усього року. Це створює сприятливі умови для ефективного використання теплових насосів. Україна має значний потенціал використання теплоти ґрунту та ґрунтових вод [1]. Температура ґрунту та гірських порід на поверхні Землі залежить від балансу теплової енергії, що надходить від Сонця, та теплового випромінювання земної поверхні [2].

Опираючись на аналіз попередніх досліджень щодо конструктивно-технологічної схеми ґрунтового повітряного теплообмінника, розглянемо два варіанти, які є найбільш економічними з точки зору їх виготовлення. Перший варіант заснований на дослідженнях [3] – концентричний вертикальний ґрунтовий теплообмінник. При чому конструктивно-технологічні параметри обрано саме ті, які отримані за результатами експериментальних досліджень. Другий варіант є більш класичний – U-подібний вертикальний ґрунтовий теплообмінник (рис. 1) [4].

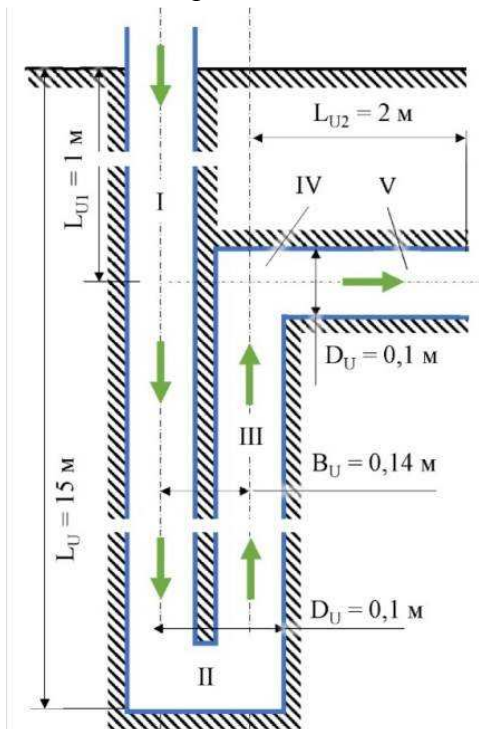


Рисунок 1 – Розрахункова схема U-подібного вертикального ґрунтового теплообмінника

Джерело: розроблено автором

За результатами попереднього чисельного моделювання в програмному пакеті Simcenter Star-CCM+ [5] встановлено, що ефективна теплова потужність концентричного теплообмінника складає $N_{EC}(T_{in} = 31,7\text{ }^{\circ}\text{C}) = 1266\text{ Вт}$, $N_{EU}(T_{in} = -12,2\text{ }^{\circ}\text{C}) = 1052\text{ Вт}$ менше за ефективну теплову потужність U-подібного теплообмінника $N_{EU}(T_{in} = 31,7\text{ }^{\circ}\text{C}) = 1575\text{ Вт}$, $N_{EU}(T_{in} = -12,2\text{ }^{\circ}\text{C}) = 1235\text{ Вт}$. Тобто U-подібний вертикальний ґрунтовий теплообмінник на 17–24 % ефективніший, ніж концентричний.

Мета дослідження полягає у визначенні залежності зміни ефективної теплової потужності U-подібного вертикального ґрунтового теплообмінника від потоку і температури вхідного повітря.

Дослідження процесу нагрівання потоку повітря у вертикальному ґрунтовому теплообміннику проведено у виробничих умовах на свинофермі ПСП «Агрофірма Нападівська» (Вінницька область). В одному з приміщень для відгодівлі свиней з 2010 року використовується вентиляція наземного каналу (рис. 2).

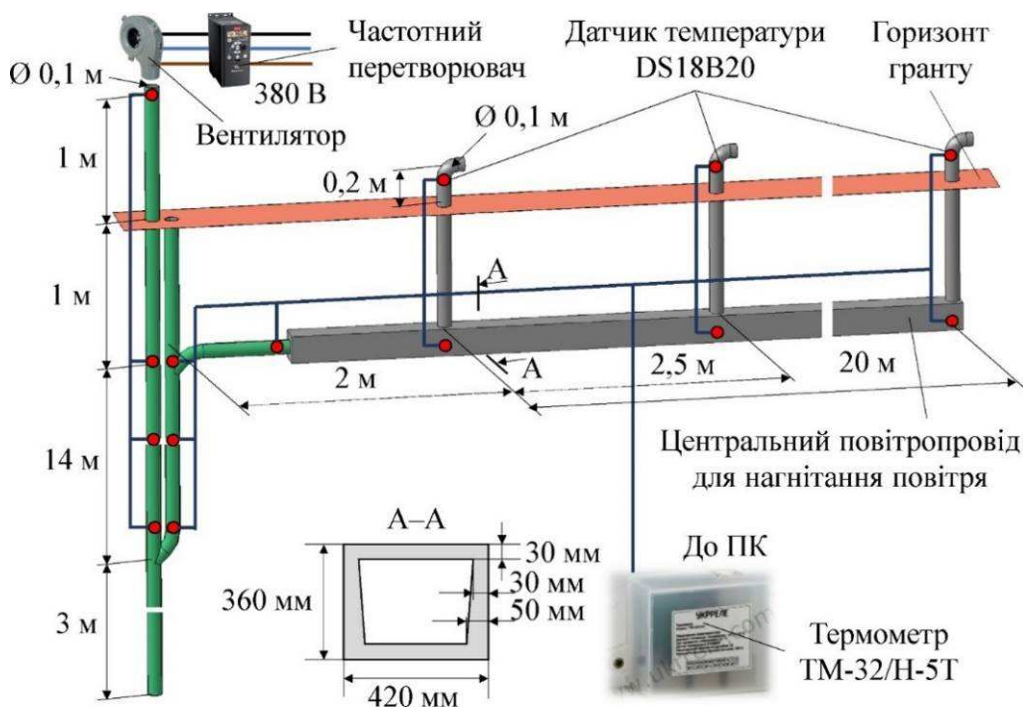


Рисунок 2 – Схема г вентиляції наземного каналу приміщення для відгодівлі свиней

Джерело: розроблено автором

Для підвищення ефективності роботи системи нагнітання чистого повітря і для проведення експериментальних досліджень за приміщенням для відгодівлі свиней змонтовано U-подібний вертикальний ґрунтовий теплообмінник. Загальна довжина свердловини – 18 м. На глибині 3 м повітропровід був теплоізолюваний. Останні 3 м зроблені для збору конденсованої води.

На процес тепловідбору з ґрунтового масиву впливають: тип та вологість ґрунту, час експлуатації геотермальної вентиляції на певному режимі (нагрівання чи охолодження припливного повітря), температура зовнішнього повітря, об'ємне нагнітання повітря, діаметр, довжина, кількість, міжосьова відстань і розташування ґрунтових теплообмінників.

Тип ґрунту – малогумусний чорнозем, на якому розміщена свиноферма.

Геометричні розміри обрані з теоретичних розрахунків і наведені на рис. 2, а.

Як силова повітряна установка використаний відцентровий вентилятор DUNDAR CT 16.4 (максимальні витрати повітря – 850 м³/год).

Дослідження проводять при варіюванні значень таких факторів:

– потік повітря на 3 рівнях, мінімальний (200 м³/год), середній (500 м³/год) та максимальний (800 м³/год), які визначені після калібрування швидкістю обертів електродвигуна вентилятора регулюють перетворювачем частоти FC 51 серії VLT Міcro (частота струму 10; 30; 50 Гц) за умови стійкої роботи на заданій частоті; вимірювали потік повітря багатofункціональним пристроєм Solomat MPM 500E;

– температуру повітря в ґрунтовому теплообміннику фіксували і записували 6 разів на день.

Центральний повітропровід для нагнітання повітря на відгодівельній свинофермі ПСП «Агрофірма Нападівська» був закладений ще на етапі будівництва і представляв собою лоток інженерних мереж Л1-8/2 (див. рис. 2), який проходив під свинарським приміщенням. Патрубки для нагнітання повітря, які виходили з центрального повітропроводу представляли собою поліпропіленові труби.

По всій системі нагнітання повітря розміщені цифрові датчики температури DS18B20, які підключені до системи реєстрації даних «Термометр ТМ-32/Н-5Т». Відстань між датчиками в ґрунтовому теплообміннику складала 3 м вздовж всього повітропроводу.

Під час досліджень фіксувалась динаміка температури, яка отримана з кожного датчика за весь час проведення досліджень.

Потужність двигуна відцентрового вентилятора визначалася перетворювачем частоти.

За результатами експериментальних досліджень процесу нагрівання потоку повітря в U-подібному вертикальному ґрунтовому теплообміннику у виробничих умовах встановлено динаміку зміни температур впродовж 2022 року.

Згідно з методикою досліджень було проведено варіювання нагнітанням повітря Q_{in} за характерних низьких (зимовий період), високих (літній період) і середніх (осінній та весняний періоди) температур T_{in} . За температури були обрані такі значення: 12,2°C, 9,8°C, 28,1 °C.

Провівши обробку експериментальних даних у програмному пакеті Wolfram Cloud отримано рівняння регресії другого порядку, яке показує залежність зміни температури повітряного потоку ΔT_a в U-подібному вертикальному ґрунтовому теплообміннику від факторів досліджень у закодованому вигляді:

$$\Delta T_{aU} = 2,61041 - 0,0768179 X_1 + 7,00294 X_1^2 - 2,63706 X_2 + 0,520464 X_1 X_2 + 0,111111 X_2^2. \quad (1)$$

Порівнюючи розрахований критерій Стюдента із табличним $t_{0,05}(9) = 2,26$ проведемо відхилення незначущих коефіцієнтів регресії. Представимо рівняння (1) в розкодованому вигляді:

$$\Delta T_{aU} = 8,77254 - 0,00956083 Q_{in} - 0,322949 T_{in} + 0,0000790378 Q_{in} T_{in} + 0,0145349 T_{in}^2. \quad (2)$$

За результатами експериментальних досліджень процесу нагрівання потоку повітря в U-подібному вертикальному ґрунтовому теплообміннику у виробничих умовах встановлено динаміку зміни температур впродовж року. Отримані рівняння регресії другого порядку зміни температури повітряного потоку ΔT_a і ефективної теплової потужності N_E від температури T_{in} і витрат Q_{in} потоку повітря на вході в U-подібний вертикальний ґрунтовий теплообмінник.

Статистичне порівняння експериментальних даних із теоретичною залежністю за коефіцієнтом кореляції Пірсона – 0,95 і критерієм Фішера – $F = 1,93 < F_T = 2,98$ свідчить про високу адекватність теоретичних залежностей.

Список літератури

1. Долгіх Д.О. Аналіз роботи та класифікація ґрунтових теплообмінників. *Збірник наукових праць Інституту механізації тваринництва НААН «Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві»*. Вип. 1(9). Запоріжжя. 2012. С. 56–63.
2. Калетнік Г.М., Яропуд В.М. Симуляція процесу тепломасообміну теплообмінника побічно-випарного типу. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. № 1 (116). С. 4–15.
3. Ковязін О.С., Долгіх Д.О. Обґрунтування конструкції ґрунтового теплообмінника. *Вісник ХНУТСГ ім. П. Василенка*. 2013. № 132. С. 167.
4. Zhengxuan Liu, Mingjing Xie, Yuekuan Zhou, Yingdong He, Lei Zhang, Guoqiang Zhang, Dachuan Chen. A state-of-the-art review on shallow geothermal ventilation systems with thermal performance enhancement system classifications, advanced technologies and applications. *Energy and Built Environment*. Volume 4, Issue 2, 2023, Pages 148-168, <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.10.003>
5. Калетнік Г.М., Яропуд В.М. Результати чисельного моделювання геотермального охолодження у вентиляційній системі тваринницьких приміщень. *Вібрації в техніці і технологіях*. 2022. № 3 (106). С. 5–12. <https://doi.org/10.37128/2306-8744-2022-3-1>

UDC 621.314

Maksym Omelchuk, postgraduate student, EEM-23a
Kyryvi Rih National University, Kyryvi Rih
e-mail: omellejr@gmail.com

ENERGY EFFICIENCY OF SEMICONDUCTOR CONVERTERS IN TRACTION ELECTRIC DRIVES AND GaN TECHNOLOGY

The rapid development and growing demand for both existing types and new models of electric transport opens up opportunities for the introduction of new technologies for the production of their basic technological components of electromechanical systems in general and semiconductor converters, including voltage inverters for harsh technological conditions of production and especially for vehicles. In this direction, the key factors, as shown by studies [1-3], are the need to increase the specific power of devices and the quality of energy conversion.

According to Moore's Law for power electronics, in order to meet the needs of the industry, the specific power of energy converters must double every 4-5 years. Accordingly, each of the previously used technologies for the production of power devices and their architectures is reaching its physical limits in a fairly short time [1].

Thus, according to expert assessments, silicon-based semiconductors are exhausting their possibilities for increasing the efficiency of work and specific power (voltage inverters, motor drivers, etc.). In this way, the fact of the need to optimize the creation of new electronic components, in particular the use of new materials in power electronics, emerges logically. Gallium nitride (GaN) is one of the most promising materials that can actually improve the efficiency of power switches of voltage converters, including inverters. This technology will make it possible to create highly efficient semiconductor components with sufficiently high electrical and physical properties.

Gallium nitride belongs to the class of wide-bandgap semiconductors of the III-V group with a bandgap of about 3.4 eV, high electronic mobility (from 1500 to 2000 cm²/(V·s)), and low thermal excitation, which makes it much more resistant to high electric fields and temperatures than traditional silicon (Si). Due to its characteristics, GaN provides engineers with significant opportunities to create high-speed, compact, and energy-efficient devices, including voltage inverters [1].

However, the prospects for achieving positive results in improving the energy efficiency of semiconductor converters through the introduction of new materials and technologies for their production require special structured research and analysis of a number of technical parameters. To compare the options for the use of certain materials, an analysis is carried out between semiconductors based on silicon (Si), silicon carbide (SiC), and gallium nitride (GaN). In this case, it is proposed to perform the analysis directly by energy parameters, deliberately omitting other parameters that are not so significant in the research format, in order to simplify the perception of the research results. Table 1 was compiled for this purpose [2, 3].

According to research results, for example, for GaN-based power inverters, the use of this technology can increase efficiency by up to 98%, which is 2-3% higher than for silicon-based inverters. This may seem like a minor improvement, but with long-term use (for example, in electric vehicles where inverters operate continuously), this difference in the final version leads to significant energy savings and an increase in the overall performance of the traction electromechanical system as a whole. As another positive fact, it should be noted that in the structures of systems with high switching frequencies and electrical capacities, such as

communication base stations or uninterruptible power supplies, saving cooling costs and reducing thermal load can reduce energy consumption and maintenance costs.

Table 1 - Energy parameters of semiconductors based on various technologies.

Parameters	GaN	Si	SiC
Band gap (eV)	3.4	1.1	3.1-3.3
Thermal conductivity (W/cm·K)	1.3	1.5	4.9
Breakdown voltage (MV/cm)	3.3	0.3	3.0
Max operating temperature (°C)	600	150	550-600
Saturation velocity (cm/s)	2.5×10^7	1×10^7	2×10^7
Electron mobility (cm ² /V·s)	2000	1400	900
Current density (A/mm ²)	High	Medium	Low
Switching speed	High	Low	Medium
Capability to operate at high frequencies	+	-	+

Using the table above, let`s build a radar-type chart:

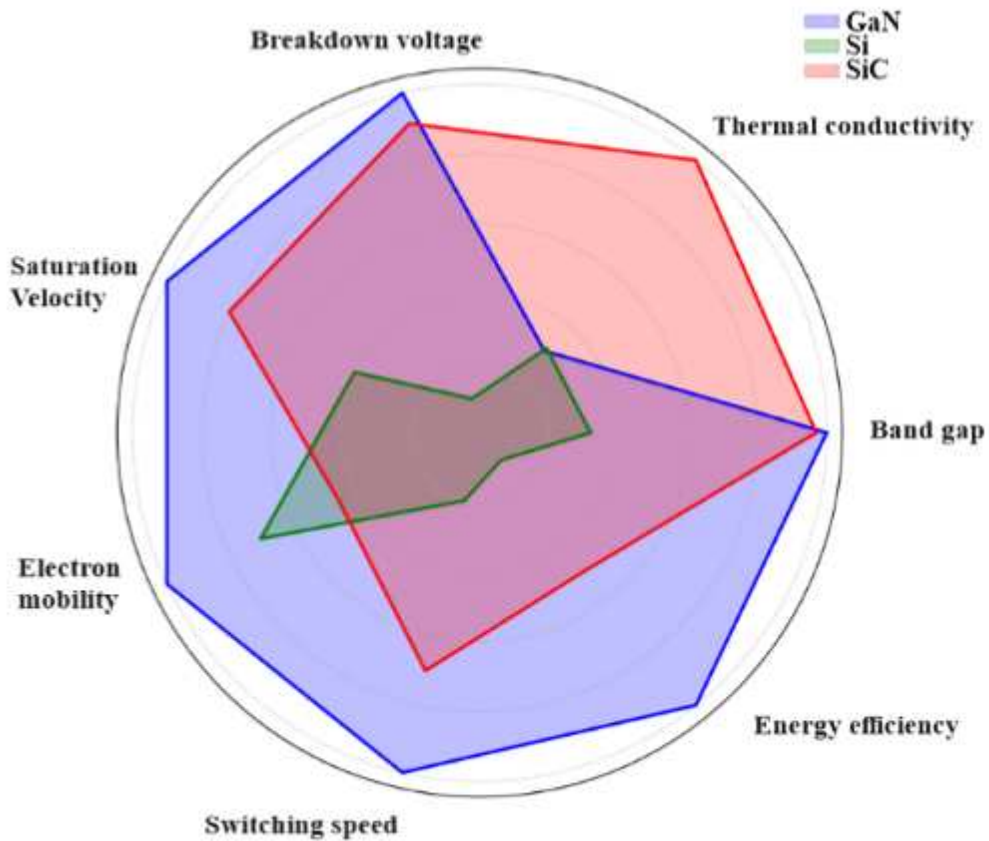


Figure 1 – Radar-type comparative chart of parameters of semiconductors based on GaN, Si and SiC.

To complement the research , in addition to the indicators related to the energy component of the functioning of semiconductors, it is proposed to consider the technical and economic parameters as interconnected and which together determine the practical feasibility of introducing the technology into production. The form of evaluation is rating, according to the reports of independent experts and manufacturers [2].

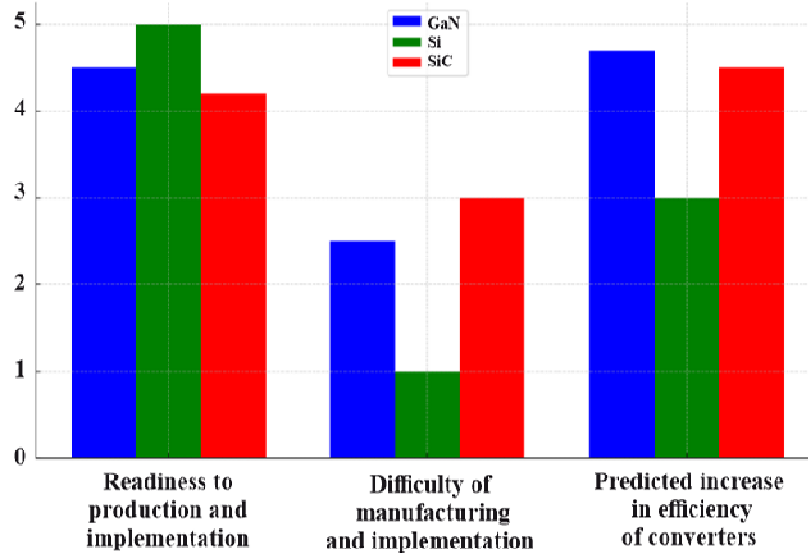


Figure 2 – Assessment of prospects and current state of implementation of GaN, Si, and SiC technologies.

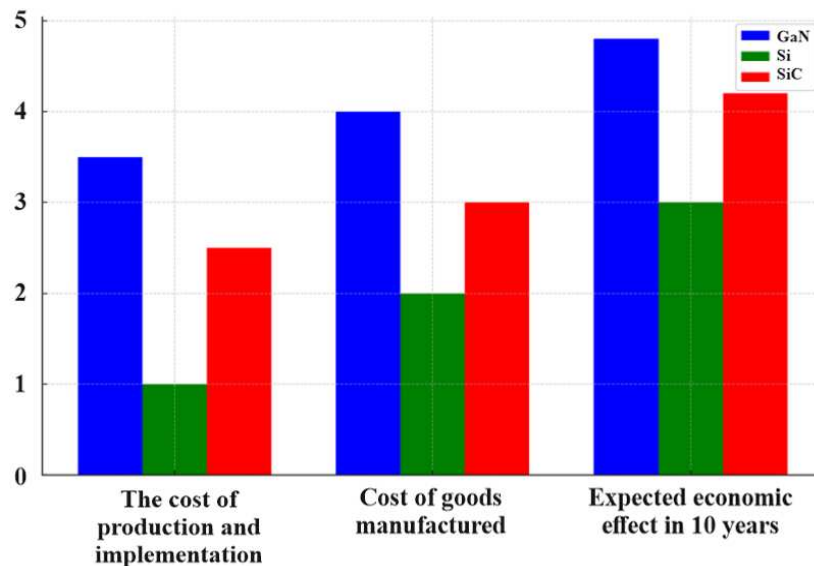


Figure 3 - Evaluation of the economic aspects of implementing GaN, Si, and SiC technologies.

Thus, the conducted analysis confirms that the use of GaN technology contributes to increasing energy efficiency and expanding the functionality of electronic systems. GaN is gradually displacing silicon in power electronics, despite still high manufacturing and product costs. The continuous development of GaN production, improvement of technology and reduction of production costs open new perspectives for the use of this material in future electronic systems, contributing to the creation of more energy-efficient and environmentally friendly electronics.

Список літератури

1. A review on the GaN-on-Si power electronic devices / Y. Zhong та ін. *Fundamental Research*. 2021. № 2. С. 462–475. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fmre.2021.11.028> (дата звернення: 07.11.2024).
2. Musumeci S., Barba V. Gallium Nitride Power Devices in Power Electronics Applications: State of Art and Perspectives. *Energies*. 2023. Т. 16, № 9. С. 3894. URL: <https://doi.org/10.3390/en16093894> (дата звернення: 08.11.2024).
3. Stability, Reliability, and Robustness of GaN Power Devices: A Review / J. P. Kozak та ін. *IEEE Transactions on Power Electronics*. 2023. С. 1–31. URL: <https://doi.org/10.1109/tpel.2023.3266365> (дата звернення: 08.11.2024).

УДК 621.311.243

Дмитро Заболотний, аспірант

Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг

e-mail: dmitry.mandella@gmail.com

СПОСОБИ КЕРУВАННЯ ІНВЕРТОРАМИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖІ

В наш час використання відновлювальних джерел енергії є актуальним питанням, особливо при підвищенні світових викидів вуглекислого газу, вичерпання існуючих невідновлювальних джерел. Питання підвищення ефективності електростанцій для генерації відновлювальної енергії, зокрема сонячної, вітряної є важливою проблемою. Розглядаючи сонячні електростанції, постає важливе питання в покращенні їх енергоефективності, застосовуючи більш ефективні фотоелектричні модулі, перетворювачі електроенергії, алгоритми керування перетворювачами в сонячній електростанції.

Перетворювачі електроенергії є важливим компонентом в сонячній електростанції, забезпечуючи перетворення електроенергії, яка надходить з фотоелектричних панелей, яке називають полем фотоелектричних панелей, які електрично приєднані до перетворювача, інвертора, який перетворює постійний струм та напругу з поля фотоелектричних панелей у змінну напругу та струм для споживача або віддача генерованої електроенергії в мережу, або зміну рівнів постійного струму та напруги до потрібного для навантаження значення. Існує декілька видів інверторів для поля фотоелектричних панелей, їх можна поділити на два види: централізований інвертор, який перетворює постійну напругу та струм з поля фотоелектричних панелей та система з декількох інверторів, які встановлюються на декілька фотоелектричних панелей та перетворюють постійну напругу в змінну. На сьогодні дуже поширені централізовані інвертори для поля фотоелектричних панелей.

Розглянемо основні алгоритми керування гібридними інверторами сонячних електростанцій. Гібридний інвертор має можливість перетворювати отриману електроенергію з фотоелектричних панелей в електроенергію для локальних споживачів, віддавати енергію в енергомережу, перетворювати електроенергію для акумуляторів або приймати електроенергію з них та віддавати її для споживачів. Також інвертор має виконувати синхронізацію з електричною мережею для подальшої віддачі електроенергії.

Один з важливих аспектів роботи інвертора з електричною мережею полягає в ефективній синхронізації інвертора з електричною мережею в ефективній синхронізації інвертора з електричною мережею та оптимальному регулюванні активної і реактивної потужності для забезпечення стабільності та надійності енергопостачання.

Зазвичай для синхронізації фотоелектричного інвертора з мережею необхідні два контури керування: внутрішній струмовий та зовнішній по напрузі, які забезпечують контрольований обмін активною та реактивною потужністю з мережею. Для регулювання активної та реактивної потужності застосовується роздільне керування, що також підтримує стабільність напруги в ланцюзі постійного струму і забезпечує швидке реагування під час перехідних процесів та змін навантаження. Розглянемо різні алгоритми для керування інверторами. У літературі зазначаються два типи схем поточного керування: пряме та непряме. Найчастіше для генерації сигналу ШІМ інвертора використовується метод непрямого струмового керування, оскільки він має переваги над прямим керуванням. [1]

В алгоритмі на основі миттєвої реактивної потужності, струми та напруги у точках загального зв'язку спершу перетворюються в координатну систему $\alpha\beta 0$, як показано на рисунку 1. Розраховані значення миттєвої активної та реактивної потужностей містять як постійну (DC), так і змінну (AC) складові.

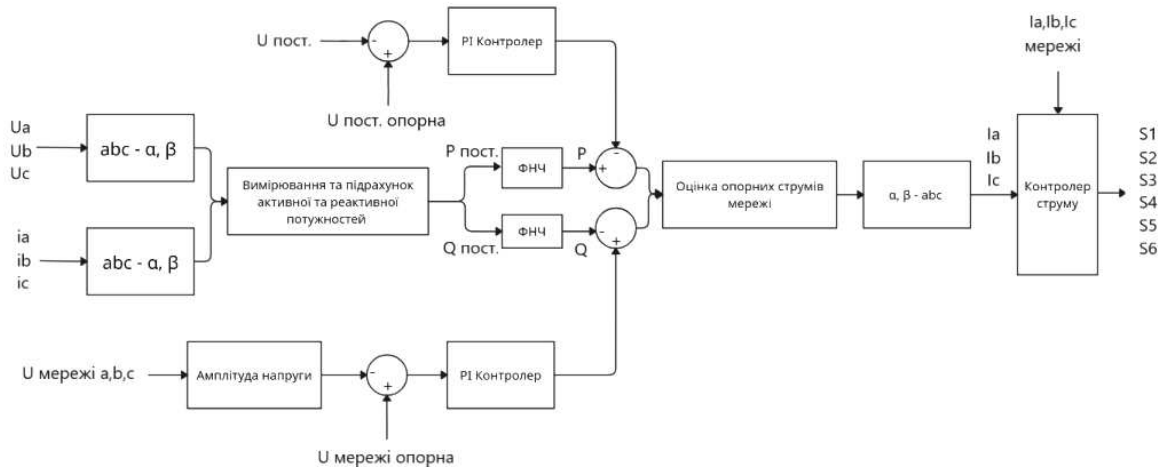


Рисунок 1 - Алгоритм на основі миттєвої реактивної потужності

Низькочастотний фільтр (ФНЧ) використовується для виділення постійних складових сигналу. Постійна складова активної потужності становить основну частину потужності навантаження та застосовується для розрахунку еталонного струму, тоді як постійна складова реактивної потужності підтримує напругу в мережі, додаючи невелику кількість реактивної потужності за допомогою виходу ПІ-регулятора, який керується амплітудою трифазної напруги. На основі розрахованих еталонних значень активної та реактивної потужностей мережі обчислюються еталонні струми, які порівнюються з струмами джерела для генерації керуючих сигналів інверторних перемикачів. Цей алгоритм керування забезпечує швидку реакцію з мінімальною похибкою між розрахованими та еталонними сигналами. [2]

Наступний алгоритм працює на основі синхронної еталонної системи. Струми та напруги навантаження зчитуються і перетворюються в обертальну систему координат $dq0$. Перетворення з нерухомої системи координат в обертальну здійснюється в два етапи. Спершу система координат abc перетворюється в $\alpha\beta 0$ за допомогою перетворення Кларка, що дозволяє визначити кут, на який сигнали зміщені відносно початкового сигналу. Після цього нерухома система координат $\alpha\beta 0$ перетворюється в обертальну $dq0$ за допомогою перетворення Парка. Важливо відмітити, що в цьому методі враховуються як основна, так і гармонійна складові струмів. Перетворені сигнали струму проходять через низькочастотний фільтр (ФНЧ) для відокремлення постійної складової від коливальної компоненти в їх активних та реактивних частинах відповідно. У dq -контролі для цього використовується пряме перетворення сигналу в $dq0$ систему координат, а для визначення необхідного кута застосовується фазовий автопідсилювач. [3]

Ще один метод керування для інверторів фотоелектричних станцій оснований на миттєвій симетричній компоненті. Цей метод керування базується на використанні миттєвої симетричної компоненти та призначений для корекції коефіцієнта потужності й балансування навантаження в трифазних системах із трьома або чотирма провідниками. Спочатку симетричні компоненти розраховуються на основі зворотних сигналів струму навантаження за допомогою симетричних компонентів. Основна мета полягає у видаленні нульових послідовних компонентів для досягнення балансування навантаження. Постійна напруга у ланцюзі постійного струму контролює активну та реактивну потужність, що подається в мережу. [4]

Алгоритм, оснований на теорії балансування потужності пропонує простий підхід для підтримання балансу потужності в точці загального приєднання, спрямований на усунення

гармонік. На першому етапі обчислюються миттєві значення активної та реактивної потужності, які включають як постійні, так і змінні компоненти. Основний струм виділяється за допомогою низькочастотного фільтра (ФНЧ). Похибка, що виникає при порівнянні опорного та розрахованого значень постійної напруги, визначає компонент втрат, який формується на виході ПІ-контролера. Додавання активного компонента та компонента втрат забезпечує загальну активну складову для струмів мережі. Нарешті, опорні струми обчислюються шляхом множення активних компонентів на фазний шаблон, як показано на рисунку 2. [5]

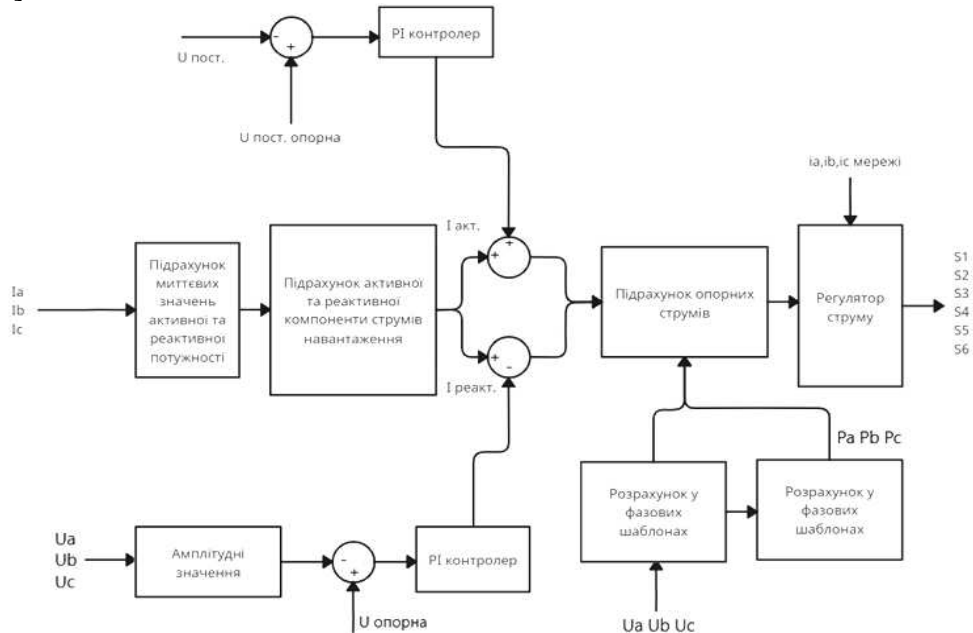


Рисунок 2 - Алгоритм на основі теорії балансування потужності

Отже, керування інверторами має великий вплив на продуктивність системи. Процеси синхронізації та підвищення якості електроенергії повністю залежать від керування інвертором. Основний підхід розглянутих алгоритмів полягає в виділенні активної та реактивної частин потужності та керування правильною роботою фотоелектричної станції з мережею з високим коефіцієнтом потужності та мінімальною похибкою керування. Можна зауважити, що кожен з цих алгоритмів має свої переваги і недоліки, але більш складні методи, такі як синхронна система координат і баланс потужності, показують кращі результати в умовах складних навантажень та роботи з сонячною електростанцією. Необхідно проводити більш глибокий аналіз процесів, що відбуваються в системах керування інверторами, оскільки це дозволить досягнути оптимальних результатів при роботі сонячної електростанції з енергомережею.

Список літератури

1. Chouhan, J., Gawhade, P., Ojha, A., & Swarnkar, P. A comprehensive review of hybrid energy systems utilizing multilevel inverters with minimal switch count. *Electrical Engineering*, Springer Nature, 2017. DOI: 10.1007/s00202-024-02598-z.
2. Kumar, A., Anjana, P., Tiwari, H., & Gupta, V. Modified PQ technique to mitigate power quality problems in distribution system. In *Proceedings of IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)*, 2016, pp. 1–6.
3. Singh, B., Jain, C., Goel, S., Gogia, R., & Subramaniam, U. A sustainable solar photovoltaic energy system interfaced with grid-tied voltage source converter for power quality improvement. *Electric Power Components and Systems*, 2017, Vol. 45, pp. 171–183.
4. Verma, A. K., Singh, B., Shahani, D. T., Chandra, A., & Al-Haddad, K. Combined operation of a VSC-based grid-interfaced solar photovoltaic power generation system with night-time application. In *Proceedings of IEEE PES General Meeting Conference & Exposition*, 2014, pp. 1–5.
5. Alharbi, M. Control Approach of Grid-Connected PV Inverter under Unbalanced Grid Conditions. *Processes*, 2024, Vol. 12, p. 212. DOI: 10.3390/pr12010212.

УДК 621.314

Андрій Котиш, доц., канд. техн. наук, Євген Варшавський, здобувач гр. ЕЕ-23М,
Микита Куцоконь, здобувач гр. ЕЕ-23М

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: akotysh@gmail.com

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТАНУ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Надійність систем електропостачання визначається в цілому надійністю електроустановок, що входять у цю систему: електростанцій, електричних мереж, трансформаторних підстанцій, електроприймачів тощо. Електроустановки в процесі експлуатації знаходяться під дією різноманітних факторів: підвищеної вологості, агресивних середовищ, пилу, несприятливих атмосферних явищ, а також механічних та електричних навантажень. При цьому змінюються основні властивості матеріалів електроустановок, що призводить до виникнення коротких замикань, що викликають відключення електроустановок чи електромереж, тобто. перерв у подачі електроенергії [1].

В даній роботі приділено увагу якості функціонування силових трансформаторів шляхом запровадження системи моніторингу, що дозволяє в режимі on-line відслідковувати певні дефекти роботи та завчасно попереджати аварійні відключення трансформаторів.

До складу сучасних систем моніторингу та діагностики стану силових маслонаповнених трансформаторів включаються моделі для розрахунку їх теплового режиму. Побудова моделі в даній роботі заснована на використанні узагальнених даних по трансформатору і його системі охолодження, що надаються заводом-виробником.

На трансформатор встановлюються датчики струму, напруги, потужності, температури верхніх шарів масла (ВШМ) та навколишнього середовища та інші за потребою. Управління проводиться не шляхом пробних дій на об'єкт, а шляхом прогнозування теплового стану трансформатора на математичній моделі, з урахуванням прогнозу зміни навантаження і температури довкілля. Така модель може бути побудована на підставі нейронної мережі [2] (Рис.1).

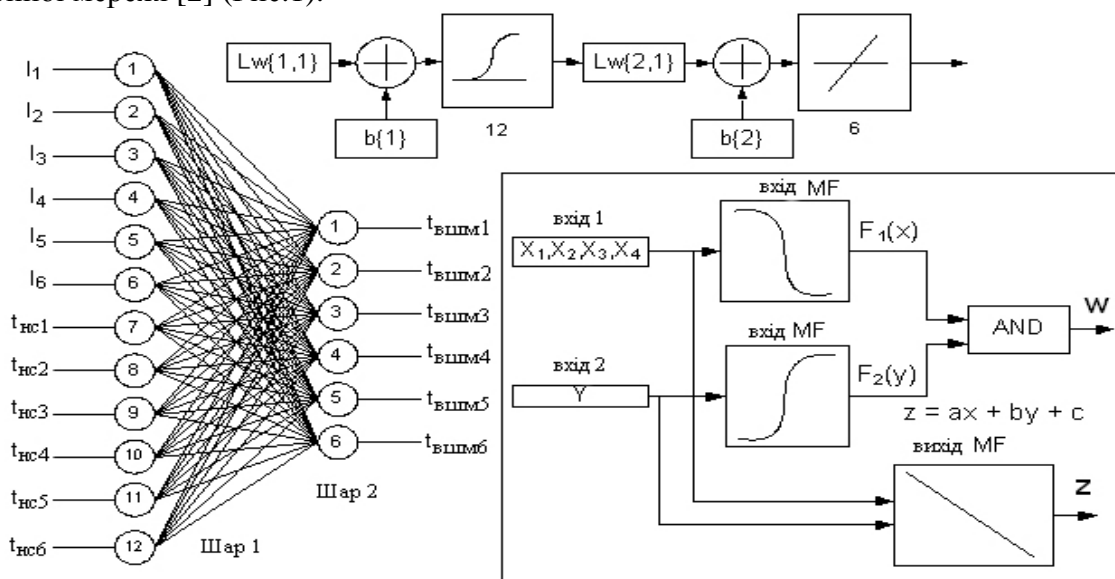


Рисунок 1 – Структура нейронної мережі

Джерело: розроблено авторами

Як практична реалізація досліджень проведених у роботі є впровадження системи TDM (Transformer Diagnostics Monitor). Вона призначена для безперервного контролю і аналізу технічного стану силових високовольтних трансформаторів. Застосовується для реєстрації і збору інформації в режимі безперервного моніторингу і контролю. Дозволяє аналізувати параметри стану основних підсистем трансформатора, формувати комплексний висновок про стан трансформатора.

Все основне устаткування системи моніторингу розташовується поряд з трансформатором. Воно вмонтовується в захисній шафі і складається з декількох основних модулів (Рис. 2).



Рисунок 2 – Система моніторингу TDM

Джерело: розроблено авторами

Для проведення оперативної оцінки загального технічного стану трансформатора за допомогою системи моніторингу марки TDM аналізується стан наступних підсистем і елементів трансформатора:

1. Контроль технічного стану маслонаповнених ввідів трансформатора. В процесі контролю за станом ввідів ведеться вимірювання струмів провідності, розрахунок тангенсів кута втрат, величини S_1 .

2. Контроль зміни геометрії обмоток трансформатора за допомогою оперативного розрахунку параметра Z_k після кожної аномальної дії на обмотки трансформатора.

3. Контроль стану РПН трансформатора по температурі бака, акустичним частковим розрядом, вібрації в процесі комутації, потужності, споживаній приводним електродвигуном РПН.

4. Контроль температурних режимів роботи трансформатора і управління системою охолодження трансформатора. Оцінка технічного стану маслонасосов і вентиляторів системи охолодження.

5. Реєстрація перенапружень і імпульсних струмових дій на обмотки трансформатора, контроль роботи захисних реле трансформатора.

6. Контроль параметрів стану трансформатора, визначуваних іншими діагностичними системами, наприклад, вологість масла.

Список літератури

1. Папаїка Ю.А. Оцінка надійності систем електропостачання з потужними нелінійними навантаженнями / Ю.А. Папаїка, Ю.Г. Лисенко, А.В. Бубліков, І.Г. Олішевський // Електротехніка та електроенергетика. – 2020. - №4. С. 26-34.
2. Денисюк С.П. Загальні підходи до побудови систем моніторингу силових трансформаторів з використанням стохастичних моделей / С.П. Денисюк, І.В. Притискач // Праці ІЕД НАНУ. – 2014. – Вип. 37. – С.62–68.

УДК 621.311

Андрій Котиш¹, доц., канд. техн. наук, Олександр Довженко¹, здобувач гр. ЕНМ-23М, Владислав Панкратьєв¹, здобувач гр. ЕЕ-23М, Ростислав Панченко², здобувач гр. ЕТ-21

¹Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

²Світловодський політехнічний фаховий коледж ЦНТУ, м. Світловодськ

e-mail: akotysh@gmail.com

АНАЛІЗ ЗАХОДІВ ПО МІНІМІЗАЦІЇ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖАХ 380 В КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Споживання електроенергії населенням України останнім часом значно зросло що призводить до її додаткових втрат. Фактичні втрати в мережах комунально-побутового сектору в окремих випадках досягають 30% [1] за рахунок додаткових комерційних втрат, обумовлених цілим рядом факторів:

- самовільне підключення споживачів;
- несплата чи несвоєчасність оплати споживачами отриманої електроенергії;
- махінації з приладами обліку;
- відсутність приладів обліку в місцях загального користування комунально-побутового сектору тощо.

Технічний стан основних фондів підприємств комунальної енергетики характеризується значною зношеністю (більше 67%), в зв'язку з тривалим терміном експлуатації (більше 20 років).

Населення - надійний споживач з попитом на електроенергію, що постійно зростає (Рис. 1).

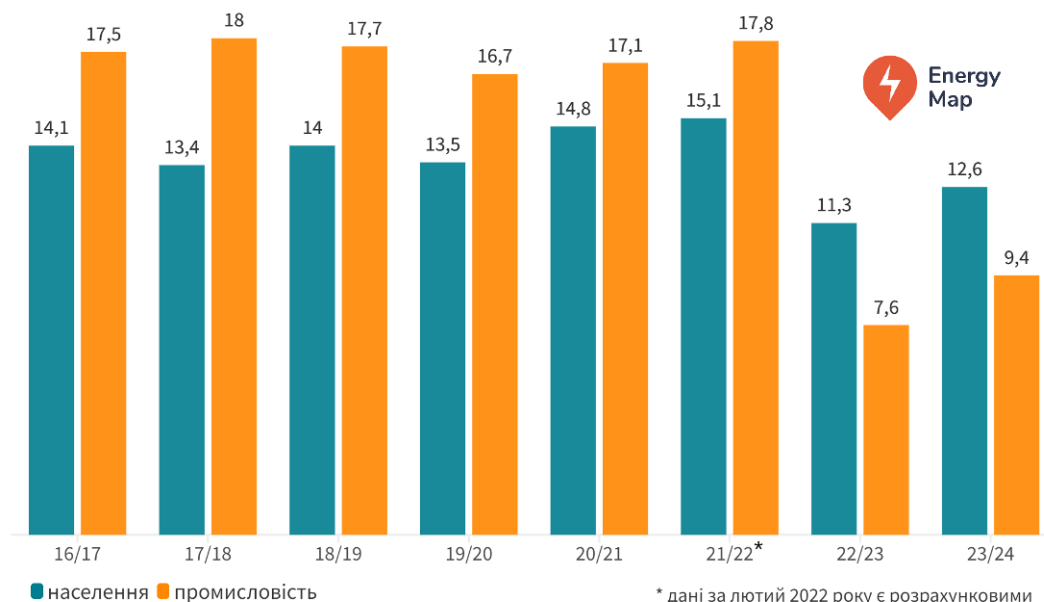


Рисунок 1 – Структура споживання електричної енергії в Україні

Джерело: розроблено авторами

Стійке зростання попиту житлового сектору в Україні обумовлено: по-перше, зміною характеру і типу забудови міст: житлові масиви багатоквартирних багатоповерхових (понад 10 поверхів) будинків, що спричиняє за собою перехід на схему

енергопостачання будинків введеннями двох видів енергії: електричної і теплової (у вигляді гарячої води);

по-друге, нарощуванням встановленої потужності побутової електроапаратури (пральні машини з підігрівом води, електропечі, пилососи, холодильники великих потужностей);

по-третє, насиченням квартир новим поколінням побутової електроапаратури: (мікрохвильові печі, електроводонагрівачі, кондиціонери, морозильні камери і т.д.)

в четверте широким розповсюдженням сучасної приміської забудови із використанням таких приладів як електрообігрів підлог, сауни, джакузі посудомийні машини тощо [2].

Як показали дослідження [3] значення $\cos \varphi$ змінювалося в межах від 0,769 до 0,978. У літній період реактивне споживання співрозмірне з активним, що спричиняє додаткові втрати активної потужності та напруги в мережі. Отже, назріло питання про компенсацію реактивної потужності і в непромислових мережах низької напруги.

Окрім того коефіцієнт додаткових втрат від несиметрії струмів по фазах становить 1,05–1,1, якщо розраховувати за струмами головної ділянки. Проте аналіз інших приєднань показав, що він може досягати значення 1,4 і вище. Втрати електроенергії тільки в нульовому проводі становили 14 % [1]. До того ж в кожному конкретному випадку необхідно враховувати конфігурацію електричної мережі. Тут маєтись на увазі:

а. нерозгалужені лінії з рівномірно розподіленим вздовж ліній навантаженням (у більшості то міські кабельні лінії);

б. розгалужені лінії з рівномірно розподіленим уздовж діляниць навантаженням (у більшості то сільські повітряні лінії);

в. нерозгалужені лінії із навантаженням, зосередженим у кінці лінії (промислові лінії);

г. розгалужені лінії зі змішаним навантаженням.

Підсумовуючи усе вище зазначене можливо зробити наступні висновки:

1. Методика розрахунку втрат електроенергії в мережах 0,38 кВ загального призначення повинна враховувати фактичний відпуск електроенергії в мережу та конфігурацію схеми електропостачання.

2. Побутові електроприймачі поряд з активною споживають ще й реактивну електроенергію, яка в літній період співрозмірна з активною. Доцільно впроваджувати заходи з компенсації реактивної потужності в мережах 0,38 кВ.

3. Симетрування навантажень у мережі 0,38 кВ необхідно здійснювати шляхом почергового вмикання однофазних електроприймачів, а не вирівнювання струмів у голові лінії.

4. Через значну протяжність ліній сільських електричних мереж режим напруг у віддалених електроприймачів не відповідає державному стандарту на електричну енергію.

Список літератури

1. Котиш А.І. Аналіз споживання та втрат електроенергії в електричних мережах 0,38 кВ комунально-побутового призначення / А.І. Котиш, О.І. Сіріков // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2012. - №49 С.110-115.
2. Харченко В.Ф. Електропостачання міст і промислових підприємств: Конспект лекцій для студентів 4 - 5 курсів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 0906 „Електротехніка” (6.050701 „Електротехніка та електротехнології”) / В.Ф. Харченко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 168 с.
3. Буцьо З. Ю. Аналіз втрат електричної енергії в електромережах усіх рівнів напруги в енергосистемах провідних зарубіжних країн та України / З.Ю. Буцьо, В.І. Мартинюк // Енергетика та електрифікація – 2020. – № 2. – С. 15 – 17.

УДК 621.315.1

Артем Кузнецов, здобувач гр. ЕЕ-23М,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: kuzja011@gmail.com

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПЛАВКИ ОЖЕЛЕДІ НА ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЯХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ

Утворення ожеледних відкладень на проводах повітряних ліній (ПЛ) у поєднанні з сильним вітром створює складні умови для їх експлуатації. Накладання цих факторів може призвести до тяжких ожеледно-вітрових аварій, що спричиняють масові обриви проводів і, як наслідок, знеструмлення цілих районів. За цих умов забезпечення надійного електропостачання споживачам стає значною технічною проблемою. Як показують дослідження, одним із найбільш економічно вигідних і дієвих заходів для підвищення надійності повітряних розподільних мереж в умовах інтенсивних ожеледних відкладень є створення систем плавки ожеледі на основі електротеплового методу [1, 2].

Розрізняють плавку ожеледі змінним та постійним струмом.

Плавка ожеледі змінним струмом проводиться на ПЛ напругою до 110 кВ з проводами перерізом до 300 мм² і довжині ліній, що захищаються в діапазонах 10-25, 15...40, 50-125 км за напруги джерела живлення, відповідно 6, 10 і 35 кВ. На практиці застосовується декілька способів плавки ожеледі: створення штучного трифазного короткого замикання (КЗ), зустрічне вмикання фаз джерел живлення, перерозподіл навантаження та накладення струмів.

Спосіб плавки ожеледі шляхом створення трифазного КЗ є простим і зручним, оскільки проводи всіх трьох фаз ПЛ одночасно звільняються від ожеледних відкладень. Перевагами цього методу є наступні: одночасна плавка на всіх фазних проводах, технічна простота та мінімальна кількість оперативних перемикачів, висока ефективність. Проте, метод має і певні недоліки, які можуть обмежити його застосування: ризик нерівномірного нагріву, високе енергоспоживання, високе навантаження на мережеве обладнання.

Спосіб плавки ожеледі шляхом зустрічного вмикання фаз полягає в чергуванні фаз на кінцях ПЛ. Наприклад, якщо початок лінії має фазове розташування А, В, С, то кінець можна під'єднати як В, С, А або С, А, В. У результаті на ПЛ подається не фазна напруга, як у випадку трифазного КЗ, а лінійна. Такий спосіб плавлення ожеледі доцільно застосовувати для ПЛ, що з'єднують сусідні підстанції з потужними зв'язками через лінії високої напруги, для паралельних ліній і в кільцевих схемах. Перевагами цього способу є зменшення навантаження на електротехнічне обладнання, плавка ожеледі на всіх трьох фазах за один цикл, можливість застосування на довгих лініях, зниження аварійності внаслідок проведення плавки ожеледі.

При плавці ожеледі за методом перерозподілу навантажень у мережі необхідний струм отримується шляхом збільшення навантаження підстанції, яка передає електроенергію по ПЛ, що підлягає обігріву. Це включає збільшення навантаження на підстанції, що отримує живлення від цієї лінії, а також відключення частини інших ліній для концентрування навантаження. Основна перевага цього способу полягає в тому, що споживачі електроенергії не втрачають живлення під час плавлення ожеледі.

Проте, на практиці перерозподіл навантаження на ПЛ досить складно реалізувати, оскільки необхідно одну лінію значно завантажувати, а інші – відключати. Також цей метод може призвести до зниження напруги у частині мережі, яка суміжна з обігріваною ПЛ, що може вплинути на якість електропостачання споживачів.

Через ці обмеження метод перерозподілу навантажень є найдоцільнішим для попереджувального прогріву ПЛ перед процесом ожеледоутворення навантаження, коли є потреба запобігти значним відкладенням ожеледно-паморозових відкладень.

Плавка ожеледі методом накладення струмів полягає у створенні контуру, в якому на робочий струм накладається додатковий струм, що створений у контурі, частиною якого є лінія, що обігривається. Для цього в контур включають джерело ЕРС, значення та фаза якого підібрані так, щоб підвищити струм до необхідного для плавлення ожеледі рівня. Перевагою цього методу є те, що споживачі залишаються підключеними до мережі впродовж усього часу проведення плавки ожеледі, що забезпечує безперервне електропостачання. Цей метод використовується в мережах напругою 6-110 кВ. Основний недолік методу – необхідність в додатковому джерелі ЕРС, що може потребувати додаткових витрат на обладнання.

Кожен зі способів плавки ожеледі змінним струмом має свої переваги та недоліки, що визначає доцільність їх використання в конкретних умовах. Загалом, застосування змінного струму для плавки ожеледі є економічно доцільним, оскільки процес плавлення виконується безпосередньо від існуючої мережі, що знижує витрати на додаткове обладнання. Така плавка можлива на відносно коротких ПЛ, де є можливість забезпечити достатній струм.

Для ПЛ з великою пропускнуою здатністю перевага надається плавці постійним струмом. Потужність джерела живлення постійного струму для ліній напругою 220 кВ становить лише 10-20% від необхідної потужності для плавки змінним струмом, що робить цей метод енергетично ефективнішим.

Плавка ожеледі постійним струмом здійснюється за допомогою пристроїв плавлення ожеледі (ППО), які побудовані на базі випрямляючих установок. Такі пристрої розміщують у вузлах електромережі, де є найбільша кількість ПЛ, що потребують захисту від ожеледі. Плавка, як правило, проводиться з відключенням ліній від мережі, хоча можливий варіант і без відключення. У такому випадку ППО має вищу вартість і складнішу експлуатацію.

Регулювання струму плавки здійснюється шляхом вибору напруги та кількості випрямних агрегатів, вибору схеми з'єднання проводів ПЛ під час плавки, зміни коефіцієнта трансформації трансформатора, що живить випрямну установку, а також підбором опору заземлення (у схемах плавки через "землю").

Перевагами плавки постійним струмом є знижене енергоспоживання та можливість обігріву довгих повітряних ліній, що забезпечує більшу ефективність захисту від ожеледних відкладень на значних відстанях. Основними недоліками цього методу є висока вартість обладнання для плавки ожеледі, необхідність відключення ПЛ на час проведення плавки та низька частота використання ППО впродовж року через низьку частоту появи значних ожеледних відкладень.

Таким чином, вибір між плавкою змінним або постійним струмом залежить від технічних параметрів мережі, довжини ліній та економічної доцільності в конкретних умовах. Змінний струм є оптимальним для коротких і середніх ПЛ, тоді як постійний струм – для довгих високовольтних ліній з великою пропускнуою здатністю, де економія енергії та довговічність обладнання є пріоритетом. Урахування цих факторів дозволяє досягти надійності електропостачання навіть в умовах складних кліматичних випробувань, зокрема ожеледно-вітрових навантажень.

Список літератури

1. Дослідження чутливості та стійкості техніко-економічної моделі системи плавлення ожеледі на групі взаємопов'язаних ПЛ 10 кВ / О. А. Савченко, О. О. Мірошник, О. А. Козловський та ін. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. Том 3, Вип. 24. С. 114-121.
2. Жарков В. Я. Плавка ожеледі на проводах - дієвий засіб підвищення надійності ПЛ. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, Вип 101: «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». 2010. С. 1-2.

УДК 621.315.1

Антон Дудка, здобувач гр. ЕНМ-23М, **Олександр Козловський**, доц., канд. техн. наук
 Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
 e-mail: kozlovskyoa@gmail.com

ТЕХНІЧНІ ВТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЯХ

Повітряні лінії електропередавання – це ключовий елемент системи електропостачання України, що забезпечує транспортування електроенергії від електростанцій до споживачів. Протяжність ПЛ за класами рівнів напруги є досить значною: 6-10 кВ – 253,7 тис. км; 35 кВ – 55,4 тис. км, 110-150 кВ – 24,8 тис. км, 330-750 – 40,4 тис. км [1].

Ефективність функціонування ПЛ визначається багатьма факторами, але одним із основних є коефіцієнт корисної дії лінії, який напряму пов'язаний з величиною втрат електроенергії під час її транспортування. Як і в будь-якому іншому енергетичному обладнанні, втрати електроенергії в ПЛ мають різну фізичну природу та специфіку.

З теореми Пойнтінга слідує, що під час передавання електричної енергії через певний об'єм простору частина її може втрачатися внаслідок існування механізмів розсіювання:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{S} = -\vec{J} \cdot \vec{E}, \quad (1)$$

де $\nabla \cdot \vec{S}$ – дивергенція вектора Пойтінга.

Тоді, втрати активної потужності для одиниці об'єму простору, що містить ПЛ складуть:

$$\Delta P_{\text{пл}} = \int_V \vec{J}_{\text{пл}} \cdot \vec{E}_{\text{пл}} dV, \quad (2)$$

де $\vec{J}_{\text{пл}}$ – це вектор густини струму всередині провідника ПЛ; $\vec{E}_{\text{пл}}$ – вектор напруженості електричного поля в просторі навколо провідника ПЛ.

Сумарні втрати активної електроенергії в ПЛ становитимуть:

$$\Delta W_{\text{пл}\Sigma} = \Delta P_{\text{пл}} T_p, \quad (3)$$

де T_p – час роботи повітряної лінії під навантаженням впродовж розрахункового періоду.

Сумарні втрати активної електроенергії в ПЛ $\Delta W_{\text{пл}\Sigma}$ умовно можливо розділити на дві основні категорії: технологічні та комерційні:

Технологічні втрати виникають через специфіку процесу транспортування електроенергії по ПЛ, а також пов'язані з особливостями обліку її надходження та відпуску:

$$\Delta W_{\text{тех}} = \Delta W_{\text{техн}} + \Delta W_{\text{обл}}, \quad (4)$$

де $\Delta W_{\text{техн}}$ – технічні втрати активної електроенергії; $\Delta W_{\text{обл}}$ – втрати активної електроенергії, зумовлені інструментальними похибками засобів її вимірювання.

Технічні втрати електроенергії в ПЛ мають фізичну природу і складаються з навантажувальних ($\Delta W_{\text{нав}}$) і умовно постійних втрат ($\Delta W_{\text{пост}}$):

$$\Delta W_{\text{техн}} = \Delta W_{\text{нав}} + \Delta W_{\text{пост}}. \quad (5)$$

Друга складова рівняння (5) – це умовно постійні втрати, що не залежать від навантаження. Ці втрати спричинені явищем коронного розряду ($\Delta W_{\text{кор}}$), струмами витікання лінійної ізоляції ($\Delta W_{\text{діел}}$) та магнітними втратами в феромагнітних конструктивних елементах проводів і електроопор ($\Delta W_{\text{маг}}$).

Таким чином, вираз для складових технічних втрат матиме вигляд:

$$\Delta W_{\text{техн}} = \Delta W_{\text{нав}} + \Delta W_{\text{кор}} + \Delta W_{\text{діел}} + \Delta W_{\text{маг}} + \Delta W_{\text{пл.ож}} \cdot \quad (6)$$

Втрати активної енергії на корону повітряною лінією [2]:

$$\Delta W_{\text{кор}}^{(P)} = \sum_{i=1}^4 \Delta p_{\text{кор},i} \cdot l_{\text{пл}} \cdot \Delta T_i \cdot \quad (7)$$

де $\Delta p_{\text{кор},i}$ – питомі втрати потужності на корону ПЛ за i -тих погодних умов; ΔT_i – тривалість погодних умов i -го виду за час знаходження ПЛ під напругою.

Втрати активної енергії в ізоляції ПЛ обчислюють з урахуванням ступеня забруднення атмосфери [2]:

$$\Delta W_{\text{діел}} = \frac{U_{\text{ном}}^2 \cdot T_{\text{вол}} \cdot n_{\text{гір}}}{3R_{\text{із}} \cdot n_{\text{із}}}, \quad (8)$$

де $T_{\text{вол}}$ – тривалість у розрахунковому періоді вологої погоди; $n_{\text{гір}}$ – кількість гірлянд ізоляторів ПЛ; $R_{\text{із}}$ – електричний опір одного ізолятора; $n_{\text{із}}$ – кількість ізоляторів у фазі ПЛ.

Аналіз відсоткового розподілу технічних втрат електроенергії у повітряних лініях показує, що найбільша частку складають омичні втрати у проводах – 60-80%. Такий високий відсоток втрат підкреслює важливість правильного вибору перерізу проводів і підтримання режиму роботи ПЛ близьким до оптимального. На другому місці знаходяться втрати на коронування проводів, які складають 5-24%. Широкий діапазон цих втрат пов'язаний зі значною залежністю процесу коронування від кліматичних факторів. Втрати в ліній ізоляції складають 3-5%, а магнітні втрати становлять від 2 до 5% [3].

Із проведеного аналізу слідує, що переважаючими складовими в загальному підсумку втрат електроенергії ПЛ є навантажувальні та кліматичні втрати, тоді (8) набуде вигляду:

$$\Delta W_{\text{техн}} \approx \Delta W_{\text{нав}} + \Delta W_{\text{маг}} + \Delta W_{\text{клім}} \cdot \quad (9)$$

Технічні втрати в ПЛ значною мірою залежать від погодних умов. Зміни температури навколишнього середовища, швидкості та напрямку вітру, вологості повітря, інтенсивності сонячного випромінювання чи обледеніння впливають на омичний опір проводів і виникнення явища корони, що призводить до зміни втрат енергії. Саме через таку залежність від кліматичних факторів частину цих втрати називають кліматичними:

$$\Delta W_{\text{клім}} = \Delta W_{\text{діел}} + \Delta W_{\text{кор}} + \Delta W_{\text{пл.ож}} \cdot \quad (10)$$

Втрати на корону ПЛ та від струмів витікання в ізоляторах можуть змінюватися на 1-2 порядки впродовж доби. До кліматичних також належать і витрати електроенергії на плавку ожеледі. При проведенні плавки ожеледі за методом трифазного короткого замикання, ці витрати лежать у межах 0,5-12,0 МВ·А/км (для ПЛ 6-500 кВ). Однак, аналіз технологічних порушень у роботі електричних мереж показує, що плавка ожеледі проводиться на поодиноких ПЛ, що дозволяє їх у більшості випадків не враховувати.

Отже, технічні втрати активної енергії в повітряних лініях досить складно визначити з високою точністю. Вони суттєво залежать від метеорологічних параметрів, таких як температура та відносна вологість повітря, швидкість і напрям вітру, що призводить до значних коливань втрат на корону і струми витікання. Врахування кліматичних факторів є важливим для керування електромережами та ефективного зниження втрат електроенергії. Вивчення закономірностей впливу метеорологічних параметрів на технічні втрати дозволяють краще зрозуміти ці процеси, що робить ці дослідження актуальними.

Список літератури

1. План розвитку системи передачі на 2022-2031 роки. Укренерго, 422 с.
2. СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-82:2013. Методичні рекомендації визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання. Методичні рекомендації. К.: Міненерговугілля України, 2013. 68 с.
3. Приступа А. Л., Галюга А. В. Оцінювання діючих методик розрахунку технологічних витрат електричної енергії в розподільних електричних мережах, Вісник ЧДТУ. №1 (77). 2015. с. 159-165.

УДК 621.315.175

Павло Розпутній, здобувач гр. ЕЕ-23М,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: pavelrozputniy@gmail.com

СИСТЕМА РАНЬОГО ВИЗНАЧЕННЯ УТВОРЕННЯ ОЖЕЛЕДНО-ПАМОЗОЕВИХ ВІДКЛАДЕНЬ НА ПЛ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ

Боротьба з ожеледдю – одна з найскладніших задач, що виникає при експлуатації повітряних ліній (ПЛ) електропередавання в холодний період року. Аномальні погодні умови, які періодично виникають, часто призводять до масових ушкоджень і руйнувань ПЛ [1-3]. Найбільш катастрофічною в новітній історії України була ожедено-вітрова аварія, що відбулася в листопаді 2000 р., унаслідок якої в семи областях України було ушкоджено 113060 опор ПЛ 10 кВ, а близько 4,5 тис. населених пунктів залишилось без електропостачання.

У світовій практиці запропоновано достатньо технічних рішень, щодо захисту проводів ПЛ від ожеледно-паморозевих відкладень (ОПВ), серед них найбільш впровадженим і розповсюдженим є плавка ожеледі струмами штучного короткого замикання. Однак її ефективність в значній мірі визначається своєчасністю проведення [3]. Для підвищення ефективності плавки ожеледі електропостачальні компанії використовують комплексні системи інформаційного забезпечення процесу ожеледоутворення. Проте ці системи мають обмеження, зокрема через відсутність у їх складі систем раннього виявлення та ідентифікації типу ОПВ, а також внаслідок використання недосконалих первинних вимірювальних перетворювачів (ПВП) [1-3].

Таким чином, підвищити ефективність і успішність плавки ожеледі можливо завдяки створенню первинних вимірювальних перетворювачів з покращеними характеристиками для виявлення ожеледно-паморозевих відкладень та розробки на їх основі систем раннього виявлення та ідентифікації типу цих відкладень на ПЛ розподільних електромереж.

У працях [3, 4] запропоновано використовувати ПВП ОПВ, що виготовляються на основі проводу марок А, АС контрольованих ПЛ. Їхнім головним недоліком є чутливість до забруднень, таких як пил, сіль і т.п. Наявність сухого шару забруднення практично не впливає на опір ПВП ОПВ, проте ситуація кардинально змінюється, коли іоноутворюючі речовини у складі забруднень звожуються атмосферного вологою. Внаслідок цього на ПВП утворюється електроліт, що призводить до зростання його міжелектродної провідності і може помилково імітувати наявність реальних відкладень ожеледі. Тому конструкцію ПВП ОПВ слід будувати на основі двох відрізків проводу контрольованої ПЛ, з довжиною вимірювальної частини, що рівна одному повиву проводу [4] у двохелектродному виконанні. Один з відрізків виконується захищеним від природних і техногенних забруднень. Таким чином, первинний вимірювальний перетворювач ОПВ буде складатися з двох однакових відрізків проводу. У кожному з відрізків проводу ізолюється одна дротина верхнього повиву. Таким чином, утворюються дві пари вимірювальних електродів. Перший відрізок проводу розміщується в захисній оболонці, що має високу повітро- вологопроникність. Другий відрізок утворює основний вимірювальний перетворювач для ОПВ і розташовується просто неба. Визначення наявності та ідентифікація типу опадів здійснюються на основі вимірювання опору відкладень на ПВП, який є характерним для кожного виду відкладень. Моніторинг та порівняння опорів ПВП дозволяють визначити наявність забруднень на другому сенсори.

На рис. 1. представлено структурну схему системи раннього виявлення та ідентифікації ОПВ на проводі ПЛ. У мінімальній конфігурації система складається з двох елементів: модуля збору інформації (МЗІ) та модулю прийому та обробки інформації (МПОІ). Зв'язок між модулями здійснюється по радіоканалу.

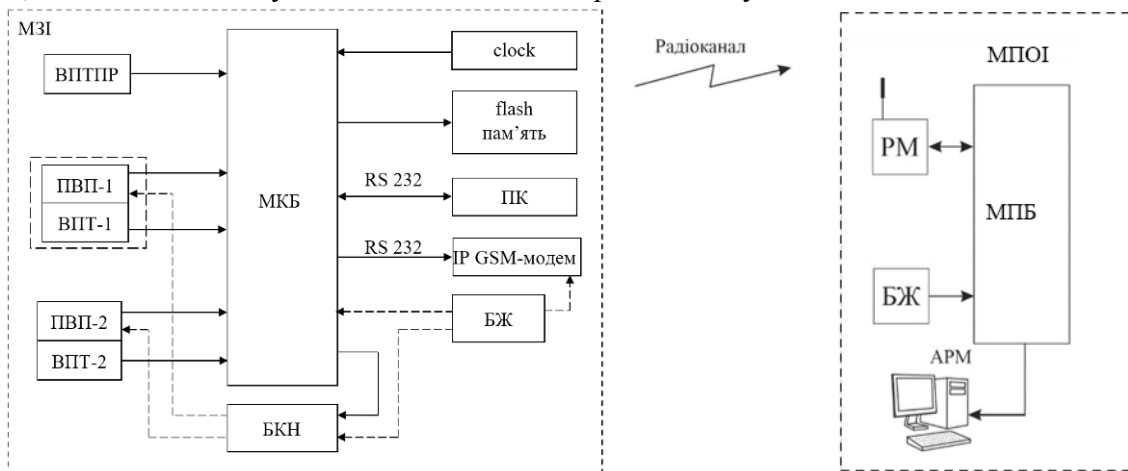


Рисунок 1 – Структурна схема ділянки системи раннього визначення і ідентифікації ОПВ

Основу системи становить множина модулів МЗІ, що встановлюються на контрольованих ПЛ. Головним елементом кожного модуля є мікроконтролерний блок (МКБ) до якого підключено наступні сенсори: вимірювальні перетворювачі температури проводу контрольованої ПЛ (ВІПТІР), температури ВІПТ-1 і температури ВІПТ-2, а також первинні вимірювальні перетворювачі опору ОПВ, відповідно, ВІПТ-1 і ВІПТ-2. Для забезпечення роботи МКБ до нього також підключено ряд допоміжних блоків, серед яких: годинник реального часу (clock), flash-пам'ять, блок контролю нагріву (БКН) ПВП-1 і ПВП-2, радіомодем (IP GSM-модем). Живлення МКБ і всіх інших блоків МЗІ здійснюється від блоку живлення (БЖ). Підключення до МЗІ персонального комп'ютера (ПК) і IP GSM-модема здійснюється за допомогою інтерфейсу RS232. Модулі збору інформації працюють в автоматичному режимі. Перед наближенням ожеледного періоду року, пристрої вмикаються і після завантаження з EEPROM мікроконтролера необхідних констант починають працювати відповідно із заданим алгоритмом. Модуль прийому та обробки інформації, аналогічно до МЗІ складається з мікропроцесорного блоку (МПБ) до якого підключаються радіомодем (РМ), блок живлення (БЖ) та автоматизоване робоче місце (АРМ).

Запропонована удосконалена система раннього виявлення та ідентифікації типу ОПВ завдяки новій конструкції первинного перетворювача ожеледно-паморозевих відкладень дозволяє підвищити ефективність плавки ожеледі та запобігти ймовірним ушкодженням ПЛ розподільної електромережі від дії наднормативних ожеледно-вітрових навантажень.

Список літератури

1. Штуць А., Зозуляк І., Григоренко Н. Аналіз факторів ризику аварій ліній електропередач обумовлених кліматичними умовами. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences. 2024. 335(3(1)). С 314-325. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-335-3-42>.
2. Савченко О.А., Дюбко С.В. Перспективні шляхи вдосконалення автоматизованих систем контролю утворення ожеледі на ПЛ. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, Вип. 175 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». 2016. С. 20-22.
3. Козловський О.А., Сіріков О.І. Автоматизована система технічної діагностики проводів повітряних ліній електропередачі 6-10 кВ // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Кіровоград: КНТУ, 2012. Вип. 25, ч. 1. С. 383-390.
4. Kozlovskiy O., Trushakov D., Rendzinyak S. A Measuring Transducer in the System of Technical Diagnosis of Overhead Lines Icing in Electrical Distribution Networks. Computational problems of electrical engineering. 2015. Vol. 5, № 1. С. 17-22.

УДК 620.9

Ольга Братаніч, здобувач гр. ЕНМ-23М, **Катерина Петрова**, доц., канд. техн. наук,
Сергій Серебренніков, проф., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: kateflash27@gmail.com

ОПТИМІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМАХ

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку енергетичного сектору все більшої ваги набуває використання розосереджених джерел енергії (РДЕ), таких як: сонячні панелі, вітрові турбіни, біомасові установки тощо. За даними Міжнародної енергетичної агенції, частка РДЕ у загальному обсязі виробництва електричної енергії у світі зросла з 16% у 2010 році до 28% у 2020 році. Згідно з прогнозами, до 2030 року цей показник може досягти 50% завдяки зростанню інвестицій у відновлювані джерела енергії, які, за оцінками, досягнуть 2,6 трлн доларів США.

Такий тренд супроводжується збільшенням впровадження розосереджених джерел у локальних електричних системах, що дозволяє зменшити залежність від централізованого постачання електроенергії. Так, у 2020 році кількість домогосподарств, що використовують сонячні панелі, перевищила 2,5 мільйона у Сполучених Штатах, а в Європі реалізація проектів з вітрової енергетики зросла на 14%, забезпечуючи 16% електричного виробництва в регіоні.

Оптимізація РДЕ в локальних електричних системах має на меті підвищення їх ефективності, зниження витрат на енергію та покращення стабільності електропостачання. У статті розглянуто основні аспекти, пов'язані з оптимізацією функціонування РДЕ.

Основною метою даної роботи є дослідження та розробка ефективних методів і підходів до оптимізації функціонування розосереджених джерел енергії в локальних електричних системах, з урахуванням сучасних технологічних рішень, економічних аспектів і вимог енергетичної безпеки, для підвищення їхньої ефективності, зниження витрат на енергію та покращення стабільності електропостачання.

Постановка завдання:

- 1) Провести аналіз сучасного стану розосереджених джерел енергії в локальних електричних системах, визначивши їх роль та значення в умовах сучасних викликів енергетики.
- 2) Розробити математичні моделі для оптимізації роботи РДЕ, враховуючи різні фактори, такі як погодні умови, споживчі навантаження та економічні показники.
- 3) Визначити ефективні методи інтеграції розосереджених джерел енергії в існуючі електричні мережі та дослідити можливості їх взаємодії з традиційними джерелами енергії.
- 4) Оцінити вплив оптимізації РДЕ на зниження витрат на електричну енергію, покращення надійності електропостачання та зменшення екологічного впливу.
- 5) Розробити рекомендації щодо впровадження розосереджених джерел енергії в локальних електричних системах з метою підвищення їхньої ефективності та сталого розвитку.

Виклад основного матеріалу. Оптимізація функціонування РДЕ в локальних електричних системах може бути досягнута шляхом застосування різних підходів:

- 1) Моделювання та симуляція. Для вивчення поведінки РДЕ в умовах реального функціонування використовуються комп'ютерні моделі, що дозволяють прогнозувати їхню продуктивність залежно від погодних умов, споживчих навантажень та інших факторів.

Застосування програмних засобів, таких як HOMER, MATLAB та інших, дає можливість виконувати оптимізацію в умовах обмежень.

2) Аналіз витрат та вигод. Економічний аналіз дозволяє оцінити доцільність інвестицій у РДЕ. Важливими показниками є терміни окупності, внутрішня норма прибутковості, а також загальні витрати на експлуатацію системи. Вибір оптимальної конфігурації РДЕ має базуватися на детальному фінансовому аналізі, що враховує всі можливі ризики.

3) Системи управління та моніторингу. Впровадження сучасних інформаційних технологій у системи управління дозволяє покращити контроль за функціонуванням РДЕ. Використання автоматизованих систем управління (АСУ) та моніторингу (SCADA) забезпечує оперативну інформацію про стан джерел енергії, що дозволяє оперативно реагувати на зміни в навантаженнях та погодних умовах.

4) Взаємодія з традиційними джерелами енергії. Ефективна інтеграція РДЕ в існуючі електричні мережі вимагає від системи можливості адаптації до змін у споживанні та виробництві. Взаємодія з традиційними джерелами (тепловими та гідроелектростанціями) може бути реалізована шляхом регулювання потужності, що забезпечує баланс між споживанням та виробництвом електричної енергії.

Отже, дослідження показують, що оптимізація функціонування РДЕ в локальних електричних системах може забезпечити:

- 1) Зниження витрат на електричну енергію. Впровадження енергоефективних технологій та систем управління дозволяє знизити витрати на електрику до 30-40%.
- 2) Підвищення надійності електропостачання. Використання РДЕ сприяє зменшенню навантаження на централізовані мережі, що покращує стабільність електропостачання в умовах пікових навантажень.
- 3) Зменшення екологічного впливу. Використання відновлюваних джерел енергії знижує викиди CO₂ та інших забруднюючих речовин, що сприяє покращенню екологічної ситуації.

Висновки. Оптимізація функціонування розосереджених джерел енергії в локальних електричних системах є важливим напрямом розвитку енергетики, що сприяє підвищенню ефективності використання ресурсів, зниженню витрат та поліпшенню екологічної ситуації. Впровадження новітніх технологій, моделей управління та економічних стратегій дозволяє забезпечити стійкий розвиток електричних систем. Подальші дослідження в цій галузі мають бути спрямовані на розвиток інтегрованих рішень, що об'єднують різні види джерел енергії для максимізації їхньої ефективності та надійності.

Список літератури

1. Khatib, T. "The role of distributed generation in energy efficiency and environmental sustainability." *Energy*, 2020. Vol. 209, Article 118318. doi: 10.1016/j.energy.2020.118318.
2. Vasiljevs, A., & Berzins, M. "Optimization of the hybrid energy systems for distributed generation." *Renewable Energy*, 2018. Vol. 120, pp. 425-432. doi: 10.1016/j.renene.2017.12.013.
3. D'Agostino, A., et al. "A review of distributed generation technologies and their impact on the electrical distribution system." *Energy Reports*, 2021. Vol. 7, pp. 23-37. doi: 10.1016/j.egy.2020.11.016.
4. Sinha, A., & Kumar, S. "Optimal control strategies for distributed generation in microgrids." *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2017. Vol. 8, No. 5, pp. 2208-2217. doi: 10.1109/TSG.2016.2626780.
5. Tan, Y., et al. "Energy management strategies for hybrid energy storage systems in microgrid applications." *Journal of Energy Storage*, 2020. Vol. 32, Article 101761. doi: 10.1016/j.est.2020.101761.
6. Мельник, І. В., & Шпак, М. Г. "Енергетичні технології в локальних електричних системах." *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Енергетика*, 2019. Вип. 1000. С. 25-30.
7. Рудик, В. А. "Впровадження розосереджених джерел енергії в Україні: стан, проблеми та перспективи." *Наукові праці Національного університету "Львівська політехніка". Енергетика*, 2020. Вип. 999. С. 135-140.
8. Гуменюк, С. П., & Олійник, М. М. "Проблеми та перспективи розвитку розосереджених джерел енергії в Україні." *Екологічні інновації в енергетиці*, 2021. № 2. С. 42-48.
9. Левчук, В. П. "Оптимізація використання енергетичних ресурсів на основі розосереджених джерел енергії." *Енергетика: економіка, технології, екологія*, 2018. Вип. 4. С. 78-83.

УДК 321.30.06

Анатолій Орлович, проф., канд. техн. наук, **Віталій Здобнов**, здобувач гр. ЕЕ-23М
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: cntu.ets260@gmail.com

ОЦІНКА ЕНЕРГОВИТРАТ НА ОПАЛЕННЯ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВА МАЛОГО БІЗНЕСУ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ, ІННОВАЦІЙНІ ВИРІШЕННЯ

У сучасних умовах питання енергозбереження стають надзвичайно актуальними, особливо для підприємств у галузі виробництва. Важливе місце займає управління енерговитратами в контексті опалення. В Україні, де більша частина енергії на невеликих підприємствах споживається для обігріву приміщень, важливо проводити детальний аналіз енергоспоживання з метою виявлення можливостей для їх оптимізації.

Зазначимо, що опалення є одним із найбільших компонентів енергетичних витрат підприємств малого бізнесу. В умовах зростання цін на енергоносії важливо знижувати витрати, що, в свою чергу, може позитивно вплинути на фінансову стійкість таких підприємств. Так, опалення є критично важливим елементом енергоспоживання подібних адміністративно-побутових приміщень, особливо в регіонах з холодним кліматом, де зимові температури можуть істотно знижувати комфортні умови роботи. Для багатьох підприємств є високий рівень споживання енергії на опалення, часом такі витратиможуть досягати 30-50% від загального енергоспоживання. Згідно з даними Державної служби статистики України, у 2022 році витрати на опалення в середньому склали близько 40% від загальних витрат на енергоспоживання для малих підприємств [1]. Це робить опалення найбільшим джерелом фінансових витрат підприємства. Ці витрати також залежать від сезону, що створює додаткові виклики для управління бюджетом. Слід зазначити, що більшість підприємств використовують традиційні види пального, такі як газ або електрика. Останнім часом відмічається постійне зростання цін на енергоносії, що ще більше ускладнює ситуацію з витратами і вимагає активного пошуку шляхів їх зменшення. У 2023 році середні ціни на газ та електрику в Україні зросли на 30-40% у порівнянні з попереднім роком через глобальні енергетичні кризи, що ускладнює фінансове становище малих підприємств. Наприклад, за даними Міжнародної агенції енергетики, ціни на природний газ в Європі досягли рекордних рівнів, що також впливає на внутрішні ринки [2].

Слід відмітити значний вплив на продуктивність праці. Належний температурний режим є важливим для забезпечення комфортних умов праці співробітників. Знижені температури можуть призвести до зниження продуктивності працівників та підвищення рівня захворюваності. Таким чином, інвестиції в ефективне опалення можуть також мати позитивний вплив на загальну продуктивність підприємства.

Першочергове питання працюючого підприємства виявити неефективні пункти енергоспоживання і розробити стратегії для їх оптимізації, розглянути можливості впровадження енергоефективних інноваційних технологій, запровадити сучасні системи опалення.

Енергонадійність підприємств стає критично важливим аспектом для забезпечення стабільності. Ризик відключень електроенергії і незапланованих перебоїв у постачанні пального стає все більше. Воєнна ситуація і постійні атаки по об'єктам критичної та енергетичної інфраструктур призвели до значного дефіциту електроенергії в Україні, як наслідок до перебоїв у постачанні енергії. За даними Української асоціації альтернативних джерел енергії, приблизно 25% малих підприємств відчули проблеми з постачанням енергії протягом 2023 року. Підприємства повинні мати стратегії для забезпечення безперервності

енергопостачання: резервні системи живлення (генератори, альтернативні джерела енергії тощо). Тому питання адаптації виробничого процесу та технології, щоб максимально ефективно використовувати доступні енергоресурси, стає першочерговим.

Малі підприємства сьогодні все частіше інвестують в енергоефективні системи опалення, такі як теплові насоси, що дозволило б знизити витрати на опалення до 50% [3]. Близько 15% малих бізнесів в Україні інвестували в сонячні енергетичні системи, і знизили залежність від традиційних енергетичних постачальників та вже зменшили витрати на 20-30% [4]. Проведення енергоаудитів дозволяє підприємствам виявляти потенційні області для покращення енергоефективності. Згідно з даними проекту "Енергетична ефективність для малого бізнесу", 60% малих підприємств, які пройшли енергоаудит, змогли реалізувати заходи і знизити витрати на опалення на 15-20% [5].

Вибір конкретної технології для систем опалення залежить від потреб підприємства, кліматичних умов, доступних ресурсів та бюджету, ефективності системи і її екологічності. Україна доєдналась до європейської цілі: зменшити викиди парникових газів на 65% від рівня 1990 року [6]. В контексті програми декарбонізації важливо обирати системи опалення, що сприяють зниженню викидів вуглекислого газу та зменшенню залежності від викопного палива. Це передбачає підтримку відновлюваних джерел енергії, підвищення енергоефективності та зниження споживання палива. Котли на біомасі є екологічною альтернативою газовим або нафтовим котлам, оскільки біомаса при спалюванні виділяє лише стільки вуглецю, скільки було поглинуто рослинами під час їхнього росту. Такі системи можуть знижувати викиди CO₂, особливо у місцях, де доступ до біомаси легкий і вигідний.

Сучасні системи "розумного" опалення дозволяють контролювати температуру дистанційно та налаштовувати графіки обігріву приміщень. Оптимізація витрат за рахунок регулювання температури залежно від наявності працівників, часу доби та погодних умов, дає зниження витрат на 10-20%.

Поширеності набувають гібридні системи, що комбінують різні джерела тепла, теплові насоси та газові або електричні котли. Це дозволяє автоматично обирати найефективніший спосіб опалення залежно від зовнішніх умов та цін на енергоносії. Рекомендується для підприємств, які мають доступ до різних видів енергії або працюють у регіонах із мінливим кліматом, в цьому випадку економія енергії може досягати 30-50% .

Системи рекуперації дозволяють використовувати тепло, яке генерується під час виробничих процесів, для обігріву приміщень або нагріву води. Значне зниження потреби в додатковому опаленні, і як результат зниження витрат на опалення на 20-30%. Підходить для підприємств, які генерують значні обсяги тепла під час виробництва (наприклад, пекарні, хімічні виробництва).

Оцінка енерговитрат на опалення є надзвичайно актуальною темою сьогодні для бізнесу, який сьогодні стикається з сучасними викликами. Однак, впровадження інноваційних рішень зазначених вище можуть суттєво зменшити витрати на опалення та підвищити свою енергонадійність та автономність.

Список літератури

1. Державна служба статистики України. Звіт про енергоспоживання (2022). <https://www.ukrstat.gov.ua>
2. Міжнародна агенція енергетики. Звіт про ціни на енергоносії в Європі (2023). <https://www.iea.org>
3. Національна асоціація теплових насосів України. Дослідження впровадження теплових насосів (2023). <https://www.nahpu.org.ua>
4. Статистика впровадження сонячних панелей в Україні (2023). <https://www.solarua.com>
5. Проект "Енергетична ефективність для малого бізнесу". Результати енергоаудитів (2023). <https://www.energy-audit.com>
6. Цілі кліматичної політики України до 2030 року. <https://www.kmu.gov.ua/news/uryad-shvaliv-cili-klimatichnoyi-politiki-ukrayini-do-2030-roku>

УДК 620.4+658.22

Ростислав Шаповалов¹, здобувач гр. ЕЕ-23М, Наталія Гарасова¹, доц., канд. техн. наук, Тетяна Тисленко², викладач

¹Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

²Кропивницький аграрний фаховий коледж, м. Кропивницький

e-mail: ngarasova@gmail.com

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІНИ КІЛЬКОСТІ ТА СКЛАДУ ПАРАЛЕЛЬНО ПРАЦЮЮЧИХ НАСОСІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

При роботі насосних станцій (НС) систем водопостачання отримала розповсюдження схема паралельної роботи насосних агрегатів на гідромережу з регульованими (РГ) та нерегульованими (НРГ) електроприводами. В цьому випадку, постає питання про вибір кількості насосних агрегатів та оптимальну оснащеність їх регульованим електроприводом. Розглянемо можливі варіанти вибору конфігурації насосної станції з різним співвідношенням регульованих та нерегульованих електроприводів (Рис. 1).

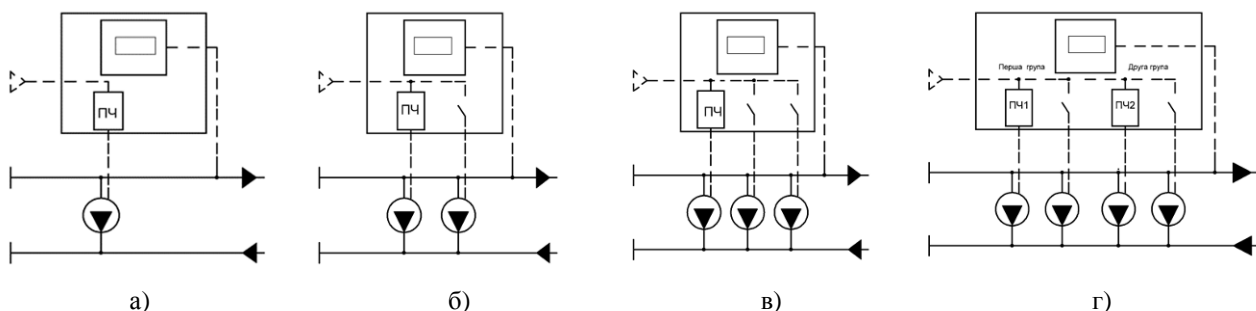


Рисунок 1 – Варіанти оснащення насосної станції різною кількістю насосів зі зміною співвідношення регульованих та нерегульованих електроприводів (РГ/ НРГ): а) 1/0; б) 1/1; в) 1/2; г) 2/2

Джерело: розроблено авторами

Перший варіант встановлення одного регульованого насоса на станції відрізняється простотою в експлуатації та обслуговуванні, меншими початковими інвестиціями. Він має стандартні переваги, які отримуються за рахунок застосування регульованого електроприводу: підвищується енергоефективність роботи насосної станції, здійснюється гнучке регулювання продуктивності та тиску без різких стрибків, дозволяє уникнути різких включень і зупинок насоса, що знижує гідравлічні удари і зменшує знос трубопроводів та фітінгів, знижується рівень шуму та вібрації [1]. Ці переваги подовжують термін служби всієї системи, знижують витрати на обслуговування, збільшують економічність роботи.

Але головними недоліками такого варіанту є відсутність резервування та ризик перегріву при низьких обертах. Навіть з регульованим приводом, насос залишається єдиним джерелом продуктивності на станції. У разі його виходу з ладу система повністю зупиниться, що створює ризик простоїв. Це може викликати незручності і потребує ретельного планування.

Хоча частотний перетворювач дозволяє змінювати швидкість обертання, існують обмеження на мінімальну та максимальну швидкість роботи насоса через ризик кавітації, перегріву або втрати продуктивності. Це означає, що насос не зможе працювати ефективно за межами свого оптимального діапазону. При певних частотах обертання можуть виникати

вібрації, які збільшують знос і можуть привести до механічних пошкоджень. Тому, потрібно враховувати діапазон регулювання насосу, який залежить від статичної складової напору [2].

Окремо працюючий регульований насос являється ефективним рішенням для системи водопостачання зі змінними потребами, де важливі гнучкість та енергоефективність. Але відсутність резервування і необхідність ретельного технічного контролю є значними недоліками. Така конфігурація НС підходить для систем, де прийнятний ризик простоїв та насос може працювати в своєму оптимальному діапазоні. Для систем водопостачання, які потребують безперервної роботи, рекомендується встановлювати резервний насос або розглядати використання декількох насосів.

У другому та третьому варіантах регульованим електроприводом оснащується тільки один з насосів. Такий варіант дозволяє досягти балансу між гнучкістю, енергоефективністю та економічністю. Регульований насос налаштовує свою продуктивність, відповідно до змін попиту в гідромережі. Це дозволяє максимально використовувати переваги енергоефективного управління, знижуючи енерговитрати. У періоди низького навантаження працює тільки регульований насос на низьких обертах, що мінімізує енерговитрати. Нерегульовані насоси автоматично підключаються при збільшенні продуктивності. Такий підхід дозволяє уникати постійної роботи всіх насосів на максимальній потужності та частоті комутації нерегульованих насосів, що забезпечує стабільність роботи всієї системи.

Але в роботі такої системи є ряд недоліків. Насамперед, це нерівномірний розподіл навантаження. У такій схемі присутні енергетичні втрати, які пов'язані з перерозподілом потужності між працюючими з різною продуктивністю насосами. Це призводить до того, що навантаження може нерівномірно розподілятися між насосами, що викликає прискорений знос нерегульованого насоса. Крім того, ускладнюється процес автоматизації, оскільки потрібно правильно налаштувати алгоритм вмикання і вимикання нерегульованого насоса залежно від поточних потреб. Паралельна робота насосів з різними режимами продуктивності викликає гідравлічні коливання у системі, якщо насоси не синхронізовані. Це може призводити до нестабільності потоку, стрибків тиску та виникнення явища кавітації в нерегульованому насосі при невеликих навантаженнях.

При сумісній паралельній роботі насосів помітно знижується діапазон регулювання регульованого насосу, значно обмежуючи регулювання швидкості обертання вниз від номінальної [2].

Незважаючи на ці недоліки, схема з одним регульованим і одним або декількома нерегульованими насосами часто використовується через її відносно невисоку вартість та можливість адаптації до змінних навантажень.

Четвертий варіант підключення насосів, що складається з двох регульованих та двох нерегульованих електроприводів дозволяє збільшити гнучкість і надійність роботи системи, дозволяє плавно регулювати продуктивність у широкому діапазоні навантажень. Це надає можливість забезпечити стабільний тиск і точний контроль витрати в умовах змінного навантаження. На малих і середніх навантаженнях можуть працювати тільки регульовані насоси, що дозволяє знизити енерговитрати за рахунок регулювання швидкості обертання. Це особливо корисно для систем, де значний обсяг часу займають періоди з відносно низьким споживанням.

Така схема має більшу надійність за рахунок резервування. Завдяки двом регульованим насосам, які можуть стабільно підтримувати потрібний тиск при змінних навантаженнях, нерегульовані насоси підключаються рідше, що зменшує їхній знос і знижує потребу в технічному обслуговуванні.

До недоліків такої системи слід віднести вищі капітальні витрати та більш складне налаштування автоматизованої системи управління, підвищену потребу у моніторингу та обслуговуванні.

Конфігурація з двома регульованими та двома нерегульованими насосами є ефективною для великих систем, де потрібна висока гнучкість і стабільність при значних перепадах навантаження. Вона дозволяє забезпечити баланс між енергоефективністю та

надійністю, хоча й вимагає грамотного підходу до автоматизації та додаткових інвестицій в управління та обслуговування.

Розібравши основні варіанти підключення насосів, можливо зробити загальний висновок, який свідчить, що вибір оптимальної кількості насосів з регульованим/нерегульованим приводом залежить від аналізу потреб мережі, характеристик обладнання та бюджету.

Для прикладу були проведені техніко-економічні розрахунки різних комбінацій насосних агрегатів для насосної станції з максимальною продуктивністю 320 м³/год. Графік зміни продуктивності насосної станції протягом доби наведено на рис. 2.

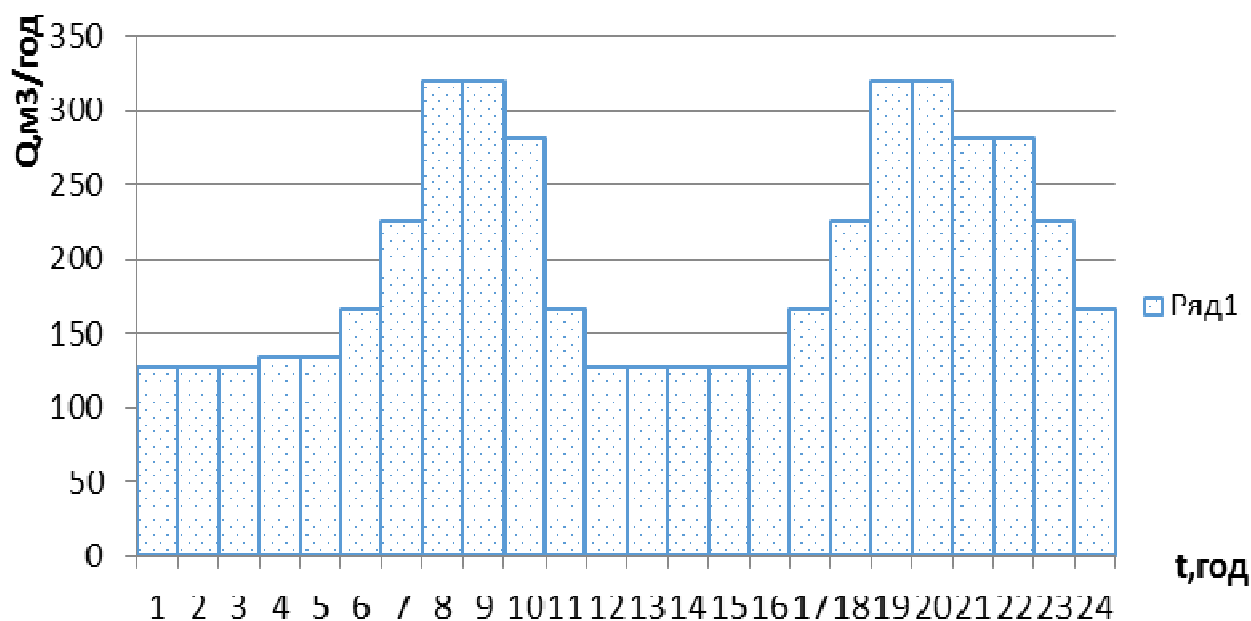


Рисунок 2 – Добовий графік зміни продуктивності насосної станції

Джерело: розроблено авторами

В залежності від варіанту конфігурації НС були вибрані насоси компанії DAB марки KDN–150–400/390 з двигунами відповідної потужності: 75 кВт, 37 кВт, 30 кВт та 22 кВт [3].

Проведені розрахунки показали доцільність застосування четвертого варіанту конфігурації НС з двома регульованими насосами. Збільшення вартості устаткування, яке обумовлено використанням другого перетворювача частоти, окупається за рахунок додаткової економії електроенергії.

Список літератури

1. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств: навч. посіб. / [О.І. Соловей, В.П. Розен, П.Г. Плешков, С.В. Серебренніков, В.Ф. Ткаченко, К.Г. Петрова]; М-во освіти і науки України, Кіров. нац. техн. ун-т. – Черкаси: видавець Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.
2. Коренькова Т.В. Режими роботи насосних та вентиляторних установок із автоматизованим електроприводом: навч. посібник / Т.В. Коренькова, О.О. Сердюк, В.Г. Ковальчук. – Кременчук: Видавництво ПП Щербатих О.В., 2014. – 200 с.
3. nkm-g-nkr-g. [Електронний ресурс].– Режим доступу: www.promnasos.com.ua

УДК 621.316.1

Василь Зінзура, доц., канд. техн. наук, **Ірина Пташник**, здобувачка гр. ЕЕ-24М
Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький
e-mail: vasilizinzura@gmail.com

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРИСТРОЄМ РПН СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ЗІ СХЕМОЮ З'ЄДНАННЯ ОБМОТОК «ТРИКУТНИК/ЗІРКА З НУЛЕМ»

Для сучасних систем електропостачання важливим є питання зниження рівнів показників якості електричної енергії (ПЯЕ), що характеризують відхилення та несиметрію напруг. Задача розробки нових методів та засобів зниження рівня цих ПЯЕ які, з одного боку, були б досить ефективними, а з іншого – не вимагали б значних капіталовкладень є досить актуальною. Одним із шляхів вирішення даної задачі є удосконалення систем автоматичного керування (САК) пристроєм регулювання напруги під навантаженням (РПН) силових трансформаторів.

Задача удосконалення САК пристроєм РПН силового трансформатора з метою одночасного зменшення рівнів відхилення та несиметрії напруг розглядалась в [1-3]. У роботі [3] запропоновано математичну модель керування безконтактним пристроєм РПН силового трансформатора зі схемою з'єднання обмоток «трикутник/зірка з нулем» на основі математичного апарату багатокритеріальної оптимізації. У роботі [2] запропоновано метод розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації регулювання напруги. Проте, для визначення ефективності даного методу розв'язку необхідно на основі запропонованої в [3] математичної моделі управління розробити структурну схему САК пристроєм РПН та дослідити якість її роботи.

Метою даної роботи є розробка та дослідження роботи САК пристроєм РПН силового трансформатора зі схемою з'єднання обмоток «трикутник/зірка з нулем», в основу роботи якої покладено математичний апарат багатокритеріальної оптимізації.

Задачу багатокритеріальної оптимізації керування безконтактним пристроєм РПН силового трансформатора зі схемою з'єднання обмоток «трикутник/зірка з нулем» можна сформулювати наступним чином:

$$\left\{ \begin{array}{l} |\Delta U_1(\mathbf{K})| = |U_1(\mathbf{K}) - U_{\text{ном}}| \rightarrow \min; \\ U_2(\mathbf{K}) \rightarrow \min; \\ U_0(\mathbf{K}) \rightarrow \min; \\ |\Delta U_{\phi_i}(\mathbf{K})| \rightarrow \min; \\ \mathbf{K} \in \Omega, \end{array} \right. \quad (1)$$

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

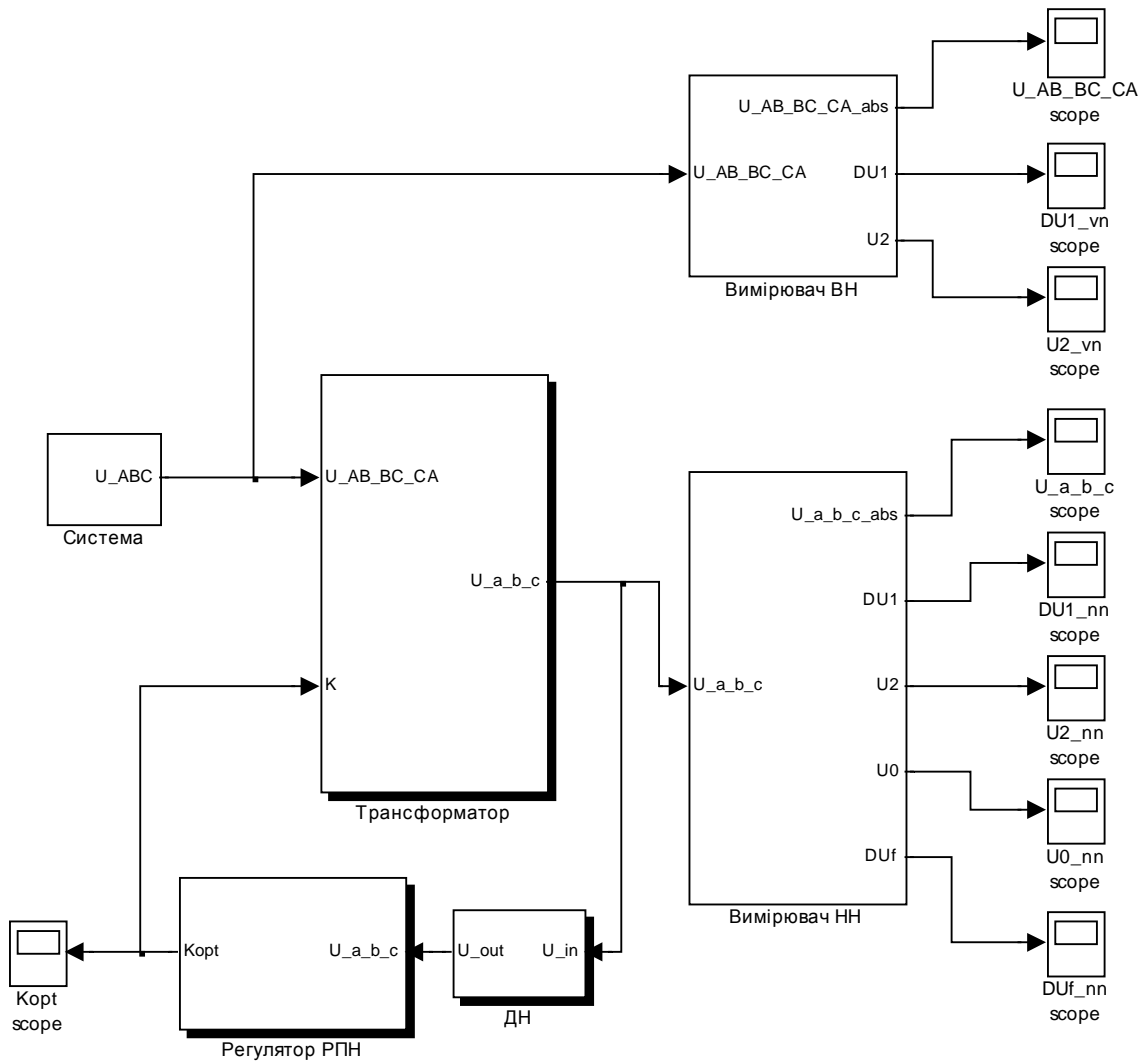


Рисунок 1 – Модель САК пристроєм РПН силового трансформатора зі схемою з'єднання обмоток «трикутник/зірка з нулем» для Matlab Simulink

Джерело: розроблено авторами

Для визначення ефекту від застосування розв'язку задачі керування (1) було проведено моделювання роботи розробленої та базової САК (рис. 2).

Як видно з результатів моделювання та подальшої статистичної обробки ПЯЕ, вихідний режим (напряга на стороні ВН силового трансформатора), як і в попередньому випадку, характеризується значними відхиленнями від гранично допустимих значень ПЯЕ, як по ΔU_1 ($P(\Delta U_1 \leq 5\%) = 0,13$) так і по K_{2U} ($P(K_{2U} \leq 2\%) = 0,66$). При застосуванні базової моделі спостерігається зниження лише рівня ΔU_1 на стороні НН ($P(\Delta U_1 \leq 5\%) = 1$), проте, рівні K_{2U} на стороні НН залишаються далеко за межами гранично допустимих значень ($P(K_{2U} \leq 2\%) = 0,66$). Результати моделювання запропонованої в роботі моделі САК показують, що при її застосуванні спостерігається одночасне зниження рівнів ΔU_1 ($P(\Delta U_1 \leq 5\%) = 0,13$) і K_{2U} ($P(K_{2U} \leq 2\%) = 1$) на стороні НН силового трансформатора. Значення відхилень фазних напруг ΔU_a , ΔU_b , ΔU_c як при застосуванні базової моделі так і при застосуванні запропонованої в роботі не перевищують нормально допустимі.

Також, при застосуванні запропонованої САК спостерігається покращення значення K_{0U} ($P(K_{0U} \leq 2\%) = 0,99$) в порівнянні з базовою моделлю ($P(K_{0U} \leq 2\%) = 0,98$). З цього можна зробити висновок про ефективність запропонованої САУ в порівнянні з базовою.

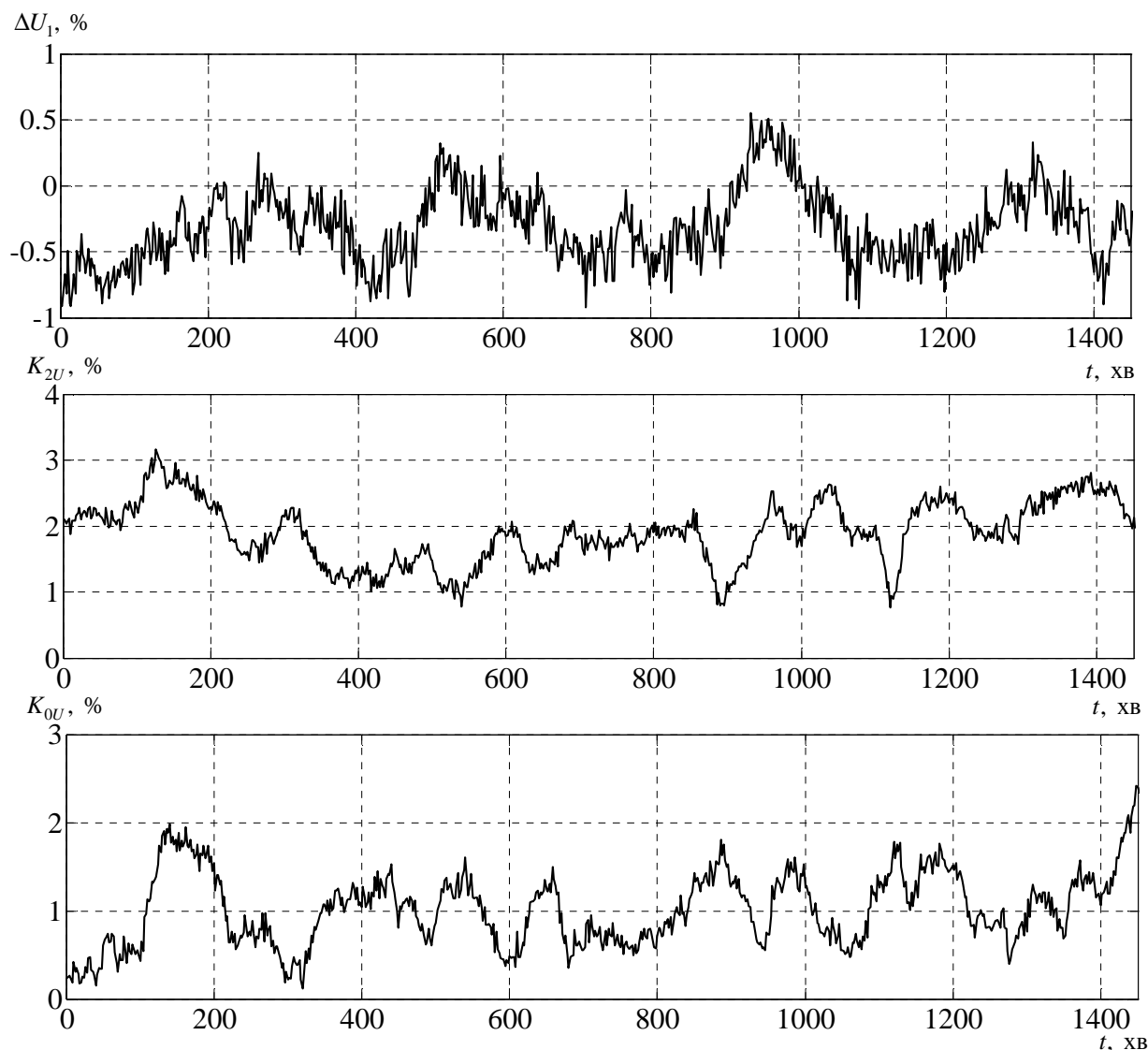


Рисунок 2 – Графіки зміни ΔU_1 , K_{2U} та K_{0U} на стороні НН силового трансформатора (розроблена САК)

Джерело: розроблено авторами

Список літератури

1. Плешков П. Г. Теоретичні засади оптимального керування пристроєм РПН силового трансформатора за векторним критерієм / П. Г. Плешков, В. В. Зінзура, М. В. Кубкін // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. / Вип. 24, ч. 2. – Кіровоград: КНТУ, 2011. – С. 164-173.
2. Зінзура В.В. Методи розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації регулювання напруги в електричних мережах. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. / – Вип. 25.Ч.1 – Кіровоград: КНТУ, 2012. С. 350-360.
3. Зінзура В.В. Задача багатокритеріальної оптимізації регулювання напруги в електричній мережі з глухозаземленою нейтраллю. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. - Вип. 25.Ч.2 – Кіровоград: КНТУ, 2012. С. 227-234.

УДК 621.316.13

Василь Зінзура, доц., канд. техн. наук, Віталій Войтенко, здобувач гр. ЕЕ-23М,
Сергій Галушка, здобувач гр. ЕЕ-23М, Ігор Лагно, здобувач гр. ЕЕ-23М
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: vasilizinzura@gmail.com

АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ РЕЖИМУ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ В УМОВАХ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ

Характерною рисою сьогодення є значна актуальність питання підвищення ефективності роботи розподільних електричних мереж (РЕМ). Як відомо, основною причиною зниження ефективності роботи РЕМ є значний рівень втрат потужності в її елементах [1]. Це стосується, насамперед, РЕМ номінальною напругою до 1 кВ, значення втрат електроенергії в яких є досить високим [2]. Однією з основних причин підвищення рівня втрат електроенергії в РЕМ є понаднормові значення показників якості електроенергії (ПЯЕ) на затискачах електроприймачів в точці їх приєднання [3]. В РЕМ номінальною напругою до 1 кВ досить поширеною є ситуація, коли рівні усталеного відхилення та коефіцієнти несиметрії напруг не задовольняють діючим нормативним вимогам.

Одним із найбільш розповсюджених та ефективних способів зниження втрат електроенергії та симетрування напруг в низьковольтних РЕМ є використання симетрокомпенсуючих пристроїв (СКП). Проте, зважаючи на комплексний вплив СКП як на споживання реактивної потужності та несиметрію, так і на значення відхилення напруг, може виникнути ситуація, коли при підключенні СКП до мережі значення усталеного відхилення фазних та лінійних напруг будуть виходити за межі нормально допустимих. Очевидно, що в такому випадку ефективність роботи РЕМ погіршується через зростання збитків від неякісної електроенергії. Одним із шляхів вирішення даної проблеми є удосконалення систем автоматичного керування (САК) СКП з метою врахування їх впливу на рівні відхилення напруг в електричних мережах.

На рис. 1. наведена узагальнена структурна схема САК параметрами режиму РЕМ, що містить СКП з автоматичною пофазною зміною реактивних опорів регулюючих секцій СКП.

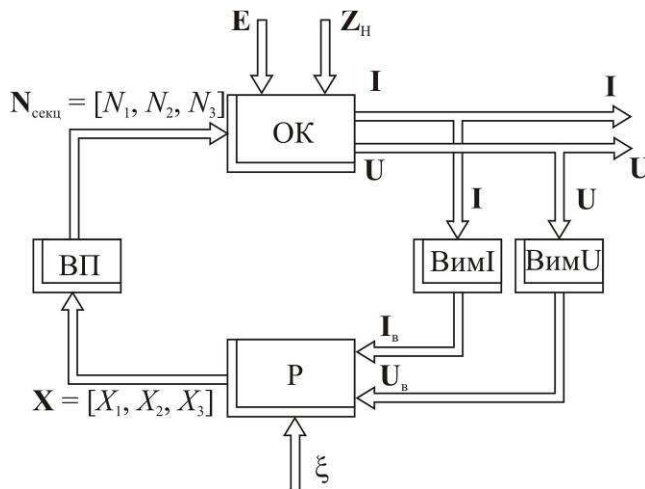


Рисунок 1 – Структурна схема САК параметрами режиму РЕМ з СКП

Джерело: розроблено авторами

Задачу зниження споживання реактивної потужності, значень відхилення напруг та коефіцієнтів несиметрії напруг за рахунок використання СКП найбільш доцільно інтерпретувати у вигляді задачі векторної оптимізації. Для РЕМ номінальною напругою до 1 кВ, що містять СКП, регульовальні секції якого з'єднанні за схемою «зірки» постановка задачі автоматичного керування їх режимом має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \operatorname{tg} \varphi(\mathbf{X}) = \frac{Q_c(\mathbf{X})}{P_c(\mathbf{X})} \rightarrow \min; \\ \Delta U_1(\mathbf{X}) = \left| \frac{U_1(\mathbf{X}) - U_{\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}}} \right| \cdot 100 \rightarrow \min; \\ k_{2U}(\mathbf{X}) = \frac{U_2(\mathbf{X})}{U_{\text{НОМ}}} \cdot 100 \rightarrow \min; \\ k_{0U}(\mathbf{X}) = \frac{U_0(\mathbf{X})}{U_{\text{НОМ}}} \cdot 100 \rightarrow \min; \\ \Delta U_{\varphi i}(\mathbf{X}) = \left| \frac{U_{\varphi i}(\mathbf{X}) - U_{\text{НОМ},\varphi}}{U_{\text{НОМ},\varphi}} \right| \cdot 100 \rightarrow \min; \\ \mathbf{X} \in \Omega, \end{array} \right. \quad (1)$$

Дослідження запропонованого методу автоматичного керування параметрами режиму електричних мереж, що базується на розв'язках задачі (1) було проведено шляхом комп'ютерного моделювання. Для цього на основі вищеприписаної структурної схеми САК було розроблено комп'ютерну імітаційну модель в середовищі Matlab/Simulink (рис. 2).

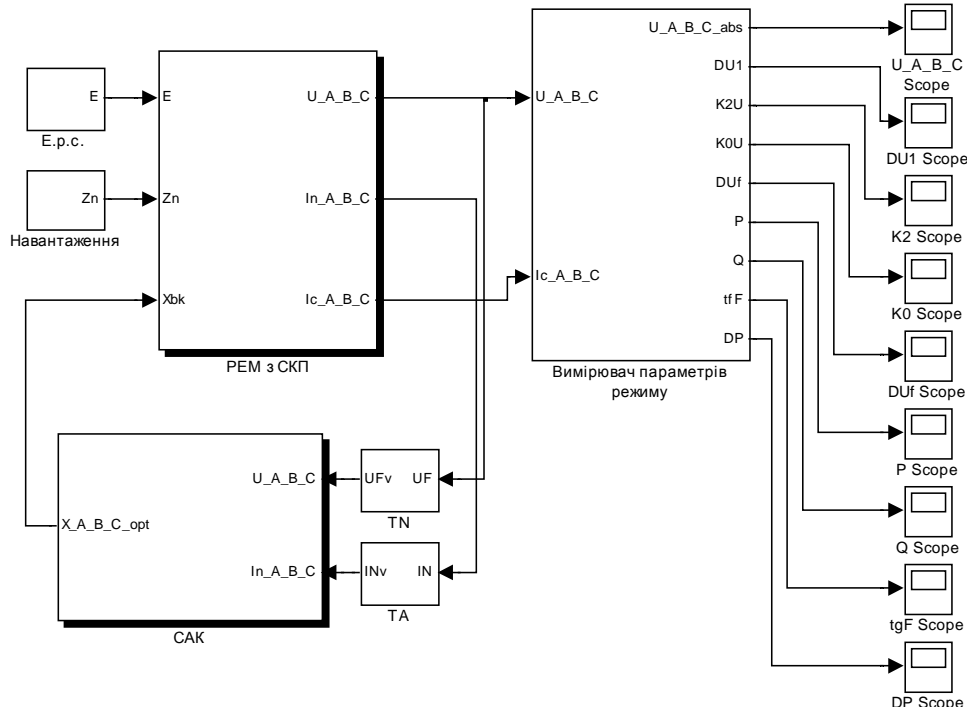


Рисунок 2 – Модель САК режимами РЕМ з СКП в середовищі Matlab Simulink

Джерело: розроблено авторами

Результати порівняльного комп'ютерного моделювання для випадку розробленої і базової САК параметрами режиму наведені на рис. 3 – 4.

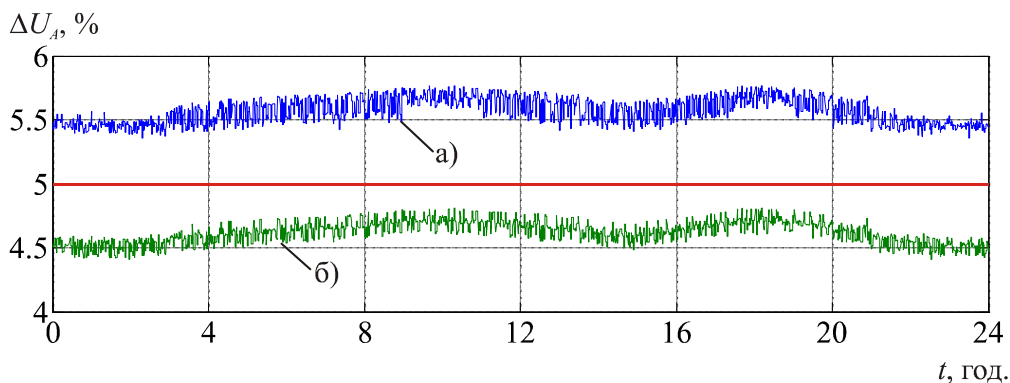


Рисунок 3 – Графіки зміни ΔU_A

Джерело: розроблено авторами

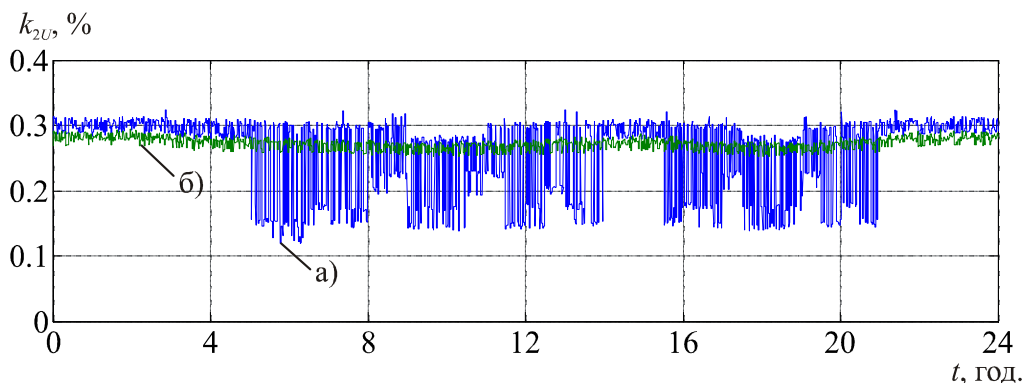


Рисунок 4 – . Графіки зміни k_{2U} :

Джерело: розроблено авторами

Як видно з результатів досліджень, при застосуванні базової моделі САК спостерігаються значення усталеного відхилення трифазної напруги ΔU_1 , що не задовольняють вимогам ГОСТ 13109-97 відносно даного ПЯЕ ($P(\Delta U_1 \leq 5\%) = 0$). Аналогічні результати спостерігаються і для фазних напруг, а саме у фазах А ($P(\Delta U_A < 5\%) = 0$) і В ($P(\Delta U_B < 5\%) = 0$). При застосуванні ж розробленої в роботі САК рівні відхилення трифазної напруги ΔU_1 та напруг в фаз А, В задовольняють нормативним вимогам стосовно цих ПЯЄ

Незважаючи на той факт, що, при застосуванні розробленої моделі САК спостерігається дещо більше значення коефіцієнту реактивної потужності, ніж у випадку базової моделі САК ($M(\text{tg}\phi_p) = 0,46 > M(\text{tg}\phi_b) = 0,121$) (і, як наслідок, дещо більші значення втрат активної енергії ($\Delta W_{\text{доб. розр}} = 345,1 \text{ кВт}\cdot\text{год.} > \Delta W_{\text{доб. баз}} = 295,5 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$), можна зробити висновок про більшу ефективність запропонованої САК в порівнянні з базовою за рахунок встановлення таких керуючих впливів, за яких зазначені ПЯЄ повністю відповідають нормативним вимогам.

Список літератури

1. Буславець О.А. Вплив транзитних перетоків потужності на втрати електроенергії в електричних мережах / О.А. Буславець, О.Б. Бурикін, П.Д. Лежнюк // Технічна електродинаміка. – Київ: Інститут електродинаміки НАН України – 2016. – № 4 – С. 71–73.
2. Аналіз технічних заходів зі зменшення втрат електроенергії у сільських мережах 0,4 кВ / Сотнік О. В. // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки.– Харків: ХНТУСГ. – 2016. - №175 – С. 151-152
3. Попова О.І. Аналіз впливу несиметричних навантажень на режими роботи трифазного асинхронного електродвигуна /І.О. Попова, Д.М. Нестерчук, В.С. Попядухін // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки.– Харків: ХНТУСГ. – 2017. - №13 – С. 85-87.

УДК 536.24:621.56

Василь Клименко¹, проф., д.-р. техн. наук, **Віктор Мартиненко**², наук. співр.,
Віталій Піцик¹, здобувач гр. ЕНМ-23М

¹ *Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький*
e-mail: klymvas@ukr.net

² *ТОВ НВП "Радікс", м. Кропивницький*
e-mail: martynenko-vitya@ukr.net

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ БІОГАЗУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В КОГЕНЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВКАХ

З огляду на глобальну тенденцію до використання відновлюваних джерел енергії, біогаз є одним із ключових ресурсів для зниження залежності від викопного палива. Однак для ефективного використання біогазу в когенераційних установках необхідна його очистка від домішок, таких як вуглекислота (CO_2), сірководень (H_2S), волога та інші шкідливі компоненти. Покращення системи очистки біогазу може значно підвищити продуктивність і довговічність когенераційного обладнання [1].

Метою роботи є розробка модернізованої системи очистки біогазу на основі газогідратної технології для підвищення його якості та ефективності використання в когенераційних установках. Особлива увага приділяється зниженню концентрації домішок, підвищенню теплотворної здатності біогазу та підвищенню продуктивності когенераційного обладнання.

Задачами роботи є:

- аналіз сучасних технологій очистки біогазу і визначення їхніх переваг та недоліків;
- розробка модернізованої системи очистки біогазу, заснованої на газогідратній технології;
- оцінка економічної доцільності впровадження модернізованої системи.

В основі запропонованої технології очистки біогазу є застосування газових гідратів – твердої кристалічної фази, що утворюється при контакті газових молекул (CH_4 , CO_2 , H_2S) з водою під певним тиском і температурою (рис.1) [2]. У результаті утворення газогідратів відбувається перерозподіл компонентів: у газовій суміші зростає концентрація компонента, рівноважний тиск гідратоутворення якого при даній температурі вищий (або який взагалі не утворює газогідрати), а в газогідратах збільшується частка компонента, рівноважний тиск гідратоутворення якого при цій температурі нижчий. Метод поділу компонентів газової суміші за допомогою газових гідратів можна назвати газогідратним фракціонуванням.

Переваги газогідратної технології[3]:

- Висока ефективність очистки: видалення більшості шкідливих домішок і вологи до 95–99%.
- Енергоефективність: процес утворення газових гідратів потребує менших енергетичних витрат у порівнянні з іншими методами очистки, такими як мембранна чи хімічна фільтрація.
- Екологічність: відсутність використання хімічних реагентів робить цей метод більш екологічно безпечним.

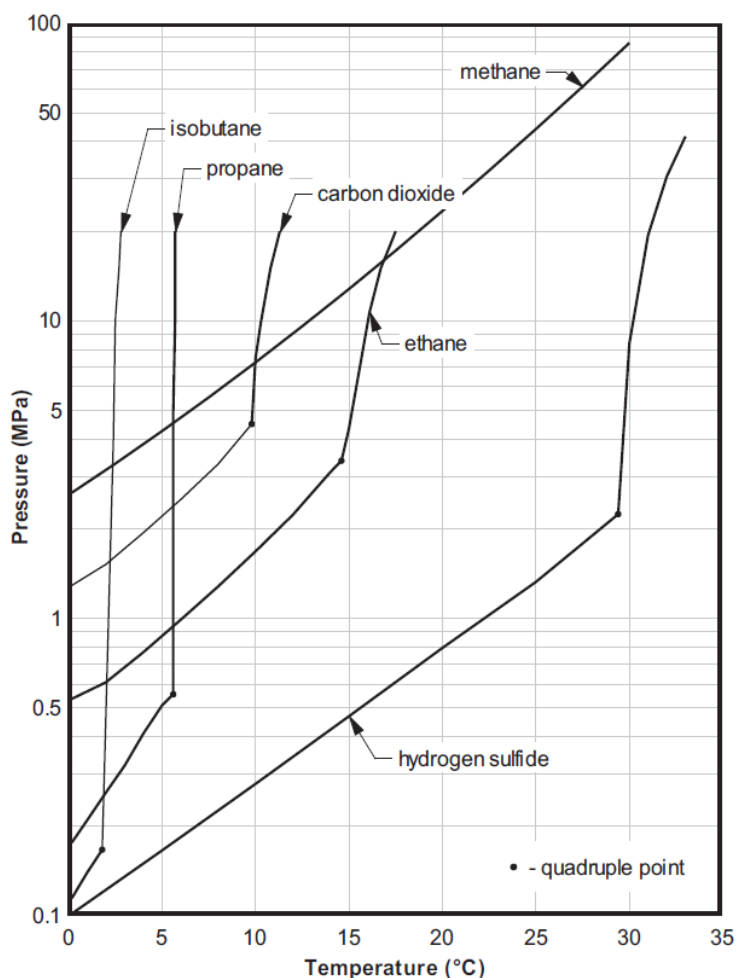


Рисунок 1 – Залежність тиску від температури для рівноважної термодинамічної системи «гідратоутворюючий агент-вода- газогідрат» відповідно для: CH_4 , CO_2 і H_2S

Джерело [2]

Аналіз показав, що після очистки біогазу за допомогою газогідратної технології, вміст метану (CH_4) зріс до 95-98%. Водночас концентрація CO_2 знизилась до рівня нижче 2-5%, а H_2S був повністю видалений. Це дозволило підвищити ефективність використання біогазу в когенераційних установках на 15-20%.

Розрахунки показали, що впровадження газогідратної технології може знизити експлуатаційні витрати на очистку біогазу на 15-20% порівняно з іншими методами. Окупність системи може бути досягнута протягом 3–4 років за умови постійної експлуатації на об'єктах із середньою потужністю.

Газогідратна технологія є перспективним напрямом для модернізації систем очистки біогазу. Вона забезпечує високий рівень очистки, знижує експлуатаційні витрати та підвищує ефективність когенераційних установок. Дослідження підтвердили можливість широкого застосування цієї технології на промислових біогазових станціях для отримання біометану.

Список літератури

1. Перспективи розвитку ринку біомаси в ЄС і Україні. Вплив використання біомаси на зміну клімату. <https://uspp.ua/assets/doc/uspp-biomass.pdf>
2. John Carroll. Natural Gas Hydrates A Guide for Engineers: 4th Edition – 2020 – 377 p.
3. Клименко В.В. Науково-технічні основи газогідратної технології (термодинаміка та кінетика процесів, схемні рішення): автореф. дис. докт. техн. наук: 05.14.06. – К., 2012 – 40 с.

УДК 621.316.1.05

Ігор Переверзєв, доц., канд. техн. наук, **Тетяна Величко**, ст. викладач,
Марія Улановська, здобувачка гр. ЕЕ-23М
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: igor_pereverzev@ukr.net

НЕОДНОРІДНА ЗАМКНЕНА ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ЇЇ РЕЖИМІВ

Однією з основних причин неоптимальної енергосистеми (ЕЕС) і пов'язаних з нею додаткових втрат електроенергії є неоднорідність її параметрів. Неоднорідність в ЕЕС також спричиняє інші негативні явища, такі як зниження якості електроенергії, додаткове навантаження на лінії електропередачі (ЛЕП) та зниження загальної пропускної здатності системи. Оскільки неоднорідність є конструктивним параметром ЕЕС, вона негативно впливає на режим під час роботи системи. Зменшення ступеня неоднорідності в ЕЕС досягається впровадженням поздовжніх компенсаційних установок (УПК), реакторів або зміною конструкції ЛЕП, але це потребує значних капітальних витрат. Зменшити додаткову потужність і електричні втрати, викликані неоднорідністю ЕЕС, можна регулюючи напругу у вузлі енергосистеми або вводячи в ланцюг компенсуючу ЕРС. У таких задачах керуючою змінною є контурна ЕРС, яку необхідно вводити шляхом зміни коефіцієнта трансформації трансформатора для досягнення оптимального розподілу струму.

Досліджувалися схеми неоднорідних замкнутих мереж 150 кВ з різним ступенем неоднорідності. Задача оптимізації формулюється як задача нелінійного програмування з обмеженнями рівності. Проведено цілеспрямований пошук оптимальних коефіцієнтів трансформації автотрансформаторів зв'язку для двох замкнутих неоднорідних мереж 330/150 кВ. Схема неоднорідної замкнутої мережі включає дві лінії (Л1-330 кВ, Л2-150 кВ) і дві підстанції 330/150 кВ з автотрансформаторами зв'язку АТ1 і АТ2. Навантаження було задано на шинах підстанції 2. Для неоднорідної замкнутої електромережі визначено оптимальний коефіцієнт трансформації автотрансформаторів та умови розмикання контуру на шинах підстанції 2 для зменшення втрат активної потужності в мережі. Оптимізаційні розрахунки проводилися при номінальних коефіцієнтах трансформації автотрансформаторів зв'язку АТ1 та АТ2 при $K_{т,ном}=2,089$, на початку режиму втрати активної потужності дорівнювали 17,262 МВт. Цілеспрямованою зміною коефіцієнтів трансформації автотрансформаторів зв'язку знизилися втрати активної потужності. Для замкнутої мережі при допустимих напругах мінімум втрат активної потужності $\Delta P=13,282$ МВт отримано при $K_{тАТ1}=2,22$ та $K_{тАТ2}=2,089$. За рахунок зміни коефіцієнта трансформації автотрансформатора зниження втрат складає $\Delta \Delta P=3,98$ МВт.

Наведений аналіз режимів розімкненої схеми цієї мережі. При врівноважених коефіцієнтах трансформації $K_{тАТ1}=2,089$ та $K_{тАТ2}=2,089$ втрати потужності становлять $\Delta P=9,037$ МВт. Для розімкненої схеми втрати активної потужності $\Delta P=7,376$ МВт мінімальні. Розімкнення мережі та оптимізація коефіцієнтів трансформації зменшили втрати потужності на $\Delta P=9,89$ МВт.

Список літератури

1. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи. Підручник / Третє видання, доповнене та перероблене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. - 540 с.
2. Сулейманов В.М., Кацадзе Т.Л. Електричні мережі і системи. –К.:НТУУ «КПІ», 2008. – 456 с.
3. Лежнюк П.Д., Кулик В.В. Оптимальне керування потоками потужності і напругою в неоднорідних електричних мережах: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 188 с.

УДК:621.039.56

Ігор Переверзєв, доц., канд. техн. наук, Тетяна Величко, ст. викладач,
Михайло Правий, здобувач гр. ЕЕ-23М

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: igor_pereverzev@ukr.net

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОМУТАЦІЙНИХ ПЕРЕНАПРУГ В МЕРЕЖАХ 6-10 кВ

В основу розробки математичної моделі, що описує перехідні процеси струму та напруги при відключенні двигуна від мережі 10 кВ, були враховані такі фактори, отримані експериментально:

- тривалість комутаційного імпульсу дуже мала відносно періоду промислової частоти і не перевищує значення $5 \cdot 10^{-4} \text{ C}$;
- перехідний процес струму і напруги в обмотці статора двигуна викликаний обривом струму, тобто між контактами вимикача немає дуги.

За цих умов можна зробити наступні припущення: вимикач можна вважати ідеальним; параметри обмотки двигуна будуть лінійними і не залежать від струму та напруги; ротор двигуна нерухомий під час перемикання; значення мережевої напруги на частоті 50 Гц вважається квазіпостійним значенням, рівним миттєвому значенню напруги в перший момент перемикання; міжфазна і міжвиткова ємності не враховуються (перша ігнорується через її незначність - 2,5% від ємності фаза-земля, другу тільки при двигунах малої потужності враховують).

Це дозволяє вважати комутаційну схему лінійною, а вплив гармонік можна оцінити за допомогою методу суперпозицій [1].

В цьому випадку миттєве значення перенапруги на затичках електричного двигуна визначається за такою формулою:

$$u(t) = u_1(t) + u_3(t) + u_5(t) + u_i(t) = \sum_{i=1}^n u_i(t), \quad (1)$$

де $u_i(t)$ – миттєве перенапруження, викликане відключенням струму i -ї гармоніки.

Згідно з наведеними вище припущеннями, однофазна схема заміщення обмотки статора електродвигуна має вигляд, показаний на рис. 1.

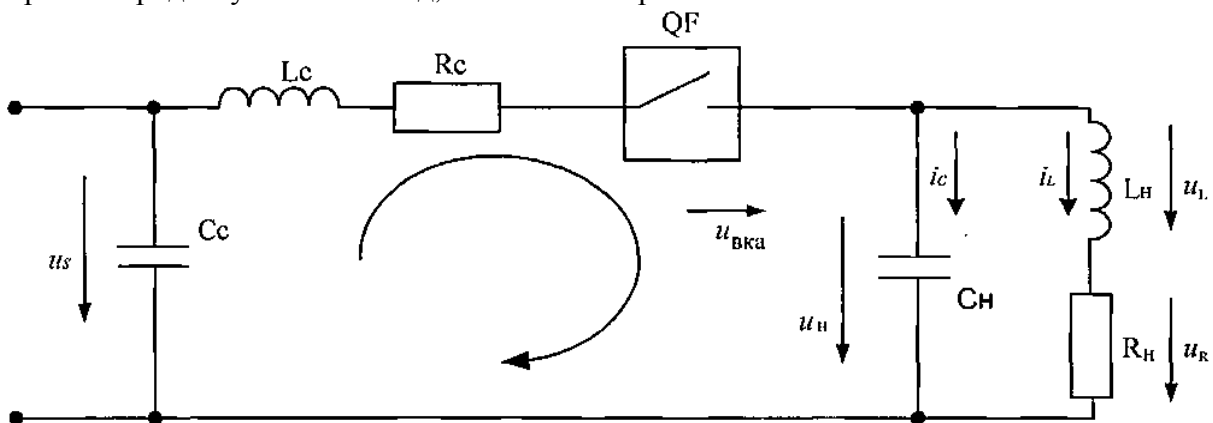


Рисунок 1 - Схема заміщення обмотки статора електричного двигуна

Позначення на рис. 1: R_n – активний опір з урахуванням втрат в сталі; L_n – розсіююча індуктивність; C_n – ємність фазної обмотки щодо корпусу двигуна.

Для цієї схеми складаємо систему рівнянь для коливальних ланцюгів $R_n L_n C_n$ для миттєвих значень струму та напруги:

$$\begin{cases} u_L + u_R - u_n = 0 \\ u_R = i_L \cdot R_n \\ u_L = L_n \cdot \left(\frac{di_L}{dt} \right), \\ i_L = -i_c \\ i_c = C_n \cdot \left(\frac{du_c}{dt} \right) \end{cases} \quad (2)$$

В результаті математичного моделювання комутаційної перенапруги отримана залежність кратності комутаційної перенапруги від значення коефіцієнта кривизни кривої синусоїдального струму при вимкненому синхронному двигуні.

Аналіз перехідних процесів показує, що зі зменшенням потужності синхронного двигуна, при однакових коефіцієнтах кривизни кривої синусоїдального струму, кратність КП зростає, і це не суперечить залежностям кратності КП на потужність двигуна, представлених в [2]. Збільшення кута комутації призводить до збільшення кратності КП та фактично не впливає на характер перехідного процесу.

Список літератури

1. Теоретичні основи електротехніки: підручник / В.С.Хілов. – Д.: Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, 433 с. 2021 рік.
2. Бржезицький В.О., Ісакова А.В., Рудаков В.В. та ін.. Техніка і електрофізика високих напруг: Навч. посібник / За ред. В.О. Бржезицького та В.М. Михайлова. – Харків: НТУ “ХП” – Торнадо, 2005. – 930с.
3. Перхач В. С. Математичні задачі електроенергетики / В. С. Перхач. — Львов. : Вища школа, 1982. — 378 с.

УДК 621.316.13

Іван Нижник¹, здобувач гр. ЕЕ-23М, Петро Плешков¹, проф., канд. техн. наук,
 Андрій Некрасов², доц., канд. техн. наук, Світлана Дубенко¹, асистент

¹Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

²Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського, м. Кременчук
 e-mail: kafedra.etsem@gmail.com

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

Щоб зменшити кількість перемикачів механізму РПН трансформатора на районній підстанції, доцільно встановити на трансформатори кінцевих підстанцій регулятори напруги, оснащені тиристорними пристроями РПН. Ці регулятори слід інтегрувати з регулятором напруги на районній підстанції в єдину дворівневу систему управління. Така система забезпечує дозвіл на перемикачів механізму РПН лише тоді, коли регулятори напруги на кінцевих підстанціях досягнуть меж свого діапазону регулювання.

На рисунку 1 представлено узагальнену комп'ютерну імітаційну модель дворівневої системи автоматичного регулювання напруги в розподільчих електричних мережах (РЕМ). Ця модель дозволяє досліджувати процеси взаємодії між регуляторами напруги районної підстанції та кінцевих підстанцій, а також оцінювати ефективність дворівневого підходу до регулювання напруги. Вона враховує динамічні режими роботи системи, обмеження діапазонів регулювання та умови, за яких виконується перемикачів пристроїв РПН.

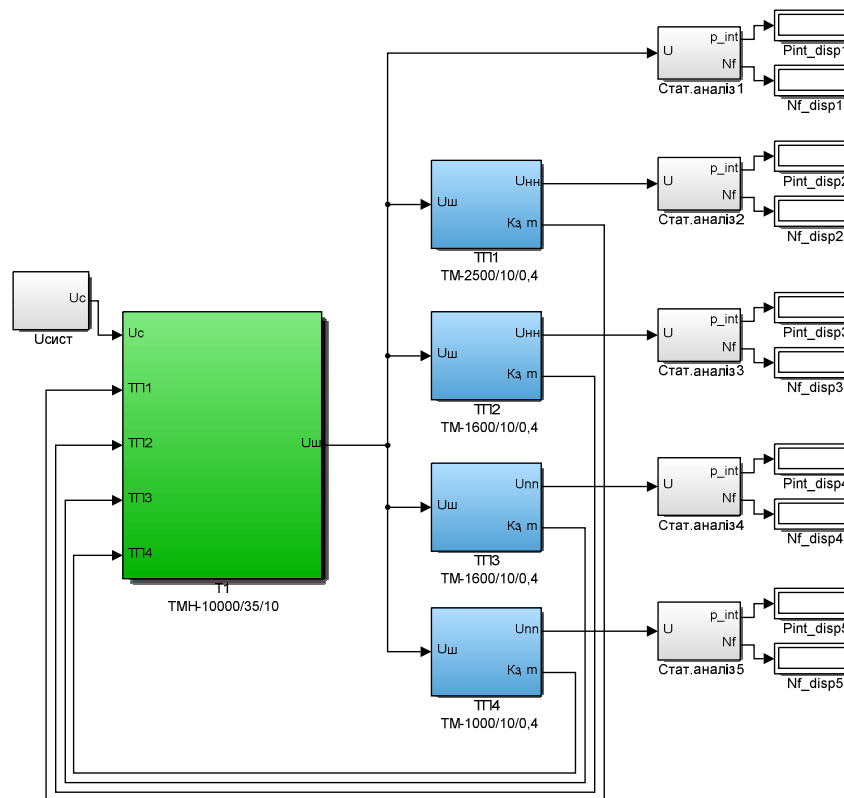


Рисунок 1 - Узагальнена комп'ютерна імітаційна модель дворівневої системи автоматичного регулювання напруги в РЕМ

Пристрій РПН описується залежністю, яка має нелінійний характер:

$$u_{ст} = \begin{cases} u_0, & \text{якщо } x < 0, \\ -u_0, & \text{якщо } x > 0, \\ 0, & \text{якщо } x = 0, \end{cases}$$

де u_0 – напруга ступені перемикання.

Результати комп'ютерного моделювання режимів роботи РЕМ для випадку розробленої та базової САК наведено на рис. 2, 3.

$U_{НН}^{ТПЗ}$, в.о.

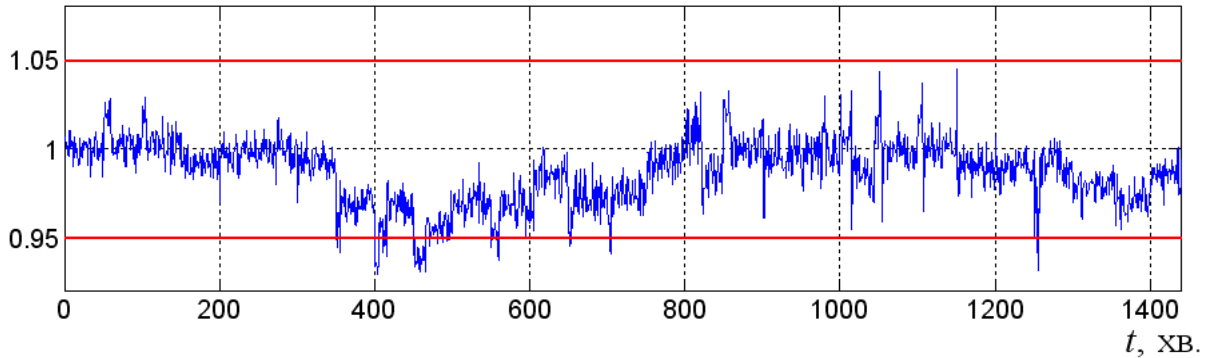


Рисунок 2 - Графік зміни напруги на стороні НН силового трансформатора ТПЗ для розробленої системи автоматичного керування

$K_T^{ТПЗ}$, в.о.

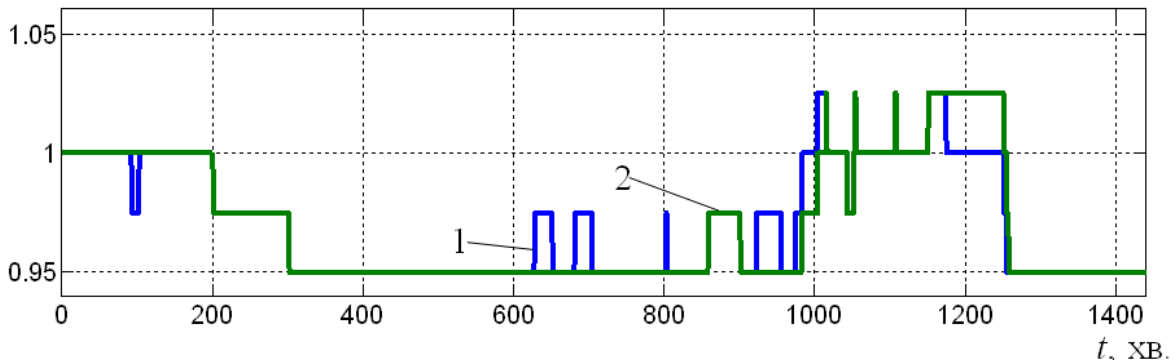


Рисунок 3 - Графік зміни коефіцієнтів трансформації силового трансформатора ТПЗ з безконтактним пристроєм РПН для базової (1) та розробленої (2) САК

Аналіз результатів моделювання показав, що як базова система автоматичного керування (САК) режимами напруги РЕМ, так і запропонована дворівнева система регулювання напруги забезпечують відповідність усталеного відхилення напруги вимогам ГОСТ 13109-97. Водночас, використання розробленої дворівневої САК дозволяє зменшити кількість спрацювань механічного пристрою РПН на 19,2 %. Це є вагомою перевагою, яка сприяє підвищенню надійності та зниженню експлуатаційних витрат.

Список літератури

1. Мокін Б.І., Грабко В.В., Львов І.Ю. До питання підвищення ефективності регулювання напруги в електричних мережах // Вісник ВПІ. – 1999. – №3. – С. 32 – 35.
2. Львов І.Ю. Підвищення якості регулювання напруги силового трансформатора // Вісник ВПІ. – 2002. – №3. – С. 62-64.
3. Грабко В.В., Львов І.Ю. До питання підвищення якості напруги в електричних мережах // Сучасні інформаційні та енергозберігаючі технології життєзабезпечення людини, випуск 6. – Київ: “ФАДА, ЛТД”. – 1999. – С.94-96.

УДК 621.316.13

Олександра Щербакова, здобувачка гр. ЕЕ-23МЗ, Петро Плешков, проф., канд. техн. наук, Світлана Дубенко, асистент

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: kafedra.etsem@gmail.com

ЕНЕРГЕТИЧНІ ПРОЦЕСИ В СИСТЕМІ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ З ТРАНЗИСТОРНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ

Несинусоїдальні режими негативно впливають на роботу електрообладнання, релейного захисту, систем автоматизації, телемеханіки та зв'язку. Вони призводять до економічних втрат через погіршення енергетичних характеристик, зниження надійності мережі та скорочення терміну експлуатації обладнання.

Миттєва потужність в умовах несинусоїдальних струмів і напруги на інтервалі повторюваності процесів визначається як сукупність складових, зумовлених впливом основної гармоніки та вищих гармонік:

$$P(t) = U(t) \cdot I(t) = \sum_{m=0}^{m-k_1} I_m \cdot \cos(\Omega_m t + \varphi_m) \times \sum_{n=0}^{n-k_2} U_n \cdot \cos(\Omega_n t + \varphi_n),$$

де U_n, I_m – амплітудні величини гармонік напруги і струму.

Компенсація реактивної потужності на місці споживання є ефективним і економічним методом підвищення пропускну здатності мережі.

Статичні тиристорні компенсатори реактивної потужності (СТК) використовуються для вирішення проблем, пов'язаних з великими коливаннями реактивної потужності в системах передачі та розподілу електричної енергії. Типова схема таких пристроїв включає батареї конденсаторів, які налаштовані для фільтрації вищих гармонік і працюють у складі фільтрокомпенсуючих кіл (ФКЛ). Вони можуть бути постійно підключені або комутовані через вимикачі. Також до схеми додаються трифазні реактори, керовані тиристорами, що утворюють тиристорно-реакторну групу (ТРГ).

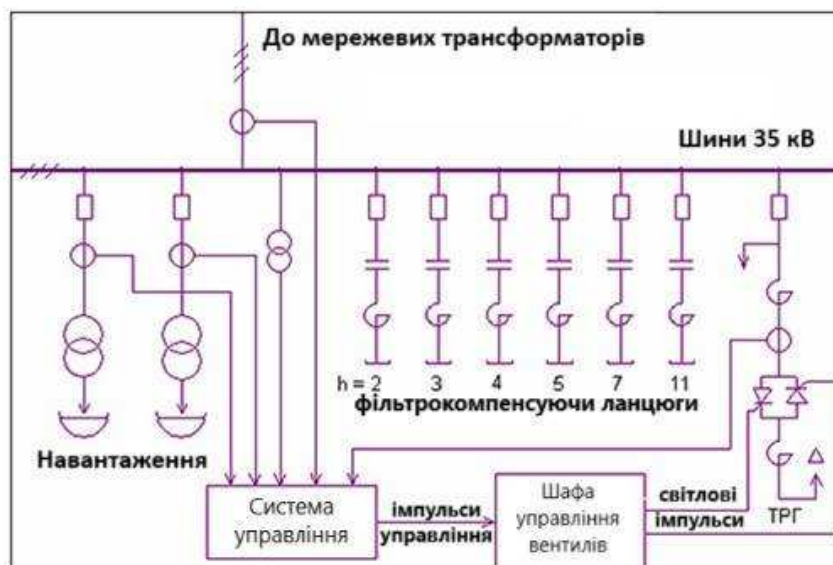


Рисунок 1 - Схема включення статичного тиристорного компенсатора реактивної потужності

Статичні тиристорні компенсуючі пристрої надають можливість регулювати компенсацію реактивної потужності в реальному часі, адаптуючи її до змін навантаження.

На основі проведеного аналізу сучасних систем та вибору структури транзисторного перетворювача, була розроблена модель системи управління в програмному середовищі Matlab/Simulink/SimPowerSystem, яка представлена на рисунку 2. До складу системи входить управляючий транзистор, який здійснює перемикання сигналів та контролює потужність, що передається через систему. Крім того, в моделі використовуються чотири діоди, що формують випрямлений струм, стабілізуючи потужність, яка надходить до компенсуючих пристроїв.

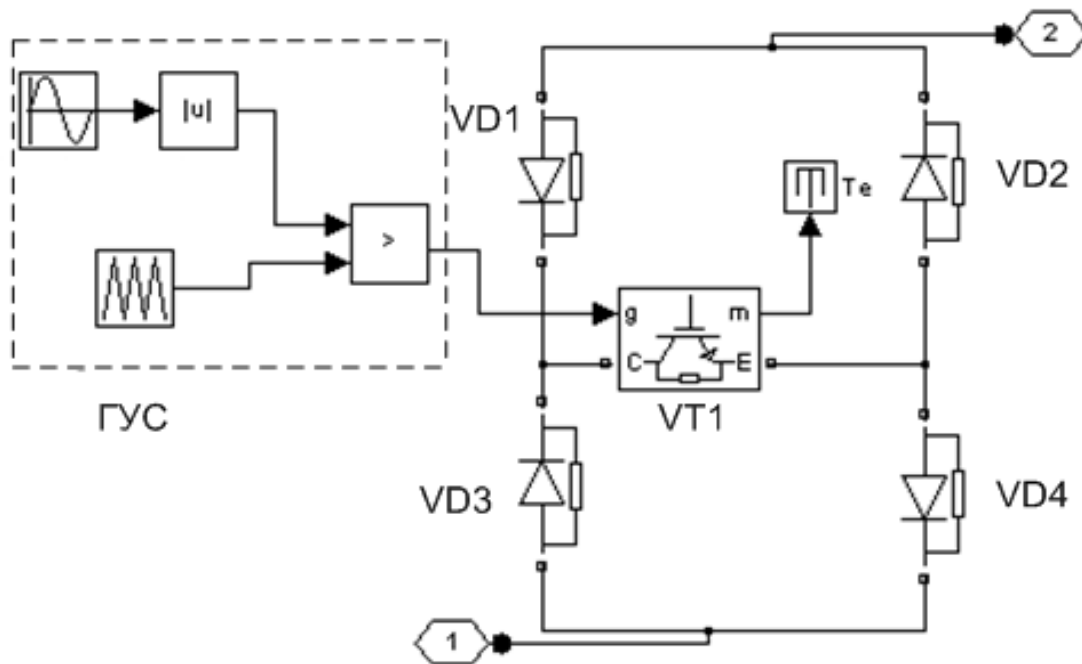


Рисунок 2 - Модель системи управління компенсатора

Ця система управління дозволяє динамічно регулювати величину ємності конденсаторних батарей і забезпечувати стабільність електричної мережі, що є важливим фактором при значних коливаннях споживання потужності на підприємстві.

Список літератури

1. Електротехнічні системи електроспоживання / [Плешков П. Г., Зінзура В. В., Гарасьова Н. Ю., Котиш А. І., Величко Т. В., Плешков С. П.]; під редакцією Заслуженого працівника освіти України, кандидата технічних наук, професора Плешкова П. Г. – М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2021.– 209 с.
2. Жежеленко І.В., Рабинович М.Л., Божко В.М., Якість електричної енергії на промислових підприємствах. – К: Техніка, 1981. – 157 с.
3. Оптимізація режимів роботи статичних тиристорних компенсаторів реактивної потужності при їх живленні напругами полігональної форми за критерієм мінімуму питомої споживаної активної потужності – Ю.В. Грицюк, М.В. Петухов, Б.С. Рогальський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 2. – с. 46, 55.

УДК 621.316.13

Григорій Криховецький, здобувач гр. ЕЕ-23МЗ, **Петро Плешков**, проф., канд. техн. наук,
Світлана Дубенко, асистент
 Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
 e-mail: kafedra.etsem@gmail.com

РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В РОЗПОДІЛЬЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИСТРОЇВ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

У розподільчих електричних мережах найчастіше використовуються трансформатори з регулюванням під навантаженням (РПН).

Одним з методів регулювання напруги під навантаженням запропоновано створення пристроїв на базі трансформаторів із переключенням без збудження (ПБЗ) шляхом встановлення потужних тиристорних ключів на регулюючі відгалуження обмоток трансформатора.

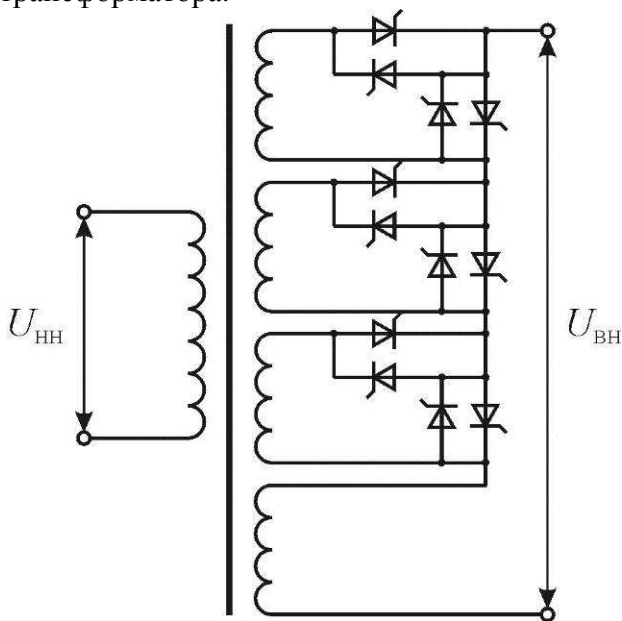


Рисунок 1 - Принципова схема тиристорного РПН дискретного типу

Силовий трансформатор із безконтактним пристроєм РПН виконує функцію багатозадачного засобу, спрямованого на покращення показників якості електроенергії. Його робота дозволяє здійснювати регулювання, яке впливає не лише на рівні сталих відхилень напруги, а й на показники її несиметрії.

Для одночасного регулювання рівнів відхилення та несиметрії напруги необхідно виконувати зміну коефіцієнтів трансформації окремо для кожної фази силового трансформатора. Це завдання реалізується за допомогою безконтактного пристрою РПН.

У цьому контексті завдання управління РПН слід формулювати як багатокритеріальну оптимізаційну задачу. На відміну від скалярної оптимізації, де оптимізується тільки один показник,

багатокритеріальний підхід дозволяє одночасно мінімізувати (або максимізувати) декілька важливих критеріїв, досягаючи більш збалансованого результату за всіма параметрами.

Рис. 2 демонструє загальну модель управління пристроєм РПН силового трансформатора.

Результати моделювання роботи системи управління пристроєм РПН показані на рис. 3. Створені комп'ютерні моделі забезпечують наявність можливості обчислення і збереження значень показників якості електроенергії. Це дозволило виконати їх статистичний аналіз та відобразити результати у вигляді графіків.

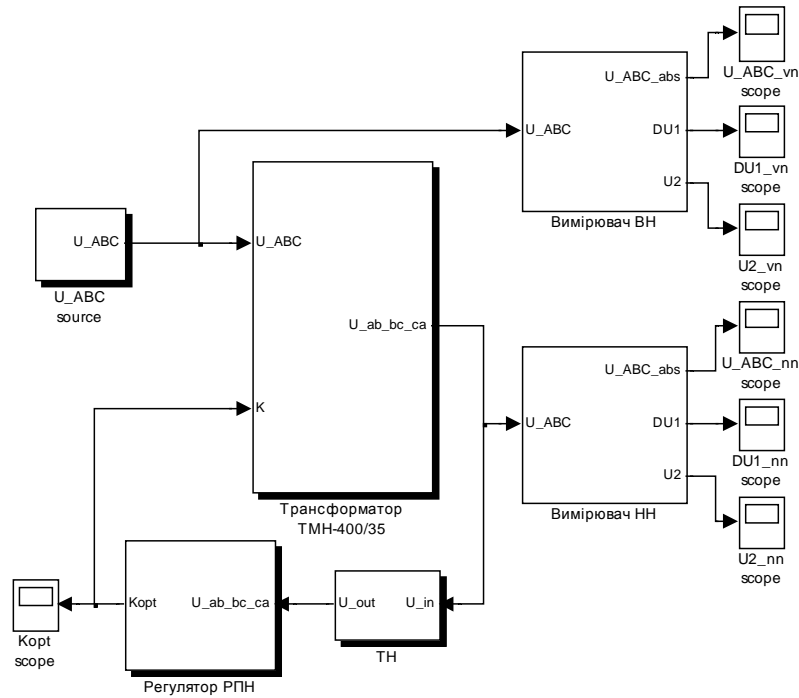


Рисунок 2 - Модель управління пристроєм РПН трансформатора для Matlab Simulink, із з'єднанням обмоток «зірка/трикутник»

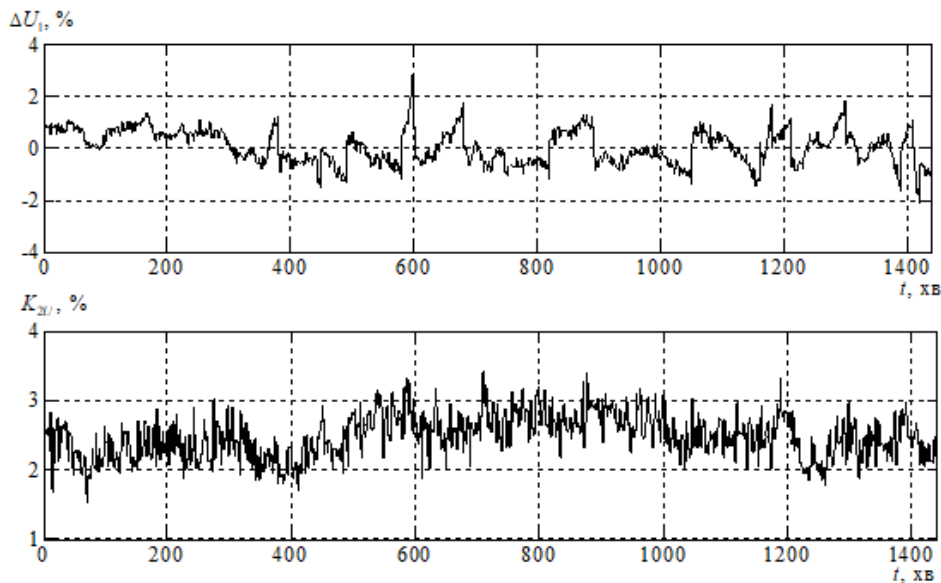


Рисунок 3 - Графіки варіювання ΔU_1 та K_{2U} на боці низької напруги трансформатора (базова система управління)

Результати моделювання запропонованої в роботі САУ свідчать, що при її застосуванні спостерігається одночасне зниження рівнів усталеного відхилення напруги і несиметрії напруг.

Список літератури

1. Грабко В. В. Моделі і засоби регулювання напруги за допомогою трансформаторів з пристроями РПН / В. В. Грабко. – Вінниця, УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 109 с.
2. Зінзура В. В. Задача багатокритеріальної оптимізації регулювання напруги в електричній мережі з глухозаземленою нейтраллю / В. В. Зінзура // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. / – Вип. 25.Ч.2 – Кіровоград: КНТУ, 2012. С. 227-234.

UDC 621.22

Ramiz Rahmankulov, Student gr. EE-23M, **Ivan Savelenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.,
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
e-mail: ivan.savelenko@gmail.com

THE IMPACT OF HYDROPOWER PLANTS ON POWER SUPPLY SYSTEMS

Ukraine's integration into the European Union's energy market is a strategic priority that involves adapting national energy policy to European standards. The EU actively promotes decarbonization policies, aiming to increase the share of renewable energy sources (RES) to 32% in the total energy balance by 2030[1], with a further goal of achieving carbon neutrality by 2050.

For Ukraine, this means the necessity of fundamental changes in the energy sector, including increasing the share of RES in the country's energy balance, which becomes particularly relevant in the context of war and economic instability.

The relevance of renewable energy development efficiency is characterized by the rates of RES implementation into Ukraine's energy system, as shown in Table 1.

Table 1 – Dynamics of RES Implementation into Ukraine's Energy System during 2018-2022

Type of RES Source	Type of RES Source					RES Share, %
	2018	2019	2020	2021	2022	
solar power station	1545	5369,5	6854,7	7586,3	7601,3	77,88
wind power station	533	1170	1314,1	1672,9	1754,5	17,98
small hydropower station	63,4	87	108,7	151,8	153,8	1,58
bio and biogas power station	139,3	199,6	209,4	242,0	250,8	2,57
Total	2281	6826	8487	9653	9760	100,00

Source: analyzed by the authors based on data from the UWEA and the National Commission for the Regulation of Energy Efficiency and Energy Efficiency

According to the European Commission, by 2025, Ukraine needs to invest over 10 billion euros in energy infrastructure, which will include the development of renewable energy sources and modernization of power grids. Among the integration tasks is improving the efficiency of energy systems through new generation energy networks (smart grids) that enable the integration of significant renewable energy volumes and reduce energy distribution costs.

In Ukraine, there is a rapid growth in small hydropower development. However, the energy consumption efficiency of small HPS is low, with their efficiency coefficient (efficiency factor) typically not exceeding 50-60%. This is due to design flaws, inaccurate calculations of technological processes, and hydroturbine equipment's incompatibility with specific operating conditions. This limits the possibilities for fully utilizing the potential for energy efficiency improvements in small hydropower.

Despite significant interest in hydropower challenges, there remains a need for further research and calculations of hydroturbine efficiency for low heads, less than 5 meters. Insufficient study of these aspects and the relevance of the problem determine the importance of work on improving small HPP effectiveness.

French engineers made a significant contribution to improving turbines for small HPS by developing a bulb turbine that proved universal for clean electrical energy generation. Such turbines can be installed downstream from dams without requiring dam construction. Small, micro, and mini

hydropower plants are environmentally clean facilities, as their operation does not cause harmful emissions into water, soil, or atmosphere.

Small hydropower has significant development potential, especially based on low-head micro HPS. For such power plants, the most effective solution is the use of propeller or Kaplan adjustable-blade hydroturbines[2].

The main advantages of these turbines are high specific speed and reliable cavitation resistance at low heads. They are used for heads ranging from 3 to 10 m. Typically, turbines with four blades are used. If the head does not exceed 5 m, then the turbine speed remains below 400 rpm, which requires the use of low-speed electric generators, leading to increased hydrounit cost and reduced energy efficiency.

The specific speed of axial turbines exceeds that of radial-axial turbines, which allows for reduced overall dimensional size of the structure[3]. However, along with these advantages, axial turbines have a significant drawback – a rather high cavitation coefficient, which requires deep submergence of the turbine.

To improve cavitation characteristics, the number of blades is usually increased, which, in turn, leads to an increase in the turbine hub diameter and increases turbine speed, which worsens cavitation characteristics.

Modeling was conducted on the velocity changes of hydroturbines with three-blade and two-blade runners at various blade angles. Using specialized software modules in SolidWorks, research was conducted on pressure and flow velocity changes on the turbine blade at angles from 0° to 90° relative to the turbine axis.

Analysis of the simulation results for hydroturbines with three-blade and two-blade runners revealed that the most effective angle of attack is achieved when setting the working blade angle at 30°.

It was established that the rotation speed of the hydroturbine runner has an inverse proportion to the number of blades, meaning that when reducing their number, the speed increases almost twofold.

Список літератури

1. Національна енергетична стратегія України до 2035 року: затверджена Кабінетом Міністрів України.
2. Гузь М. І., Калінін В. В. Гідроенергетика України: сучасний стан та перспективи // Енергетика України. – 2020. – № 4. – С. 34–45.
3. Белкін А. О., Іващенко Д. В. Оптимізація конструкції робочого колеса гідротурбін для малих ГЕС // Наукові праці НУХТ. – 2019. – № 23. – С. 89–96.

УДК 621.313.17

Юрій Яблунівський, здобувач гр. ЕЕ-23М, **Руслан Телюта**, доц., канд. техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: tegiuta.r@gmail.com

МОНІТОРИНГ СТАНУ ВИТРАТИ РЕСУРСУ ІЗОЛЯЦІЇ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

У сучасних енергетичних системах надійність і довговічність асинхронних електродвигунів є ключовими аспектами через значні термічні та механічні навантаження. Основним фактором, що впливає на тривалість їх експлуатації, є знос ізоляції обмоток. Ефективним способом діагностики виступають методи моніторингу, особливо тепловий контроль, який забезпечує своєчасну оцінку стану ізоляції й дозволяє запобігти аваріям.

Розробка методики моніторингу стану ізоляції з урахуванням змін навантаження і температури дозволяє оцінити знос ізоляції за допомогою математичного моделювання теплових процесів. Використовуючи формули теплового старіння, як у трансформаторах і кабелях, можна визначити рівень деградації ізоляції. Асинхронні електродвигуни широко застосовуються в промисловості, де їх надійність безпосередньо впливає на ефективність виробничих процесів. За статистикою, до 50% відмов двигунів спричинені пошкодженням ізоляційної системи, що веде до значних витрат на ремонт і простої обладнання [1].

Наукові дослідження показують, що на ресурс ізоляції АЕД впливають температура, вологість, перенапруги, вібрації та агресивні середовища. Під час експлуатації такі двигуни зазнають комплексного впливу факторів, що спричиняють поступове старіння ізоляції.

Для аналізу ресурсу ізоляції двигуна 4А100S2У3 з урахуванням завантаження валу необхідно дослідити вплив навантаження на теплові процеси. Збільшення навантаження підвищує струм і втрати в обмотках, що прискорює знос ізоляції. Розрахунок цих процесів дозволяє оптимізувати режими роботи, знижуючи теплове старіння і продовжуючи термін служби двигуна [1].

Проведення аналітичного дослідження для двигуна 4А100S2У3 дасть змогу розробити рекомендації для мінімізації витрат ресурсу ізоляції та підвищення енергоефективності. Для обґрунтування критерію діагностування електродвигуна було записано вираз швидкості зносу ізоляції:

$$\varepsilon = \varepsilon_n e^{B \left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\tau_y + t_{cp} + 273} \right)},$$

де τ_y – стале перевищення температури обраного електродвигуна обмотки, °С;
 ε_n – номінальна швидкість теплового зносу ізоляції обраного електродвигуна, бгод/год;
 θ_n – абсолютна номінальна температура ізоляції даного класу для обраного ЕД, К;
 B – показник, що характеризує ізоляцію даного класу для обраного ЕД, К.

Коефіцієнт витрати ресурсу ізоляції для обраного електродвигуна являє собою відношення швидкості теплового зношення ізоляції до номінального значення, тобто:

$$k_{ep} = e^{B \left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\tau_n + t_{cp} + 273} \right)}$$

де τ_n – номінальне перевищення температури ізоляції електродвигуна даного класу, °С.
 t_{cp} – температура навколишнього середовища, °С.

Дослідження залежності $k_{ep} = f(k_3)$ обраного електродвигуна зображено на рис. 1.

Витрати ресурсу ізоляції будемо визначати у функції завантаження на валу з боку робочої машини. Результати аналітичних розрахунків для обраного ЕД зведемо до табл. 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунків витрати ресурсу ізоляції обраного електродвигуна

k_z	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
ΔP	281,1	294,2	313,2	347,1	382,2	417,8	460,7	522,1	604,6	641,3	716,2
k_{ne}	0,45	0,48	0,5	0,56	0,61	0,67	0,74	0,84	0,97	1,03	1,15
$\vartheta_{cp}, ^\circ C$	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
k_{ep}	0,005	0,007	0,008	0,012	0,018	0,028	0,047	0,094	0,180	0,321	0,660
$\vartheta_{cp}, ^\circ C$	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
k_{ep}	0,012	0,016	0,018	0,029	0,041	0,063	0,102	0,196	0,370	0,627	1,243
$\vartheta_{cp}, ^\circ C$	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
k_{ep}	0,029	0,036	0,042	0,063	0,089	0,133	0,210	0,391	0,710	1,183	2,271

На основі отриманих результатів табл. 1, побудуємо графік залежності коефіцієнта витрати ресурсу ізоляції від коефіцієнта завантаження для обраного електродвигуна.

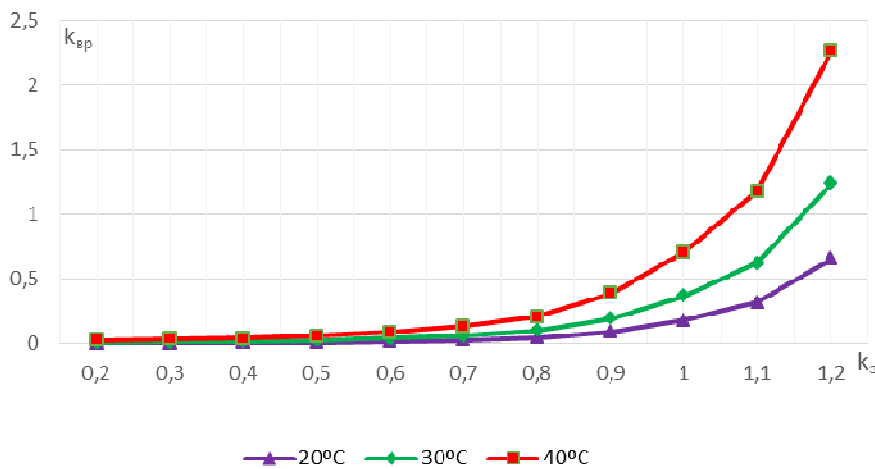


Рисунок 1 - Залежність коефіцієнта витрати ресурсу ізоляції у функції коефіцієнта завантаження обраного електродвигуна з боку робочої машини для заданої температури навколишнього середовища

Джерело: розроблено авторами

Дослідження зносу ізоляції асинхронного двигуна 4A100S2Y3 виявило експоненційну залежність витрат ресурсу від коефіцієнта використання ізоляції, навантаження та температури середовища. Наприклад, при максимальному завантаженні підвищення температури на 20–40 °С збільшує коефіцієнт витрат ізоляційного ресурсу з 0,19 до 0,7. Така залежність дає змогу оптимізувати режими роботи двигуна, сприяючи ефективному використанню ізоляції, що підвищує надійність і довговічність електричних машин.

Виявлені закономірності дозволяють створювати рекомендації щодо вибору експлуатаційних режимів, які мінімізують знос ізоляції та підвищують енергоефективність. Це відкриває перспективи для впровадження автоматизованих систем керування, здатних оцінювати стан ізоляції в реальному часі та регулювати режими роботи відповідно до технологічних вимог і цілей ресурсозбереження.

Список літератури

1. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник /А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с
2. Курашкін С.Ф. Діагностування перетворення електричної енергії в заглибному електродвигуні / С.Ф. Курашкін, С.В. Овчаров, А.В. Островський // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 15. – С. 153-157.

УДК 681.518.52

Валерій Шамара¹, здобувач гр. ЕЕ-23М, Анна Телюта², викладач

¹Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

²Кропивницький аграрний фаховий коледж, м. Кропивницький

e-mail: annateliuta@gmail.com

ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КОМПЛЕКТНИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ

У сучасних енергетичних системах надійність і довговічність асинхронних електродвигунів є ключовими аспектами через значні термічні та механічні навантаження. Основним фактором, що впливає на тривалість їх експлуатації, є знос ізоляції обмоток. Ефективним способом діагностики виступають методи моніторингу, особливо тепловий контроль, який забезпечує своєчасну оцінку стану ізоляції й дозволяє запобігти аваріям.

Комплектні трансформаторні підстанції (КТП) є важливими елементами електроенергетичних систем, які забезпечують передачу та перетворення електричної енергії для різних споживачів. Вони використовуються для зниження напруги до рівня, що забезпечує ефективне та безпечне постачання електроенергії. Підвищення працездатності КТП є ключовим аспектом для забезпечення надійності енергопостачання та зниження ризику аварій.

Фактори, що впливають на працездатність КТП. Працездатність КТП залежить від кількох факторів:

- Технічний стан обладнання: частина поломок виникає через знос ізоляційних матеріалів, корозію металевих частин, а також старіння трансформаторного масла.
- Експлуатаційні умови: температурні коливання, вологість, перепади навантаження, частота короткочасних перевантажень і вплив атмосферних явищ.
- Якість електричних компонентів: використання високоякісних матеріалів, що забезпечують надійність і довговічність.
- Вплив зовнішніх факторів: метеорологічні умови, ураження електричних мереж блискавкою, обмеження на роботу в умовах високих температур.

Методи підвищення працездатності КТП. Для підвищення працездатності КТП застосовуються різні методи та технології, зокрема:

- Моніторинг та діагностика: використання систем дистанційного моніторингу стану обладнання для своєчасного виявлення аномалій і запобігання можливим аваріям. Діагностика трансформаторного масла на вміст газів та рівень вологи допомагає оцінити стан ізоляції.
- Інноваційні матеріали: впровадження сучасних ізоляційних матеріалів, які володіють високою термостійкістю, знижують ризик загоряння та забезпечують тривалу експлуатацію.
- Системи автоматичного управління: інтеграція програмних рішень для автоматичного регулювання роботи підстанції, що дозволяє адаптувати навантаження до реальних умов і знижувати ризик перевантаження.
- Регулярне обслуговування та ремонт: проведення профілактичних робіт, заміна зношених компонентів і очищення від пилу і вологи.
- Використання енергоефективних технологій: включення енергоефективних трансформаторів, які мають знижену втрату потужності, що дозволяє знижувати витрати електроенергії та покращувати ефективність роботи.

Роль інтелектуальних технологій у підвищенні працездатності. Використання системи штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН) для прогнозування відмов

обладнання та визначення оптимальних режимів роботи є важливим напрямом у сучасній енергетиці. ШІ-алгоритми здатні аналізувати дані в реальному часі, що дозволяє:

- Своєчасно попереджати про ймовірність відмови або потребу в технічному обслуговуванні.
- Оцінювати ефективність використання енергоресурсів і пропонувати оптимальні налаштування роботи КТП.

На рисунку 1 створений графік, який демонструє динаміку витрат на обслуговування комплектних трансформаторних підстанцій (КТП) до і після впровадження штучного інтелекту (ШІ) для аналізу. Цей графік наочно показує, як впровадження сучасних технологій може зменшити витрати на обслуговування.

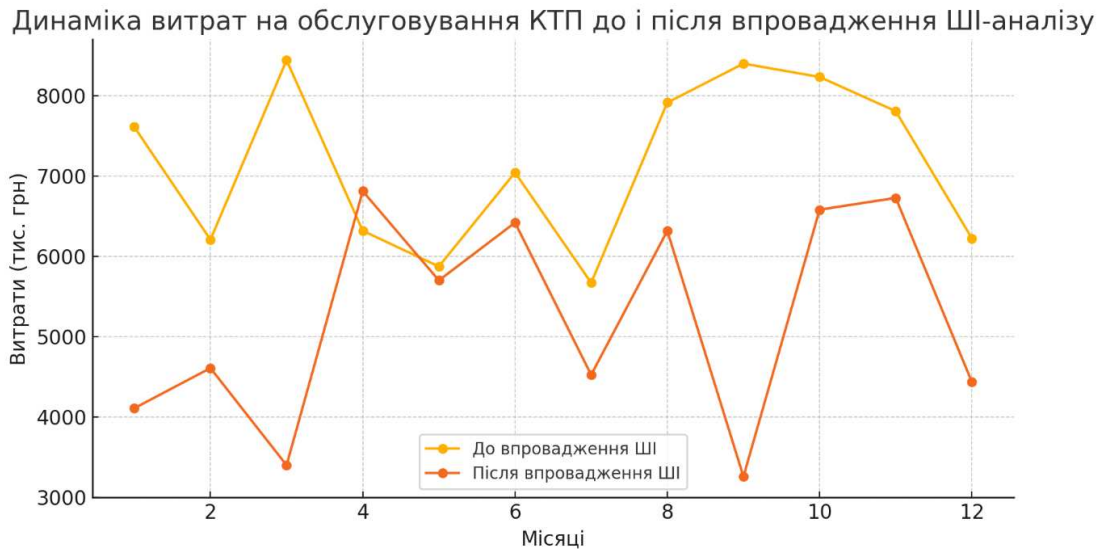


Рисунок 1 - Динаміка витрат на обслуговування КТП до і після впровадження ШІ-аналізу

Джерело: розроблено авторами

Сучасні підходи до прогнозування та обліку навантажень. Інтервальне прогнозування електроспоживання, яке враховує зовнішні чинники, такі як погодні умови, вологість і циклічність споживання, допомагає створити більш адаптивні моделі роботи КТП. Дослідження показують, що інтеграція даних метеофакторів у прогностичні моделі дозволяє підвищити точність прогнозів на 15-20%, що має безпосередній вплив на управління навантаженнями і ефективність роботи трансформаторних підстанцій.

Інвестиції в модернізацію КТП та впровадження новітніх технологій, як-от інтеграція систем автоматизованого моніторингу і використання інтелектуальних алгоритмів, сприяють зниженню експлуатаційних витрат і збільшенню терміну служби обладнання. Підвищення ефективності дозволяє знижувати витрати на обслуговування та зменшувати ризики, що є важливим для підприємств з точки зору фінансової стабільності.

Підвищення працездатності комплектних трансформаторних підстанцій є важливою умовою забезпечення надійного постачання електроенергії. Використання сучасних технологій, таких як ШІ, системи автоматизованого моніторингу, і спеціалізованих програмних рішень, сприяє зниженню витрат, покращенню якості обслуговування та зменшенню ймовірності аварійних ситуацій.

Список літератури

1. Прокопенко, О. В., Тесля, С. Ю. Оцінка надійності та методи діагностики електро-обладнання. - Харків: Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, 2018.
2. Рибак, М. В., Олійник, І. В. Діагностика трансформаторного обладнання електроенергетичних систем. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020.

УДК 303.832

Юрій Фішер, здобувач гр. ЕЕ-23М, **Руслан Телюта**, доц., канд. техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: teluuta.r@gmail.com

АНАЛІЗ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Енергетика є основою стабільного розвитку економіки, оскільки електроенергія необхідна для всіх галузей. Зростання споживання, зміни клімату та впровадження нових технологій роблять прогнозування навантажень важливим завданням. Невизначеність попиту може призвести до фінансових втрат, дефіциту чи надлишкової генерації, що погіршує роботу мереж. Точні прогнози допомагають оптимізувати управління енергосистемами та знижують викиди парникових газів.

Сучасні методи включають традиційну статистику та машинне навчання. Вони враховують вплив погодних умов, економічних показників, демографії та стану інфраструктури, що покращує точність прогнозів і підтримує ефективне планування в енергосистемах. Основні категорії методів: фактографічні, статистичні, експертні, гібридні, машинне навчання, моделі, що використовують погодні умови, імітаційні моделі, системи управління енергією, економічні моделі [1,2].

Проведемо огляд методів прогнозування, структурну схему яких можна представити наступним рис. 1.

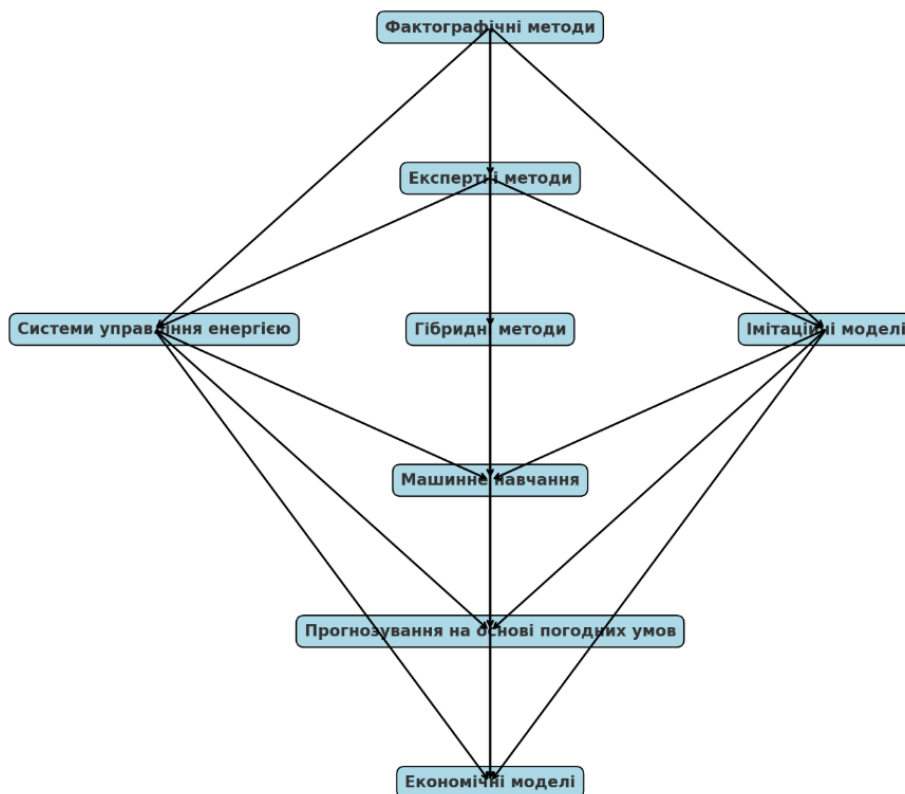


Рисунок 1 - Схема класифікацію методів прогнозування електроспоживання.

Джерело: розроблено авторами

Приведемо основні із них. Фактографічні методи: базуються на історичних даних без використання моделювання. Статистичні методи: Лінійна регресія: застосування для аналізу

залежності споживання від часу. Експоненційне згладжування: адаптивний підхід для короткострокових прогнозів. Модель ARIMA: для аналізу і прогнозування часових рядів. Структурні моделі: детальніші моделі, що враховують додаткові фактори. Гібридні методи: комбінація статистичних методів і машинного навчання для підвищення точності прогнозів. Експертні методи: включають оцінки спеціалістів і інтуїтивний аналіз. Машинне навчання: Нейронні мережі: здатні виявляти складні нелінійні зв'язки. Деревя рішень: прості, але потужні моделі для класифікації та регресії. Методи опорних векторів (SVM): використовуються для класифікації та регресії. Прогнозування на основі погодних умов: моделювання впливу кліматичних умов на споживання. Імітаційні моделі: Метод Монте-Карло: використовується для моделювання невизначеності. Системи управління енергією: інтелектуальні системи моніторингу та управління споживанням. Економічні моделі: аналіз впливу цін на електроенергію та економічних умов.

Досить важливим є порівняння точності прогнозування різних методів рис. 2. Цей графік допоможе візуалізувати ефективність різних методів прогнозування.

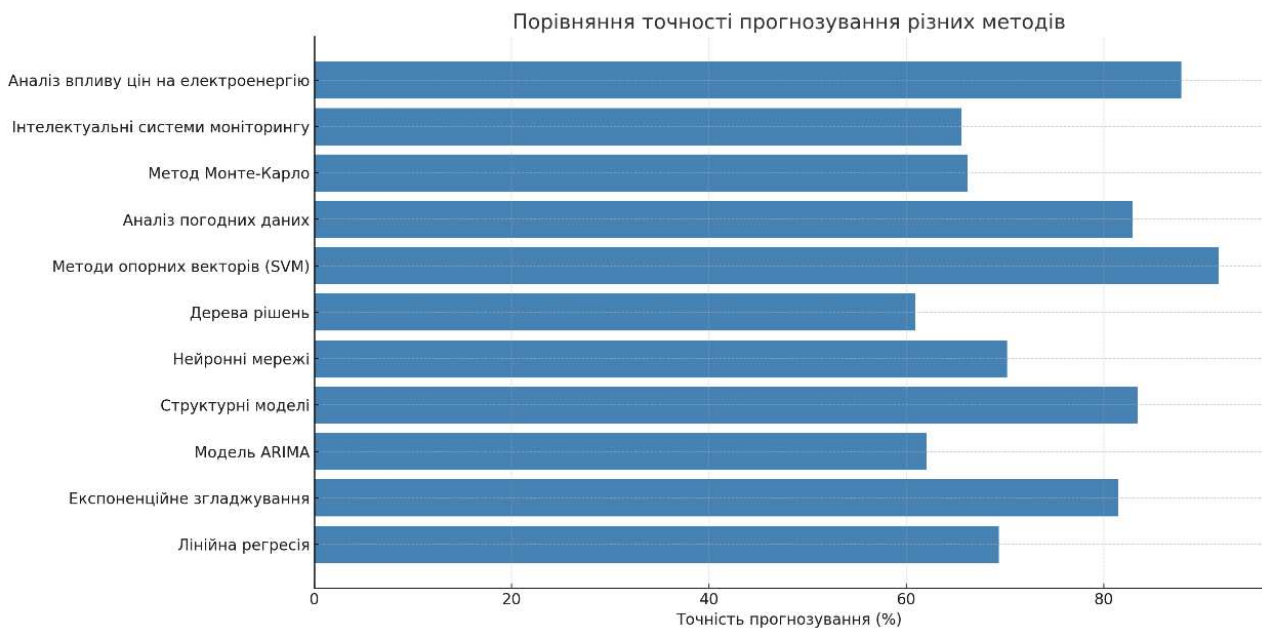


Рисунок 2 - Графік порівняння точності прогнозування різних методів

Джерело: розроблено авторами

Прогнозування споживання електричної енергії є важливим елементом управління енергетичними ресурсами для підприємств. Це дозволяє оптимізувати витрати на електроенергію, підвищити ефективність виробничих процесів і знизити ризики, пов'язані з невизначеністю попиту. Різноманітність навантажень та циклічних змін у споживанні електроенергії між підприємствами вимагає розробки індивідуальних моделей прогнозування, що враховують специфіку роботи конкретних споживачів, їхню структуру енергоспоживання та зовнішні фактори, такі як погодні умови. Штучні нейронні мережі показали високу ефективність у прогнозуванні електроспоживання, зокрема, продемонструвавши значно нижчі показники похибок у порівнянні з традиційними методами, такими як лінійна регресія.

Список літератури

1. Модель та процедури короткострокового прогнозування електроспоживання на оптовому ринку електроенергії / Ф. Ю. Шарасєвський // "Системні дослідження та комплексні проблеми енергетики". – 2007. – С. 36–40.
2. Прогнозування електроспоживання з урахуванням факторів технологічного та ринкового середовища / І. А. Соловьєва, А. П. Дзюба // "Науковий діалог". – 2013. – С. 97–113.

УДК 321.30.06

Оксана Співак, асистент, зав. навч. лаб. «ЕТС та ЕМ»

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: cntu.ets260@gmail.com

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ ДЛЯ ПОВІТРЯНО-ОПОРНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Повітряне опалення є далеко не найновіший спосіб обігріву комерційного чи житлового приміщення. У контексті зростання цін на енергоносії, надійності енергопостачання, вимог до зменшення викидів CO₂ згідно програми декарбонізації України, повітряні системи опалення набувають все більшої актуальності як енергоефективне та екологічне рішення. Такі системи можуть мати різний вигляд чи конфігурацію обладнання, але основний принцип їх дії схожий. В якості теплоносія виступає зовнішнє або внутрішнє повітря (чи їх суміш). Основною особливістю повітряного опалення «по-новому» є поєднання обігріву з вентиляцією, а також можливістю очищення, зволоження і охолодження повітря (в літній період).

Метою є: дослідити ефективність, переваги та недоліки повітряних систем опалення для комерційних об'єктів, оцінити можливості їх впровадження та перспективи розвитку в умовах сталого розвитку.

Найбільшого поширення такий спосіб обігріву набув для комерційних торгових ділянок, супермаркетів, офісів, окремо стоячих цехів, складських приміщень, спортмайданчиків, каркасних будинків. Сучасна система включає кілька елементів: піч з теплообмінником, вентилятор, певна кількість повітропроводів. На рис. 1 показані варіанти застосування такої дієвої системи у комерційних приміщеннях.



Рисунок 1 – Приклади застосування системи повітряного опалення і монтажу

Для опалення великих виробничих (рис. 1, [1]) і складських приміщень широке застосування отримали повітряно-опалювальні агрегати. Конструктивно повітряно-опалювальні агрегати це нагрівач (водяний теплообмінник, електричний ТЕН чи газовий пальник), що обладнаний вентилятором з електродвигуном і пристроями для забору та подачі повітря. Повітряно-опалювальні агрегати можуть бути підвісними, підлоговими, даховими. Підвісні повітряно-опалювальні агрегати можуть мати потужність від 10 до 100 кВт, підлогові агрегати з газовими пальниками - до декількох МВт.

Основна перевага такої системи опалення: простота встановлення в порівнянні з водяною. Немає потреби постійно контролювати рівень теплоносія. Повітря, порівняно з гарячою водою, яка використовується як теплоносій, є значно менш агресивним

середовищем, тому повітряна система вимагає менше уваги до якості труб і їх герметичності. Крім того, повністю виключено ризик протікань через пошкодження чи корозію труб. Витік теплоносія не призведе до серйозних наслідків, як у випадку прориву водопроводу. Взимку така система не потребує спеціального обслуговування і може бути взагалі вимкнена за необхідності (система водяного опалення у вимкненому стані при низьких температурах – призводить до замерзання теплоносія і псуванню труб). Усі повітряні канали можуть бути вбудовані в стіни, не вимагаючи встановлення радіаторів, що є цікавим дизайнерським рішенням, ще дозволяє зберегти простір і покращити естетику приміщення. Більш того, повітряну систему опалення часто поєднують із вентиляцією, створюючи єдину систему кондиціонування повітря.

Повітряне опалення дає можливість регулювати температуру в кожній зоні чи приміщенні. Також, завдяки фільтрам та зволожувачам, повітря, що надходить у приміщення, очищується від пилу та мікробів, що позитивно впливає на здоров'я відвідувачів. Для великих комерційних ділянок з великим об'ємом опалюваної площі ця система є ефективною, теплообмін відбувається швидше в порівнянні зі всіма іншими [2].

Основні недоліки такої системи опалення: через низьку теплопровідність повітря приміщення швидко охолоджується після припинення роботи системи опалення. Повітряна система опалення залежить від електроенергії, оскільки вентилятори забезпечують циркуляцію повітряних потоків. Тому вона не підходить для місць із частими перебоями в електропостачанні, хоча встановлення генератора або ДБЖ (джерела безперебійного живлення) може вирішити цю проблему.

Якщо у системі подачі повітря не передбачено фільтрів, у повітря, що надходить у приміщення (особливо ззовні), можуть потрапляти пил та інші забруднювачі. Для приміщень із високими стелями слід передбачити подачу теплого повітря нижче, в стінах чи по підлозі [3]. Гарними прикладами використання системи повітряного опалення є спортивні зали, окремо стоячі спортивні майданчики, криті корти і міні футбольні поля під тентованим дахом, так звані повітряно-опорні конструкції рис. 2.



Рисунок 2 - Приклади застосування повітряно-опорних конструкцій для спортмайданчиків

Для таких майданчиків у роботі розглянутий варіант повітряного опалення та порахована теплова потреба для обігріву куполу одного тенісного корту. В розрахунку враховані: висота куполу 4,5 метри, форма куполу (параболічна форма), оптимальна температура всередині +15°C, зовнішня середня температура -10°C, коефіцієнт тепловтрат: $k = 3.5 \text{ Вт/м}^3\text{°C}$.

Розрахунок теплової потреби:

1. Опалювальний об'єм корту:

$$V = d \cdot L \cdot h_{\text{сер}} = 20 \cdot 40 \cdot 3 = 2400 \text{ м}^3$$

де $h_{\text{сер}} = \frac{2}{3} h_{\text{макс}} = \frac{2}{3} 4,5 = 3 \text{ м}$ – середня висота критого куполу майданчика;

2. Різниця температур: $\Delta T = T_{\text{внутр}} - T_{\text{зовн}} = 15 - (-10) = 25^\circ\text{C}$

3. Теплова потреба:

$$Q = V \cdot k \cdot \Delta T = 2400 \cdot 3.5 \cdot 25 = 210000 \text{ Вт} = 210 \text{ кВт}$$

Враховуючи середню зовнішню температуру -10 градусів, розрахуємо економічну ефективність використання, для обігріву корту, теплового насосу (повітря-повітря) та твердопаливного котла на пелетах з рослинних рештків.

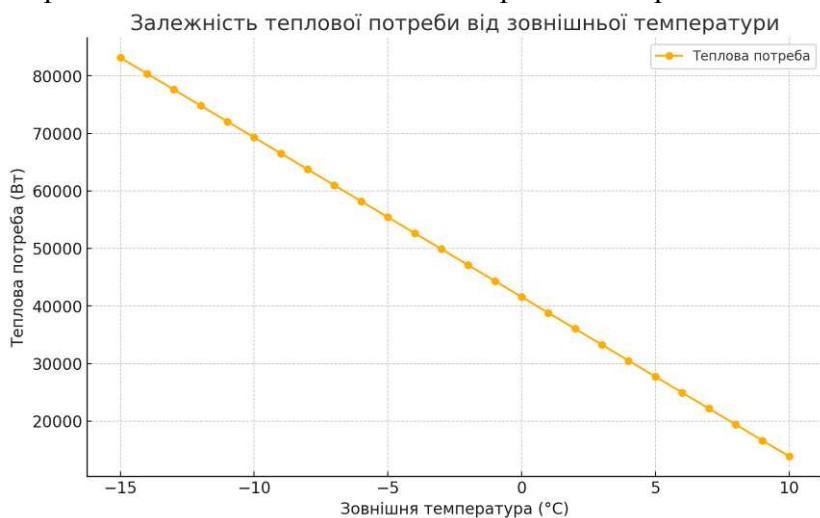


Рисунок 3 – Графік залежності теплової потреби для обігріву від зовнішньої температури

На графіку показано залежність теплової потреби для обігріву критого тенісного корту від зовнішньої температури в діапазоні від -15°C до 10°C. Як видно, теплова потреба лінійно зростає зі зменшенням зовнішньої температури.

В роботі показана економічна ефективність роботи на прикладі твердопаливного котла на пелетах. Враховано час роботи такої системи на добу – 8 годин. ККД твердопаливного котла: $\eta =$

0.85, теплота згоряння пелет: $H = 4.5$ кВт·год/кг; вартість пелет: 17, 000 грн/т = 17 грн/кг.

Час роботи:

$$T_{роб} = 8 \text{ год/добу} \cdot 30 \text{ днів/місяць} \cdot 6 \text{ місяців} = 1, 440 \text{ год/сезон.}$$

Отже, знайдемо масу пелет необхідну для котла:

$$m_{пелет} = \frac{Q}{\eta \cdot H} = \frac{210}{0.85 \cdot 4.5} = 54.9 \text{ кг/год.}$$

Загальна вартість:

$$C_{котел} = m_{пелет} \cdot T_{роб} \cdot C_{пелет} = 54.9 \cdot 1.44 \cdot 17 = 1343,9 \text{ грн.}$$

За результатами розрахунку видно вартість утримання такого майданчику на сезон теплового опалення. Результати дослідження підтверджують ефективність застосування системи повітряного опалення для окремо стоячих критих майданчиків. Отже, основні переваги зазначеної системи: можливість застосовувати таку систему опалення за необхідності (якщо приміщення не використовується, можна не опалювати), швидкий монтаж і демонтаж, не потребує обслуговування труб, швидко нагріває приміщення, створюється комфортний мікроклімат для активних занять.

До основних недоліків системи повітряного опалення з застосуванням твердопаливного котла на пелетах в повітряно-опорних конструкціях слід віднести – необхідність додаткової прибудови для самого котла, поряд складу для зберігання пелет, і працівника по обслуговуванню такого котла – кочегара.

Список літератури

1. Варіанти встановлення повітряного опалення. <https://yarta.com.ua/blog/varianty-vstanovlennia-povitrianoho-opalennia>
2. Системи опалення, вентиляції та кондиціонування. <https://karno.ua/ua/ventilyaciya/sistemy-otopleniya-ventilyacii-i-kondicionirovaniya-supermarketa>
3. Повітряне опалення – плюси та мінуси. <https://xn--e1aamjfh.com.ua/povitrjane-opalennja-pljusy-ta-minusy>
4. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. Підручник. - К.: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2003. - 232 с.: іл.
5. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 149с.
6. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [На заміну ДБН В.2.6-31:2016; чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 23с.

УДК 697.34:697.978

Денис Абрамов, здобувач ЕТ-22, **Сергій Книш**, викладач,
Світловодський політехнічний фаховий коледж
e-mail: ivan.savelenko@gmail.com

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ КОЛЕДЖУ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТУ

Енергозбереження є одним із ключових завдань сучасного суспільства, особливо у сфері комунального господарства та теплопостачання. Навчальні заклади, зокрема коледжі, споживають значні обсяги теплової енергії, що суттєво впливає на їхні фінансові витрати та екологічний баланс. Традиційні системи теплопостачання часто є застарілими та малоефективними, що призводить до "перетопів", втрат тепла та нераціонального використання енергоресурсів. Автоматизація теплових пунктів (АТП) є одним із ефективних методів підвищення енергоефективності систем опалення [1]. Завдяки впровадженню АТП можна забезпечити точний контроль і регулювання температури теплоносія залежно від погодних умов, знизити втрати енергії та створити комфортні умови для навчання і роботи. Даний підхід не лише дозволяє оптимізувати витрати на опалення, але й сприяє досягненню цілей сталого розвитку.

Вирішення проблеми підвищення енергоефективності системи теплопостачання коледжу можливе шляхом впровадження автоматизованого теплового пункту (АТП). Основні недоліки традиційних систем опалення, пов'язані з втратами теплової енергії та відсутністю можливості точного регулювання температури теплоносія. Впровадження автоматизації теплових вузлів дозволяє зменшити витрати енергії, оптимізувати температурні режимів, скоротити викидів парникових газів та покращення фінансових показників.

Температура теплоносія в централізованих системах теплопостачання має регулюватися залежно від зовнішньої температури повітря. Це необхідно для забезпечення комфортного мікроклімату в приміщеннях і оптимізації споживання теплової енергії. Проте значні відхилення від оптимальних значень часто виникають через інерційність системи, недосконалість обладнання або неефективне управління теплопостачанням. При підвищенні зовнішньої температури, система продовжує подавати теплоносії із температурою, розрахованою для нижчих температур повітря. При різкому зниженні зовнішньої температури система часто не встигає підвищити температуру теплоносія до необхідного рівня.

В осінньо-весняний період відбувається найбільша кількість відхилень через коливання температури повітря від +10°C до температур "зламу графіка" (зазвичай близько 0°C). У цей період спостерігаються "перетопи" через інерційність систем. На рис. 1 представлений розкид температури теплоносія відносно нормативного графіка. Для аналізу температурного графіку виконана лінійна апроксимація розкидів температур, що дало можливість виконати порівняння між реальними та нормативними температурами теплоносія. Аналіз даних показав, що за від'ємних температур до -3 °C спостерігається «недотоп» в системі опалення коледжу, при чому чим нижча температура повітря тим більший «недотоп». При додатних температурах зовнішнього повітря в системі опалення виникав «перетоп». Наявність «недотопів» або «перетопів» призводить до неефективного використання теплової енергії.

Автоматизовані теплові пункти (АТП) є значно ефективнішими порівняно зі старими елеваторними вузлами завдяки точному регулюванню температури теплоносія відповідно до змін зовнішньої температури. Традиційні елеваторні вузли використовують механічне змішування гарячої води, але не забезпечують точного регулювання температури, оскільки працюють із фіксованим коефіцієнтом змішування.

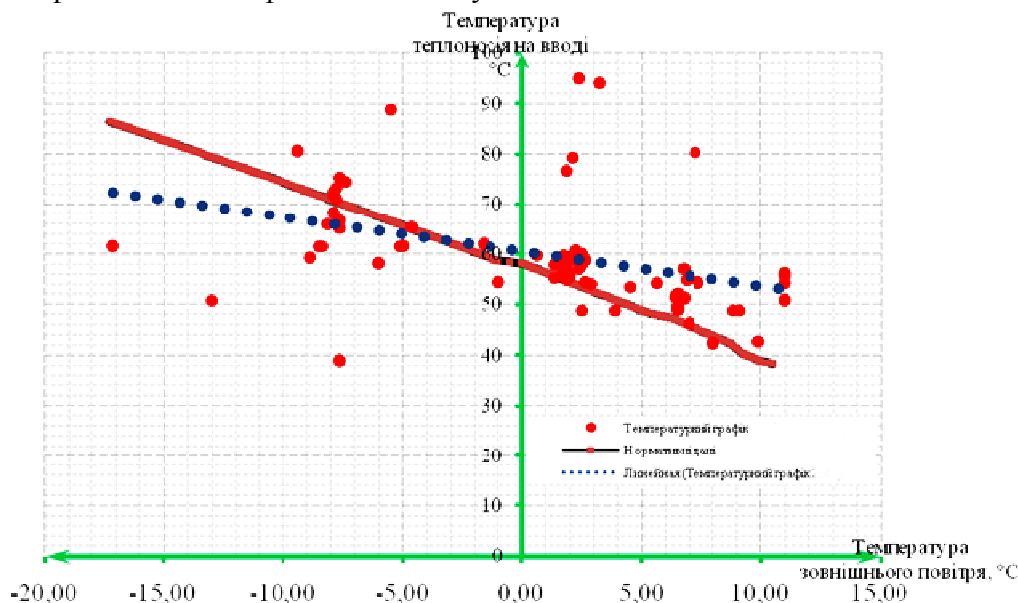


Рисунок 1 - Розкид температури теплоносія відносно нормативного графіка

Це призводить до таких проблем, як "перетопи" та "недотопи", які є основними причинами неефективного використання теплової енергії.

На відміну від цього, АТП оснащені датчиками температури, регуляторами та насосами, що дозволяють забезпечити адаптивне управління температурою теплоносія.

Завдяки автоматизації такі пункти можуть гнучко реагувати на зміни погодних умов, підтримуючи оптимальний температурний режим у системі тепlopостачання. Це мінімізує тепловтрати, забезпечує економію енергоресурсів та створює комфортні умови для користувачів.

Економічно впровадження АТП в коледжі є виправданим. Хоча початкові інвестиції в автоматизовані вузли є високими і становлять приблизно 240-450 тисяч гривень за один вузол, щомісячна економія витрат на теплову енергію може досягати 46 тисяч гривень у перехідні місяці (жовтень, листопад, квітень). Це дозволяє окупити витрати на встановлення обладнання протягом 4-6 років. Наприклад, при використанні старого елеваторного вузла щоденне споживання тепла навчального корпусу становить близько 11,29 Гкал, що дорівнює витратам у 78947 гривні. Натомість автоматизований тепловий пункт зменшує це споживання до 8,84 Гкал, знижуючи витрати до 75800 гривень на день. Щоденна економія становить 3147 гривні, що підтверджує фінансову ефективність такого переходу.

Крім економічних переваг, автоматизація теплових пунктів має важливе екологічне значення. Зменшення тепловтрат та точне регулювання подачі теплоносія знижують викиди парникових газів на 10–20%, що сприяє досягненню цілей сталого розвитку.

Таким чином, впровадження автоматизованих теплових пунктів є стратегічно доцільним заходом для модернізації системи тепlopостачання. Це дозволяє не лише зменшити фінансові витрати, а й підвищити енергетичну ефективність та екологічність функціонування тепломережі навчального закладу.

Список літератури

- 1 Ковальчук А. М., Мельник Р. С. Модернізація теплових пунктів навчальних закладів: техніко-економічне обґрунтування. Енергоефективність в будівництві та архітектурі. 2022. Вип. 23. С. 28-36.

УДК 621.311.1

Андрій Непрозваний, здобувач гр. ЕЕ-23М, **Олександр Сіріков**, доц., канд. техн. наук, *Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький*
e-mail: asirikov@i.ua

ОПТИМІЗАЦІЯ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ 0,4-10 кВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Компенсація реактивної потужності є одним з способів підвищення ефективності роботи систем електропостачання, що є особливо актуальним для електричних мереж промислових підприємств. Реактивна потужність, яка необхідна для роботи трансформаторів та електродвигунів, спричиняє додаткові втрати енергії через її перетоки в електричній мережі. Це призводить до зростання втрат активної потужності та погіршення економічних показників роботи системи електропостачання. В сучасних умовах, коли економія електроенергії та підвищення її ефективного використання є пріоритетними завданнями, оптимізація компенсації реактивної потужності набуває особливої актуальності. Важливість цієї проблеми особливо відчутна для електромереж напругою 0,4-10 кВ, де вплив реактивних струмів найбільш помітний, а ефект від їх компенсації найбільш відчутний.

Оптимізація компенсації реактивної потужності має на меті вибір значення потужності і місця розміщення пристроїв, які компенсують реактивну потужність в системі електропостачання при якій цільова функція набуває мінімального значення. Отже, необхідно сформулювати адекватну цільову функцію, адже результат оптимізації цілком буде залежати від її вигляду. Які критерії необхідно врахувати в цільовій функції:

- вартість придбання пристроїв компенсації реактивної потужності, а також експлуатаційні і амортизаційні відрахування $B_{\text{кап}}(Q)$;
- вартість генерації реактивної потужності $B_{\text{ген}}(Q)$. При генерації реактивної потужності пристроями компенсації неминуче виникають втрати активної потужності і енергії, яку необхідно оплачувати;
- вартість втрат активної потужності від перетоку реактивної по системі електропостачання $B_{\text{перет}}(Q)$. Необхідно враховувати, що перетоки реактивної потужності по системі електропостачання підприємства, в наслідок наявності активного опору її елементів, призводять до втрат активної потужності і енергії, яку також необхідно оплачувати. Цей показник буде впливати на точку підключення пристроїв компенсації реактивної потужності.

Отже, врахувавши наведені критерії можна записати загальний вигляд цільової функції:

$$B(Q) = B_{\text{кап}}(Q) + B_{\text{ген}}(Q) + B_{\text{перет}}(Q). \quad (1)$$

Розглянемо складові цільової функції (1) окремо.

1. Капіталовкладення в пристрої компенсації реактивної потужності можна визначити за формулою:

$$B_{\text{кап}}(Q) = p \sum_{i=1}^n K_i(Q_{\text{КП}i}) \quad (2)$$

де $p = p_H + p_a + p_e$ – коефіцієнт щорічних відрахувань, який складається з нормативного коефіцієнту ефективності капіталовкладень – p_H та коефіцієнтів амортизаційних відрахувань і експлуатаційних витрат – p_a, p_e .

$K_i(Q_{\text{КП}i})$ – залежність вартості конденсаторних установок в функції їх потужності;

$Q_{КПi}$ – потужність конденсаторної установки у вузлі схеми, що розглядається.

Хоча в якості пристроїв компенсації реактивної потужності можуть виступати крім конденсаторних установок ще і синхронні компенсатори та синхронні двигуни при розрахунку капіталовкладень вони не враховуються. Це пояснюється наступними міркуваннями: синхронні компенсатори, як правило, промисловими підприємствами не використовуються, а синхронні двигуни є вже встановленими, і використовуються в технологічному процесі виробництва, а тому їх купляти не треба.

2. Вартість генерації реактивної потужності можна визначити за формулою:

$$B_{ген}(Q) = C_0 T \sum_{i=1}^n (\Delta P_{ki} Q_{КПi} + a_i Q_{КПi}^2 + b_i Q_{КПi}) \quad (3)$$

де C_0 – вартість активної електроенергії;

T – кількість годин роботи пристрою компенсації на рік;

ΔP_k – питомі втрати активної потужності в конденсаторах на генерацію реактивної;

a, b – коефіцієнти, що апроксимують криву втрат активної потужності в синхронних двигунах на генерацію реактивної потужності.

3. Вартість втрат активної потужності від перетоку реактивної по системі електропостачання можна визначити за формулою:

$$B_{перет}(Q) = C_0 T \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(Q_{Hi} + \Delta Q_i - Q_{КПi})(Q_{Hj} + \Delta Q_j - Q_{КПj})}{U^2 10^3} R_{ij} \quad (4)$$

де Q_H – реактивне навантаження i -того вузла схеми;

ΔQ – втрата реактивної потужності в індуктивних елементах електричної мережі від протікання повної (активної і реактивної) потужності:

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

де P, Q – активна та реактивна потужність, яка протікає по гілкам;

K – кількість гілок, що підходять до вузла для якого ведеться розрахунок;

X – індуктивний опір гілки;

U – середня напруга розподільчої мережі системи електропостачання для якої ведеться розрахунок;

R – власні та взаємні опори вузлів схеми, які приведені до одного класу напруги розподільчої мережі. Під власним опором вузла приймається сума опорів, які лежать на шляху струму від балансуєчого до даного вузла схеми ($R_{i,j}$ при $i = j$) для якого ведеться розрахунок.

Для систем електропостачання з достатнім рівнем компенсації реактивної потужності (оснащенням батареями конденсаторів) застосування методики оптимізації компенсації реактивної потужності також залишається актуальним, адже дозволяє визначити потужності і місця підключення пристроїв компенсації за мінімумом втрат активної потужності (без урахування капіталовкладень), тобто мінімізувати втрати в системі електропостачання.

Запропонована методика оптимізації компенсації реактивної потужності на промислових підприємствах має значне практичне значення, адже її використання сприяє зменшенню втрат енергії, підвищенню якості та економічності електропостачання.

Проведені авторами розрахунки для реальних схем електропостачання промислових підприємств дозволяють зробити висновки, які підтверджують, що впровадження оптимального режиму компенсації реактивних навантажень дозволяє досягти значного економічного ефекту, поліпшити якість напруги, знизити втрати активної потужності.

Список літератури

1. 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 621.311

Надія Шукіна, здобувачка гр. ЕЕ-23М, **Олександр Сіріков**, доц., канд. техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: asirikov@i.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА СТІЙКІСТЬ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Стратегічним напрямком для України є подолання енергетичного дефіциту та вирішення екологічних проблем шляхом поглибленого використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). Даний напрямок є також актуальним і для світу в цілому, де розвиток галузі ВДЕ спрямований на зменшення викидів і збереження ресурсів. Головним недоліком ВДЕ є нестабільність генерованої потужності, що віддається в електричну мережу. Нестабільність генерації створює додаткові виклики для підтримки статичної та динамічної стійкості енергосистеми, що може призводити до дисбалансів та зниження надійності енергопостачання.

Зростання частки ВДЕ у загальному енергетичному балансі вимагає нових підходів до забезпечення стабільності енергосистеми, оскільки вони характеризуються нестабільністю генерації, що ускладнює балансування мережі. Проблема стійкості енергетичних систем є особливо актуальною в умовах глобального переходу до більш сталого розвитку, що включає інтеграцію великої кількості сонячних, вітрових та інших джерел енергії. Виклики, пов'язані із збуреннями системи та їхнім впливом на динамічну й статичну стійкість, вимагають ретельного аналізу, особливо з огляду на необхідність забезпечення надійного енергопостачання та зменшення ризику системних аварій.

Особливе значення має розробка і впровадження ефективних методів оцінки та управління запасами стійкості. Це передбачає аналіз змінних режимів роботи системи, визначення критичних точок, розробку механізмів швидкого реагування на збурення, а також використання сучасних програмних інструментів для моделювання і прогнозування. Дослідження спрямоване на аналіз та розробку рішень, що сприятимуть підвищенню надійності та ефективності енергетичних систем із ВДЕ, забезпечуючи їх стійкість і стабільність в умовах змінного енергетичного середовища.

Проблема стійкості енергетичних систем із значною часткою ВДЕ обумовлена специфікою їх функціонування та впливом на динаміку і стабільність системи. Основні аспекти проблеми включають наступні фактори:

1. *Коливання генерування енергії.* ВДЕ, такі як сонячні панелі та вітряні турбіни, характеризуються непостійністю генерації через залежність від погодних умов. Це створює ризики недостатності потужності в періоди низького сонячного освітлення чи слабого вітру або надлишку потужності під час сильного вітру або яскравого сонця, що потребує додаткового регулювання.

2. *Зниження інерції системи.* Традиційні електростанції (наприклад, ТЕС і ГЕС) мають великі масивні синхронні генератори, які забезпечують інерцію системи. Ця інерція стабілізує частоту мережі в разі раптових (динамічних) змін навантаження чи генерації. У випадку з ВДЕ інерція відсутня або значно менша, що призводить до ускладнення підтримки стабільності частоти, збільшення ризику частотних коливань або аварійного відключення системи.

3. *Відсутність регулювання напруги.* ВДЕ зазвичай не мають можливостей для балансування реактивної потужності, що призводить до коливань напруги в мережі та ускладнює підтримання рівня напруги в межах нормативних показників.

4. *Нестабільність у перехідних режимах.* При зміні умов (раптове падіння вітру чи зростання навантаження) виникають перехідні процеси, які можуть призводити до втрати синхронності генераторів та викликати аварійне розбалансування системи.

5. *Віддаленість точок генерації.* ВДЕ часто розташовані в географічно віддалених районах, що збільшує втрати потужності в лініях передачі та може спричинити проблеми з координацією між центрами навантаження й генерації.

6. *Вплив на динамічну стійкість.* Через змінність генерації ВДЕ можливі коливання в часі, що ускладнюють забезпечення стабільності частоти при різких змінах генерування чи навантаження.

7. *Недостатній розвиток технологій зберігання енергії.* Ефективні системи акумуляції енергії, які могли б компенсувати коливання генерації ВДЕ, ще недостатньо розвинені, а це в свою чергу збільшує залежність системи від традиційних джерел для забезпечення балансування та обмежує інтеграцію великої кількості ВДЕ в одну енергосистему.

8. *Взаємодія з існуючими енергосистемами.* ВДЕ потребують «специфічної» інтеграції в існуючі енерго мережі, які зазвичай спроектовані для роботи з традиційними обертовими джерелами енергії. Це викликає необхідність оновлення мережевої інфраструктури та ускладнення в управлінні енергосистемою через різні динамічні характеристики генераторів.

Підвищення стійкості енергосистеми з великою часткою ВДЕ можливе шляхом реалізації комплексу технічних, технологічних та організаційних заходів:

1. Використання систем накопичення енергії (акумулятори, гідроакумулюючі станції).

2. Інтеграція розумних мереж (розумні мережі забезпечують автоматичне управління потоками енергії, реагуючи на зміни навантаження та генерації в режимі реального часу, зменшуючи вплив коливань ВДЕ на стабільність системи).

3. Забезпечення додаткової інерції системи (синхронні компенсатори використовуються для збільшення інерції, що допомагає підтримувати стабільність частоти).

4. Удосконалення управління частотою та напругою (швидкодіючі регулятори напруги, автоматичне регулювання частоти).

5. Оптимізація генерації та навантаження (використання алгоритмів прогнозування для ефективного планування роботи ВДЕ, управління навантаженням споживачів через програми "розумного споживання").

6. Резервні потужності (використання швидкодіючих резервів на основі газових турбін або акумуляторів для компенсації несподіваних змін генерації).

7. Застосування гібридних систем генерації (поєднання ВДЕ з традиційними джерелами (ТЕС, ГЕС) для забезпечення стабільності в умовах мінливості відновлюваних джерел.

Комплексний підхід до підвищення стійкості енергосистеми включає впровадження сучасних технологій, удосконалення управління мережею та розвиток інфраструктури. Це дозволяє ефективно інтегрувати ВДЕ, знижуючи ризики втрати стійкості та підвищуючи надійність енергопостачання. Таким чином, проблема стійкості систем з ВДЕ полягає у забезпеченні балансу між генеруванням і споживанням за умов значної мінливості, низької інерції та відсутності гнучкості традиційних методів стабілізації.

Список літератури

1. Забезпечення стійкості енергосистем та їх об'єднань: За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2018. – 320 с.
2. Кузнецов М. П. Фактори впливу вітрової енергетики на стійкість енергосистеми // Відновлювальна енергетика. Вітроенергетика. – 2015. - №2. – С. 51–55.

УДК 621.316.13

Олег Далданов, здобувач гр. ЕЕ-23М, **Михайло Ратьков**, здобувач гр. ЕЕ-24М, **Валентин Солдатенко**, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: kirovograd41@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОГЕНЕРУЮЧОЇ ВІТРОУСТАНОВКИ

За умов сучасних глобальних проблем – екологічної кризи, вичерпання класичних джерел енергії та постійно зростаючого енергоспоживання – використання екологічно чистих технологій генерації набуває критичного значення. Вітрові установки, фотоелементи та інші «зелені» методи виробництва енергії стають ключовими елементами сучасної енергетичної інфраструктури.

Однак специфіка функціонування відновлюваних джерел створює ряд технологічних викликів, оскільки їх продуктивність залежить від динамічних природних чинників – рівня сонячної радіації, швидкості повітряних мас та метеорологічних факторів. Це зумовлює потребу вдосконалення існуючих систем електрозабезпечення.

Реорганізація енергетичного комплексу вимагає застосування прогресивних технічних рішень. Особливе місце посідає впровадження інтелектуальних мікромереж, що забезпечують синергію традиційної та альтернативної енергетики. Ці комплекси інтегрують новітні методи управління, акумулювання та розподіленого виробництва енергії, підвищуючи ефективність та надійність електропостачання.

Локальні енергомережі сприяють формуванню децентралізованої структури, забезпечуючи стійкість до технічних неполадок і природних катастроф. Їх функціональність передбачає як синхронну роботу з центральною мережею, так і автономне забезпечення споживачів при аварійних ситуаціях.

Інноваційні мікромережі представляють собою локальні енергетичні кластери з гнучкою архітектурою, що дозволяє функціонувати у взаємодії з магістральними мережами або незалежно. За принципом роботи виокремлюють системи на постійному струмі, змінному струмі та комбіновані рішення.

Перспективним напрямком вважаються мережі постійного струму, що демонструють високу ефективність при живленні сучасних електронних пристроїв. Такі системи оптимально поєднують накопичувачі енергії з генераторними установками, забезпечуючи надійне електропостачання різноманітної техніки – від світлодіодних систем освітлення до зарядних станцій електромобілів.

Ключовою перевагою таких мереж є мінімізація етапів перетворення електроенергії, що суттєво підвищує загальний ККД. Враховуючи, що більшість цифрових пристроїв функціонує на постійному струмі, пряме живлення значно зменшує енергетичні втрати.

Дослідження фокусується на аналізі специфічної конфігурації мікромережі постійного струму з використанням малопотужної вітрової установки. Подібні комплекси набувають особливої актуальності в зонах зі сприятливими вітровими характеристиками, забезпечуючи екологічне електропостачання локальних об'єктів.

В епоху цифровізації та пріоритету енергоефективних технологій, системи постійного струму виявляють суттєві переваги над класичними мережами змінного струму. Це більш актуально з огляду на розвиток розподіленої енергетики, де провідну роль відіграють системи накопичення, електротранспорт та енергоощадне устаткування.

Застосування технології постійного струму оптимізує енергетичні процеси, адже сучасне обладнання – від сонячних панелей до цифрової апаратури – природньо працює саме

в такому режимі. Це виключає додаткові перетворення між різними типами струму, мінімізуючи втрати.

Додатково, мережі постійного струму забезпечують ефективнішу передачу енергії на відстань. Сучасні лінії постійного струму високої напруги характеризуються нижчими втратами порівняно з аналогічними системами змінного струму.

З точки зору економіки, впровадження систем постійного струму виявляється раціональним вибором. Спрощення архітектури зменшує витрати на обладнання та експлуатацію, одночасно підвищуючи надійність та знижуючи вартість обслуговування.

Зазначені характеристики роблять технології постійного струму оптимальним рішенням для проектування енергоефективних споруд, що поєднують інтелектуальні кліматичні системи, відновлювані джерела та цифрове обладнання.

Головною метою представленої роботи виступає аналіз функціонування вітроенергетичного комплексу для електрозабезпечення локальної мережі побутових споживачів через застосування методів комп'ютерного моделювання.

Для реалізації визначеної мети сформульовано наступні завдання:

- провести комплексний аналіз особливостей експлуатації мікромереж постійного струму;
- виконати дослідження технологій оптимізації та алгоритмів відстеження точки максимальної потужності вітрогенераторних систем;
- розробити математичний опис процесів у мережі постійного струму з інтегрованою малопотужною вітровою установкою;
- реалізувати імітаційну модель системи локального вітроенергетичного комплексу з мережею постійного струму використовуючи програмне середовище MATLAB Simulink.

Список літератури

1. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств: навч. посіб. / [О. І. Соловей, В. П. Розен, П. Г. Плешков та ін.]; Кіровоград. нац. техн. ун-т. – Черкаси: Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.
2. Rabiee, Abdorreza, Hossein Khorramdel, and Jamshid Aghaei. "RETRACTED: A review of energy storage systems in microgrids with wind turbines." (2013): 316-326.
3. Alzahrani, Ahmad, et al. "Optimum sizing of stand-alone microgrids: Wind turbine, solar photovoltaic, and energy storage system." *Journal of Energy Storage* 73 (2023): 108611.
4. Engleitner, Raffael, et al. "Dynamic analysis of small wind turbines frequency support capability in a low-power wind-diesel microgrid." *IEEE Transactions on Industry Applications* 54.1 (2017): 102-111.
5. Shi, Xiaolong, et al. "Impacts of photovoltaic/wind turbine/microgrid turbine and energy storage system for bidding model in power system." *Journal of Cleaner Production* 226 (2019): 845-857.
6. Arani, Mohammadreza FM, and Yasser Abdel-Rady I. Mohamed. "Analysis and impacts of implementing droop control in DFIG-based wind turbines on microgrid/weak-grid stability." *IEEE Transactions on Power Systems* 30.1 (2014): 385-396.
7. Mansour Lakouraj, Mohammad, et al. "Optimal market-based operation of microgrid with the integration of wind turbines, energy storage system and demand response resources." *Energy* 239 (2022): 122156.
8. Kou, Peng, et al. "Stochastic coordination of plug-in electric vehicles and wind turbines in microgrid: A model predictive control approach." *IEEE Transactions on Smart Grid* 7.3 (2015): 1537-1551.
9. Alayi, Reza, et al. "Optimal load frequency control of island microgrids via a PID controller in the presence of wind turbine and PV." *Sustainability* 13.19 (2021): 10728.

УДК 621.316.13

Стівен Нгебі, здобувач гр. ЕНМ-23М, **Валентин Солдатенко**, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: kirovograd41@gmail.com

РОЗРОБКА КОМБІНОВАНИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТУ ВІД ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

В умовах сучасних трансформацій енергетичного сектору питання створення інтегрованих енергосистем для локальних споживачів набуває критичного значення через фундаментальні виклики галузі, зокрема в контексті воєнних загроз та екологічних змін. Впровадження прогресивних методів електрозабезпечення стає необхідністю через виснаження класичних енергоносіїв та зростання стандартів енергоефективності.

Інтегровані енергетичні комплекси демонструють значний потенціал для забезпечення малих споживачів, оскільки забезпечують синергію альтернативних та класичних джерел генерації, гарантуючи адаптивність, стабільність та різноманітність енергопостачання. Такі рішення стають особливо важливими при формуванні автономних енергетичних кластерів для індивідуальних господарств, агрокомплексів та малого бізнесу.

Основними перевагами інтегрованих енергосистем виступають підвищена надійність інфраструктури, можливості накопичення енергії, економічна ефективність та забезпечення енергонезалежності споживачів. У процесі децентралізації енергетичного комплексу України вивчення таких систем набуває стратегічного значення для посилення автономності від централізованих мереж.

Метою роботи визначено оптимізацію системи електрозабезпечення локальних об'єктів шляхом впровадження інтегрованих енергетичних комплексів, що поєднують потужності сонячної та малої гідрогенерації з аналізом їх ефективності.

Для реалізації поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати тенденції розвитку альтернативної енергетики на глобальному та національному рівнях з визначенням потенціалу гібридних систем;
- здійснити аналіз інтегрованих енергетичних комплексів та обґрунтувати вибір оптимальних конфігурацій для локальних споживачів;
- визначити програмні компоненти для створення цифрових моделей елементів гібридних енергосистем;
- сформулювати імітаційні моделі відповідно до обраних конфігурацій;
- реалізувати комп'ютерне моделювання функціонування вибраних комплексів з порівняльним аналізом отриманих даних;
- виконати оцінку економічної доцільності запропонованих проектних рішень;
- сформулювати рекомендації щодо безпечної експлуатації та охорони праці при роботі з обладнанням гідроелектростанцій.

Список літератури

1. Лежнюк П.Д. Відновлювані джерела енергії в розподільних електричних мережах: монографія. / П.Д. Лежнюк, О.А. Ковальчук, О.В. Нікіторович, В.В. Кулик. Вінниця: ВНТУ, 2014. 204 с.
2. Солдатенко В.П. Автоматичне керування генерацією активної потужності відновлюваних джерел енергії в комбінованій електроенергетичній системі: дис. канд.техн. наук: 05.13.07 – Кропивницьк., 2019. - 185 с.
3. Bocklisch T. Hybrid energy storage systems for renewable energy applications. Energy Procedia. 2015. V. 73. P. 103-111.

УДК 621.316.13

Володимир Одарченко, здобувач гр. ЕЕ-23М, **Данило Оршлетт**, здобувач гр. ЕЕ-24М,
Валентин Солдатенко, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: kirovograd41@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ МІКРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ІЗ АКУМУЛЮВАННЯМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Інтенсивне впровадження локальних генераційних потужностей виступає каталізатором еволюції класичних електромереж у гнучкі адаптивні структури, що формує нові вимоги до систем управління їх режимами. Перехід енергетичного сектору до моделі децентралізованого електрозабезпечення стимулював розвиток концепції активних мереж з розподіленою генерацією, результатом чого стало формування інтелектуальних автоматизованих мікроенергетичних комплексів.

Мікроенергетичні системи представляють передове технологічне рішення, що дозволяє раціоналізувати процеси виробництва електроенергії та підвищити економічну ефективність для кінцевих споживачів. Ключову роль відіграють smart-технології керування енергопотокami, які забезпечують досягнення завдань децентралізованих мереж.

З інженерної перспективи мікроенергетична система функціонує як низьковольтна розподільча мережа з підключенням до централізованої інфраструктури через єдиний комутаційний пункт. Архітектура системи включає різноманітні компоненти: керовані джерела розподіленої генерації, автономні генератори, накопичувачі енергії та регульовані споживачі. Особливості функціонування та динамічна природа цих елементів створюють комплексні виклики щодо адміністрування та експлуатації, вимагаючи розробки інноваційних методів управління.

Конфігурація системи керування енергопотокami може суттєво варіюватися залежно від характеристик та співвідношення генеруючих джерел і накопичувачів. Мікроенергетична система забезпечує два режими роботи: синхронний з централізованою мережею та автономний при відключенні від неї, підтримуючи безперервне електропостачання як самодостатня інфраструктура. Автономний режим функціонування вимагає ефективного використання накопичувачів енергії та оптимізації циклів заряду-розряду. Це зумовлює актуальність досліджень принципів роботи та проектування таких систем.

Метою роботи визначено всебічне дослідження сучасних методів управління енергозбереженням та контролю стану акумуляторних систем з урахуванням специфіки навантажень мікроенергетичної мережі.

Для реалізації поставленої мети сформульовано наступні завдання: провести комплексний аналіз мікроенергетичних комплексів з інтегрованими накопичувачами енергії; дослідити методи математичного моделювання компонентів мікроенергетичної системи з акумуляторними блоками; виконати імітаційне моделювання та оцінку ефективності функціонування мікромережі з накопичувачами електроенергії; сформулювати вимоги з охорони праці та техніки безпеки при інсталяції обладнання мікроенергетичних систем.

Список літератури

1. Вибір системи електропостачання з відновлювальними джерелами / Т.Г. Сабірзянов, П.Г. Плешков, М.В. Кубкін, В.П. Солдатенко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. Вип. 117. «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Харків: ХНТУСГ, 2011 – С. 17–19.

УДК 621.316.13

Ростислав Чернощоків, здобувач гр. ЕНМ-23М, **Максим Сулим**, здобувач гр. ЕНМ-22М, **Валентин Солдатенко**, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: kirovograd41@gmail.com

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОСИСТЕМ З ВДЕ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ CAES ДЛЯ АКУМУЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Впровадження накопичувальних систем електроенергії на основі стиснутого повітря (CAES) у комплексі з генерацією відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) набуває особливого значення через сучасні енергетичні виклики та потребу гарантування безперебійної роботи електромереж. Глобальний енергетичний сектор зазнає фундаментальних змін під впливом зростаючої важливості екологічних аспектів та принципів сталого розвитку. Хоча роль відновлюваної енергетики постійно зростає, її основним викликом залишається варіативність виробництва. Це зумовлює ключову роль накопичувальних технологій, особливо CAES, у забезпеченні стабільного енергопостачання.

Метод збереження електричної енергії через компресію повітря представляє передове технічне рішення для накопичення надлишкової потужності від ВДЕ з подальшим її використанням при пікових навантаженнях. Функціонування CAES базується на трансформації електроенергії у потенціальну енергію стиснутого повітря, що зберігається в геологічних формаціях чи спеціалізованих ємностях, з наступною регенерацією.

Економічна привабливість систем CAES підкріплюється оптимальними експлуатаційними витратами, довговічністю та значною ємністю накопичення. Порівняно з акумуляторними батареями, така технологія демонструє нижчі витрати на обслуговування, більшу довговічність компонентів та універсальність розміщення.

Основною метою дослідження є аналіз технічних характеристик та енергоефективності накопичувальних систем на базі стиснутого повітря для ВДЕ.

Досягнення поставленої мети передбачає виконання таких завдань: проаналізувати перспективи застосування повітряно-компресорних накопичувачів у системах відновлюваної енергетики; дослідити технічні особливості конструювання повітряних акумуляторних установок; визначити математичний інструментарій для аналізу енергетичних трансформацій у повітряних накопичувачах; створити симуляційну модель функціонування компонентів енергогенеруючої системи; запропонувати комплекс заходів з безпеки праці.

Список літератури

1. Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation. Xing Luo, Jihong Wang, Mark Dooner, Jonathan Clarke.
2. EASE/EERA Energy Storage Technology Development Roadmap towards 2030.
3. European energy storage technology development Roadmap 2017 update.
4. G. Grazzini and A. Milazzo. Thermodynamic analysis of caes/tes systems for renewable energy plants. *Renewable energy*, 33(9):1998–2006, 2008
5. Succar S, Williams RH. Compressed air energy storage: theory, resources, and applications for wind power. Princeton Environmental Institute. Energy Anal Group; 2008.
6. Madlener R, Latz J. Economics of centralized and decentralized compressed air energy storage for enhanced grid integration of wind power. *Appl Energy* 2013;101:299–309.
7. Raju M, Kumar Khaitan S. Modeling and simulation of compressed air storage in caverns: a case study of the Huntorf plant. *Appl Energy* 2012;89:474–81.

**СЕКЦІЯ № 2. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ ТА
ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ**

УДК 005: 631.6.02

Вікторія Мельник, проф., д-р. екон. наук, **Олег Погрішук**, доц., канд. екон. наук,
*Вінницький навчально-науковий інститут економіки Західноукраїнського національного
університету, м. Вінниця*
e-mail: melnyk.vc@gmail.com

ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Раціоналізація використання природних та енергетичних ресурсів є визначальним чинником розвитку аграрного виробництва в умовах сьогодення. «На агросектор найбільше вплинули нестабільне електропостачання, нестача робочої сили, складні погодні умови та зниження попиту на продукцію. Крім того, бойові дії призвели до прямих і непрямих втрат, пошкодження або знищення майна. Також фермери стикаються з труднощами у логістиці, зберіганні продукції та забрудненню ґрунтів через військові дії» [1]. Збільшення вартості енергоносіїв, значні зміни клімату та низка екологічних проблем також зумовлюють необхідність визначення та обґрунтування напрямів зменшення енергозалежності аграрного виробництва, переходу на альтернативні джерела енергії та оптимізації усіх виробничих процесів, пов'язаних з використанням земельних, водних, повітряних та інших ресурсів.

Ефективність виробництва значною мірою визначається критеріями зростання обсягів виробництва та окупністю ресурсів. Обмеженість і висока вартість ресурсів потребує дослідження їх використання з метою отримання максимальної кількості продукції за мінімальних витрат енергії [2]. У даному контексті енергоефективність та ресурсозбереження доцільно розглядати як обов'язкові складові стратегії розвитку аграрного сектору економіки України.

Саме енергетичний менеджмент спрямований на забезпечення та раціоналізацію використання усіх енергетичних ресурсів у виробничих процесах аграрних підприємств та підвищення ефективності на основі оптимізації витрат енергії. Енергетичний менеджмент слід розглядати як підхід до раціонального використання енергоресурсів, інструмент менеджменту, що визначається набором засобів для управління енергоспоживанням та мінімізації витрат на одержання енергії, оптимізації енергетичних процесів. Енергетичний менеджмент також можна розглядати з позиції реалізації функції системного контролю та обліку енергетичних ресурсів для досягнення їх ефективного використання. «Досвід промислово розвинених країн вже визначив концептуальні підходи до управління енергоресурсами з метою оптимізації їх використання. Ці підходи включають правові, організаційні, економічні, географічні, демографічні та інші аспекти. Вони залежать від управлінського інструментарію, який включає енергетичний менеджмент, енергетичний аудит і моніторинг» [3, с.75].

До основних переваг впровадження енергетичного менеджменту в діяльності аграрних підприємств належать:

- економія ресурсів на основі зменшення витрат на придбання енергоресурсів, що у свою чергу впливає на зростання рентабельності виробництва;
- досягнення екологічної стійкості шляхом зменшення впливу на навколишнє природне середовище завдяки використанню екологічно чистих технологій виробництва;

– підтримка на державному рівні через реалізацію програм фінансування енергоефективних проєктів, які стимулюють товаровиробників до вкладення коштів у впровадження нових технологій та засобів виробництва;

– зростання конкурентоспроможності, що має передумовою ефективне використання енергії та впливає на якісні показники та формування собівартості продукції.

Серед найбільш складніших питань аналізу сучасних економічних механізмів енергозбереження (як для вітчизняного аграрного сектору) є, по-перше, забезпечення комплексного підходу до енергозбереження, по-друге, аналіз та оцінка енергоефективності провідних аграрних галузей, по-третє, розробка рекомендацій щодо вдосконалення господарських структур та механізмів енергозбереження з урахуванням специфіки сільськогосподарського виробництва [4, с.8].

В аграрному виробництві досягнення високого рівня енергоефективності спрямоване на раціональне використання енергетичних ресурсів й мінімізацію витрат на виготовлення, збереження та реалізацію продукції, що сприяє зростанню конкурентоспроможності аграрних підприємств та зменшенню негативного впливу на навколишнє природне середовище.

Основна ідея вирішення управлінської проблеми підвищення рівня енергоефективності полягає у послідовному застосуванні системного підходу до енергоменеджменту [5]. Застосування системного підходу до енергоменеджменту надає змогу оптимізувати енергоспоживання на усіх етапах виробництва та забезпечити економічну ефективність за мінімізації негативного впливу на навколишнє природне середовище, що потребує побудови інтеграційних зв'язків на різних етапах управління, включаючи планування діяльності, реалізацію виробничих процесів, моніторинг і контроль. У процесі забезпечення ефективності аграрного виробництва із використанням інструментів енергоменеджменту необхідно враховувати не лише технічні, а також організаційні, економічні та екологічні чинники.

Визначення шляхів раціоналізації та заощадження усіх видів ресурсів в процесі аграрного виробництва має проводитись комплексно, із застосуванням організаційно-економічних, матеріально-технічних, науково-технологічних, соціально-орієнтованих та екологічних заходів, що дозволить вести аграрне виробництво із найменшими витратами, підвищувати рівень ефективності, впроваджувати інноваційні ресурсозберігаючі технології у виробничі процеси.

Список літератури

1. Вплив війни на аграрний сектор: нове дослідження показало основні виклики. Журнал «Пропозиція». URL: <https://propozitsiya.com/ua/vpliv-viyuni-na-agrarniy-sektor-nove-doslidzhennya-pokazalo-osnovni-vikliki>
2. Шульга Л.В. Економіко-енергетична оцінка виробничих процесів у тваринництві. URL: https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/2011/3_1/343.pdf
3. Ажаман І.А., Хабіб Алі, Пуціна Н.В., Мельничук О.І. Світовий досвід розвитку системи енергетичного менеджменту та перспективи його впровадження в Україні. Журнал стратегічних економічних досліджень, 2023. № 1 (12). С. 73-81.
4. Болтянська, Н., Маніта, І. і Комар, А. (2021) «Обґрунтування механізму енергозбереження в аграрному секторі», Науковий журнал «Інженерія природокористування», (1(19), с. 7-12.
5. Запашук Л.В. Енергоменеджмент як основа забезпечення енергоефективності виробничої діяльності підприємства. URL:<http://repository.hneu.edu.ua>

УДК 69.059.4: 621.311.24

Валентина Зубенко¹, доц., канд. техн. наук, **Ірина Березюк²**, доц., канд. техн. наук

¹*Херсонський державний аграрно-економічний університет,
e-mail: zub_valya@ukr.net*

²*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: shapovalovai@ukr.net*

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ У БУДІВНИЦТВІ

Проблема енергоефективності будівель набуває все більшої актуальності у сучасному світі. Зростання цін на енергоносії, загострення екологічних проблем та прагнення до комфорту спонукають до пошуку ефективних рішень для зменшення енергоспоживання в будівлях. Одним із ключових напрямів є застосування сучасних теплоізоляційних технологій. Теплоізоляція є ключовим елементом для забезпечення комфорту в приміщеннях і зниження енергетичних витрат. Однак аналіз літератури з цього питання [1,2], свідчить, що більшість будівель все ще використовують застарілі технології, що призводить до значних теплових втрат, які є наслідком використання неефективної теплоізоляції, старих конструкційних матеріалів та відсутності сучасних систем енергозбереження. А низький рівень використання пасивних технологій та недостатнє впровадження рекупераційних систем ускладнює досягнення енергоефективності та призводить до надмірних витрат на опалення й охолодження.

Основними проблемами, що стримують впровадження сучасних теплоізоляційних технологій, є недостатня обізнаність споживачів про новітні матеріали і технології, а також брак ефективних державних програм підтримки. Незважаючи на досягнення в цій галузі, існують труднощі з вибором оптимальних матеріалів та технологій, а також з низьким рівнем енергоефективності існуючого житлового фонду.

Аналіз публікацій свідчить, що сучасні теплоізоляційні технології мають великий потенціал для зниження енергетичних витрат у будівництві. Для активізації переходу до енергоефективного будівництва важливо реалізовувати інформаційні кампанії, розробляти програми підтримки та заохочувати інвестиції в нові технології.

Отже, зважаючи на зростання вартості енергоресурсів та глобальні зміни клімату, необхідність впровадження енергоефективних технологій є надзвичайно важливою. Тому, розробка нових підходів та впровадження сучасних технологій дозволить зменшити залежність від зовнішніх джерел енергії та підвищити комфорт і екологічну безпеку проживання.

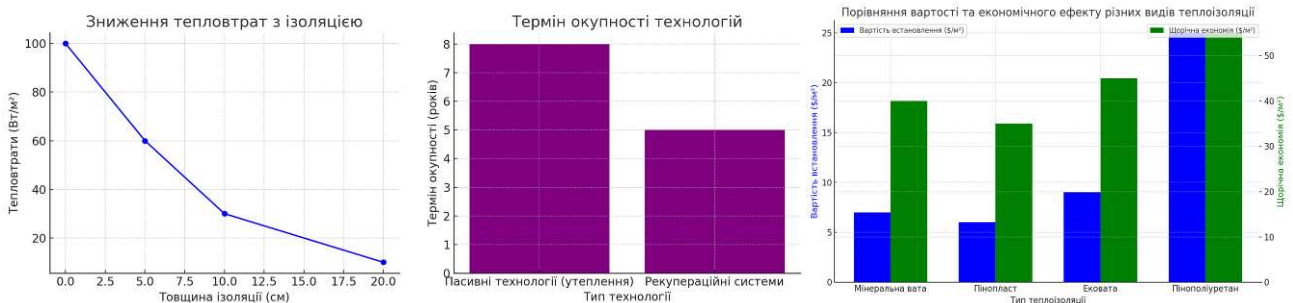
Метою роботи є аналіз та узагальнення існуючих енергоефективних технологій у будівництві з акцентом на теплотехнологічні аспекти та визначення шляхів покращення енергозбереження у будівлях.

Важливим орієнтиром для проєктувальників та будівельників є норми, передбачені Державними будівельними нормами України (ДБН) [4,5], зокрема ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [3]. Цей документ регламентує стандарти для різних видів огорожувальних конструкцій, що дозволяють мінімізувати теплові втрати, оптимізувати витрати на енергоресурси та підвищити рівень комфорту всередині приміщень.

У процесі проведення дослідження щодо впровадження теплоізоляційних матеріалів у будівництво зосереджено увагу на аналізі їх ефективності, економічної доцільності та впливу

на навколишнє середовище. Дослідження включало ряд експериментальних заходів, зокрема порівняння різних видів теплоізоляції, таких як мінеральна вата, пінопласт, ековата та пінополіуретан, з точки зору їхньої теплоізоляційної здатності, вартісних характеристик та терміну служби.

Здійснено детальний аналіз термічних втрат в умовах реальних будівель із використанням методів комп'ютерного моделювання та вимірювання. Результати показали, що матеріали з низьким коефіцієнтом теплопровідності, зокрема пінополіуретан, демонструють найвищу ефективність у збереженні тепла, проте їхня висока вартість може стати перешкодою для широкого впровадження. Водночас ековата, що має добрі теплоізоляційні властивості і є екологічно чистим матеріалом, показала значний потенціал для використання в сучасному будівництві.



Важливим аспектом дослідження стало вивчення економічних вигод від застосування теплоізоляційних матеріалів. Запровадження якісної теплоізоляції здатне знизити витрати на опалення та охолодження до 50%, що істотно впливає на загальну вартість експлуатації споруди. Ці фінансові вигоди, разом зі зниженням викидів CO₂, підтверджують доцільність інвестицій у теплоізоляційні технології.

Використання пасивних технологій разом із системами рекуперації є ефективною стратегією для зменшення витрат на енергопостачання та підвищення енергоефективності будівель. Графічні дані та таблиці демонструють значні економічні переваги при довгостроковій експлуатації, що підтверджує доцільність впровадження теплотехнологічних рішень в будівництві.

На основі отриманих даних можна стверджувати, що впровадження сучасних теплоізоляційних матеріалів є не тільки економічно вигідним, але й необхідним кроком до сталого розвитку в будівництві. Це покращує енергоефективність будівель і позитивно впливає на здоров'я мешканців, знижуючи ризики, пов'язані з вологістю та пліснявою.

Таким чином, результати дослідження підкреслюють потребу в інтеграції інноваційних теплоізоляційних рішень у будівельну практику для забезпечення комфортного та екологічного середовища.

Для досягнення цих цілей необхідно підвищувати обізнаність споживачів, підтримувати державні ініціативи та активно впроваджувати новітні технології в будівельній галузі.

Список літератури

- Захарченко П. В. та ін. Тепло- та звукоізоляційні матеріали та вироби в енергозберігаючих технологіях. Видання 2, виправлене. Київ: ЦУЛ, 2019. 400 с.
- Abu-Jdayil, B., Mourad, A.-H., Hittini, W., Hassan, M., & Nameedi, S. (2019). Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: An overview. *Construction and Building Materials*, 214, 709–735.
- Державні будівельні норми України: [сайт]. Режим доступу: <http://dbn.at.ua/index/0-4> (дата звернення 21.01.2013)
- Державні будівельні норми. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 37 с.
- Національний стандарт України. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189:2013. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 55 с.

УДК 620.9

Ірина Вашишак, доц., канд. техн. наук

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ
e-mail: iryna.vashchysyak@nung.edu.ua*

РОЛЬ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ ПРИ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОМУ ОБҐРУНТУВАННІ ПРОЄКТІВ З ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

У сучасних умовах зростаючої енергетичної нестабільності, коли енергетична система України зазнає значних навантажень через бойові дії та інші надзвичайні обставини, питання безперебійного енергозабезпечення стають дедалі актуальнішими для багатьох підприємств. Впровадження систем безперебійного енергозабезпечення дозволяє значно знизити ризики, пов'язані з аварійними відключеннями електричної енергії, а також підвищити загальну енергоефективність підприємств. Для успішного впровадження таких систем важливим етапом є техніко-економічне обґрунтування проєкту, в якому визначається не лише технічна доцільність, а й економічна ефективність інвестицій.

Під час техніко-економічного обґрунтування проєктів, що стосуються енергоефективності, важливо мати чітке уявлення про енергетичні потреби підприємства. Це особливо актуально, коли вибір стоїть, наприклад, між закупівлею традиційного дизельного генератора та впровадженням системи безперебійного енергозабезпечення на базі акумуляторних батарей. В даному контексті результати енергомоніторингу можуть суттєво вплинути на прийняття обґрунтованого рішення. Енергомоніторинг дозволяє провести детальний аналіз споживання енергії в реальному часі, що є основою для правильного вибору типу і потужності резервного джерела енергії. Крім того, використання енергомоніторингу забезпечує ефективний баланс між витратами на енергопостачання та інвестиціями в систему безперебійного енергозабезпечення, що робить рішення більш економічно обґрунтованим.

Перший етап техніко-економічного обґрунтування проєкту включає детальне вивчення поточного рівня енергоспоживання підприємства. Для розв'язання поставлених завдань використано дані системи енергомоніторингу Smart MAIC, яка була впроваджена в ТОВ «Науково-виробнича фірма «Зонд» [1, 2]. На основі даних, отриманих із системи енергомоніторингу, проведено детальний аналіз споживання електроенергії за останні роки. Споживання електроенергії має сезонний характер: зниження споживання спостерігається в періоди літнього сезону. Щоб здійснити вибір оптимальної системи безперебійного енергозабезпечення визначено пікове навантаження, яке спостерігається на об'єкті протягом місяця та доби (рис. 1).

Як бачимо, найбільші піки споживання електроенергії спостерігаються вранці з 8:00 до 12:00, а з 12:00 до 17:00 споживання тримається на несуттєво нижчому рівні, що є важливим фактором при виборі потужності резервних джерел енергії. У даному випадку система повинна забезпечити покриття пікових навантажень у 12 кВт, коли потреби в енергії максимально зростають через необхідність освітлення та роботи офісного обладнання.

Проведемо порівняння двох варіантів енергозабезпечення: генератор / акумулятор.

Дизельний або бензиновий генератор є традиційним способом забезпечення енергопостачання в разі перебоїв з електрикою. Однак його використання залежить від кількох важливих чинників:



Рисунок 1 – Динаміка споживання електричної енергії протягом доби (дані енергомоніторингу)

– потужність генератора: якщо пікове споживання енергії досягає 12 кВт, то генератор має бути здатний працювати на потужності не менше цієї величини. Відповідно це впливатиме на його вартість, яка на даний час коливається в межах 130-160 тис.грн.;

– експлуатаційні витрати: використання генератора передбачає постійні витрати на паливо та технічне обслуговування. Враховуючи актуальні ціни на дизельне паливо, витрати на експлуатацію генератора є досить високими. За здійсненим прогнозуванням, враховуючи

графіки вимкнень електроенергії та дані системи енергомоніторингу, орієнтовна вартість згенерованої електроенергії складе 40,00 грн/кВт·год.;

– залежність від зовнішніх факторів: генератор потребує зовнішнього джерела палива і має обмежений термін служби, тому його експлуатація пов'язана з додатковими витратами на доставку пального та обслуговування обладнання.

Система безперебійного енергопостачання на основі акумуляторної батареї та інвертора має кілька переваг, що робить її ефективним варіантом:

– безперервне енергопостачання: акумуляторна система забезпечує безперебійне енергопостачання в разі відключення мережі, особливо на короткий період часу, поки не буде включено основне джерело енергії або поки не відновиться постачання електрики;

– економія на енергозабезпеченні: система акумуляування енергії дозволяє накопичувати електроенергію в години низької вартості, наприклад, вночі, коли тариф на електроенергію є нижчим, а потім використовувати її під час пікових навантажень. Це значно знижує витрати на енергопостачання і робить систему економічно вигідною в довгостроковій перспективі;

– технічні витрати та обслуговування: акумуляторна система не потребує пального і значно менш залежить від зовнішніх постачальників ресурсів. Однак вона також вимагає значних початкових інвестицій у закупівлю акумулятора та інвертора (160-180 тис.грн);

– екологічні аспекти: використання акумуляторів значно знижує викиди CO₂ порівняно з дизельними генераторами, що є важливим фактором для підприємств, які прагнуть знизити свій екологічний слід і відповідати сучасним стандартам сталого розвитку.

За результатами порівняльного аналізу стає зрозумілим, що для даного підприємства система акумуляування може бути значно вигіднішою, оскільки дозволяє накопичувати енергію вночі і використовувати її в пікові години.

Таким чином, використання даних системи енергомоніторингу Smart MAIC дало змогу точно прогнозувати потреби в електроенергії, економічно обґрунтувати необхідність резервних потужностей, і зробити проект максимально вигідним та ефективним для підприємства. Крім того, однією з найбільших переваг інтеграції системи Smart MAIC є можливість постійного моніторингу й адаптації енергетичних стратегій навіть після впровадження заходів з енергоефективності. За даними системи енергомоніторингу стає можливим відстежувати перевищення пікового споживання та коригувати його шляхом часткового вимкнення споживачів (наприклад, кавомашини, принтерів, бойлера тощо).

Список літератури

1. ТОВ «НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА «ЗОНД»: офіційний сайт. URL: <https://zond-ndt.com/>.
2. Ващишак І.Р. Мовчан Ю.В. Ефективність впровадження системи енергетичного менеджменту у ТОВ «НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА «ЗОНД». *Енергетика: економіка, технології, екологія*. КІП ім. Ігоря Сікорського, 2024. № 1. С.45-50.

УДК 621.31

Юрій Шерстньов, аспірант, ЕЕМ-22-1а
Криворізької Національної Університет, м. Кривий Ріг
e-mail: yurasw1@gmail.com

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПЕРЕТІКАННЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ

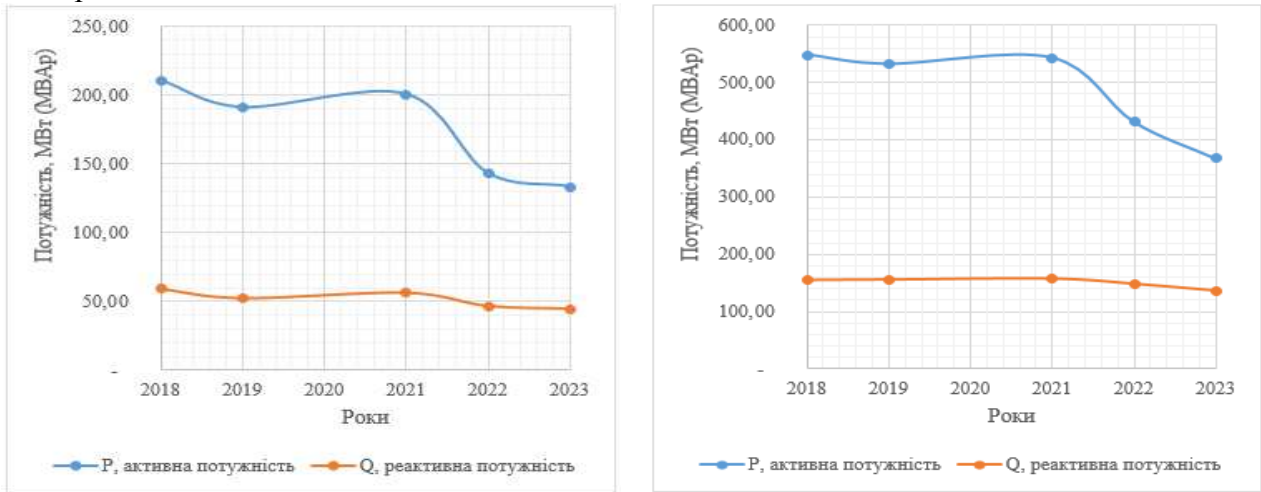
Постановка проблеми. Енергетична ефективність є ключовим фактором у підвищенні конкурентоспроможності гірничозбагачувальних підприємств (ГЗК), які належать до найбільш енергоємних промислових об'єктів. Однією з критичних проблем залишається неефективне управління реактивною потужністю (РП), що призводить до значних втрат активної енергії, зниження надійності електромереж та збільшення експлуатаційних витрат. Нестабільність перетікання РП створює додаткове навантаження на розподільні системи, знижує ефективність використання виробничих потужностей. На додачу, в поточних реаліях склалася ситуація обмеження споживання електричної потужності. Через це знижується завантаженість трансформаторів, асинхронних двигунів, що призводить до збільшення частки РП. Додатково можливі відключення «природних» компенсаторів – синхронних двигунів (СД). В такій ситуації виникає необхідність створення багатокритеріальної централізованої системи обліку та контролю перетікання реактивної потужності, що базується на інтеграції інформаційних і автоматизованих технологій. Така система дозволить оптимізувати розподіл електроенергії в режимі реального часу, зменшити навантаження на мережі та знизити втрати електроенергії. Обґрунтоване впровадження централізованого управління забезпечить гнучке регулювання реактивної потужності та створить умови для підвищення надійності електропостачання й ефективного використання ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз досліджень показують перспективи впровадження централізованої системи керування перетікання реактивної потужності [1, 2, 3]. Авторами доведена перевага розподіленої компенсації для покращення коефіцієнта потужності у вузлах електроенергетичної системи [1]. При цьому автоматизовані централізовані системи для управління перетікання реактивної потужності в промислових мережах демонструють підвищення енергоефективності на 15-20% в залежності від певних умов [2]. Централізоване керування дозволяє більш точно регулювати розподіл реактивної потужності [3].

Визначення проблеми. На підставі проведеного аналізу необхідно проаналізувати поточний стан споживання електричної енергії. Також необхідно на основі схем електропостачання запропонувати централізовану систему обліку та контролю перетікання реактивної потужності.

Основний матеріал. Аналіз річних тенденцій у графіках споживання електричної енергії є ключовим етапом у розумінні поточних проблем. На рис. 1 зображено споживання активної та реактивної потужності на ГЗП №1 та ГЗП №2 підприємства N. На даних графіках помітне суттєве зниження споживання активної складової за останні роки, при цьому реактивна складова майже не змінилася. Ситуація, коли реактивна потужність залишається сталою, створює виклики для управління енергетичними ресурсами. Зокрема, високий рівень реактивного навантаження призводить до неефективного використання трансформаторів і електродвигунів, які працюють у режимі недозавантаженості. Також підприємство сплачує не лише за фактичний рівень спожитої реактивної потужності, але й додаткові кошти за

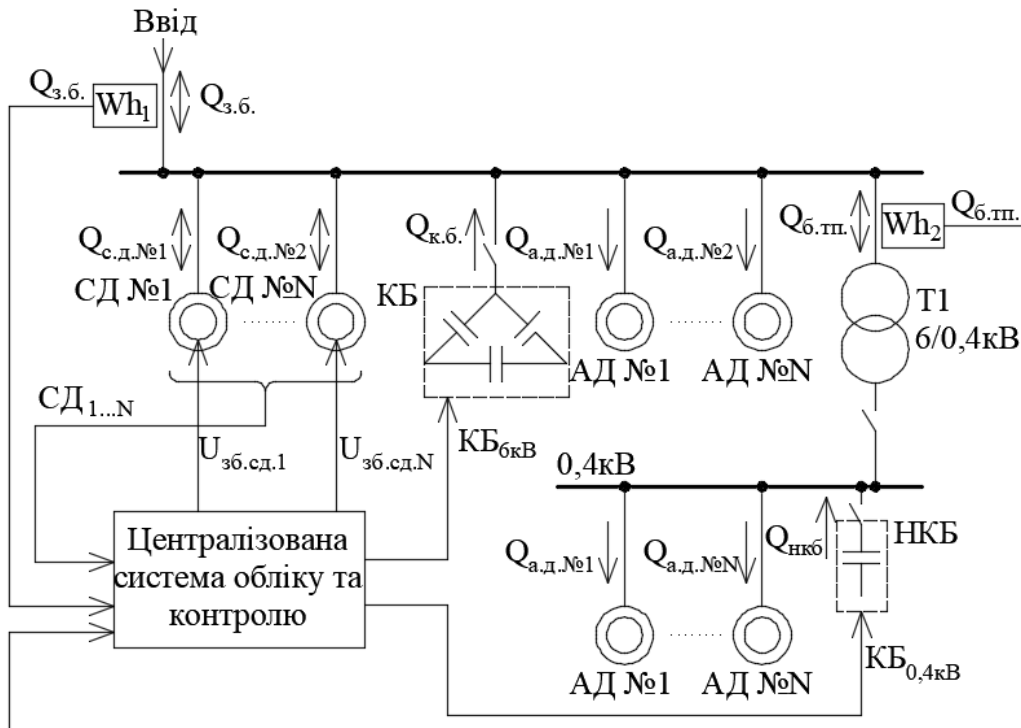
недокомпенсацію. Очевидним рішенням є необхідність розробки централізованої системи обліку та контролю за перетікання реактивної потужності. Така система дозволить оптимізувати розподіл енергії в мережі, знизити втрати та забезпечити надійність електропостачання.



а) ГЗП №1; б) ГЗП №2.

Рисунок 1 – Споживання електричної енергії споживачами ГЗП за різні роки

Централізована система керування перетікання реактивної потужності має враховувати стохастичну природу добових коливань потужностей. З огляду на випадковий характер цих змін, ефективна система має бути здатною швидко й точно адаптуватися до змін енергетичного навантаження в реальному часі. На рис. 2 зображена така система.



$Q_{з.б.}$ загальний баланс РП; $Q_{с.д.№1} \dots Q_{с.д.№N}$ споживання (генерація) РП синхронними двигунами; $Q_{к.б.}$ генерація РП конденсаторними батареями 6кВ; $Q_{а.д.№1} \dots Q_{а.д.№N}$ споживання РП асинхронними двигунами; $Q_{б.тп.}$ баланс РП 0,4кВ; $Q_{нкб}$ генерація РП конденсаторними батареями 0,4кВ; СД_{1...N} дані про технологічні параметри синхронних двигунів; $U_{зб.сд.1} \dots U_{зб.сд.N}$ напруга збудження синхронних двигунів; КБ_{0,4кВ} (КБ_{6кВ}) контроль ступенів конденсаторних батарей.

Рисунок 2 – Централізована система обліку та контролю перетоків реактивної потужності

Централізована система, зображена на рис. 2 побудована на основі інтелектуальної обробки даних із лічильників, розміщених на вузлових точках електромережі. Ці лічильники постійно відслідковують балансні значення перетікання реактивної потужності (для синхронних двигунів – їх технологічні параметри).

Система використовує принципи адаптивного управління, що дозволяють автоматично регулювати роботу компенсуючих пристроїв відповідно до змін у споживанні енергії. Для цього регулюється компенсуюча здатність СД №1...СД №N (змінюючи Узб.сд.1... Узб.сд.N) та переключаючи ступені КБ (КБ6кВ та КБ0,4кВ). Варто також зазначити, що раціонально використовувати в першу чергу КБ, оскільки в середньому втрати у перерахунку на кВт/кВАр для КБ складають 0,002-0,0045 кВт/кВАр. В той же час, як для СД цей показник становить 0,013 кВт/кВАр. Тобто більш сприятливим процесом компенсації є залучання в першу чергу саме конденсаторних установок. При цьому загальне балансне значення $Q_{з.б.}$ (МВАр·год) повинно дорівнювати нулю, що означає те, що система не генерує та не споживає реактивну потужність з мережі.

У випадку наявності синхронних двигунів, оцінюється доцільність їх використання у процесі компенсації реактивної потужності. Для цього централізована система моніторить технологічні показники СД (їх число, температуру охолоджуючого повітря, температуру обмоток статора та побічно ротора, живлячу напругу і не перевищувати допустимі значення цих параметрів). Отримані дані використовуються для оптимального регулювання СД, забезпечуючи рівномірне завантаження по повній потужності [4]. Централізована система з інтелектуальною обробкою даних лічильників впроваджена в проект реконструкції живлячої підстанції 6/0,4кВ підприємства N.

Електричні мережі промислових підприємств є досить складними структурами з великою кількістю споживачів з різкозмінним характером навантаження. В свою чергу, самі підстанції є також складовими ще більшої енергетичної системи. Аналіз та керування складовими у такому випадку буде дуже складним та нераціональним по відношенню до затрачуваних розрахункових потужностей. Через це можлива реалізація централізованої системи обліку та контролю, наприклад, на основі нечіткої логіки. Нечітка логіка дозволяє створювати централізовані системи, які можуть обробляти інформацію з невизначеними або нечіткими значеннями. Це зменшує ризики некоректних рішень, які можуть виникати внаслідок різких коливань навантаження чи змін у виробничих процесах.

Висновки. В результаті дослідження встановлено, що централізована система обліку та керування реактивною потужністю на основі інтелектуальних систем з використанням нечіткої логіки дозволяє раціонально використовувати компенсуючі пристрої. При цьому КБ та СД використовуються адаптивно, в залежності від технологічних параметрів СД та потреб у РП. У результаті забезпечується нульове споживання РП з мережі, значно знижуючи сплату підприємством за електричну енергію.

Таким чином, інтеграція централізованої системи керування з іншими елементами енергетичного менеджменту підприємства дозволяє не лише знижувати втрати, а й оптимізувати загальну електроенергетичну структуру, підвищуючи стабільність та надійність електропостачання.

Список літератури

1. Salim Adolfo G.Y., Vladimir S.S., Kelly B.S., John E. Candelo-Becerra, Jorge de la Cruz Comprasion of Reactive Power Compensation Methods in an Industrial Electrical System with Power Quality Problems // Electricity, 2024. vol. 5, issue 3. PP. 642-661. DOI:10.3390/electricity5030032.
2. Lionginas L. The methods of reactive power compensation in the 25kV, 50Hz contact network // Transport Problems, 2018. vol. 13, issue 5. PP. 59-68. DOI:10.21307/tp.2018.13.1.6.
3. Alireza A., Hossein H. An improved centralized/decentralized accurate reactive power sharing methond in AC micr grids // International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2023. vol. 148. 108908. DOI:10.1016/j.ijepes.2022.108908.
4. Спосіб підвищення енергоефективності технічних систем технологічних агрегатів з синхронними приводами: пат. 157230 Україна: МПК H02J 3/18; заявл. 14.03.2024; опубл. 18.09.2024, Бюл. №38. 6 с..

УДК 621.333.41

Олександр Кухта, аспірант,
Криворізький Національний Університет, м. Кривий Ріг
e-mail: cuxta.s@gmail.com

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ МІСЬКОГО РЕЙКОВОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ: ІННОВАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Питання енергоефективності міського рейкового транспорту стає дедалі актуальнішим на тлі зростання вартості енергоносіїв, глобальних енергетичних викликів та зростаючих вимог до зменшення впливу транспорту на довкілля. Для багатьох міст, особливо в умовах енергетичної кризи, забезпечення стабільності та економічної ефективності транспортної системи стає пріоритетом. Міський електротранспорт є основним засобом мобільності, однак потребує значних енергетичних ресурсів, що формує високу частку загальних витрат міських бюджетів та створює додаткове навантаження на енергетичну систему.

Рекуперативне гальмування у міському рейковому транспорті дозволяє повертати до 25% витраченої енергії під час гальмування назад в електромережу або акумулювати її в спеціальних накопичувачах. Це значно знижує загальне споживання енергії та сприяє зменшенню витрат. За даними моделювання, налаштування режиму гальмування та оптимізації швидкості дозволяють мінімізувати енерговитрати під час частих зупинок на маршруті [4].

Використання пакетного графіка руху допомагає уникати пікових навантажень у мережі та сприяє рівномірному розподілу енергоспоживання [5]. Наприклад, налаштування інтервалу між пакетами трамваїв на критичних ділянках маршруту зменшує загальні втрати електроенергії. Зменшення інтервалу руху з 6 до 4 хвилин між трамваями дозволяє досягти економії енергії до 2,5%, що позитивно позначається на стабільності системи та витратах.

Ємнісні, індуктивні та механічні накопичувачі енергії можуть розташовуватися на тягових підстанціях та безпосередньо в транспортних засобах, що дає можливість акумулювати рекуперовану енергію. Це не тільки зменшує втрати електроенергії під час пікових навантажень, але й підвищує стабільність та надійність роботи електромережі. Зокрема, ємнісні накопичувачі на підстанціях дозволяють акумулювати до 20% енергії, що повертається при гальмуванні, сприяючи більш раціональному використанню енергоресурсів [5].

Інверторні перетворювачі, встановлені на підстанціях, дозволяють передавати надлишкову енергію рекуперації до мережі змінного струму середньої напруги. Це не лише знижує потребу в новій електроенергії, але й забезпечує стабільність енергозабезпечення під час максимальних навантажень. За результатами моделювання, використання інверторів підвищує ефективність системи до 15–18%, дозволяючи економити енергоресурси та забезпечуючи додатковий захист від перепадів напруги.

Модернізація системи з використанням технологій рекуперації, накопичувачів енергії та оптимізації графіків руху дозволяє скоротити витрати на енергоносії на 2–5%. При цьому вартість інвестицій окуповується протягом 5–10 років, залежно від типу обладнання та місця його розташування. Впровадження накопичувачів і інверторних перетворювачів є економічно доцільним кроком, оскільки сприяє зниженню щорічних витрат на електроенергію, підвищуючи стабільність транспортної мережі та надійність енергопостачання.

Висновок

Застосування комплексного підходу до підвищення енергоефективності міського рейкового транспорту, включаючи рекуперативне гальмування, оптимізацію графіків руху, встановлення накопичувачів енергії та використання інверторних перетворювачів, є перспективним і економічно обґрунтованим рішенням. Це не лише знижує витрати на енергоспоживання, але й сприяє стабільності електромережі та зменшує вплив на довкілля. Описані рішення відкривають можливості для сталого розвитку міської транспортної інфраструктури, підвищення її надійності та адаптивності до сучасних енергетичних викликів.

Список літератури

1. Гетьман Г. К. Теорія електричної тяги / Г. К. Гетьман. – Дніпро: Акцент ПП, 2014. – 580 с. – (Підручник).
2. Електропостачання електричного транспорту: навч. посіб./В. Х. Далека, В. К. Нем, В. І. Скуріхін; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 168 с.
3. Мокін Б. І., Мокін О. Б. Ідентифікація параметрів моделей та оптимізація режимів системи електропривода трамвая з тяговими електродвигунами постійного струму. Монографія. – Вінниця: Універсум 2008. – 92с.
4. Кухта О. О. Аналіз методів підвищення ефективності енергії рекуперації рейкового електротранспорту / Олександр Олександрович Кухта. // Вісник Хмельницького національного університету.. – 2024. — №4. – С. 397–405.
5. Кухта О. О. Моделювання режиму рекуперативного гальмування у системі тягової підстанції / Олександр Олександрович Кухта. // Вісник Хмельницького національного університету.. – 2024. – №3. – С. 342-348.

УДК 620.9

Катерина Козка, здобувач гр. ЕНМ-23МЗ, **Владислав Третяк**, здобувач гр. ЕНМ-23М, **Катерина Петрова**, доц., канд. техн. наук, **Сергій Серебренніков**, проф., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: kateflash27@gmail.com

ФОРМУВАННЯ НАУКОВО-ОБГРУНТОВАНОГО МЕХАНІЗМУ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЖИТЛОВИХ ТА ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Постановка проблеми. Енергоефективність є однією з головних тем сучасних наукових досліджень, оскільки приблизно 40% загального енергоспоживання у світі припадає на сектор житлових та громадських будівель. Водночас, саме цей сектор генерує близько 36% від загальних викидів вуглекислого газу, що значно впливає на глобальне потепління та екологічну ситуацію. У країнах ЄС на частку житлових і громадських будівель припадає понад 30% енергоспоживання, і щорічні витрати на опалення, освітлення та електричне обладнання сягають значної частки національних бюджетів.

В Україні будівельний сектор також характеризується високими показниками енергоспоживання, що становить близько 35% усіх витрат енергії, при цьому енергоефективність будівель залишається на низькому рівні. Наприклад, дослідження показали, що середньостатистична українська будівля споживає втричі більше енергії на одиницю площі, ніж будівля аналогічного призначення у країнах ЄС. Таким чином, оптимізація енергоспоживання у житлових і громадських будівлях є пріоритетним завданням, яке сприятиме як економії ресурсів, так і зниженню екологічного навантаження.

У цьому контексті моніторинг енергоспоживання є основним інструментом для виявлення неефективних зон, аналізу споживання та розробки оптимальних управлінських рішень.

Постановка завдання. Метою роботи є розроблення науково обґрунтованого механізму моніторингу енергоспоживання для житлових та громадських будівель. До основних завдань належать:

- 1) Аналіз існуючих методів моніторингу енергоспоживання.
- 2) Вивчення технологічних засобів збору даних, зокрема інтелектуальних лічильників та IoT-рішень.
- 3) Визначення основних показників енергоспоживання для точного та ефективного моніторингу.

Виклад основного матеріалу. Системний підхід передбачає розгляд моніторингу енергоспоживання як частини інтегрованої системи управління будівлею. Моделювання та прогнозування забезпечують можливість аналізу енергетичних процесів на основі статистичних даних, що дозволяє прогнозувати споживання та виявляти аномалії. У той же час, використання інтелектуальних технологій з використанням "розумних" лічильників і сенсорів дозволяють забезпечити оперативний збір та оброблення даних.

Основні етапи формування механізму моніторингу:

- 1) Збір даних про споживання електричної та теплової енергії здійснюється за допомогою сенсорів і лічильників, інтегрованих у систему інтернету речей (IoT). Зібрана інформація обробляється в режимі реального часу, що дозволяє відслідковувати зміни в енергоспоживанні та своєчасно реагувати на відхилення.

2) Використання програмного забезпечення для аналізу даних дозволяє виділяти основні тренди та виявляти невідповідності, що свідчать про неефективне використання енергії. Моделювання енергетичних процесів на основі великих даних дозволяє прогнозувати потреби в енергії та адаптувати використання ресурсів залежно від конкретних умов.

3) Інформація про енергоспоживання повинна бути доступною для користувачів через зручні інтерфейси, які дозволяють швидко оцінювати стан споживання енергії та приймати оперативні рішення щодо його оптимізації.

4) Механізм моніторингу може бути інтегрований з системами управління будівлями для автоматизованого регулювання енергоспоживання залежно від потреб. Це забезпечує гнучкість у налаштуванні параметрів енергоспоживання та покращує ефективність управління ресурсами.

Впровадження системи енергетичного менеджменту має відбуватись у відповідності з вимогами ISO 50001 [1] та інших нормативно-правових документів (див. рис.1).



Рисунок 1 – Механізм впровадження системи енергетичного менеджменту

Джерело: розроблено авторами з використанням [1]

Висновки. Формування науково-обґрунтованого механізму моніторингу енергоспоживання вимагає комплексного підходу з використанням сучасних інструментів збору та оброблення даних. Використання таких технологій, як IoT та "розумні" лічильники, дозволить досягти більшої ефективності в управлінні енергоресурсами, що має критичне значення для сталого розвитку та енергетичної незалежності.

Список літератури

1. ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 50001: 2018, IDT). [Чинний від 2020-09-15]. Київ, 2020. 33 с. (Державний стандарт України).
2. Богданов О.М., Плескач Б.М. Інформаційна технологія моніторингу ефективності енергоспоживання технологічних систем. Штучний інтелект. 2019. Вип. 1-2. С. 34-42.
3. Bertoldi, P., et al. "Energy efficiency status report 2020: Assessing progress towards the EU's energy efficiency targets." Journal of Energy Efficiency, 2020.
4. Prieto, A., et al. "Advanced methods for building energy consumption prediction and management". Energy and Buildings, 2019, 202, pp. 109-121.
5. Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. "A review on buildings energy consumption information". Energy and Buildings, 2008, 40(3), pp. 394-398.

УДК 620.9

Ірина Колодій, здобувач гр. ЕНМ-23МЗ, **Михайло Горбов**, здобувач гр. ЕНМ-23М, **Катерина Петрова**, доц., канд. техн. наук, **Сергій Серебренніков**, проф., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: kateflash27@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АДМІНІСТРАТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

Постановка проблеми. Адміністративні будівлі є значними споживачами енергії, особливо в частині електричної та теплової енергії. За даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA), на будівлі припадає близько 40% світового енергоспоживання та 30% викидів парникових газів. У Європейському Союзі близько 36% всіх викидів CO₂ походить від будівельного сектору, причому адміністративні будівлі складають ліву частку цих об'єктів.

В Україні ситуація з енергетичною ефективністю також залишається проблемною: згідно з даними Державного агентства з енергоефективності, енергоспоживання будівель є на 30-50% вищим, ніж у розвинутих країнах ЄС. Основними причинами є застаріле обладнання, недостатня теплоізоляція та відсутність сучасних систем автоматизованого контролю. Враховуючи підвищення вартості енергоресурсів та актуальні екологічні виклики, питання підвищення енергоефективності адміністративних будівель набуває особливої актуальності.

Постановка завдання. Метою роботи є огляд основних методів підвищення енергоефективності адміністративних будівель, що дозволяють суттєво зменшити витрати на енергоспоживання та сприяють виконанню міжнародних вимог щодо скорочення викидів вуглекислого газу.

Виклад основного матеріалу. Для зменшення енергоспоживання адміністративних будівель існує низка ефективних методів, які можуть бути використані як окремо, так і сумісно. Основними з них є:

1) Енергоаудит та оцінка енергетичних потреб. Першим етапом підвищення енергоефективності є проведення енергоаудиту, який дозволяє оцінити поточний стан енергоспоживання та визначити можливі шляхи його оптимізації. Енергоаудит поєднує аналіз теплових втрат будівлі, витрат на опалення, освітлення, а також використання електроенергії для побутових і технологічних потреб. Результати аудиту слугують основою для розробки рекомендацій щодо вдосконалення енергоспоживання та встановлення енергозберігаючих технологій.

2) Покращення теплоізоляції будівлі. Дослідження показують, що до 40% теплової енергії може втрачатися через неякісну теплоізоляцію будівельних конструкцій. Використання сучасних ізоляційних матеріалів - таких як мінеральна вата, пінополіуретан або інші композитні матеріали - дозволяє значно знизити теплові втрати. Зокрема, утеплення фасадів із застосуванням вентильованих систем забезпечує додаткову економію на опаленні та підвищує комфорт у приміщеннях. Ізоляційні матеріали на стінах, покрівлі та підлозі можуть значно знизити теплові втрати, що зменшує навантаження на системи опалення.

3) Модернізація системи опалення та вентиляції. Опалення та вентиляція є ключовими споживачами енергії у будівлях. Використання сучасних котлів із високим коефіцієнтом корисної дії, заміна звичайних опалювальних приладів на прилади з регульованими тепловими параметрами дозволяють значно знизити витрати. Крім того, у традиційних системах вентиляції значна кількість тепла втрачається через витяжне повітря. Сучасні вентиляційні установки з рекуперацією дозволяють повернути частину цього тепла

назад до системи, знижуючи потребу в додатковому обігріві. Наприклад, впровадження вентиляційних систем із рекуператорами у великих адміністративних будівлях може зменшити енерговитрати на опалення до 25%.

4) Інтеграція систем автоматизації та моніторингу. Системи автоматизації, такі як BMS (Building Management System), забезпечують контроль та управління витратами енергії. Вони дозволяють налаштовувати роботу обладнання залежно від часу доби та потреб користувачів, а також надавати дані для аналізу енергоспоживання та подальшої оптимізації процесів.

5) Модернізація системи освітлення. Заміна традиційних ламп розжарювання на енергоефективні світлодіодні світильники (LED) дозволяє скоротити споживання електроенергії на освітлення до 50%. Використання датчиків руху та регуляторів яскравості забезпечує додаткову економію, оскільки освітлення вмикається лише за необхідності. Системи "розумного" управління освітленням дозволяють автоматично регулювати рівень освітлення відповідно до природного світла та присутності людей в приміщенні. Наприклад, у коридорах, де люди знаходяться епізодично, освітлення може вмикатись лише за наявності руху. Це може скоротити витрати на електроенергію до 30-40%

б) Використання відновлюваних джерел енергії. Впровадження систем сонячних панелей або геотермальних теплових насосів дозволяє зменшити залежність від традиційних джерел енергії. Ці системи можуть забезпечувати до 20-30% потреб у енергії для адміністративної будівлі, що також сприяє зниженню витрат та екологічних викидів.

Дослідження показують, що впровадження зазначених заходів може зменшити загальне енергоспоживання адміністративної будівлі на 25-40%. Наприклад, модернізація систем опалення та вентиляції дозволяє зменшити витрати орієнтовно на 15-20%, а покращення ізоляції – на 10-15%. Використання LED-освітлення у поєднанні з автоматизацією може допомогти отримати ефект зменшення витрат на освітлення до 50%.

Висновки. Підвищення рівня енергоефективності адміністративних будівель є економічно та екологічно обґрунтованим завданням, яке забезпечує зниження витрат на енергоресурси та скорочення викидів вуглецю. Ефективна реалізація комплексного підходу до модернізації інженерних систем будівель дозволяє досягти значних результатів у зменшенні споживання енергії. Подальші дослідження у цій галузі можуть бути спрямовані на оптимізацію витрат при впровадженні систем відновлюваної енергетики та покращенні автоматизації процесів контролю та управління енергоспоживанням.

Список літератури

1. Пономаренко О.Ю., Мойсеєнко І.В. Методи підвищення енергоефективності будівель. Будівництво та архітектура. 2021. № 3. С. 45-56.
2. European Commission. "A European Green Deal." COM(2019) 640 final. Brussels, 2019. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ec.europa.eu/info/publications/communication-european-green-deal_en
3. Тарасюк В.А. Енергозбереження в будівництві: підручник. Київ: Наукова думка, 2017. 312 с.
4. Omer, A. M. "Energy, environment and sustainable development." Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015. Vol. 42, pp. 5-9.
5. International Energy Agency. "Energy Efficiency 2021." [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2021>
6. BPIE. "Energy Performance of Buildings in Europe: The Role of Energy Efficiency in Achieving the Paris Agreement Goals." 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://bpie.eu/publication/energy-performance-of-buildings-in-europe/>
7. Плешков П.Г. Проблеми визначення ефективності та ранжування енергоощадних заходів на об'єктах бюджетної сфери / П.Г. Плешков, С.В. Серебренніков, К.Г. Петрова, І.В. Савеленко, О.І. Сіріков // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки: зб. наук. пр. – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – Вип. 1 (32). – С. 166 – 172. doi: 10.32515/2664-262X.2019.1(32).166-172 (Фахове видання категорії Б). Посилання на статтю: http://www.kntu.kr.ua/doc/visnyk_1_32.pdf#page=167

УДК 620.4+658.22

Діана Зозуля, здобувач гр. ЕНМ-23М, **Наталія Гарасьова**, доц., канд. техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький,
e-mail: ngarasova@gmail.com

СКОРочЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Однією з найбільш важливих та складних проблем у сфері охорони навколишнього середовища за останнє століття є зміна клімату. Зростання викидів парникових газів (ПГ) антропогенного походження може призвести до порушення стійкості екологічної системи [1, 2]. Кіотський протокол регулює кількісні зобов'язання країн, що входять до Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату [3]. Ці зобов'язання стосуються скорочення викидів ПГ антропогенного походження.

До основних напрямків зниження викидів вуглекислого газу в розвинутих країнах відноситься: заміна видів спалюваного палива, тобто заміщення викопного палива на відновлювані джерела енергії, такі як сонячна, вітрова, гідроенергія та біоенергія; підвищення енергоефективності промислових підприємств, будівель та транспорту шляхом використання енергоефективного обладнання та технологій; вдосконалення системи передачі та постачання електроенергії; підвищення інвестицій у дослідження та розвиток нових технологій для зниження викидів вуглекислого газу [4].

Якщо розглядати окреме підприємство, таке як маслоекстракційний завод, він може бути джерелом значних викидів парникових газів, особливо якщо використовуються традиційні технології виробництва. Обсяг парникового газу, який викидає в атмосферу маслоекстракційний завод, залежить від декількох факторів, таких як: обсяг виробництва, тип продукції, тип палива, ефективність виробництва. Наприклад, маслоекстракційний завод з великим обсягом виробництва, більше 100 000 т продукції на рік, може мати загальний обсяг викидів парникових газів вище 20 000 т CO₂ на рік.

При розробці заходів по зниженню викидів парникових газів потрібно проведення енергоаудиту підприємства, оцінка енергоефективності виробництва, розробка плану скорочення викидів парникових газів. До можливих заходів скорочення викидів парникових газів відносяться:

- оптимізація процесу виробництва, використання енергоефективного обладнання та вдосконалення системи управління енергоспоживанням;
- вибір альтернативних технологій, наприклад, використання технології холодного пресування або екстракції;
- належне відновлення та утилізація відходів виробництва;
- реконструкції котельні з переводом на спалювання лушпиння соняшника;
- встановлення генератора для виробки електроенергії на підприємстві.

Розрахунок зниження викидів парникових газів від підвищення енергоефективності виробництва базується на визначені енергозбереження, яке було досягнуто шляхом підвищення енергоефективності [5]. Наприклад, після проведення заходів з підвищення енергоефективності на маслоекстракційному заводі, економія електроенергії склала близько 1300 МВт·год/рік. Коефіцієнт викидів парникових газів CO₂ в залежності від енергоносія приймаємо 420 кг/ МВт·год [6]. Тоді зниження викидів парникових газів складе 546 т CO₂-еквівалент на рік.

Отже, підвищення енергоефективності виробництва на маслоекстракційному заводі суттєво впливає на зниження викидів парникових газів та охорону навколишнього середовища.

Список літератури

1. Maslin, Mark. Climate Change: A Very Short Introduction. Oxford University Press, 2014.
2. Jefferson W. Tester. Sustainable Energy: Choosing Among Options. MIT Press Ltd/ 2012.
3. UNFCCC (Рамкова конвенція ООН про зміну клімату) / [Електронний ресурс].– Режим доступу: <http://unfccc.int>
4. Climate Change Research Center (CCRC) // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: : <http://www.ccrcc.unsw.edu.au>
5. Методичні рекомендації з оцінки викидів парникових газів за видами діяльності установок / [Електронний ресурс].– Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=96562
6. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель. Наказ 11.07.2018 № 169/ [Електронний ресурс].– Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text>
7. Охорона праці та промислова безпека. Монографія / К. Н. Ткачук, Л. Д. Третьякова, Д. В. Зеркалов, О. І. Полукаров, С. Ф. Каштанов // К.: Основа, 2014.– 123с.
8. Kordiukov, M., & Mileikovskiy, V. (2020). Методика розрахунку викидів парникових газів від експлуатації інженерних систем будівель. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, 32, 34–43. [Електронний ресурс].– Режим доступу: <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2020.0.34-43>

УДК 621.316.13

Анатолій Солох¹, здобувач гр. ЕНМ-23М, **Петро Плешков**¹, проф., канд. техн. наук, **Андрій Некрасов**², доц., канд. техн. наук, **Світлана Дубенко**¹, асистент

¹Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

²Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського, м. Кременчук
e-mail: kafedra.etsem@gmail.com

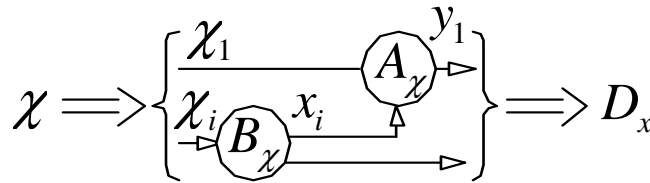
ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ І ЕФЕКТИВНОСТІ ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

Споживачі завдяки своїм характеристикам впливають на живлячу енергосистему, і цей вплив визначається якістю перетворення енергії як окремих споживачів, так і їх сукупним впливом. При цьому показники якості перетворення енергії залежать від параметрів якості енергії. Це пов'язано з тим, що споживач формує певний зовнішній вплив, включаючи складові напруги, частоту та інші параметри живлення.

Відхилення напруги значно впливають на протікання технологічних процесів в електрообладнанні. При зниженні напруги збільшується тривалість технологічного процесу, а деяких випадках це може призвести до його повного порушення.

Поліпшення якості електроенергії можливе як за рахунок оптимізації мережі живлення, так і шляхом впровадження спеціального обладнання, ґрунтуючись на досвіді проектних та експлуатаційних організацій.

Зв'язок між якістю перетворення енергії, станом ізоляції та підшипників, а також довговічністю електричної машини можна виразити за допомогою наступної математичної алгоритмічної моделі:



χ – узагальнений показник неякості перетворення енергії; B_χ – проектне значення параметра вібрацій; x_i – вплив механічних факторів на працездатність ізоляції; A_χ – проектна працездатність ізоляції; D_x – фактична працездатність електричного двигуна

Рисунок 1 – Структура взаємозв'язків показників якості перетворення, що визначають працездатність електричного двигуна

Випадкові коливання навантажень вимагають застосування статистичних інструментів та аналізу даних, що включає використання імовірнісно-статистичних методів розрахунку для більш точної оцінки показників.

З представленої схеми випливає, що показники якості перетворення енергії, особливо їх складові дозволяють визначити техніко-економічні параметри електричних машин і установок. Це відкриває можливості для реалізації заходів щодо ефективного використання обладнання, а також для оцінки його працездатності та прогнозування надійності роботи.

Для визначення показників якості перетворення енергії була проведена розробка імітаційної моделі.

Для трьохфазного електродвигуна електромагнітний момент та електромагнітна енергія відповідно:

$$M_e = p \frac{\partial W_e}{\partial \theta} \quad (1)$$

$$W_e = \frac{1}{2} (\psi_{s\alpha} i_{s\alpha} + \psi_{s\beta} i_{s\beta} + \psi_{s\gamma} i_{s\gamma} + \psi_{r\alpha} i_{r\alpha} + \psi_{r\beta} i_{r\beta} + \psi_{r\gamma} i_{r\gamma}) \quad (2)$$

$$M_e = p \frac{\sqrt{3}}{2} M [(i_{s\alpha} i_{r\gamma} + i_{s\beta} i_{r\alpha} + i_{s\gamma} i_{r\beta}) - (i_{s\alpha} i_{r\beta} + i_{s\beta} i_{r\gamma} + i_{s\gamma} i_{r\alpha})] \quad (3)$$

Формула (3) має всі можливі поєднання добутоків струмів для трифазної машини, що є ключовим для визначення електромагнітного моменту. Система рівнянь, що описує напруги та рух, служить для моделювання процесів електромеханічного перетворення енергії в трифазній машині. Для багатофазних електричних машин можна сформулювати подібні рівняння, як це робиться для трифазних машин. Однак, якщо завдання допускають перехід від багатофазної до еквівалентної двофазної моделі, це перетворення доцільно виконувати для спрощення розрахунків та аналізу.

Крім цього, трифазна модель електричної машини в системі координат дозволяє вивчати поведінку двигуна в умовах як несинусоїдальної напруги живлення, так і за наявності несиметрії фазних ланцюгів, що розширює можливості аналізу робочих режимів та потенційних несправностей.

Список літератури

1. Автоматизований комплекс визначення показників якості електроенергії / В. О.Мандзій, С. М. Бабюк, І. М. Сисак, В. В. Липницький. // Метрологія та прилади. – 2011. – №1. – С. 34–38.
2. Кириленко О.В. Аналіз стійкості енергетичних систем за напругою [Текст] // Кириленко О.В., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М., Зорін Є.В., // Технічна електродинаміка. – К.: ІЕД НАНУ, – 2010. – № 3. – С. 59 – 67.
3. Електромагнітна сумісність у системах електропостачання : Підручник / І.В. Жежеленко, А.К. Шидловський, Г.Г. Півняк, Ю.Л. Саєнко. – Д. : Національний гірничий університет, 2009. – 319 с. : іл.

УДК 621.316.13

Олег Нижник, здобувач гр. ЕНМ-23М, Петро Плешков, проф., канд. техн. наук,
Світлана Дубенко, асистент
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: kafedra.etsem@gmail.com

СИНТЕЗ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ РЕЖИМІВ

Для великих гірничих підприємств актуальним є завдання створення системи короткострокового та середньострокового прогнозування споживання електроенергії, яка б дозволяла мінімізувати відхилення фактичного обсягу споживання від запланованого. Відтак, розробка системи, що базується на методах нейромережевого моделювання для нелінійного прогнозування, є вкрай важливою та актуальною.

Вибір архітектури нейронної мережі завжди є пошуком балансу між досягненням необхідної точності прогнозування та витратами ресурсів, які потрібні для її навчання і роботи. Для розв'язання задач регресії найбільш популярною є класична багат шарова нейронна мережа з прямою передачею сигналу (багат шаровий перцептрон), яка не має зворотних зв'язків. Вона використовується як багат факторна модель, подібна до множинної регресії, і як динамічна багат факторна модель, що нагадує ARX-модель (авторегресію з урахуванням впливаючих чинників). Основна перевага цієї моделі полягає в тому, що вона ефективна в тих випадках, коли складно описати статистичні закономірності за допомогою традиційних підходів. Крім того, мережа здатна виявляти взаємозв'язки між вхідними параметрами, що дає змогу враховувати корельовані впливаючі фактори на вході.

Вибір незалежних змінних, що будуть враховані, має ґрунтуватися на їх впливі на споживання електричної енергії. Сила взаємозв'язку між змінними може бути описана емпіричним кореляційним коефіцієнтом. Таким чином, задача виділення найбільш значущих змінних зводиться до обчислень і порівняння емпіричних кореляційних коефіцієнтів, що характеризують взаємозв'язок відповідних незалежних змінних з прогнозованою.

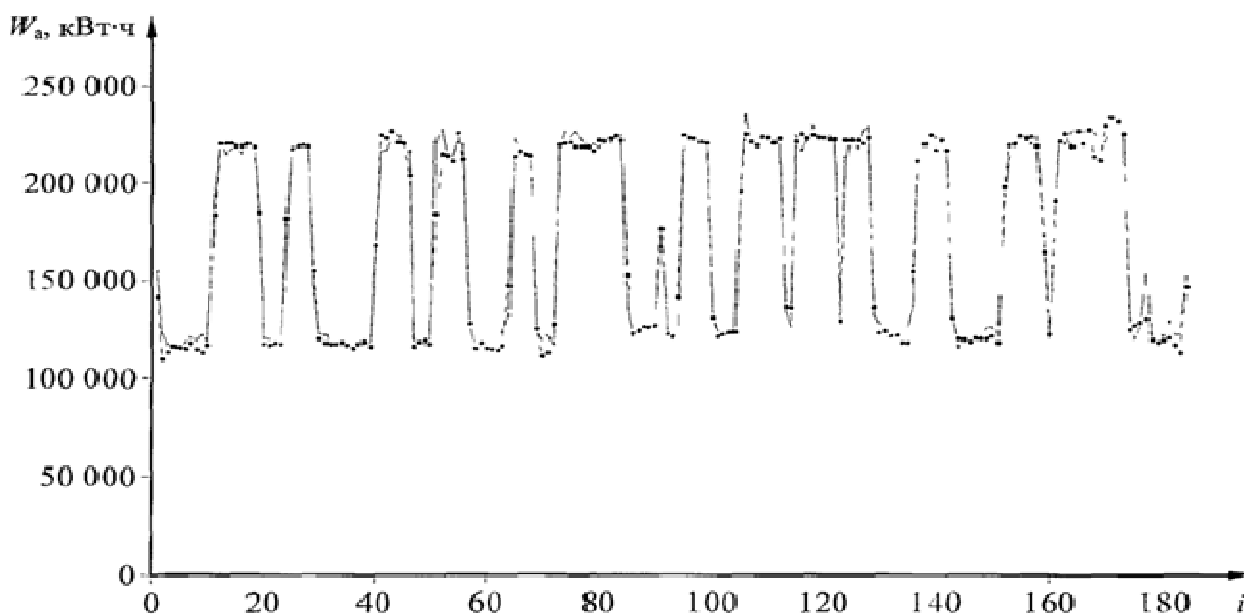
Для оцінки емпіричних кореляційних співвідношень використовується метод аналітичного групування. В якості прикладу розглянуто, як фактичне виробництво агломерату впливає на споживання електричної енергії.

Величина емпіричного кореляційного співвідношення:

$$\eta_{yx} = \sqrt{\frac{\sigma_{yx}^2}{\sigma_y^2}}. \quad \eta_{\text{тг}} = \sqrt{\frac{2655191255}{2752345229}} = 0,9828.0.$$

В результаті $\eta > 0,7$, оцінюється, як тісний зв'язок.

Графік споживання електричної енергії цехом виробництва окатишів (Wa) залежно від номера спостереження, побудований у MATLAB за даними тестової вибірки (рис. 1), показує, що нейронна мережа досить точно прогнозує це споживання.



--•-- фактичне споживання електричної енергії; - х-х- прогнозоване споживання електричної енергії

Рисунок 1 - Фактичне та прогнозоване споживання електроенергії цехом виробництва окатишів

Встановлення закономірностей енергоспоживання для енергоємного обладнання та технологічних комплексів є ключовим завданням при аналізі, нормуванні та плануванні витрат електроенергії, а також для оптимізації режимів її використання.

Найбільш точні результати у визначенні залежностей електроспоживання від основних факторів у виробничих умовах забезпечують математичні методи аналізу питомих витрат електроенергії.

Програма розрахунків витрат електроенергії складається з кількох етапів:

1. Складання тимчасових рядів вихідних даних;
2. Визначення рівнянь витрат електроенергії;
3. Розрахунок витрат електроенергії та норм за прогнозною моделлю.

Правильна організація обліку витрат електроенергії є ключовим елементом для аналізу та планування електроспоживання, а також для ведення технічно обґрунтованого нормування.

Список літератури

1. Нейронні мережі : теорія та практика: навч. посіб. / С. О. Субботін. – Житомир : Вид. О. О. Євенок, 2020. – 184 с.
2. Інтелектуальні методи в управлінні: навчальний посібник / Л. В. Дранишников. — Кам'янське: ДДТУ, 2018. — 416 с.
3. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / [Соловей О. І., Розен В. П., Плешков П.Г. та ін.] ; М-во освіти і науки України, Кіров. нац. техн. ун-т. – Кіровоград : КНТУ, 2015. – 287 с. ISBN 978-966-402-076-0.

УДК 621.316.13

Владислав Вознюк, здобувач гр. ЕНМ-23М, **Петро Плешков**, проф., канд. техн. наук, **Сергій Плешков**, доц., канд. техн. наук, **Світлана Дубенко**, асистент
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: kafedra.etsem@gmail.com

СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА З ВПРОВАДЖЕННЯМ ЕНЕРГОАУДИТУ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Показники комерційного та технічного обліку товарної продукції учасника оптового ринку використовуються для вирішення технічних, економічних та статистичних задач іншими суб'єктами, а також органами управління енергетикою, оперативно-диспетчерського контролю та державного управління.

Основним критерієм ефективності роботи фінансово-розрахункової системи на оптовому ринку є суворе дотримання фінансового балансу в торгових операціях з товарною продукцією за визначений період розрахунку (наприклад, один місяць або один годину):

$$\Delta П = П_E - П_{\Pi}$$

де $\Delta П$ – небаланс фінансовий; $П_E$ – платежі, одержані електростанціями – суб'єктами оптового ринку; $П_{\Pi}$ – платежі від споживачів – суб'єктів оптового ринку.

Враховуючи високу чутливість приладів та методів обліку до різноманітних збурювань, монтаж і вибір місця їх установки підлягають суворим регламентаційним нормам.

У загальному вигляді структура конструкції приладів обліку виглядає наступним чином:

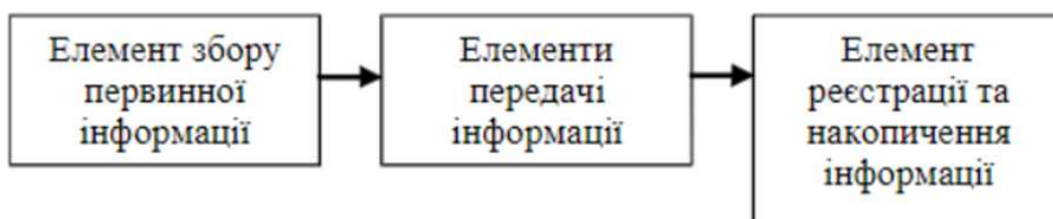


Рисунок 1 – Структура конструкції системи обліку

Для зниження енергоспоживання та досягнення економічних переваг на підприємствах проводять енергетичний аудит. Глибина і структура енергоаудиту повинні відповідати цілям, визначеним керівництвом для аудиторів.

На промисловому підприємстві об'єктами енергозбереження можуть бути: підприємство в цілому (як виробничі, так і допоміжні підрозділи) або його окремі елементи. Енергоаудит насосних установок проводився з урахуванням розподілу енергії всередині аналізованого об'єкта згідно з рівнянням енергетичного балансу. Енергетична діаграма наочно відображає величини та їхні взаємозв'язки. Приклад такої діаграми для насосної системи наведено на рис. 2.

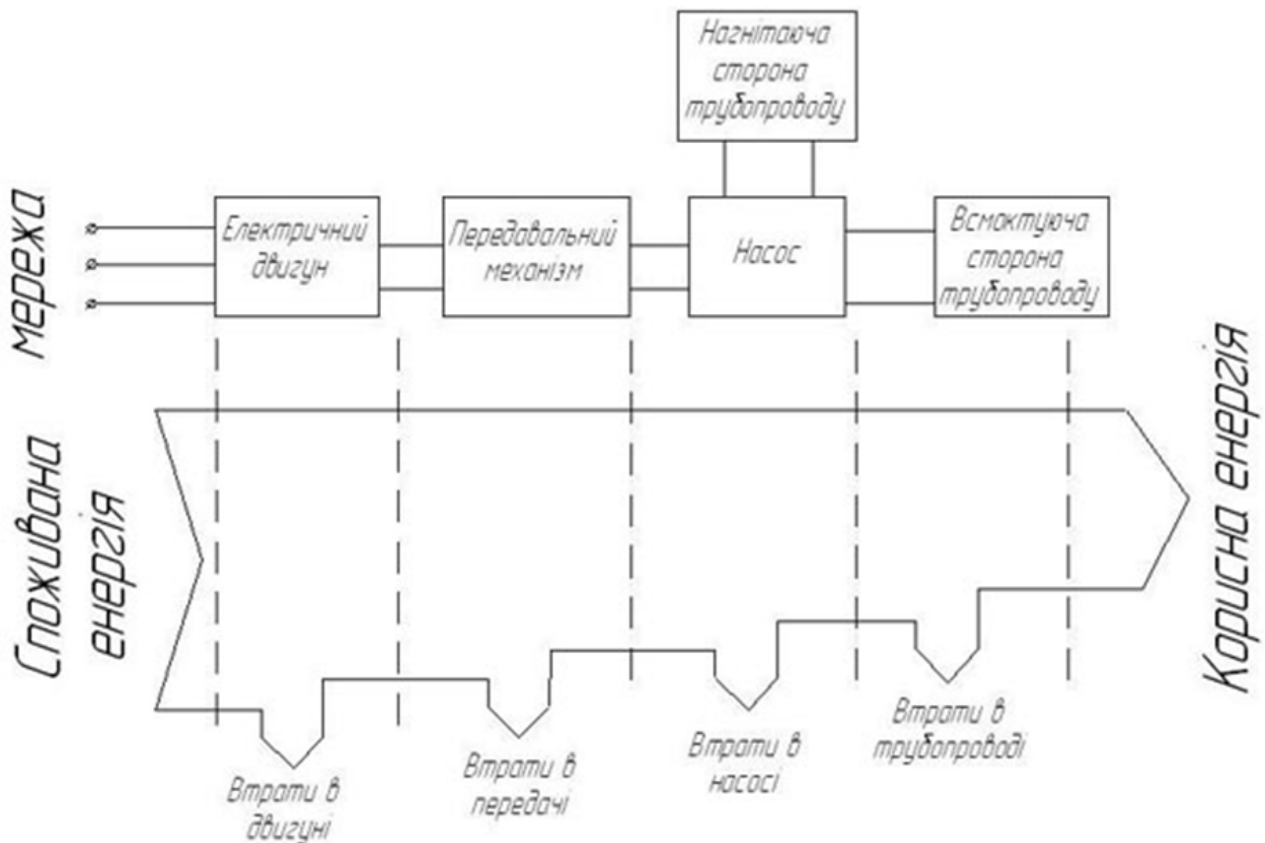


Рисунок 2 – Енергетична діаграма для насосної системи

Після проведення енергоаудиту необхідно визначити ключові заходи, впровадження яких сприятиме підвищенню ефективності використання енергії в розглянутій насосній системі, що допоможе скоротити споживання енергоресурсів.

Значного зниження витрат електроенергії при роботі насосної станції можна досягти за рахунок впровадження низки енергоощадних заходів (МЕЗ). Основні з них:

- Заміна малоєфективних насосів на високопродуктивні з підвищеним ККД;
- Забезпечення максимального завантаження насосів під час роботи;
- Підбір насосів відповідно до характеристик трубопроводів та уточнення паспортних даних, а також режимів роботи після капітального ремонту чи заміни насосного обладнання;
- Підвищення ККД насоса за допомогою встановлення додаткових ущільнень, обслуговування підшипників, балансування робочих коліс тощо;
- Встановлення робочого колеса безпосередньо на вал двигуна. Якщо потужність електродвигуна перевищує потужність, споживану насосом, на 20-25%, насос працюватиме з максимальним ККД.

Список літератури

1. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / [Соловей О. І., Розен В. П., Плешков П.Г. та ін.]; М-во освіти і науки України, Кіров. нац. техн. ун-т. – Кіровоград : КНТУ, 2015. – 287 с.
2. Енергозбереження та енергетичний аудит : навчальний посіб. / В.А. Маляренко, І.А. Немировський. – 2-е вид., перероб. і доп. – Харків : НТУ «ХП», 2010. – 344 с.
3. Насосні та повітродувні станції : навч. посібник / Т. О. Шевченко, Ю. В. Ярошенко, М. М. Яковенко, В. М. Беляєва; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2014. – 191 с.

УДК 621.316.925

Василь Зінзур, доц., канд. техн. наук, Юлія Козлик, здобувач гр. ЕНМ-23М,
Вадим Бруєв, здобувач гр. ЕЕ-23Мз

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: vasilyzinzura@gmail.com

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТОЧКИ ПРИЄДНАННЯ СЕС ДО РОЗПОДІЛЬНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Сучасні електричні мережі України характеризуються наявністю в своєму складі значної частки відновлюваних джерел енергії. Зважаючи на кліматичні умови території нашої держави, найбільшого розповсюдження у вітчизняних електричних мережах набули сонячні електростанції (СЕС). В залежності від величини встановленої потужності СЕС відрізняються їх способи приєднання до електричної мережі. Так, СЕС великої потужності (вище 1 МВт) приєднуються до електричної мережі напругою 35 кВ, середньої потужності – переважно до розподільної мережі напругою 0,4 кВ або 10 кВ, а СЕС малої потужності приєднують на напругу 0,4 кВ. Це пов'язано з тим, що більша встановлена потужність генерації електроенергії вимагає більшої пропускної здатності електричних мереж, до яких вони приєднуються. Невиконання цих вимог призводить до ряду негативних наслідків експлуатації електричних мереж, а саме до збільшення втрат електроенергії та до понаднормативного збільшення значень усталеного відхилення напруги в точці приєднання СЕС до електричної мережі. Особливо гостро ця проблема стосується СЕС середньої потужності. Такі СЕС, як правило, встановлюють в розподільних електричних мережах підприємств з метою часткового покриття потреби в електроенергії. В такому випадку місце приєднання СЕС та електроспоживачів до мережі співпадають, і тому питання негативного впливу СЕС на рівень усталеного відхилення напруги на затискачах електроспоживачів є особливо актуальним.

На рис. 1 наведена схема системи електропостачання промислового підприємства, яка містить СЕС встановленою потужністю 200 кВт.

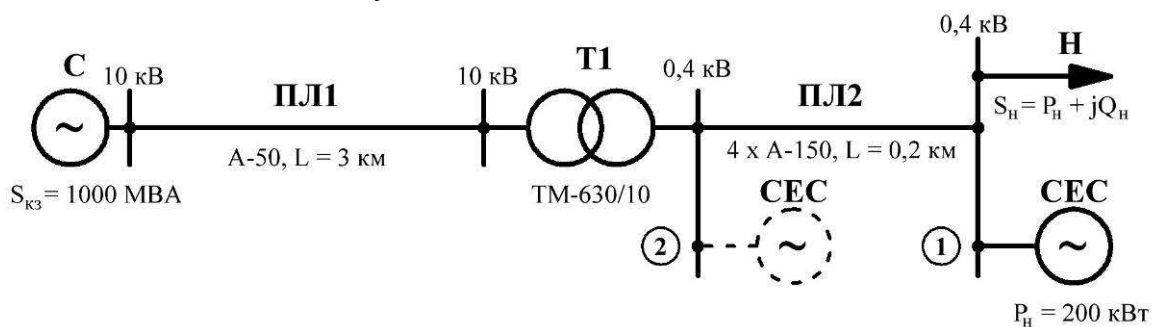


Рисунок 1 – Схема системи електропостачання підприємства з СЕС

Джерело: розроблено авторами

Як можна побачити з рис. 1, система електропостачання підприємства містить повітряну лінію ПЛ1 напругою 10 кВ, знижувальний силовий трансформатор 10/0,4 кВ марки ТМ-630/10, та повітряну лінію напругою 0,4 кВ, що відходить від шин низької напруги трансформаторної підстанції та живить навантаження Н.

Для даної мережі доцільно розглядати два варіанта приєднання СЕС:

- до точки приєднання електричного навантаження Н (точка 1 на рис. 1);

- до шин низької напруги трансформаторної підстанції (точка 2 на рис. 1).

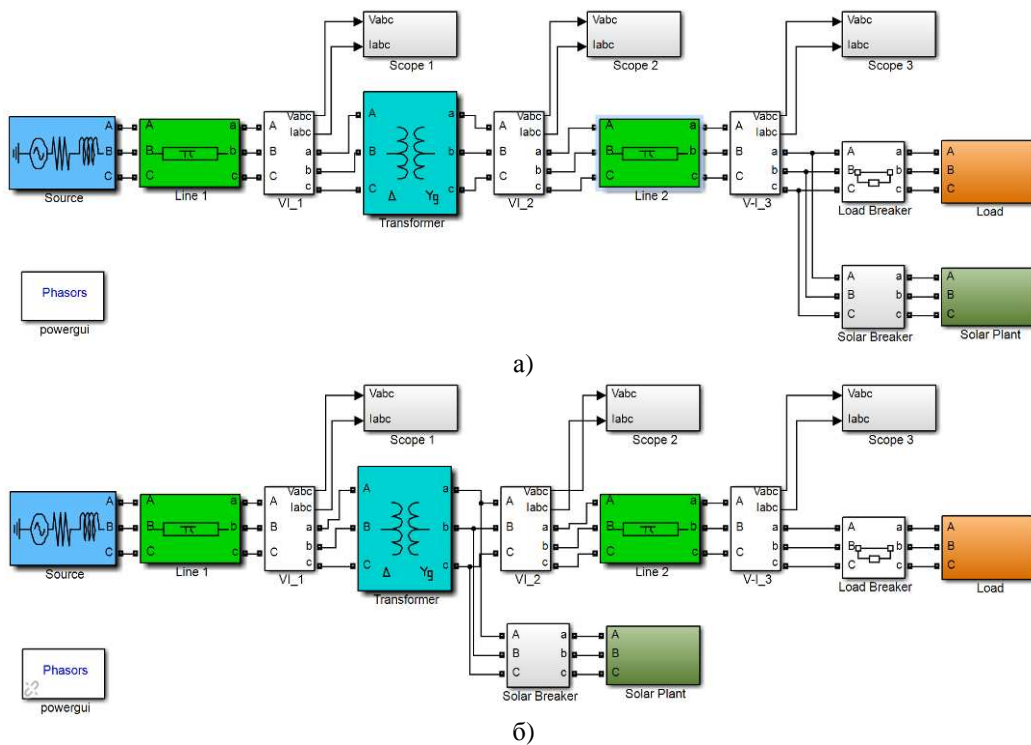
Слід зазначити, що варіант приєднання СЕС до т. 2 можливий лише за умови знаходження повітряної лінії ПЛ2 на балансі підприємства.

Для визначення оптимального місця приєднання СЕС до електричної мережі необхідно провести розрахунки параметрів режиму мережі для обох цих варіантів з метою визначення рівнів усталеного відхилення напруги та втрат активної потужності в елементах мережі. Ці розрахунки необхідно проводити з урахуванням добових графіків споживання електроенергії та графіків генерації електроенергії від СЕС. Зважаючи на це найбільш доцільним способом визначення зазначених параметрів режиму електричної мережі є комп'ютерне імітаційне моделювання.

Існує досить велика кількість програмних продуктів, які дозволяють здійснювати аналіз параметрів режиму електричної мережі з відновлюваними джерелами енергії: DIgSILENT PowerFactory [3], NEPLAN [11] та ін.

В даній роботі комп'ютерне імітаційне моделювання електричної мережі з СЕС здійснювалось в середовищі Matlab/Simulink із використанням пакету розширення SimPowerSystems [12].

На рис. 2 наведена узагальнена схема моделі Matlab/Simulink електричної мережі підприємства з СЕС.



а) підключення СЕС до т. 1; б) підключення СЕС до т. 2;

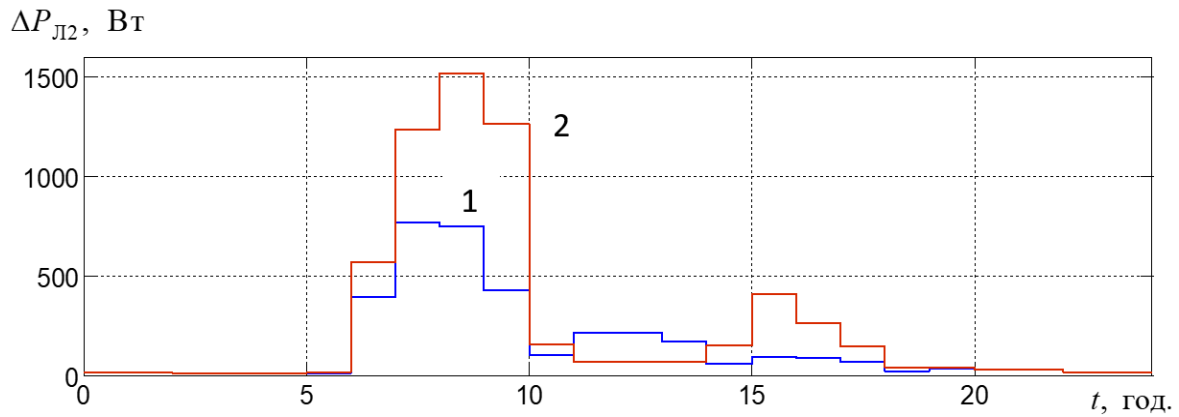
Рисунок 2 – узагальнена схема моделі Matlab/Simulink електричної мережі підприємства з СЕС:

Джерело: розроблено авторами

Задачі аналізу режимів електричної мережі для визначення оптимального місця приєднання СЕС полягали в наступному:

- визначити вплив генерації СЕС на величини напруг для випадків приєднання СЕС до т.1 та т.2 мережі;
- провести аналіз величини втрат активної потужності в елементах електричної мережі для випадків приєднання СЕС до т.1 та т.2 мережі;

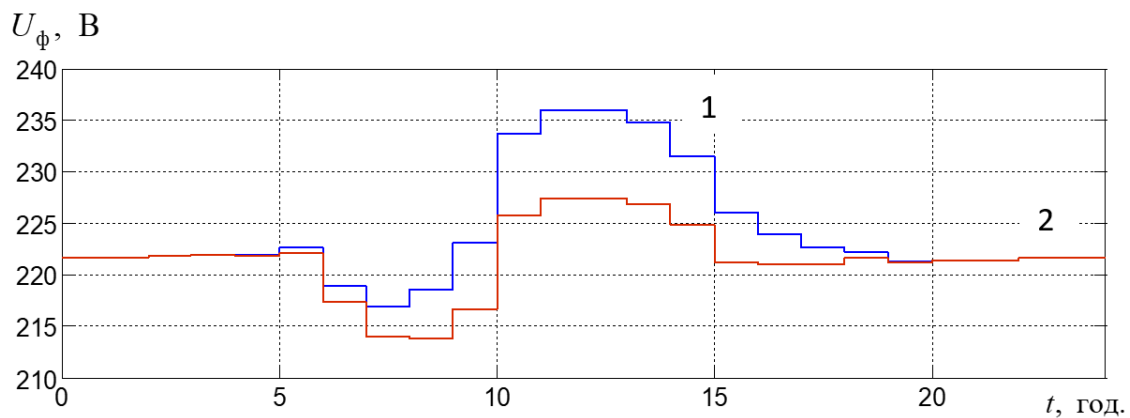
Результати комп'ютерного моделювання параметрів режиму електричної мережі з СЕС показані на рис. 3 – 4.



1 – випадок приєднання СЕС до т. 1; 2 – випадок приєднання СЕС до т. 2.

Рисунок 3 – Добовий графік зміни втрат активної потужності $\Delta P_{Л2}$ в лінії ПЛ2:

Джерело: розроблено авторами



1 – випадок приєднання СЕС до т. 1; 2 – випадок приєднання СЕС до т. 2.

Рисунок 4 – Добовий графік зміни величини фазної напруги U_{ϕ} в т. 1 мережі:

Джерело: розроблено авторами

Як показали результати моделювання, для випадку приєднання СЕС до т. 1 мережі в деякий період часу мають місце понаднормові значення усталеного відхилення напруги. В результаті якість електроенергії щодо усталеного відхилення напруги виявляється незадовільною ($P_i(\Delta U_{\phi}) = 0,793 < 0,95$). А для випадку приєднання СЕС до т. 2 величина відхилення напруги задовольняє нормативним вимогам.

Але, як показали результати розрахунку втрат активної потужності, для випадку приєднання СЕС до т. 2 мережі величина втрат електроенергії в ПЛ2 виявилась більшою на 42 %.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що оптимальним місцем підключення СЕС є т.1 мережі, але за умови вжиття заходів з нормалізації значень усталеного відхилення напруги в мережі.

Список літератури

1. Kansal S., Kumar V., Tyagi B. (2016) Hybrid approach for optimal placement of multiple DGs of multiple types in distribution networks, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Volume 75, p. 226-235 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.09.002>.
2. Akintunde A., Owoicho, O., Shomefun, T., Olowoleni O., Ignatius O., Abdulkareem A. (2021). Power Quality Considerations for Distributed Generation Integration in the Nigerian Distribution Network Using NEPLAN Software. International Journal of Energy Economics and Policy. 11. 331-342. DOI:10.32479/ijeeep.11145
3. Perelmuter, V. (2020). Advanced Simulation of Alternative Energy (1st ed.). CRC Press. 314 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/9780429324055>

УДК 621.316.13

Любов Моклюк, здобувачка гр. ЕНМ-23МЗ, Петро Плешков, проф., канд. техн. наук, Сергій Плешков, доц., канд. техн. наук, Світлана Дубенко, асистент
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: kafedra.etsem@gmail.com

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК ЯК ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Організація централізованої системи тепlopостачання з комбінованим виробництвом електричної та теплової енергії дає додаткові переваги. Зокрема, вона дозволяє маневрувати потужностями під час пікових навантажень та в екстремальних ситуаціях. Впровадження великої кількості малих та середніх електрогенеруючих установок, за умови ефективного централізованого управління, дозволить гнучко коригувати загальну потужність залежно від потреб.

Залежно від потреби в електричній чи тепловій енергії, обирається відповідний тип когенераційної установки, що забезпечує максимальну ефективність і економічність для конкретного застосування.



Рисунок 1 – Структура процесів когенераційної установки

У тепловій енергетиці виділяють три основні схеми побудови когенераційних установок, кожна з яких має свої характеристики та застосування в залежності від типу двигунів та способів генерування енергії. Ось ці три базові варіанти:

- 1) Когенераційні установки на базі газотурбінних двигунів. У таких установках основним продуктом є теплове забезпечення, при цьому вироблення електричної чи механічної енергії є допоміжним. Це може бути корисним для підприємств, де переважно потрібно тепло.
- 2) Когенераційні установки на базі газопоршневих двигунів. Подібно до попередніх, ці установки виробляють в основному тепло, а електрична (механічна) енергія є допоміжною. Це оптимально для малих і середніх потужностей.
- 3) Когенераційні установки на базі парогазових циклів. В цих установках основним продуктом є електрична енергія, а тепло виробляється як побічний продукт. Вони можуть

досягати високої частки виробленої електричної енергії, яка часто перевищує 50% від загальної кількості енергії, що виробляється установкою.

Детальний аналіз енергетичних характеристик когенераційних схем, створених на базі водогрійних котлів і газотурбінних двигунів, вказує на те, що коефіцієнт корисного використання теплоти палива (КВТ) та частка виробленої в установці електричної енергії визначаються термодинамічними характеристиками енергетичного двигуна.

Розрахунок ефективності когенераційної установки приведений на основі характеристик когенераційної установки типу Caterpillar.

Термін окупності:

$$T = \frac{K}{E_k}$$

$$T = \frac{4500000}{13839431} = 0,32 \text{ року}$$

$$T_{\text{міс}} = 0,32 \cdot 12 = 3,9 \text{ міс.}$$

Впровадження когенераційної установки є економічно обґрунтованим та ефективним рішенням для промислових підприємств. Спорудження таких установок не потребує значних капіталовкладень, а економія на енергоресурсах завдяки комбінованому виробництву електричної і теплоенергії дозволяє знижувати витрати на енергоспоживання.

Програма розвитку розподіленої мережі когенераційних станцій передбачає інтеграцію установок комбінованого виробництва теплової та електричної енергії на базі об'єктів комунального централізованого тепlopостачання та промислової теплоенергетики, де природний газ виступає основним паливом.

Список літератури

1. Тульчинська С. О. Виробництво та споживання електроенергії в Україні / С. О. Тульчинська, Б. П. Чорній // Сучасні проблеми економіки і підприємництва. – 2016. – № 18. – С. 56–62.
2. Когенераційні технології в малій енергетиці : монографія / В. А. Маляренко, О. Л. Шубенко, С. Ю. Андреев, М. Ю. Бабак, О. В. Сенецький / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Ін-т проблем машинобуд. ім. А. М. Підгорного. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 454 с.
3. 3. Маляренко В. А. Аналіз споживання паливноенергетичних ресурсів України та їх раціонального використання / В. А. Маляренко, І. О. Щербак // Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – 2013. – № 14. – С. 118– 127.

УДК 658.26:621.311

Лариса Віхова, проф., канд. техн. наук, Василь Зінзура, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: vasilizinzura@gmail.com

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯМ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

В сучасних умовах зростаючих вимог до енергоефективності та екологічної безпеки, промислові підприємства все частіше стикаються з викликом оптимізації своїх енергетичних процесів. З одного боку, це обумовлено необхідністю зниження витрат, які постійно зростають через підвищення тарифів на енергоресурси. З іншого боку, міжнародні стандарти екологічної відповідальності ставлять додаткові вимоги до виробництва, стимулюючи пошук рішень, які дозволяють знизити вплив на довкілля. У цьому контексті енергетичний моніторинг та автоматизація управління енергоспоживанням стають не лише важливими інструментами для досягнення енергозбереження, а й стратегічними елементами, що сприяють довгостроковій конкурентоспроможності підприємств. Вони дозволяють впроваджувати більш ефективні виробничі процеси, реагувати на зміни в енергетичному ринку та забезпечувати стабільність роботи підприємства навіть в умовах зовнішніх викликів. Таким чином, ці технології не лише сприяють економії, але й допомагають створювати стійкі, екологічно дружні системи управління, які відповідають потребам сучасного суспільства.

Енергетичний моніторинг передбачає систематичне збирання, аналіз та оцінку даних щодо споживання різних видів енергоресурсів. Це ключовий процес, який забезпечує не лише детальне розуміння того, як використовуються ресурси, але й створює основу для прийняття стратегічних рішень щодо підвищення ефективності. Завдяки моніторингу підприємства отримують можливість відстежувати динаміку споживання енергії в реальному часі, що дозволяє оперативно ідентифікувати проблемні зони. Наприклад, це можуть бути надмірно енерговитратні етапи виробничого циклу або обладнання, яке працює поза оптимальними режимами. Крім того, енергетичний моніторинг допомагає підприємствам враховувати вплив зовнішніх факторів, таких як сезонні коливання, зміни ринкових умов чи нові регуляторні вимоги. В результаті, аналіз цих даних дозволяє не лише виявляти неефективні зони в процесах, але й розробляти довгострокові стратегії оптимізації, формувати бюджети та планувати заходи для зменшення витрат, знижуючи як фінансові, так і екологічні ризики.

Основні етапи здійснення енергомоніторингу полягають в наступному:

1. **Систематичний збір даних.** Для успішного моніторингу необхідно встановити сенсори та лічильники на ключових вузлах споживання енергії. Збирання даних у реальному часі дозволяє оперативно реагувати на аномалії та неефективності.

2. **Аналіз інформації.** Зібрані дані обробляються за допомогою програмного забезпечення, яке визначає тренди, точки перевитрат і можливості для оптимізації. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє автоматично визначати можливі проблеми.

3. **Формування звітів і рекомендацій.** Моніторинг завершується створенням звітів, які дозволяють керівництву приймати обґрунтовані рішення щодо модернізації чи оптимізації процесів.

Впровадження автоматизованих систем управління дозволяє значно підвищити ефективність використання енергії. Завдяки системам SCADA або IoT-платформам можна в реальному часі збирати дані, аналізувати їх та оптимізувати роботу устаткування:

1. Інтеграція інтелектуальних систем. Підключення обладнання до автоматизованих систем управління дозволяє ефективніше розподіляти ресурси, адаптуватися до змін у навантаженні та автоматично вимикати невикористовуване обладнання.

2. Контроль і прогнозування. Завдяки аналізу великих обсягів даних автоматизовані системи можуть прогнозувати **пікові** навантаження і розробляти стратегії для їх згладжування.

3. Реакція в реальному часі. Системи автоматизації миттєво реагують на зміни в споживанні енергії, коригуючи налаштування обладнання та зменшуючи перевитрати.

Основні переваги впровадження енергетичного моніторингу полягають в наступному:

- зменшення витрат: чіткий облік та аналіз споживання енергії дозволяють виявляти зайві затрати та знижувати їх. Економія досягається як за рахунок оптимізації процесів, так і через зменшення витрат;
- зменшення негативного впливу на довкілля: оптимізація споживання ресурсів зменшує викиди та сприяє покращенню екологічних показників. Використання "зеленої" енергії в інтегрованих системах управління додає екологічної цінності підприємству;
- підвищення конкурентоспроможності. Зниження затрат та їх оптимізація посилюють фінансову стійкість підприємства. Автоматизація також дозволяє відповідати міжнародним стандартам, що відкриває доступ до нових ринків.

Енергетичний моніторинг та автоматизація керування енергоресурсами стають фундаментальною частиною сучасного виробництва, адже ці технології дозволяють суттєво підвищити ефективність підприємств, адаптуючи їх до нових викликів та умов. Завдяки впровадженню цих інструментів підприємства отримують можливість не лише знижувати витрати на енергію, але й оптимізувати весь процес використання ресурсів, що включає зменшення витрат, точний облік енерговитрат та підвищення загальної продуктивності.

Крім того, автоматизація сприяє інтеграції екологічно відповідальних рішень, таких як впровадження відновлюваних джерел енергії чи зниження рівня викидів. Це, своєю чергою, дозволяє не лише відповідати міжнародним стандартам сталого розвитку, але й створює імідж екологічно орієнтованого бізнесу, що має вирішальне значення для сучасного ринку. У перспективі підприємства, які використовують енергетичний моніторинг та автоматизацію, стають більш конкурентоспроможними, здатними гнучко реагувати на зміни зовнішніх факторів, таких як коливання цін на ресурси чи нові регуляторні вимоги, забезпечуючи стабільність та розвиток навіть у складних умовах.

Список літератури

1. Цюцюра, С. В., and В. О. Аніщенко. Інформаційна база системи енергетичного менеджменту промислового підприємства. Управління розвитком складних систем 2 (2010): 63-67.
2. Чернявський А.В, Якобюк Д.В., Якобюк І.В. Аналітичне забезпечення енергетичного моніторингу. Загальнодержавний науково-виробничий та інформаційний журнал «Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит» 2 (2015): 41-45.
3. Волошко А.В., Бедрак Я.С. Система моніторингу режимів електроспоживання промислового підприємства. POWER ENGINEERING: economics, technique, ecology 4 (2014): 50-58.

UDC 621.315

Larysa Danylchenko, Student gr. EE-23MZ, **Ivan Savelenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.,
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
e-mail: ivan.savelenko@gmail.com

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL LOSSES OF ELECTRIC ENERGY IN IN DISTRIBUTION POWER GRIDS

The efficient use of electrical energy is one of the key prerequisites for the sustainable development of modern society. This issue has become particularly pressing in the context of Russia's military aggression against Ukraine, which has persisted since 2014 and escalated significantly with the full-scale invasion in 2022. As a result of hostilities, a substantial portion of Ukraine's energy infrastructure has been damaged, leading to disruptions in the operation of distribution networks, increased technological losses, and heightened stress on the remaining functional energy facilities.

With limited resources available for restoring damaged networks, the search for effective solutions to reduce technological energy losses has become a priority.

Particular attention should be given to studying the extent of infrastructure damage, the current level of equipment wear, the volume of technological energy losses, and the causes behind them. Additionally, it is crucial to account for the consequences of attacks on the energy system, which have led to changes in the structure and configuration of the networks. To this end, existing methodologies for assessing technological energy losses [1], both in Ukraine and abroad, must be examined. It is necessary to identify their strengths and weaknesses, particularly in the context of adapting them to the realities of Ukraine's distribution networks operating under crisis conditions.

The assessment of technological energy losses is a critical component of managing electrical networks. Various approaches have been employed over time for measuring and reducing these losses [2].

Despite the existence of developed methods, Ukraine faces challenges complicating the effective assessment of technological losses. A significant portion of the distribution networks—approximately 60-70%—has exceeded their normative service life, contributing to additional losses of up to 10-15%. Furthermore, many methodologies fail to provide sufficiently accurate data on losses for specific network segments, with some reporting error margins as high as 15-20%.

The assessment of technological energy losses is a vital aspect of managing energy resources in Ukraine. Modern methodologies, including mathematical models, computer simulations, and real-time monitoring, offer the potential to reduce losses and improve the efficiency of electrical networks. These approaches, when combined with systematic modernization efforts, could lead to a 20-30% reduction in energy losses. Moreover, continued infrastructure modernization and the integration of advanced technologies, such as smart grids, are essential for achieving further reductions in losses. The ultimate goal is to bring Ukraine's energy loss levels closer to European standards of 6-8%, ensuring both energy security and economic efficiency.

Investments in advanced monitoring systems, data-driven decision-making, and adaptive network configurations are critical for reducing losses and ensuring sustainable energy supply under the challenging conditions Ukraine continues to face.

Список літератури

- 1 G. A. Adepoju, O. T. Olowu, and S. O. Oyedepo, "Analysis of Power Losses in Distribution Networks" *Journal of Power and Energy Engineering*, vol. 6, no. 3, pp. 45-54, 2018.
- 2 E. Lakervi and E. J. Holmes, "Electricity Distribution Network Design" 2nd Edition, Peter Peregrinus Ltd., London, 2003.

УДК 621.33 +624.04

Олена Байда, здобувачка гр. ЕНМ-23 Мз, Іван Савеленко, доц., канд. техн. наук
 Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
 e-mail: ivan.savelenko@gmail.com

РОЗРОБКА НАУКОВИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ З ЕНЕРГОЗАОЩАДЖЕННЯ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ СПОРТИВНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ПРИКЛАДІ БАСЕЙНІВ

У сучасних умовах енергоефективність об'єктів спортивної інфраструктури є важливою складовою сталого розвитку [1]. Зростаючі ціни на енергоресурси та необхідність зменшення впливу на довкілля вимагають розробки та впровадження ефективних рішень з енергозаощадження. Одним із таких об'єктів є спортивні басейни, де проведені енергетичні аудити дозволили визначити основні напрямки зниження енергоспоживання, підвищення енергоефективності та комфорту для відвідувачів [2].

Дослідження стану огорожувальних конструкцій та інженерних систем басейнів виявило низку проблем, які спричиняють значні енерговтрати. Зокрема, значні теплові втрати відбуваються через недостатню теплоізоляцію зовнішніх стін, покрівлі та склопакетів вікон. Дах будівлі виявився незадовільно утепленим, що сприяє втратам тепла особливо в холодний період. Значною проблемою виявилася також недостатня ізоляція трубопроводів систем опалення та гарячого водопостачання, які прокладені у підвальних приміщеннях. Окрім цього, через високий рівень вологості в приміщенні басейну та погану роботу вентиляції утворюється конденсат, який знижує теплоізоляційні властивості матеріалів і прискорює їхнє руйнування. Пелюсткова діаграма, що демонструє розподіл характерних теплових втрат в басейнах наведена на рис 1.

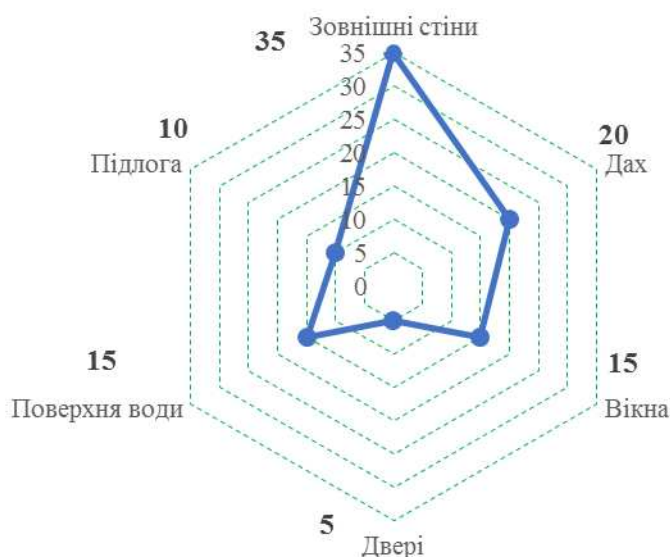


Рисунок 1 - Розподіл характерних теплових втрат в басейнах

На основі отриманих даних про теплові втрати було розроблено енергоефективні заходи, які згруповано в три пакети відповідно до необхідних інвестицій та очікуваного

економічного ефекту. Запропоновані заходи з енергоефективності обіцяють значний екологічний та економічний ефект. В таблиці 1 наведено рейтинг базового пакету енергоефективних заходів.

Таблиця 1 - Рейтинг ефективності впровадження енергоефективних заходів

Рейтинг ЕЕЗ	Енергоефективні заходи (ЕЕЗ)	Термін окупності, рік.	Скорочення емісії CO ₂ , т/рік	Чиста приведена вартість NVP, тис. грн/рік	Внутрішня ставка прибутку IRR, %
1	Реконструкція переливної системи басейну	0,1	142,53	3368926	1032
2	Термоізолювання зовнішніх стінок баку гарячої води	0,1	11,02	259155	849
3	Термоізолювання зовнішніх стінок баків фільтрації води з басейну	0,1	8,00	141890	746
4	Гідроізолювання поверхні басейну пароізолюючою плівкою	0,7	11,17	433385	145
5	Встановлення і теплової завіси на вхідному тамбурі	0,9	2,88	44413	110
6	Модернізація системи внутрішнього освітлення	2,0	7,16	114663	50
7	Встановлення осушувачів-рекуператорів для утилізації вологи	2,6	13,56	468805	39
8	Встановлення теплонасосних установок для утилізації теплової енергії каналізаційних стоків	4,3	64,78	946884	22
9	Встановлення систем сонячних колекторів для первинного підігріву води для ГВП	4,9	163,57	926468	19
10	Гідроізолювання зовнішніх стін приміщення плавального басейну зсередини пенетруючою сумішшю	6,7	6,35383	-10672	14
11	Утеплення суміщеного перекриття даху	16,8	53,9217	-106077	14
12	Заміна неякісних віконних склопакетів на 3-камерні газонаповнені	16,4	48,59	-123210	13
13	Утеплення зовнішніх стін	16,7	11,12	-203625	11

За розрахунками, їх впровадження зможе знизити споживання енергії на 1,3 мільйона кВт·год на рік, що дозволить заощаджувати близько 3 мільйонів гривень щороку. Окрім економії, буде досягнуто зниження викидів CO₂ на 500 тон на рік, що сприятиме покращенню екологічної ситуації та зменшенню впливу на довкілля. Крім того, реалізація цих заходів дозволить покращити мікроклімат у приміщеннях, що забезпечить комфортніші умови для відвідувачів та працівників басейну.

Розроблені рекомендації з енергозаощадження для спортивних басейнів є прикладом того, як системний підхід до енергозбереження може позитивно впливати як на економічну ефективність, так і на екологічну стійкість об'єктів спортивної інфраструктури. Впровадження цих заходів не лише підвищить енергоефективність будівлі, але й сприятиме покращенню умов для занять спортом, зробивши басейн доступнішим і привабливішим для громади.

Список літератури

- 1 ДСТУ 9190:2022 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячому водопостачання»
- 2 ДСТУ Б В.2.2-39:2016. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель

УДК 662.638:620.92

Василь Бондаренко, здобувач гр. ЕНМ-23М, **Василь Клименко**, проф., д-р. техн. наук,
Іван Савеленко, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет
e-mail: klymvas@ukr.net

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ СТУДМІСТЕЧКА ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ З БІОПАЛИВНОЮ КОТЕЛЬНЕЮ

У сучасних умовах глобальних змін у сфері енергетики та прагнення до сталого розвитку модернізація систем теплопостачання стає важливим завданням. Особливо це стосується вітчизняних теплоенергетичних інфраструктур, які стикаються з проблемами, такими як застаріле обладнання, висока залежність від традиційних енергоносіїв та екологічні обмеження. Запровадження альтернативних джерел енергії, зокрема біопаливних котелень, може стати важливим кроком до досягнення енергозбереження та підвищення ефективності теплопостачання [1].

Метою дослідження є комплексний аналіз технологічних проблем реконструкції теплоенергетичних систем та розробка ефективних рішень для переведення котелень на альтернативні паливні джерела. Важливим завданням є виявлення існуючих недоліків у теплопостачальних системах та оцінка економічної та екологічної доцільності модернізації за допомогою біопалива. Основною метою є розробка технологічного процесу та проведення обґрунтування цієї трансформації з енергетичної та економічної точки зору.

Аналіз сучасного стану вітчизняної теплоенергетичної інфраструктури вказує на низку серйозних проблем, серед яких виділяються висока залежність від традиційних палив, зношеність технічного обладнання та недостатня увага до інноваційних методів регулювання. Водночас можливості для реконструкції існуючих котелень з використанням біопалива відкривають перспективи для значного зменшення енергетичних витрат та підвищення ефективності теплопостачальних систем [2]. Біопаливні котельні забезпечують не лише зниження витрат на енергетичні ресурси, а й сприяють зменшенню шкідливих викидів у атмосферу, що має значення для збереження екологічної рівноваги.

Значну роль у цьому процесі відіграє розробка технологічного процесу переведення котельних установок на біопаливо. Запропонована модель реконструкції, орієнтована на використання пелетного палива, є ефективною не тільки з економічної, а й з екологічної точки зору. Під час розробки цієї технології було враховано необхідність адаптації існуючих систем до нових умов експлуатації, а також економічну доступність для організацій з обмеженими фінансовими ресурсами.

Список літератури

- 1 Bioenergy and the future of energy: Sustainable alternatives to fossil fuels. United Nations Economic Commission for Europe. Retrieved from https://unece.org/sites/default/files/2023-08/UNECE_RES_Bio_2023_FINAL%20Final%28UA%29.pdf
- 2 Національний інститут стратегічних досліджень (НІСД). (2023). Біоенергетичний потенціал аграрного сектора і промисловості: джерело сталого розвитку. Retrieved from https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/bioenerhetychnyy-potentsial-aharnoho-sektoru-i-promyslovosti-dzherelo?utm_source=chatgpt.com/

УДК 662.638:620.92

Кузьма Мороз, здобувач гр. ЕНМ-23 М, **Василь Клименко**, проф., д-р. техн. наук,
Іван Савеленко, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет
e-mail: klymvas@ukr.net

АНАЛІЗ РІШЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ ДЛЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ДЕРЕВООБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА З БІОПАЛИВНОЮ КОТЕЛЬНОЮ

В умовах глобальних екологічних викликів та необхідності зниження залежності від викопних енергоносіїв, використання відновлюваних джерел енергії, зокрема відходів деревини для теплогенерації, набуває особливої актуальності [1]. Це питання є важливим як з точки зору забезпечення енергетичної незалежності підприємств, так і вирішення проблеми утилізації деревних відходів.

На світовому рівні спостерігається активне впровадження технологій використання біомаси для виробництва теплової енергії, особливо в країнах Європейського Союзу, де такі ініціативи підтримуються державними програмами та законодавчими стимулами. В Україні, незважаючи на зростаючий інтерес до використання деревних відходів, цей напрям все ще стикається з низкою технічних, економічних та законодавчих бар'єрів [2].

Ключовими перевагами використання деревних відходів для теплогенерації є: економічна доцільність через використання "нульової" сировини, екологічна безпека завдяки контрольованому спалюванню, зниження вуглецевого сліду підприємства та підвищення енергетичної незалежності. Важливим аспектом є також відповідність принципам циркулярної економіки, що передбачає максимальне використання всіх матеріалів у виробничому циклі [3].

Основними викликами у впровадженні технологій теплогенерації з деревних відходів залишаються: недосконалість законодавчої бази, застаріле обладнання на підприємствах, високі початкові інвестиції, логістичні труднощі та недостатня обізнаність керівників підприємств щодо переваг таких технологій.

Перспективним напрямом вирішення проблем зберігання та використання деревних відходів є їх переробка на пелети, що характеризуються низькою вологістю, високою теплотворною здатністю та зручністю у транспортуванні. Сучасні котли для теплогенерації, що працюють на деревних відходах, забезпечують високу ефективність та низький рівень викидів, що робить їх привабливим рішенням для деревообробних підприємств.

Подальший розвиток галузі потребує комплексного підходу, що включатиме вдосконалення законодавчої бази, залучення інвестицій, впровадження сучасних технологій та підвищення кваліфікації персоналу.

Список літератури

- 1 Гелетуха Г. Г., Железна Т. А. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Промислова теплотехніка. 2021. Т. 43, № 2. С. 5-12.
- 2 Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі : монографія. Тернопіль : ТНПУ, 2020. 228 с.
- 3 Klymchuk O., Krachok L. Economic and Environmental Benefits of Using Wood Waste for Energy Production in Ukraine. Economics & Sociology. 2022. Vol. 15, № 3. P. 178-189.

УДК 621.313.17

Сергій Дутчак¹, здобувач гр. ЕНМ-23М, Анна Телюта², викладач,

¹Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

²Кропивницький аграрний фаховий коледж, м. Кропивницький

e-mail: annateliuta@gmail.com

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ПОДРІБНЮВАЧАХ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ

Розвиток відновлюваної енергетики та зростання попиту на біопаливо спричиняють необхідність підвищення ефективності технологій його виробництва. Рослинні відходи є доступною сировиною для отримання біопаливних пелет, однак процес їх переробки, зокрема подрібнення, залишається енерговитратним. Значна частина енергії втрачається через роботу електроприводів, особливо асинхронних двигунів, поза оптимальними режимами. Це актуалізує необхідність оптимізації систем подрібнення з точки зору енергоспоживання [1].

Енергоефективність асинхронних двигунів залежить від таких параметрів, як коефіцієнт завантаження (κ_3), напруга живлення (κ_U) та режим роботи. Сучасні системи подрібнення рослинних відходів на малих і середніх підприємствах часто не враховують ці фактори, що призводить до перевитрат електроенергії. Нестача методик для оцінки впливу цих параметрів на енерговитрати ускладнює забезпечення енергоефективності.

Метою роботи є підвищення енергоефективності подрібнювачів рослинних відходів шляхом оптимізації режимів роботи асинхронних двигунів, що використовуються у системах подрібнення для виробництва біопаливних пелет. Розроблено методику оптимізації режимів роботи асинхронних двигунів у системах подрібнення рослинних відходів, яка враховує залежності втрат потужності та ККД від κ_3 і κ_U . Запропоновані рішення є універсальними та придатними для широкого впровадження. Проведено моделювання енергоспоживання асинхронного двигуна залежно від коефіцієнтів завантаження (κ_3) і напруги (κ_U). Розроблено математичну модель, що враховує вплив режимів роботи двигуна на його коефіцієнт корисної дії (ККД) та втрати активної потужності [2].

Для визначення енергоефективного режиму роботи електродвигуна системи подрібнення твердих рослинних відходів у виробництві біопаливних пелет пропонується методика та наступний алгоритм її використання:

1. Вимірюється для встановленого електродвигуна значення ковзання s .
2. Розраховується κ_3 електродвигуна для даного подрібнювача рослинних відходів:

$$\kappa_3 = \frac{\left(\frac{1-s}{s_H} - m_0\right)s + m_0 s_H}{1-s}, \quad (1)$$

3. Розраховується s ЕД при існуючому значенні κ_3 та при заданих значеннях напруги κ_U :

$$s = \frac{k_3 - m_0 s_H}{\frac{1-s_H}{s_H} k_U^2 + k_3 - m_0}, \quad (2)$$

4. Розраховуються загальні втрати ΔP в електродвигуні при різних значеннях κ_U :

$$\Delta P = \Delta P_c + \Delta P_m = k_U^2 \Delta P_{c,H} + 3(R'_1 + R''_2) \cdot \left(\frac{k_U^2 U_H^2}{\left(R'_1 + \frac{R''_2}{s}\right)^2 + (X'_1 + X''_2)^2} \right), \quad (3)$$

де ΔP_c – втрати активної потужності в намагнічуючому контурі встановленого ЕД;
 ΔP_m – втрати активної потужності в обмотках встановленого ЕД;
 X_1', X_2'', R_1', R_2'' – параметри схеми заміщення однієї фази встановленого ЕД;

5. Знаходимо значення κ_e при якому енергоефективність буде максимальною, рис.1.

$$\kappa_e \rightarrow \kappa_{e,max}. \quad (4)$$

Виконано аналіз роботи встановленого двигуна у різних режимах із застосуванням реальних даних, отриманих під час тестування обладнання для подрібнення.

Встановлено, що оптимальні режими роботи встановленого асинхронного двигуна досягаються при коефіцієнті завантаження 0,5–0,7 і напрузі, близькій до номінальної.

Аналіз графіків наведених на рис. 1 показує, що при κ_z до 0,7 відбувається зменшення значення κ_e , а при κ_z більше 0,7 буде збільшуватися κ_e при зменшенні подачі напруги на встановлений електродвигун.

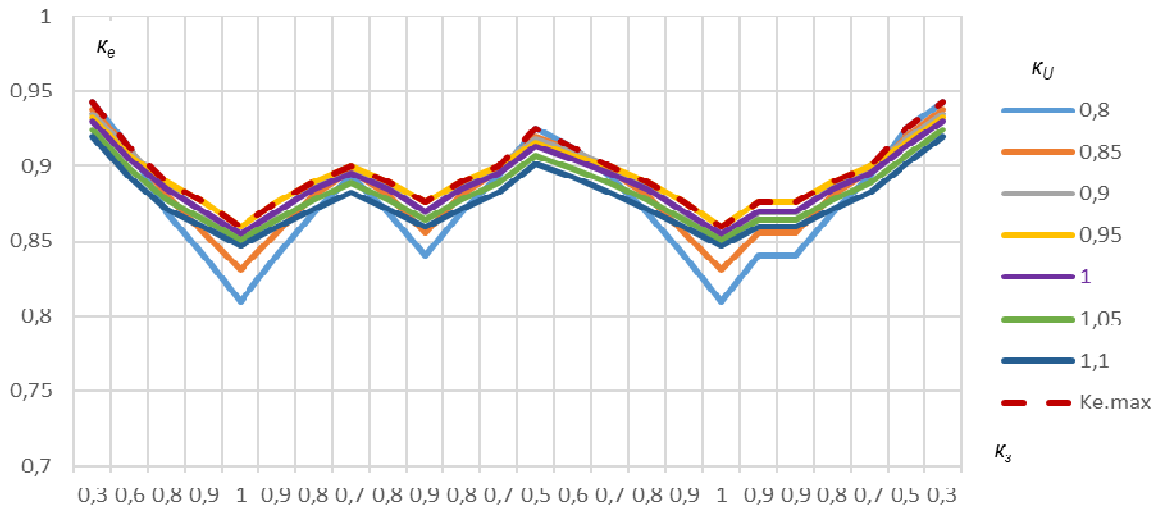


Рисунок 1 - Залежність коефіцієнта енергоефективності κ_e від коефіцієнта завантаження κ_z при різних коефіцієнтах прикладеної напруги κ_U .

Джерело: розроблено авторами

Визначено, що в умовах недовантаження зниження напруги живлення дозволяє зменшити втрати активної потужності у встановленому ЕД та підвищити його ККД.

Розроблено алгоритм визначення енергоефективних режимів роботи систем подрібнення, який дозволяє скоротити енергоспоживання до 6 % без втрат продуктивності.

Використання запропонованої методики дозволить: підвищити енергоефективність систем подрібнення на фермерських чи невеликих підприємствах, що займаються виробництвом біопалива; знизити витрати на електроенергію в процесах подрібнення на 4–6 %. Забезпечити екологічність виробництва через раціональне використання енергоресурсів.

Впровадження оптимізованих режимів роботи асинхронних двигунів у системах подрібнення рослинних відходів сприятиме підвищенню енергоефективності, зниженню собівартості біопаливних пелет та забезпеченню сталого розвитку відновлюваної енергетики.

Список літератури

1. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів: монографія / Клименко В. В., Кравченко В. І., Боков В. М., Гуцул В. І. / за ред. В.В. Клименка. Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2017. – 162 с.
2. Енергоефективність системи подрібнення твердих рослинних відходів для виробництва біопаливних пелет / Р. В. Телюта, В. В. Клименко, О. В. Скрипник, А. В. Телюта // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. – Кропивницький: ЦНТУ, 2022. – Вип. 6(37). – Ч. 1. – С. 119-126.

УДК 621.355

Євгеній Маклашевський, здобувач гр. ЕНМ-23М, **Анастасія Ткаченко**, здобувачка гр. ЕЕ-24, **Олександр Сіріков**, доц., канд. техн. наук,
 Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
 e-mail: asirikov@i.ua

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК АКУМУЛЯТОРІВ РІЗНИХ ТИПІВ ЯК НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Акумулятори, колись скромні джерела живлення для портативних і стаціонарних пристроїв, сьогодні перетворюються на ключових гравців енергетичної арени. Їх значення стрімко зростає, особливо в контексті глобального переходу до відновлюваних джерел енергії та стрімкого розвитку електромобілів. Бурхливий розвиток хімічних накопичувачів електроенергії, особливо з застосуванням літію, призвів до різноманіття акумуляторів обумовлених різними хімічними складами, конструкціями та призначеннями. Різні типи акумуляторів мають свої унікальні характеристики, які впливають на їх ефективність, довговічність, потужність і адаптованість до конкретних умов експлуатації. Порівняльний аналіз їх характеристик дозволяє вибрати оптимальне рішення для конкретних умов застосування. Воно допоможе вибрати акумулятор відповідно до специфічних потреб. Отож, розглянемо основні характеристики найбільш поширених та перспективних типів акумуляторів.

1. *Енергетична щільність.* Енергетична щільність (середнє значення) різних типів акумуляторів представлена гістограмою на рис. 1.

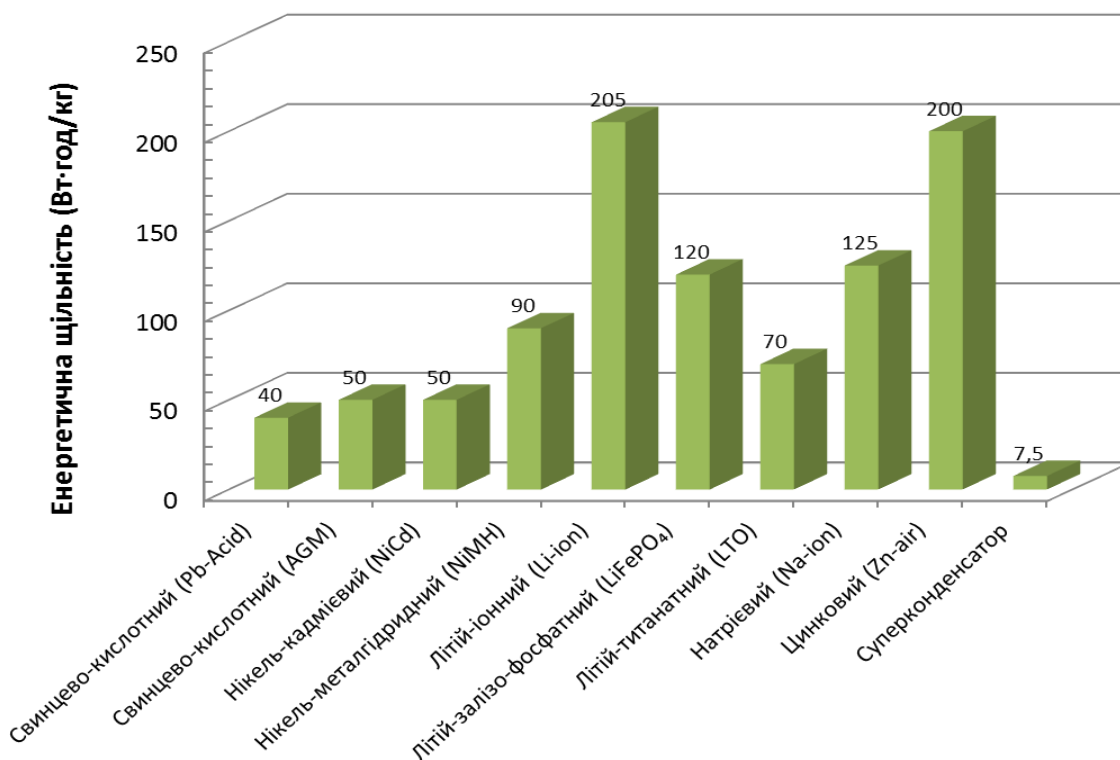


Рисунок 1 - Гістограма енергетичної щільності різних типів акумуляторів

Джерело: розроблено авторами

2. Термін служби або циклічність різних типів акумуляторів представлена гістограмою на рис. 2.

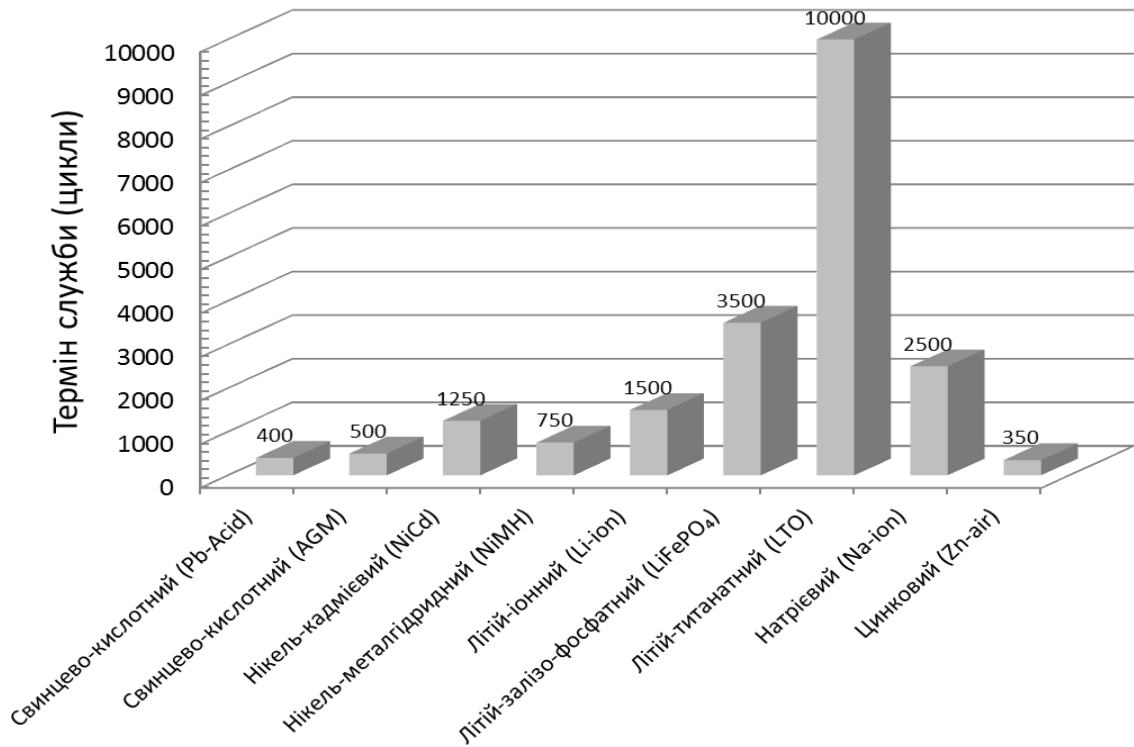


Рисунок 2 - Гістограма циклічності різних типів акумуляторів

Джерело: розроблено авторами

3. Питома вартість. Питома вартість різних типів акумуляторів представлена гістограмою на рис. 3.

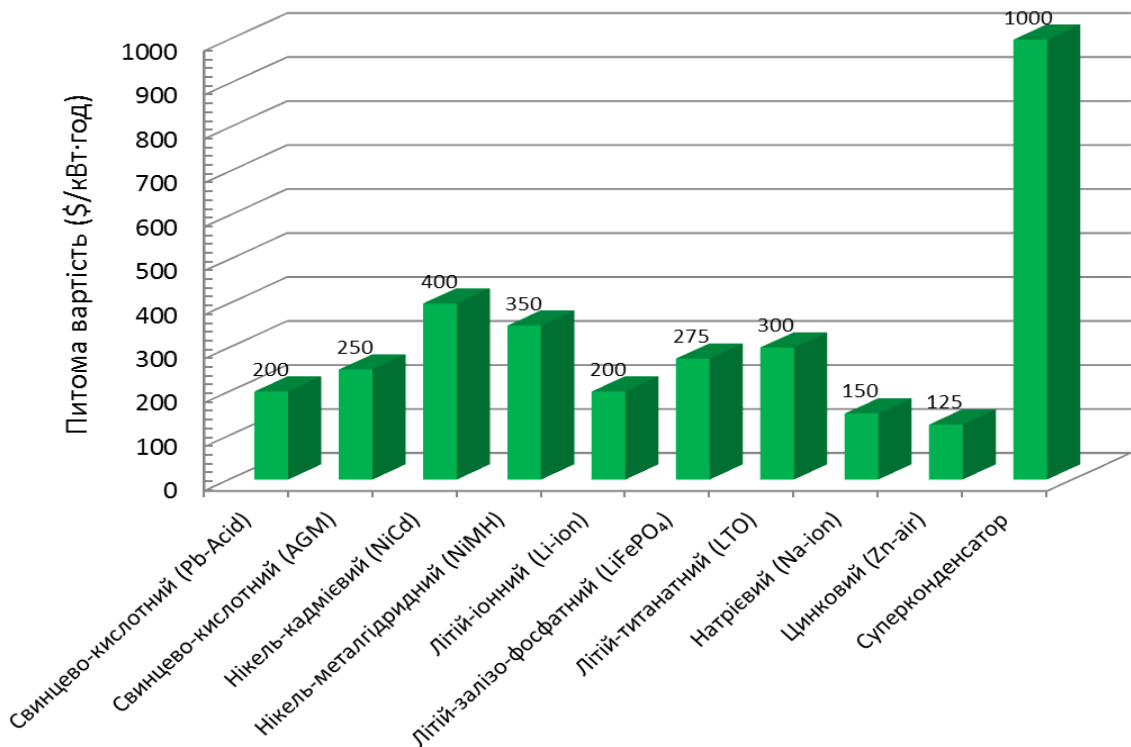


Рисунок 3 - Гістограма питомої вартості різних типів акумуляторів.

Джерело: розроблено авторами

Проаналізуємо розглянуті характеристики різних типів акумуляторів. При цьому будемо обирати акумулятори для двох типів об'єктів – рухомого (наприклад, електромобіль, зарядна станція) та не рухомого або стаціонарного (наприклад, акумуляторна батарея гібридної сонячної електростанції).

Рухомий об'єкт. Для рухомого об'єкта, такого як електромобіль, дрон чи інша техніка, найкращим є *літій-іонний (Li-ion)* акумулятор завдяки оптимальному поєднанню енергетичної щільності, циклічності, швидкості заряджання та відносно доступної вартості. В цьому випадку привалюючим фактором для вибору є саме енергетична щільність, адже вага акумулятора має важливе значення та може мати вплив на технічні характеристики пристрою в цілому. Другим фактором, що впливає на вибір типу акумулятора є циклічність. Адже використання, наприклад, в електромобілі чи дроні заздалегідь передбачає необхідність великої кількості циклів заряд-розряд. Рядом другорядних фактів є температурний діапазон використання, швидкість заряджання і т.п., що може мати сугубо індивідуальний характер.

Не рухомий об'єкт. Для не рухомого об'єкту, в більшості випадків, не є привалюючим показником енергетична щільність, адже для нього вага акумулятора може бути значна. В цьому випадку характеристикою, яка буде на першому місці впливатиме спосіб використання або режим роботи самого акумулятора. Так, наприклад, якщо акумулятор використовується в якості резервного джерела живлення і запланована невелика кількість циклів заряд-розряд за час його експлуатації, то на перше місце виходить показник питомої вартості, який повинен бути мінімальним. Цим вимогам відповідають перспективні натрій-іонні або цинково-повітряні акумулятори. Серед найпоширеніших типів акумуляторів краще використовувати звичайні свинцево-кислотні (якщо вони розташовуються зовні жилих приміщень) або гелеві. У випадку частого використання акумулятора з великою кількістю циклів заряд-розряд, наприклад, щоденного заряджання від сонячної електростанції вдень та розряджання вночі крім низької питомої вартості суттєвий вплив ще буде оказувати така характеристика акумулятора, як циклічність. Так, при низькому показнику циклічності акумулятор в такому режимі щоденного заряджання-розряджання буде прискорено вичерпувати свій ресурс. Для визначення найкращого типу акумулятора для такого інтенсивного використання стаціонарним об'єктом нами запропоновано скористатися допоміжним показником таким, як вартість одного циклу. Він розраховується діленням питомої вартості на циклічність. Визначення цієї характеристики та її аналіз є напрямом наших подальших досліджень.

Список літератури

1. Поширені типи акумуляторів, які найчастіше використовуються для накопичення електроенергії. Правильне електроживлення [онлайн]. 06.09.2022 [дата звернення 19 грудня 2024]. Режим доступу: <https://sun-energy.com.ua/articles/typy-akumulyatoriv>
2. Шембель О. М., Білогуров В. А. Основні характеристики сучасних хімічних джерел струму різних електрохімічних систем // Сучасна спеціальна техніка : науково-практичний журнал. — 2009. — № 2 (17). — С. 66-86.
3. BloombergNEF. Lithium-Ion Battery Price Trends and Market Analysis [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://about.bnef.com>. — Дата звернення: 21.12.2024.
4. Манойлов В. М. "Сучасні тенденції розвитку акумуляторних систем". Енергетика і електрифікація, 2021.
5. Воронін В. П. "Електрохімічні джерела струму". Київ: Наукова думка, 2019.

УДК 629.113: 629.064.5

Юрій Яловенко, здобувач гр. ЕНМ-23М, **Олександр Сіріков**, доц., канд. техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: asirikov@i.ua

АНАЛІЗ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Враховуючи високу вартість на електромобілі відомих брендів, з'явилася нова тенденція до переобладнання існуючих автомобілів з двигунів внутрішнього згорання на електричну тягу. В більшості випадків переобладнання робиться з матеріалів та пристроїв, що вдається знайти, без будь-яких інженерних розрахунків. Отже, аналіз методики проектування електромеханічної частини електротранспорту є важливою науково-практичною задачею, яка б дозволила розрахувати технічні характеристики переобладнаного автомобіля та за результатами розрахунку обрати необхідне обладнання.

Для правильного вибору двигуна електромобіля потрібно знати такі характеристики як номінальна і пікова потужності, а також значення крутного моменту і частоти обертання валу. Номінальна потужність використовується для підтримки заданої постійної швидкості. Пікова потужність потрібна для розгону електромобіля. Знання крутного моменту і частоти обертання валу електродвигуна потрібно для визначення параметрів редуктора і вибору самого двигуна.

Для розрахунку частоти обертання двигуна скористаємося формулою:

$$n = (v \cdot u_{\text{кп}} \cdot u_{\text{гп}}) / (2\pi \cdot r \cdot 3,6) \quad (1)$$

де: v – швидкість руху, км/год; r – радіус ведучого колеса, м; n – частота обертання валу електродвигуна, об./с; $u_{\text{кп}}$ – передавальне число коробки передач та/або редуктора; $u_{\text{гп}}$ – передавальне число головної передачі.

Формула (1) дозволяє задавшись значенням швидкості руху та передаточного числа трансмісії (яка є відомою та наводиться в довідковій літературі на транспортний засіб) розрахувати частоту обертання електродвигуна.

Розрахунок крутного моменту електродвигуна M_e може бути виконаний за наступною формулою, Н·м:

$$M_e = (fmg \cdot \cos \alpha + mg \cdot \sin \alpha + C_x S \rho \cdot v^2 / 2 + m(v / (3,6 \cdot t)) \cdot (1,05 + 0,05 \cdot u_{\text{кп}})) \cdot r / (\eta_{\text{тр}} \cdot u_{\text{кп}} \cdot u_{\text{гп}}) \quad (2)$$

де: f – коефіцієнт тертя кочення; m – маса електромобіля, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²; α – кут нахилу дороги; C_x – коефіцієнт аеродинамічного опору повітря (коефіцієнт обтічності), Н·с²/(м·кг); S – лобова площа електромобіля (автомобіля), м²; ρ – щільність повітря; v – розрахункова швидкість, км/год; t – час потрібний для прискорення електромобіля, до розрахункової швидкості v ; $u_{\text{кп}}$ – передавальне число коробки передач; r – радіус ведучого колеса, м; $\eta_{\text{тр}}$ – ККД трансмісії транспортного засобу; $u_{\text{гп}}$ – передавальне число головної передачі;

Потужність двигуна може бути визначена за формулою:

$$P = M_e \cdot \omega = \pi M_e \cdot n / 30, \quad (3)$$

де ω – кутова швидкість, n – частота обертання (число обертів за хвилину, об/хв).

Отже, формул (1)-(3) достатньо для того, щоб розрахувати необхідні параметри електродвигуна для його вибору або за характеристиками електродвигуна розрахувати параметри руху транспортного засобу. Проведемо, в якості прикладу, подібний розрахунок.

Технічні параметри прийняті за константи. Коефіцієнт тертя кочення $f \approx 0,02$ (середнє значення для більшості поширених покриттів доріг). Маса автомобіля $m = 1450$ кг (середнє значення повної маси легкового автомобіля). Коефіцієнт аеродинамічного опору

$C_x = 0,43$ і лобова площа проекції $S = 2,0 \text{ м}^2$ (середнє значення для радянських автомобілів). Радіус ведучого колеса $r = 0,27 \text{ м}$ (згідно проведеного розрахунку для шини типу – 175/70 R13). ККД трансмісії $\eta_{\text{тр}} = 0,9$ (прийнято за довідковими даними). Передавальне число головної передачі $u_{\text{гп}} = 3,91$ (прийнято за довідковими даними для автомобіля марки Москвич 412).

Розрахунок стартового моменту електродвигуна необхідний для визначення значення крутного моменту необхідного для початку руху. Найбільш важким стартом будемо вважати початок руху навантаженого автомобіля на дорозі нахиленої під кутом 45%. В цьому випадку (2) спроститься до наступного виразу:

$$M_e = (fmg \cdot \cos\alpha + mg \cdot \sin\alpha) \cdot r / (\eta_{\text{тр}} \cdot u_{\text{кп}} \cdot u_{\text{гп}}) =$$

$$= (0,02 \cdot 1450 \cdot 9,8 \cdot \cos(\text{asin}(45/100)) + 1450 \cdot 9,8 \cdot (45/100)) \cdot 0,27 / (0,9 \cdot 3,49 \cdot 3,91) = 146,2 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $u_{\text{кп}} = 3,49$ – передаточне число першої передачі КПП (Москвич 412).

Розрахунок параметрів електродвигуна при рівномірному руху по горизонтальній поверхні з максимальною швидкістю.

Необхідний момент двигуна:

– при русі у місті (50 км/год)

$$M_e = (fmg \cdot \cos\alpha + C_x S \rho \cdot v^2 / 2) \cdot r / (\eta_{\text{тр}} \cdot u_{\text{кп}} \cdot u_{\text{гп}}) =$$

$$= (0,02 \cdot 1450 \cdot 9,8 + 0,43 \cdot 2,0 \cdot 1,225 \cdot (50/3,6)^2 / 2) \cdot 0,27 / (0,9 \cdot 1,0 \cdot 3,91) = 29,6 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

– при русі на трасі (90 км/год)

$$M_e = (fmg \cdot \cos\alpha + C_x S \rho \cdot v^2 / 2) \cdot r / (\eta_{\text{тр}} \cdot u_{\text{кп}} \cdot u_{\text{гп}}) =$$

$$= (0,02 \cdot 1450 \cdot 9,8 + 0,43 \cdot 2,0 \cdot 1,225 \cdot (90/3,6)^2 / 2) \cdot 0,27 / (0,9 \cdot 1,0 \cdot 3,91) = 47,1 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $u_{\text{кп}} = 1,0$ – передаточне число четвертої передачі КПП (Москвич 412).

Швидкість обертання двигуна:

– при русі у місті (50 км/год)

$$n = (v \cdot u_{\text{кп}} \cdot u_{\text{гп}}) / (2\pi \cdot r \cdot 3,6) = (50 \cdot 1,0 \cdot 3,91) / (2\pi \cdot 0,27 \cdot 3,6) = 32 \text{ об/с} = 1920 \text{ об/хв.},$$

– при русі на трасі (90 км/год)

$$n = (v \cdot u_{\text{кп}} \cdot u_{\text{гп}}) / (2\pi \cdot r \cdot 3,6) = (90 \cdot 1,0 \cdot 3,91) / (2\pi \cdot 0,27 \cdot 3,6) = 32 \text{ об/с} = 3457 \text{ об/хв.}$$

Необхідна потужність двигуна:

– при русі у місті (50 км/год)

$$P = \pi M \cdot n / 30 = \pi \cdot 29,6 \cdot 1920 / 30 = 5953,9 \text{ Вт},$$

– при русі на трасі (90 км/год)

$$P = \pi M \cdot n / 30 = \pi \cdot 47,1 \cdot 3457 / 30 = 17039 \text{ Вт}.$$

Розрахунок параметрів електродвигуна при прискоренні. При розрахунках параметрів електродвигуна в режимі прискорення транспортного засобу задамося заводськими характеристиками розгону до 100 км/год. При цьому будемо вважати що автомобіль рухається по горизонтальній дорозі, яка немає нахилу. Необхідний момент двигуна при старті ($v = 0$):

$$M_e = (fmg \cdot \cos\alpha + C_x S \rho \cdot v^2 / 2 + m(v / (3,6 \cdot t)) \cdot (1,05 + 0,05 \cdot u_{2\text{кп}})) \cdot r / (\eta_{\text{тр}} \cdot u_{\text{кп}} \cdot u_{\text{гп}}) =$$

$$= (0,02 \cdot 1450 \cdot 9,8 + 0,43 \cdot 2,0 \cdot 1,225 \cdot (0/3,6)^2 / 2 + 1450(100 / (3,6 \cdot 19))(1,05 +$$

$$+ 0,05 \cdot 3,49)) \cdot 0,27 / (0,9 \cdot 3,49 \cdot 3,91) = 63,3 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $u_{\text{кп}} = 3,49$ – передаточне число першої передачі КПП (Москвич 412).

При русі зі швидкістю $v = 10 \text{ км/год}$:

$$M_e = (fmg \cdot \cos\alpha + C_x S \rho \cdot v^2 / 2 + m(v / (3,6 \cdot t)) \cdot (1,05 + 0,05 \cdot u_{2\text{кп}})) \cdot r / (\eta_{\text{тр}} \cdot u_{\text{кп}} \cdot u_{\text{гп}}) =$$

$$= (0,02 \cdot 1450 \cdot 9,8 + 0,43 \cdot 2,0 \cdot 1,225 \cdot (10/3,6)^2 / 2 + 1450(100 / (3,6 \cdot 19))(1,05 +$$

$$+ 0,05 \cdot 3,49)) \cdot 0,27 / (0,9 \cdot 3,49 \cdot 3,91) = 63,4 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Швидкість обертання двигуна

$$n = (v \cdot u_{\text{кп}} \cdot u_{\text{гп}}) / (2\pi \cdot r \cdot 3,6) = (10 \cdot 3,49 \cdot 3,91) / (2\pi \cdot 0,27 \cdot 3,6) = 1340,6 \text{ об/хв.}$$

Необхідна потужність двигуна

$$P = \pi M \cdot n / 30 = \pi \cdot 63,4 \cdot 1340,6 / 30 = 8901,4 \text{ Вт}.$$

Аналогічним чином розраховані параметри електродвигуна при інших швидкостях руху при прискоренні транспортного засобу. Результати розрахунку зведені до табл. 1.

Таблиця 1. Результати розрахунку параметрів електродвигуна при прискоренні

Швидкість руху, км/год.	Крутний момент, Н·м	Швидкість обертання валу, об./хв..	Потужність, Вт
10	63,4	1340,6	8901,4
30	103,9	2350,9	25582,3
50	158,8	2554,5	42479,3
70	216	2688,9	60822,8
90	226	3457,2	81813,6

Вибір електродвигуна. Згідно проведених вище розрахунків необхідні параметри приводного електродвигуна: пусковий момент: 146,2 Н·м; номінальний момент: 47,1 Н·м – для замиського руху, 29,6 Н·м – для руху в місті; номінальна потужність: 17 кВт – для замиського руху, 6 кВт – для руху в місті; номінальна швидкість обертання: 3457 об/хв. – для замиського руху, 1920 об/хв. – для руху в місті. Виберемо безщітковий електродвигун постійного струму BLDC:

– для замиського руху – НРМ3000В з такими параметрами: потужність – 20 кВт, частота обертів: 3200-6000 об/хв., момент номінальний – 80 Н·м, максимальний – 160 Н·м.

– для руху в місті – НРМ-10KW з такими параметрами: потужність – 10 кВт, частота обертів: 2000-4500 об/хв., момент номінальний – 30 Н·м, максимальний – 60 Н·м.

Розрахунок параметрів кумуляторної батареї. Акумуляторну батарею виберемо з умови забезпечення пробігу 100 км на одній зарядці. Для замиського руху на швидкості 90 км/год. акумулятор повинен розряджатися $t_{роз} = 100/90 = 1,12$ год. При цьому він повинен віддавати потужність з урахування ККД двигуна 0,9 та контролера 0,9

$$P_{акум} = P / (\eta_{дв} \cdot \eta_{кон}) = 17 / (0,9 \cdot 0,9) = 21 \text{ кВт.}$$

Номінальний струм при обраній стандартній напрузі 96 В

$$I_{ном} = P_{акум} / U_{стан} = 21000 / 96 = 219 \text{ А.}$$

Необхідна ємність акумуляторної батареї складе:

$$C_{акум} = P_{акум} \cdot t_{роз} / U_{стан} = 21000 \cdot 1,12 / 96 = 245 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

Аналогічним чином для міського руху на швидкості 50 км/год:

$$t_{роз} = 100 / 50 = 2 \text{ год, } P_{акум} = P / (\eta_{дв} \cdot \eta_{кон}) = 6 / (0,9 \cdot 0,9) = 7,4 \text{ кВт,}$$

$$I_{ном} = P_{акум} / U_{стан} = 7400 / 96 = 77 \text{ А, } C_{акум} = P_{акум} \cdot t_{роз} / U_{стан} = 7400 \cdot 2 / 96 = 155 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

Загальні висновки. В разі переобладнання легкового автомобіля на електричну тягу цілком достатнім буде використання електричного двигуна номінальною потужністю 10 кВт. Цієї потужності буде достатньо, як для комфортного руху в міських умовах, так і прийняттого руху за межами населених пунктів. В якості приводного двигуна краще всього застосовувати безколекторні двигуни постійного струму BLDC. В якості стандартної напруги можна використати напругу, як 96 В так і 48 В. В цьому випадку робочий струм буде біля 200 А, що може бути забезпечено літєвими акумуляторами ємністю 280-310 А·год. Також застосування стандартної напруги 48 В дозволить використання поширених та недорогих плат BMS і контролерів BLDC. Ємність акумуляторної батареї біля 300 А·год забезпечить пробіг легкового автомобіля щонайменше 100 км.

Список літератури

1. Sirikov O.I., Stets P.G., Stets I.G. The reasoning of the necessity of development the designing method of the electromechanical elements of electric transport. 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. 119-120.
2. Сіріков О.І., Стець П.Г., Стець І.Г. Обґрунтування розробки методики проектування електромеханічної частини електротранспорту. 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 2018 р., – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – С. 62-63.

СЕКЦІЯ № 3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 681.5:004:635.64:004

Ірина Березюк¹, доц., канд. техн. наук, Валентина Зубенко², доц., канд. техн. наук, Олексій Сугак¹, здобувач

¹Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

²Херсонський державний аграрно-економічний університет

e-mail: shapovalovai@ukr.net, e-mail: zub_valya@ukr.net, e-mail: sugak_olexiy@ukr.net

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СКОРОЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ПРИ КЕРУВАННІ МІКРОКЛІМАТОМ В ТЕПЛИЦІ

Як відомо [1;4], важливу роль при вирощуванні овочів в спорудах закритого ґрунту відіграє мікроклімат. До основних параметрів мікроклімату належать температурний, вологісний режими та режим живлення. На рослину в теплиці діє складний комплекс факторів. Температурний режим є важливим фактором керування ростом та плодоносінням рослин. Температура визначає інтенсивність таких процесів, як фотосинтез, дихання, транспірація, переміщення речовин, метаболізм, ріст та плодоносіння. Розподіл тепла в середині теплиці залежить від її конструкції, способу опалення, розміщення обігрівуючих приладів. Вологість повітря, також має велике значення. Підтримуючи її в оптимальних межах, створюють умови необхідні для отримання високих та стійких врожаїв в теплиці. Проектами сучасних теплиць передбачено регулювання майже всіх параметрів, які обумовлюють інтенсивний розвиток рослин. Використання високопродуктивної технології дає можливість отримувати великі і стабільні урожаї протягом цілого року.

В Україні на даний час експлуатується велика кількість теплиць для вирощування найрізноманітніших сільськогосподарських культур, де використовуються морально і фізично застарілі системи управління технологічними процесами, які суттєво знижують ефективність та енергоємність промислових теплиць.

Сучасні системи управління розвиваються в напрямку зменшення розмірів, маси та енергозатрат, підвищення надійності, нарощення функціональності та інтелектуалізації. В таких умовах з'являються нові системи управління, які ґрунтуються на нових інтелектуальних інформаційних технологіях і сучасній елементній базі.

З аналізу публікацій випливає, що підвищити енергоефективність процесу вирощування овочів у спорудах закритого ґрунту шляхом керування мікрокліматом із використанням інтелектуальних технологій (генетичного алгоритму та нейронних мереж).

Тому в даній роботі розглядається можливість використання в комп'ютерній системі управління мікрокліматом теплиці нечіткого регулятора в локальній підсистемі. Це дозволить досягти значної гнучкості в управлінні мікрокліматом теплиць найрізноманітніших типів

На сьогоднішній день існує безліч робіт, присвячених моделям мікроклімату теплиць. Існуючі моделі дозволяють вести розрахунок впливів за параметрами мікроклімату теплиці, але є дуже складними і незручними в використанні. Тому існує потреба розробки іншого підходу до управління мікрокліматом у промислових теплицях.

В даний час спостерігається інтенсивний розвиток і практичне застосування нечітких систем для цілей управління та регулювання багатьох технічних об'єктів.

Нечіткі регулятори представляють інтерес в першу чергу для управління об'єктами, які або не піддаються, або піддаються з великими труднощами формалізованому опису, але навіть стосовно до управління об'єктами, для яких отримані математичні моделі, ці регулятори часто кращі за всі інші, так як дозволяють отримати більш високу якість систем автоматичного управління. Управління мікрокліматом чітко підпадає під таку категорію об'єкта управління і використання нечіткого регулятора є виправданим в даній роботі. [2,3].

Для моделювання нечіткого регулятора використано середовище середовище Matlab. Для цього використано бібліотеку Fuzzy Logic Toolbox. Для самого процесу проектування використаємо графічне середовище, що поставляється разом з Matlab – Fuzzy Inference System (FIS)

Спочатку було спроектовано загальну структуру нечіткого регулятора. До неї відноситься кількість входів та виходів. Регулятор має 3 входи (temperature-in, growth-phase та humidity-in), перший передає значення температури, другий – фази росту, а третій вологості відповідно. Присутні також два виходи (temperature-out та humidity-out).

Ці виходи несуть інформацію про прийняте нечітким регулятором рішення щодо управління температурою та вологістю в теплиці. Для моделювання були розроблені функції належності по відповідним каналам.

Для випробування спроектованого регулятора використано Simulink. Порівнявши розроблену систему з аналогом, було зроблено висновок про доцільність запропонованої системи.

Використовуючи сучасний розвиток мікропроцесорних систем, апаратних засобів аналогової та цифрової техніки, було удосконалено систему, яка реалізує більш складні функції і з більш високою надійністю.

Інформаційну систему керування мікрокліматом в тепличному господарстві реалізовано на сучасній елементній базі із застосуванням мікропроцесорних засобів. Всі функції управління вузлами, збору та обробки інформації, прийняття рішень та регулювання, контролю покладено на однокристальну мікро-ЕОМ. За допомогою сучасних датчиків система дозволяє оперативно керувати мікрокліматом. При порушенні технологічного процесу спрацьовує світлова та звукова сигналізація. Запропонована система управління мікрокліматом в промислових теплицях дозволить підвищити енергоефективність виробництва та якість продукції.

Список літератури

1. Сацик В. О. Апаратне забезпечення автоматизованого регулювання мікроклімату теплиці. Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Луцьк, 2013. Вип. №40. С. 245-250.
2. Коломієць Т. І. Автоматизована система управління параметрами мікроклімату в теплицях. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської наук.-практ. Internet-конференції. Черкаси, 2019. С.32-33.
3. Лисенко В. П. Програмно-апаратне забезпечення системи фітомоніторингу в теплиці. Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. Харків, 2014. Вип. 2 (2). С. 65-68.

UDC 621.002.681.324

Larisa Vikhrova, Prof., PhD tech. sci., **Mariia Miroschnichenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.,
Illia Horelik st. gr. AK-23M
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
e-mail: vihrovalg@ukr.net, marymir@ukr.net

AUTOMATED SYSTEM OF BENCH TESTS OF COMPLEX MACHINE-BUILDING PRODUCTS

Today, the use of transport and lifting transport machines can be accompanied by accidents or even catastrophes with material damage, human casualties, and irreparable environmental consequences. Many companies producing such machines are forced to return them to the manufacturing plants in order to eliminate malfunctions or even remove them from operation. In such conditions, a transition to a new level of quality control of machine-building products should be made. At the same time, information about the state and trends of changes in product properties must be integrated into a comprehensive quality assessment in order to make the right management decisions. That is, the technological processes of testing as the final stage of manufacturing machine-building products play a particularly important role. Such a complex problem cannot be solved only by increasing the duration of tests, because this will lead to an increase in the cost of products, while not guaranteeing their sufficient reliability. [1]

The relevance of creating the basics of automated systems and the methodology of technological processes of bench tests of complex machine-building products in order to increase the accuracy and informativeness of the results and shorten the test times is due to the equipping of test benches with modern electronic means of obtaining information.

Increasing the efficiency of the technological process of testing complex machine-building products occurs due to shortening the terms of their implementation, increasing the reliability of the information obtained on the basis of the established relationships between the parameters of the test objects and the systems of their implementation in order to improve the methodology and mathematical support of the automated test systems. [2]

The selection of informative parameters consisted in their ranking according to the informative criterion of the difference in the states of the tested products. Parameters corresponding to the largest values of the information criterion are recognized as the most informative. On this basis, a vector of controlled parameters of optimal dimension is formed. [3]

The proposed methodology of the automated process of bench tests of machine-building products, which is distinguished by the choice of rational test parameters, minimum deadlines, the greatest reliability and informativeness of the results, and at the same time the possibility of identifying quality reserves. The system for assessing the state of complex engineering products in the conditions of a priori information uncertainty has been optimized. [4]

The structure of the automated system of testing complex machine-building objects has been developed. The components of the system of knowledge about the quality and technical condition of the objects were identified. The use of such a base makes possible the introduction and improvement of automated test systems, the transition to integrated management of production and product quality in order to ensure its competitiveness.

Список літератури

1. Посібник з дисципліни «Проектування машинобудівних виробництв» для здобувачів освітнього рівня магістр за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Укладачі: Комар Р.В., Барановський В.М., Окіпний І.Б. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2024. – 140 с.
2. Chakrabarty K., Su F. Design Automation Challenges for Microfluidics-Based Biochips. - Montreux, Switzerland, 01-03 June 2005.
3. Гервас О.Г. САПР об'єктів середовища. Навчально-методичний посібник. – Умань: Візаві, 2018. - 160 с.
4. Основи системної інженерії [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Г. О. Кривов, С. Г. Кривова, К. О. Зворикін, О. С. Зубаньов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 17 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 322 с.

УДК 004.932.2

Юрій Мишковський, аспірант, **Марія Назаркевич**, проф., д-р. техн. наук,
Національний університет "Львівська Політехніка", м. Львів
e-mail: yurii.i.myshkovskiy@lpnu.ua

РОЗПІЗНАВАННЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДЕЛІ YOLOv8s

Розпізнавання об'єктів у реальному часі є важливою складовою сучасних систем безпеки, автономних транспортних засобів та військових застосувань. У цьому дослідженні ставиться за мету використання моделі YOLOv8s для ефективного розпізнавання рухомих об'єктів, таких як танки, бойові машини піхоти (БМП) та бронетранспортери (ВТР), з урахуванням різних сценаріїв та фонових умов. Архітектура моделі YOLOv8s дозволяє одночасно виявляти об'єкти та визначати їхні межі, що забезпечує високу швидкість і точність розпізнавання. Набір даних, використаний для дослідження, складався з зображень різних класів, включно з об'єктами танків, БМП, ВТР і фонових сцен, що дозволило провести всебічну оцінку точності та повноти моделі за допомогою таких метрик, як F1-score, Precision, Recall, та Confusion Matrix. Архітектура YOLOv8s: Опис архітектури моделі YOLOv8 (You Only Look Once), яка дозволяє одночасно розпізнавати об'єкти та їхні межі, що забезпечує швидкість і точність.

Для дослідження було використано структурований набір даних, що складався з 10,000 зображень, де були представлені три основні класи: танки, БМП, ВТР, а також фонові сцени. Оцінка роботи моделі проводилася за допомогою таких метрик, як F1-score, Precision, Recall, що дозволило детально проаналізувати ефективність моделі, а також використати Confusion Matrix (матриця плутанини) для візуалізації та оцінки помилок класифікації між різними класами.

Confusion Matrix Normalized

Модель показує високі результати для розпізнавання об'єктів класу "танки" з точністю 0.95, проте спостерігаються певні помилки у розпізнаванні між класами БМП і ВТР. Фон (background) іноді помилково розпізнається як об'єкти класів БМП та ВТР (з точністю 0.37 та 0.23 відповідно).

F1-Confidence Curve

Максимальне значення F1-score для всіх класів досягнуто на рівні 0.91 при порозі 0.599, що свідчить про гарну збалансованість між точністю та повнотою.

Precision-Confidence Curve

Модель досягла максимального значення точності 1.00 для всіх класів при порозі 0.893, що демонструє можливість моделі коректно розпізнавати об'єкти з високою впевненістю.

Precision-Recall Curve

Загальне значення mAP@0.5 для всіх класів становить 0.949, де класи "танки", "БМП" і "ВТР" досягли результатів 0.967, 0.918 та 0.964 відповідно.

Recall-Confidence Curve

Повнота для всіх класів досягла 0.97 при низьких порогах, проте для високих значень порогів модель демонструє помітне зниження повноти.

Зміна втрат у тренуванні

Графіки втрат (box_loss, cls_loss, dfl_loss) показують поступове зменшення втрат як у тренувальних, так і у валідаційних наборах, що свідчить про стабільне навчання моделі.

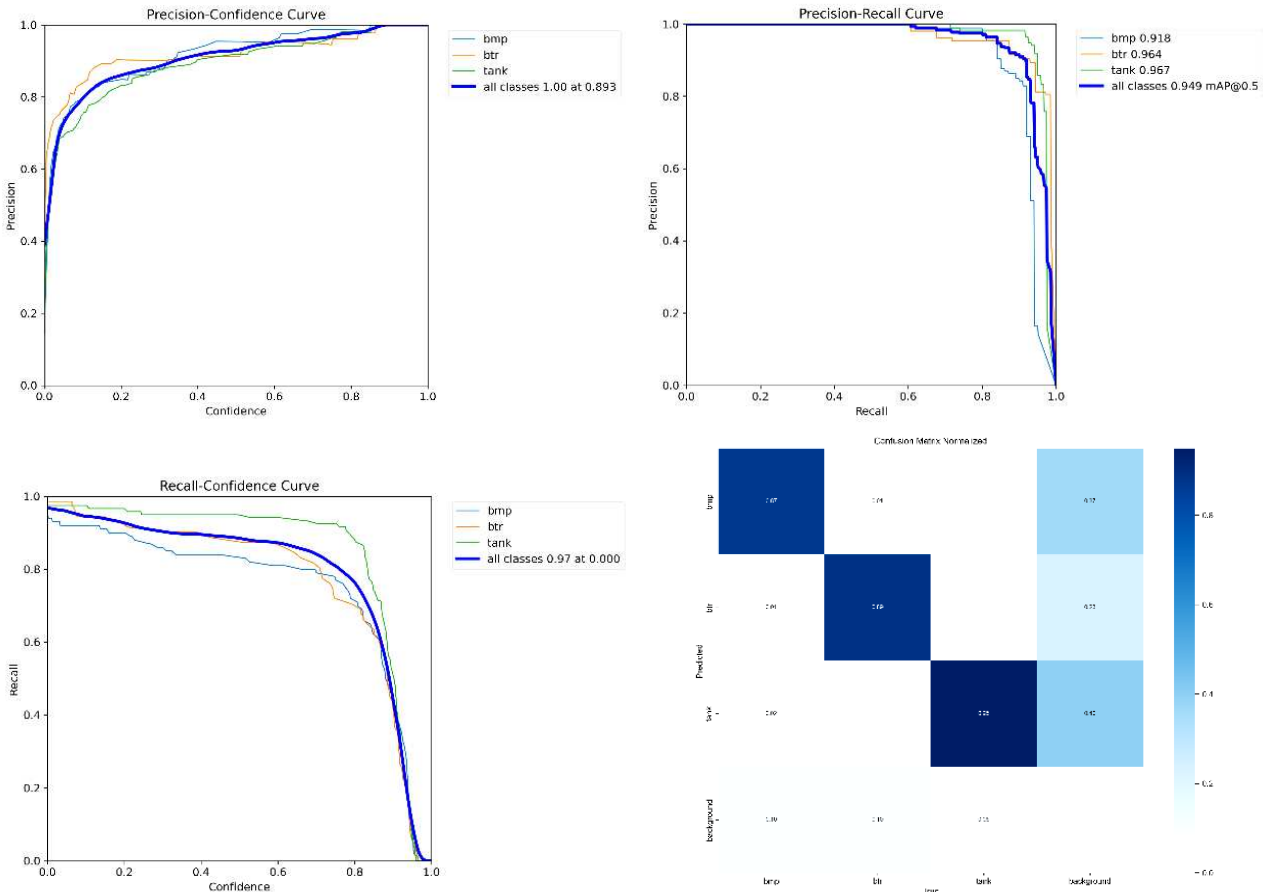


Рисунок 1 - Результати тренування та тестування моделі

Модель YOLO8s демонструє високу ефективність у розпізнаванні складних рухомих об'єктів у реальних умовах, зокрема таких як танки, BMP та BTR. Однак, незважаючи на високі результати для основних класів, модель стикається з певними труднощами при розрізненні схожих об'єктів, що потребує подальшого вдосконалення. Перспективними напрямками для подальших досліджень є використання ансамблевих методів для підвищення точності розпізнавання, а також адаптація моделі для роботи у складніших реальних умовах, таких як нічна зйомка або різні погодні умови.

Список літератури

1. Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). YOLOv3: An Incremental Improvement. arXiv preprint arXiv:1804.02767. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1804.02767>
2. Wang, C. Y., Bochkovskiy, A., & Liao, H. Y. M. (2020). Scaled-YOLOv4: Scaling Cross Stage Partial Network. arXiv preprint arXiv:2011.08036. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2011.08036>
3. Huang, Z., Zhang, L., & Zhang, M. (2020). Real-time object detection system for autonomous driving using deep learning. Journal of Advanced Transportation, 2020, 1-10. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.19546.26562>
4. Goudah, A. A., Jarofka, M., El-Habrouk, M., Schramm, D., & Dessouky, Y. G. (2023). Object detection in inland vessels using combined trained and pretrained models of YOLO8. Advances in Computing & Engineering, 3(2), 64. <https://doi.org/10.21622/ACE.2023.03.2.064>

УДК 681.5+631.354.2

Сергій Осадчий¹, проф., д-р. техн. наук, **Віктор Каліч**², проф., канд. техн. наук,
Лариса Віхрова², проф., канд. техн. наук, **Марія Мірошніченко**², доц., канд. техн. наук

¹*Льотна академія Національного авіаційного університету, м. Кропивницький*

²*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький*
e-mail: srg2005@ukr.net, vihrovalg@ukr.net, marymir@ukr.net

ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОТОКУ ХЛІБНОЇ МАСИ НА ВХОДІ МОЛОТАРКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ

При збиранні зернових для підвищення ефективності цього процесу на перший план виходить зменшення втрат зерна і забезпечення своєчасних термінів проведення технологічних операцій. Це пов'язано з тим, що операції по збиранню врожаю становлять від 25% до 40% загальних витрат на вирощування зерна. Тому підвищення якості збирання зернових є одним з важливих факторів підвищення врожайності при вирощуванні зерна. У першу чергу це залежить від правильного функціонування зернозбирального комбайна, створення умов для оптимальної роботи його основних елементів, зокрема, забезпечення стабільної подачі потоку хлібної маси на вході в молотарку комбайну. Одним зі шляхів такого підходу є автоматизація регулювання стохастичного потоку хлібної маси з досягненням мінімальних відхилень від заданого значення. [1]

Розроблені раніше системи та пристрої стабілізації потоку хлібної маси на вході молотарки зернозбирального комбайну базувалися на застосуванні механічних, пневматичних та гідравлічних елементів керування роботою двигуна [2]. При цьому вони не забезпечували потрібну стабілізацію потоку хлібної маси на вході в молотарку зернозбирального комбайну, тому що застосовували прості закони управління. Звідси ефект підвищення якості збирання був незначний, тому вони не отримали подальшого розвитку.

Використання гідротрансмисії для управління швидкістю зернозбирального комбайну дозволило змінювати швидкість його руху без впливу на роботу інших елементів і пристроїв комбайну. Це створило можливості для розробки автоматичної системи стабілізації потоку хлібної маси, яка не залежить від швидкості руху комбайну.

Для створення системи автоматизації, яка забезпечить стабільний потік хлібної маси, потрібно встановити, які сигнали (корисні, які несуть необхідну інформацію про величину потоку, збурення та завади) поступають на вхід системи в реальних умовах її роботи.

Проведений аналіз функціонування роботи молотарки дозволив виділити три групи факторів, які можуть вплинути на роботу автоматизованої системи стабілізації: динамічні характеристики елементів системи автоматичної стабілізації; динамічні характеристики збурень, що діють в системі; шуми вимірювачів. Аналіз запропонованих раніше автоматизованих систем і пристроїв для стабілізації потоку хлібної маси [3,4] показав, що їх основний недолік – не врахування реальних динамічних властивостей об'єкта керування, збурень та завад, що впливають на роботу систем та пристроїв. Другим недоліком цих систем, який суттєво впливає на кінцевий результат, є те, що в своїй роботі вони не враховують зміну врожайності на різних полях, що призводить до збільшення втрат зерна при збиранні і, відповідно, до зменшення врожайності.

Таким чином, при розробці системи автоматичної стабілізації потоку хлібної маси на вході молотарки зернозбирального комбайну треба поєднати системи точного землеробства з системою глобального позиціонування та можливостями аерокосмічної фотозйомки. Такий

підхід дозволяє усунути недоліки раніше запропонованих методів та систем і значно підвищить ефективність і якість збирання зернових, зменшивши втрати зерна.

Список літератури

1. Інформаційна технологія проектування системи автоматичної стабілізації потоку хлібної маси на вході до молотарки зернозбирального комбайну / С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова, В. М. Каліч, М. С. Мірошніченко // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – Вип. 5 (36). – Ч. 2. – С. 103–109.
2. Осадчий С.І. Автоматизація динамічного проектування оптимальних багатомірних робастних систем стохастичної стабілізації / С.І.Осадчий // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник, випуск 40. ч.1 - Кіровоград, 2010. - С.25-34.
3. Аналіз автоматичної системи стабілізації потоку хлібної маси на вході молотарки зернозбирального комбайну / С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова, М. С. Мірошніченко // Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК: [Електронний ресурс] : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 9 листопада 2023 р. / Держ. біотехнологічний ун-т. – Харків, 2023. – 249 с. – Електронні текстові дані. – С.127-128. Режим доступу : <http://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi/>
4. Технології конструювання сучасних конкурентоспроможних комплексів керування стохастичним рухом об'єктів : монографія / Л. М. Блохін, С. І., Осадчий, О. К. Дідик [та ін.]. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2023. – 292 с. <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/13584>

УДК 004.8:004.65

Олег Файзулін, аспірант

Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів

e-mail: oleh.r.faizulin@lpnu.ua

ОПТИМІЗАЦІЯ OLAP СИСТЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ SPRING BATCH

Розглядається питання оптимізації OLAP систем із використанням фреймворку Spring Batch для ефективної обробки великих обсягів даних. Описані ключові компоненти Spring Batch, такі як Job, Step, Reader, Processor, Writer, а також підходи до паралелізації, такі як multi-threading і remote partitioning. Обговорюються техніки оптимізації читання і запису даних, зокрема chunk-based processing, та використання метаданих для моніторингу продуктивності. Також розглянуто важливість тюнінгу JVM для покращення загальної продуктивності системи й забезпечення масштабованості обчислень

1. Вступ.

OLAP (Online Analytical Processing) системи є ключовим інструментом для проведення складного аналізу даних, надаючи можливість ефективно організувати, агрегувати та аналізувати великі обсяги інформації. Однак, як і в будь-якій системі, проблема продуктивності стає критичною, коли обсяг даних та кількість операцій ростуть. Оптимізація таких систем є важливим аспектом для забезпечення стабільної роботи в реальному часі. Одним з ефективних інструментів для роботи з великими обсягами даних і забезпечення оптимізації обробки є Spring Batch – фреймворк для пакетної обробки даних у Java.

2. Постановка проблеми.

Зі збільшенням обсягів даних, які обробляються в OLAP системах, виникає проблема зниження продуктивності та ефективності обробки. OLAP системи стикаються з труднощами в оптимізації часу виконання запитів, масштабованості та зменшенні навантаження на сервери, що може призводити до повільної обробки даних, збоїв або неефективного використання ресурсів. Необхідно розробити рішення, яке забезпечить оптимізацію обробки великих обсягів аналітичних даних, зменшить навантаження на систему та забезпечить швидку й ефективну обробку запитів.

3. Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Книга “Spring in Action”⁰ надає глибоке розуміння фреймворку Spring, описуючи основні концепції і практики його використання для побудови сучасних Java-додатків. Автор фокусується на модульності Spring, зокрема на пакетній обробці даних за допомогою Spring Batch, пропонуючи ефективні рішення для обробки великих обсягів даних.

У статті “High-level ETL for semantic data warehouse.”² досліджується підхід до побудови високорівневих процесів ETL (Extract, Transform, Load) для семантичних сховищ даних. Автори пропонують архітектуру, яка покращує продуктивність ETL-процесів, використовуючи семантичні технології та орієнтуючись на складні дані для покращення аналітичних операцій у великих системах даних.

У статті “Towards a scalable and efficient ETL”³ розглядаються методи підвищення масштабованості та ефективності ETL-процесів у великих інформаційних системах. Автори пропонують оптимізаційні стратегії для покращення продуктивності та надійності ETL-процесів, орієнтуючись на великі обсяги даних і вимоги до сучасних аналітичних платформ.

4. Оптимізація Olap систем із використанням Spring Batch.

Основними цілями є:

- Оптимізація OLAP систем: Дослідити та запропонувати способи оптимізації продуктивності OLAP систем, що працюють з великими обсягами даних, шляхом використання фреймворку Spring Batch для ефективної пакетної обробки даних.
- Використання паралелізації та розподілених обчислень: Продемонструвати, як техніки паралелізації та розподілу навантаження (multi-threading і remote partitioning) можуть бути використані для збільшення швидкості обробки даних і підвищення масштабованості OLAP систем.
- Оптимізація читання та запису даних: Описати методи покращення процесів читання та запису даних, зокрема за допомогою chunk-based processing, для зменшення часу обробки та зниження навантаження на систему.
- Тюнінг JVM для підвищення продуктивності: Вивчити вплив оптимізації JVM і ефективного управління ресурсами на продуктивність системи, особливо в контексті великих аналітичних систем.
- Надання інструментів для моніторингу та аналізу: Розкрити використання метаданих для відстеження продуктивності OLAP систем, виявлення “вузьких місць” та налаштування процесів для подальшого покращення продуктивності.

4.1. Основні компоненти Spring Batch для оптимізації.

У Spring Batch існує кілька компонентів, які можна використовувати для оптимізації процесів обробки даних в OLAP системах:

1. Job – це високорівнева структура, яка описує весь процес обробки. Job складається з етапів (steps), кожен з яких виконує певну задачу, наприклад, читання даних з бази, перетворення або запис результатів у нову таблицю.
2. Step – це етап процесу обробки, який містить логіку для конкретної операції. Кожен step може бути налаштований так, щоб виконувати певну частину завдання, розбиваючи великі обсяги даних на більш керовані частини.
3. Reader, Processor, Writer – основні компоненти для виконання кожного step. Читач (Reader) витягує дані, процесор (Processor) обробляє їх, а записувач (Writer) зберігає результат у сховищі даних. Ця триступенева модель дозволяє налаштовувати обробку для досягнення максимальної продуктивності.
4. Partitioning – техніка, яка дозволяє розділити обробку даних на паралельні підзадачі. Це особливо важливо для великих OLAP систем, оскільки розподіл навантаження між кількома серверами дозволяє значно скоротити час виконання завдань.

4.2. Паралелізація та розподілені обчислення.

Одним з ключових підходів до оптимізації OLAP систем є паралелізація процесів обробки даних. Spring Batch надає декілька способів реалізації паралелізації, зокрема:

1. Multi-threading – дозволяє виконувати кілька потоків обробки даних одночасно в межах одного Job. Це підходить для завдань, які не мають взаємозалежностей між собою і можуть бути виконані паралельно.
2. Remote partitioning – дозволяє розподіляти обробку даних між кількома вузлами або серверами. Це зменшує навантаження на окремий сервер і забезпечує масштабованість системи.

Паралелізація особливо корисна для OLAP систем, оскільки вона дозволяє обробляти великі обсяги даних швидше, зберігаючи при цьому точність і повноту даних. Використання remote partitioning дозволяє розбивати завдання на кілька серверів, кожен з яких виконує свою частину обробки, а результат агрегується для отримання остаточного звіту.

4.3. Оптимізація читання і запису даних.

Процеси читання і запису даних є одними з найважливіших етапів у контексті OLAP систем. Оптимізація цих процесів дозволяє значно підвищити продуктивність системи. У Spring Batch є кілька способів оптимізувати ці процеси:

1. Chunk-based processing – дозволяє обробляти дані порціями (chunks), що зменшує кількість I/O операцій. Наприклад, замість запису кожного окремого рядка в базу, Spring

Batch може накопичувати певну кількість рядків і записувати їх одразу, що значно прискорює процес.

2. Skip і Retry механізми – дозволяють обробляти помилки ефективніше. Наприклад, якщо в процесі обробки виникає помилка, Spring Batch може пропустити або повторити обробку цього етапу, не перериваючи весь процес.

3. Optimized readers and writers – Spring Batch підтримує різні типи джерел даних для читання та запису, такі як JDBC, файли, JMS, і бази даних NoSQL. Це дозволяє налаштувати обробку в залежності від специфіки системи і типу сховища даних.

4.4. Використання метаданих для оптимізації.

Spring Batch підтримує зберігання метаданих про виконання job, що дозволяє аналітикам і адміністраторам системи відстежувати ефективність обробки даних і робити необхідні налаштування для покращення продуктивності. Використання метаданих дозволяє зменшити час на відновлення збоїв і відстежувати "вузькі місця" в системі, які можуть сповільнювати процес обробки.

4.5. Використання метаданих для оптимізації.

Важливим аспектом оптимізації OLAP систем є правильне налаштування JVM та інших ресурсів системи. Spring Batch працює на Java, тому оптимізація JVM (гарбедж-колектор, розмір стека, використання пам'яті) може значно вплинути на продуктивність пакетної обробки. Наприклад, налаштування гарбедж-колектора G1 або ZGC може зменшити паузи під час обробки великих обсягів даних.

Крім цього, слід уважно стежити за споживанням CPU і пам'яті, розподіляючи ресурси між потоками і кластерами, щоб уникнути перевантаження окремих вузлів системи.

Висновки.

Оптимізація OLAP систем із використанням Spring Batch є складним, але ефективним процесом, який може значно покращити продуктивність і стабільність аналітичних систем. Використання паралелізації, налаштування процесів читання і запису, а також правильне керування ресурсами дозволяє обробляти великі обсяги даних швидше і з меншою кількістю помилок. Spring Batch надає всі необхідні інструменти для цього, роблячи процес налаштування і масштабування системи максимально простим та гнучким.

Список літератури

1. Walls, C. (2022). *Spring in action*. Simon and Schuster.
2. Deb Nath, R. P., Romero, O., Pedersen, T. B., & Hose, K. (2022). High-level ETL for semantic data warehouses. *Semantic Web*, 13(1), 85-132.
3. Gueddoudj, E. Y., & Chikh, A. (2023). Towards a scalable and efficient etl. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 14(1), 10223-10231.

УДК 004.9

Ростислав Федчук, здобувач, **Вікторія Висоцька**, доц, д-р. техн. наук
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів
e-mail: rostyslav.b.fedchuk@lpnu.ua, victoria.a.vysotska@lpnu.ua

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИЯВЛЕННЯ ТА ВИПРАВЛЕННЯ ПОМИЛОК В ТЕКСТАХ

У сучасному інформаційному просторі якість текстів є критичним фактором для забезпечення ефективної комунікації. Особливо це стосується офіційних документів, наукових публікацій та інших важливих текстів, де навіть незначні помилки можуть вплинути на розуміння змісту. Однак процес перевірки і виправлення помилок вручну є трудомістким і схильним до суб'єктивності. Відтак виникає необхідність розробки автоматизованих систем, здатних швидко і точно виявляти та виправляти текстові помилки.

Сучасні системи корекції помилок базуються на новітніх досягненнях у галузі обробки природної мови та штучного інтелекту, що робить їх незамінним інструментом в умовах зростаючих обсягів інформації та необхідності її швидкої обробки. Більшість наявних систем виявлення та виправлення помилок створені для англійської мови [1]. Однак варто зауважити, що для української, яка належить до морфологічно складних, проблема корекції помилок ускладнюється. Автоматизація цього процесу має широкий потенціал для інтеграції в інформаційні системи практично будь-яких галузей, оскільки всі вони ведуть документацію, а, отже, точність і швидкість обробки текстів відіграють важливу роль. В залежності від рівня якості перевірки можна використовувати різні підходи до аналізу тексту, що включають як класичні алгоритми обробки текстів, так і сучасні методи машинного навчання:

- Система на основі правил [2] для виявлення та виправлення помилок у текстах аналізують текст за допомогою шаблонів і лінгвістичних правил, таких як узгодження частин мови, пунктуація та орфографія. Такі системи були впроваджені ще з 1980-х років і широко використовуються в офісних програмах (наприклад, Microsoft Word), онлайн-перекладачах та автоматизованих системах перевірки тексту.

- Статистичні моделі використовують частотні характеристики слів і фраз у тексті. Наприклад, система може виявити граматичні помилки, які не типові для конкретної мовної пари частин мови на основі аналізу великої кількості текстів.

- Методи машинного навчання [3] являються сучасними системами для корекції помилок та використовуються для виявлення складніших помилок, які не завжди очевидні для класичних алгоритмів, а тому надають кращий результат. Такі моделі тренуються на великих корпусах текстів, щоб навчитися розрізняти правильні та неправильні структури. Вони здатні враховувати як глобальний контекст тексту, так і специфіку конкретної мови. В кожного з вищеписаних підходів є свої плюси та мінуси, саме тому запропоновано використання переваг усіх трьох підходів в одній системі. Таким чином поєднання правил на основі регулярних виразів, статистичних моделей та машинного навчання дозволяє виявляти широкий спектр помилок – від простих орфографічних до складних граматичних і стилістичних. В той час, як правила на основі регулярних виразів швидко знаходять відомі патерни помилок, нейронні мережі й машинне навчання адаптуються до складних мовних контекстів, що робить систему ефективною в різних ситуаціях.

Щоб краще зрозуміти процеси, які відбуваються в системах підтримки прийняття рішень для ідентифікації та корекції помилок було проілюстровано діаграму варіантів використання (рис. 1).

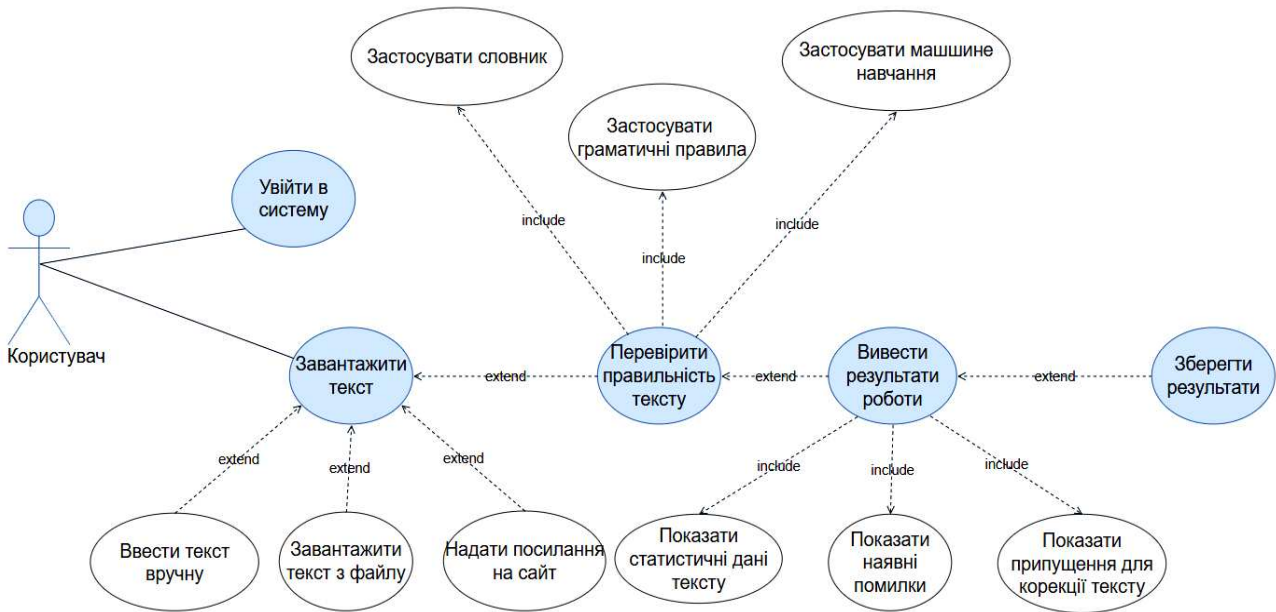


Рисунок 1 - Діаграма варіантів використання системи ідентифікації та корекції помилок у текстах

Система містить процес авторизації для того, щоб персоналізувати користувацький досвід. Загалом автоматизований процес роботи системи виглядає таким чином:

- Користувач проходить автентифікацію та авторизацію, після чого отримує доступ до функцій системи.
- Користувач може вставити текст вручну, надати посилання на текст або завантажити файл з текстом (наприклад, у форматі .txt, .doc, .docx, .pdf). Система обробляє текст, конвертує його у внутрішній формат для подальшої перевірки.
- Система проводить перевірку тексту на орфографічні, граматичні, пунктуаційні помилки, а також інші недоліки в тексті. В основі перевірки використовуються спочатку словники, потім граматичні правила, а в кінці методи машинного навчання для виявлення складних або контекстних помилок.
- Система виділяє в тексті помилки і пропонує варіанти виправлення для кожної з них. Усі помилки в тексті відзначаються різними кольорами або позначками, залежно від типу помилки (орфографія, граматики, стиль). Користувач може натискати на кожну помилку, щоб переглянути деталі та запропоновані варіанти виправлення. Також відображається статистика щодо загальної кількості помилок та типів помилок у тексті.
- Фінальним етапом буде збереження виправленого тексту задля вдосконалення моделі. Результати перевірки також можуть бути збережені у вигляді окремого звіту, що містить інформацію про знайдені помилки та виправлення.

Логічно припустити, що саме процес перевірки правильності тексту є ключовим етапом роботи системи підтримки прийняття рішень. Перед початком перевірки система повинна провести підготовку текстових даних для подальшого аналізу. Цей етап є критично важливим, оскільки неправильно підготовлені дані можуть призвести до некоректної обробки та виявлення помилок. Для обробки природної мови використовується Python бібліотека NLTK [4], що надає широкий спектр функцій, описаних нижче.

Спочатку текст нормалізується і приводиться до стандартного формату. Це включає видалення зайвих пробілів, непотрібних символів (наприклад, HTML-тегів), перетворення тексту до нижнього або верхнього регістру для подальшого аналізу. Далі текст розбивається на окремі елементи (токени) – слова, речення, абзаци. Це дозволяє алгоритмам аналізувати текст по частинах, що спрощує процес виявлення помилок. Наступним етапом є лематизація та стемінг, де система перетворює слова до їх базових форм (лем), що дозволяє зменшити кількість варіантів для обробки та точніше виявляти помилки. Наприклад, форми слова

"бігти", "біжить", "біг" будуть розглядатися як одна основа. Потім система виділяє складні мовні конструкції, такі як ідіоми, сталі вирази, терміни, які не повинні бути виправлені, навіть якщо вони не відповідають стандартним правилам. В кінці підготовки даних система визначає контекст і зміст тексту, вивчаючи слова, які несуть найбільше смислового навантаження. Це здійснюється за допомогою знаходження коефіцієнту семантичної схожості слів TF-IDF [5].

Після підготовки даних система переходить до їх обробки, що включає пошук помилок різних типів: орфографічних, граматичних, стилістичних і пунктуаційних.

Підсумовуючи, автоматизація процесу обробка тексту і його перевірка на наявність помилок – це складний процес, що вимагає ретельної підготовки даних і застосування різноманітних алгоритмів. Якість підготовки даних впливає на точність виявлення помилок, а вибір алгоритмів дозволяє системі не тільки знайти стандартні помилки, а й ефективно працювати з контекстом, забезпечуючи високу точність перевірки текстів. Поєднання різних алгоритмів робить систему потужним інструментом для перевірки текстів, підвищуючи її ефективність, точність і адаптивність до різних мовних завдань. Використання усіх алгоритмів дозволяє охопити більше типів помилок, враховуючи не тільки окремі слова, але й контекст, що зменшує кількість пропущених помилок або некоректних виправлень.

Список літератури

1. Bryant, C., Yuan, Z., Qorib, M. R., Cao, H., Ng, H. T., & Briscoe, T. (2023). Grammatical Error Correction: A Survey of the State of the Art. *Computational Linguistics*, 49(3), 643-701. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.05166>.
2. Smith, O. B., Ilori, J. O., Onesirosan, P. (1984). The proximate composition and nutritive value of the winged bean *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC for broilers. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 11: 231-237
3. Naghshnejad, M.; Joshi, T.; Nair, V.N. (2020) Recent Trends in the Use of Deep Learning Models for Grammar Error Handling, arXiv:2009.02358.
4. Natural language toolkit. Documentation [Електронний ресурс] - режим доступу до ресурсу: <https://www.nltk.org/>
5. TF-IDF from scratch in python on real world dataset [Електронний ресурс] - режим доступу до ресурсу: <https://towardsdatascience.com/tf-idf-for-document-ranking-from-scratch-in-python-on-real-world-dataset-796d339a4089?gi=5cd11f1e7335>

УДК 681.3.06

Сергій Рендзіняк¹, проф., д-р. техн. наук, Роман Холодняк¹, здобувач,
Василь Коруд², доц., канд. техн. наук, Дмитро Грушаков³, доц., канд. техн. наук

¹Львівський національний університет ім. Івана Франка, м. Львів

²Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

³Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: roman.kholodniak@lnu.edu.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ У РЕЛАКСАЦІЙНИХ МЕТОДАХ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ

1. Мета і задачі досліджень.

Метою даної роботи є розроблення ефективних паралельних алгоритмів для релаксаційних методів та їх застосування для моделювання динаміки популяцій у системі "хижак-жертва". Розглянемо різні бібліотеки Python, які дозволяють реалізувати паралельні обчислення, та порівняємо їх ефективність. Також актуальність цієї роботи пояснюється тим, що вперше було застосовано паралельні обчислення для прогнозування популяцій за моделлю Lotka-Volterra з використанням релаксаційних методів.

Для досягнення поставленої мети необхідно провести:

- 1) дослідження ефективності релаксаційних методів (Якобі, Гауса-Зейделя, метод релаксації з послабленням SOR – Successive Over-Relaxation) для розв'язання дискретизованої моделі Лотки-Вольтерра;
- 2) аналіз впливу паралельних обчислень з використанням різних бібліотек Python (ray, dash, multiprocessing, joblib, concurrent.futures) на швидкість та точність розв'язку;
- 3) оцінку точності і збіжності чисельних розв'язків, отриманих методами релаксації, у порівнянні з розв'язком задачі методом Ейлера, яка не розбита на підзадачі;
- 4) продемонструвати можливості розробленого графічного інтерфейсу для інтерактивного дослідження моделі Лотки-Вольтерра та впливу різних параметрів на її поведінку.

2. Методи досліджень.

а. Дискретизація моделі Лотки-Вольтерра методом Ейлера.

Якщо диференціальні рівняння моделі Лотки-Вольтерра дискретизовано неявним методом Ейлера, тоді отримуємо систему нелінійних різницевих рівнянь (1), яку розв'яжемо релаксаційними методами.

$$\begin{cases} x_1(t_{n+1}) = x_1(t_n) + x_1(t_{n+1})(a - bx_2(t_{n+1}))dt \\ x_2(t_{n+1}) = x_2(t_n) + x_2(t_{n+1})(-d + cx_1(t_{n+1}))dt \end{cases} \quad (1)$$

б. Реалізація релаксаційних методів.

Розроблено програмні коди на мові Python для реалізації релаксаційних методів відповідно Якобі, Гауса-Зейделя та SOR.

Метод Якобі:

$$\begin{cases} x_1(t_{n+1}^i) = x_1(t_n) + x_1(t_{n+1}^i)(a - bx_2(t_{n+1}^i))dt \\ x_2(t_{n+1}^i) = x_2(t_n) + x_2(t_{n+1}^i)(-d + cx_1(t_{n+1}^i))dt \end{cases} \quad (2)$$

У методі Якобі оновлення значень невідомих x_1 та x_2 на кожному кроці ітерації є незалежним. Це дозволяє легко розподілити обчислення між кількома процесорами за допомогою такого алгоритму:

- на кожному кроці ітерації розбиваємо обчислення на незалежні задачі для кожного елемента x_1 та x_2 ;

- кожен процесор отримує підмножину задач для обчислення нових значень x_1 та x_2 ;
- обчислені значення потім збираються і використовуються для наступного кроку ітерації.

Метод Гаусса-Зейделя:

$$\begin{cases} x_1(t_{n+1}^{i+1}) = x_1(t_n) + x_1(t_{n+1}^i)(a - bx_2(t_{n+1}^i))dt \\ x_2(t_{n+1}^{i+1}) = x_2(t_n) + x_2(t_{n+1}^i)(-d + cx_1(t_{n+1}^{i+1}))dt \end{cases} \quad (3)$$

У методі Гаусса-Зейделя оновлення значень x_1 та x_2 відбувається послідовно. Однак можна використати паралельні обчислення для кожного кроку ітерації, обчислюючи нові значення паралельно, а потім синхронізуючи результати:

- на кожному кроці ітерації розбиваємо обчислення на паралельні задачі для знаходження x_1 та x_2 ;
- кожен процесор обчислює значення для своєї підмножини даних;
- після обчислення нових значень результати синхронізуються та використовуються для наступного кроку.

Метод SOR:

$$\begin{cases} X_1 = x_1(t_n) + x_1(t_{n+1}^i)(a - bx_2(t_{n+1}^i))dt \\ X_2 = x_2(t_n) + x_2(t_{n+1}^i)(-d + cx_1(t_{n+1}^{i+1}))dt \\ x_1(t_{n+1}^{i+1}) = (1 - \omega)x_1(t_{n+1}^i) + \omega X_1 \\ x_2(t_{n+1}^{i+1}) = (1 - \omega)x_2(t_{n+1}^i) + \omega X_2 \end{cases} \quad (4)$$

Метод SOR передбачає застосування параметра релаксації ω , що робить його трохи складнішим для паралелізації. Однак, аналогічно до методу Гаусса-Зейделя, можна використовувати паралельні обчислення для кожного кроку ітерації з подальшою синхронізацією результатів:

- на кожному кроці ітерації розбиваємо обчислення на паралельні задачі для обчислення x_1 та x_2 ;
- кожен процесор обчислює значення для своєї підмножини даних з урахуванням параметра релаксації ω ;
- після обчислення нових значень результати синхронізуються та використовуються для наступного кроку.

Графічний інтерфейс програми.

Для отримання необхідних результатів дослідження та зручності візуалізації розроблено графічний інтерфейс, у якому відображаються фазова та часова діаграми, зміни похибок обчислень на кожному кроці та поле з параметрами алгоритмів (рис. 1). Обчислення реального часу на реалізацію певного метода паралельними алгоритмами, а також середньої похибки для популяції хижаків та жертв показано на рис. 2.

3. Результати експериментальних досліджень.

Метод Якобі показує майже стовідсоткову збіжність (рис. 3). Метод метод Гаусса-Зейделя показує мінімальні відхилення (рис. 4).

Метод SOR (рис. 5) показує відхилення, які залежать від значення ω , наприклад якщо $\omega = 1.5$, тоді відбувається зсув вліво; при значенні $\omega = 0.5$, графік зсувається вправо і при значеннях $\omega = 1.0$, значення ідентичні за методом Гаусса-Зейделя, що не є дивним, бо метод SOR є модифікованою версією цього методу.

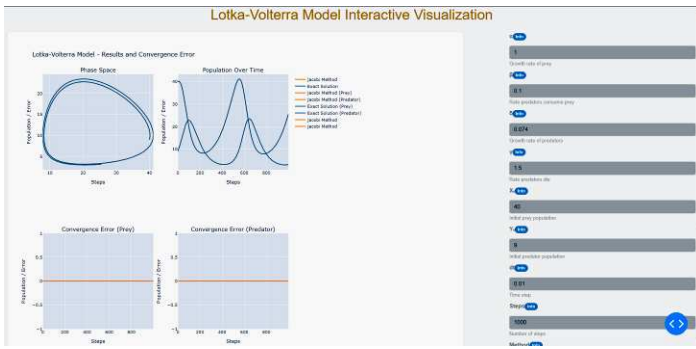


Рисунок 1 - Графічний інтерфейс програми

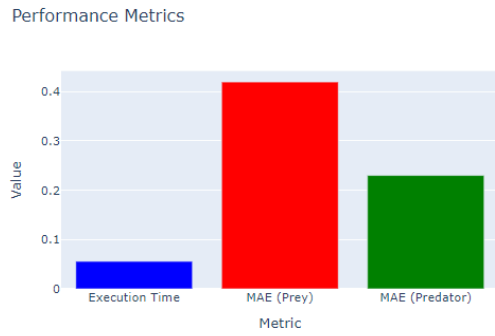


Рисунок 2 - Вікно з статистичними даними

Джерело: розроблено авторами

Джерело: розроблено авторами

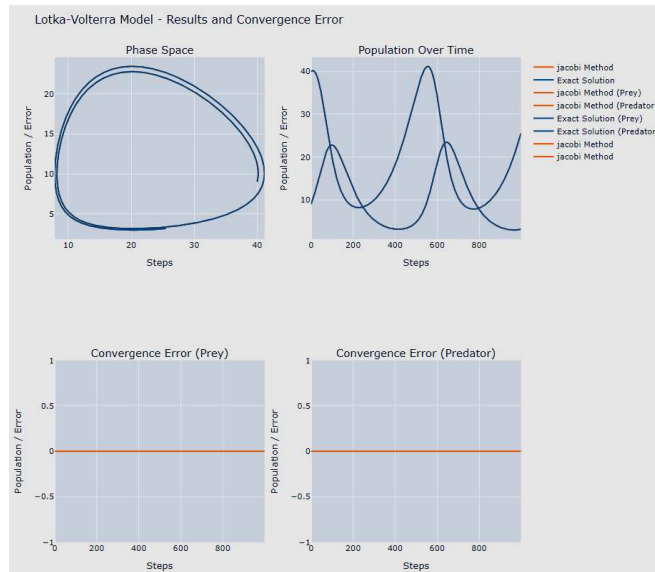


Рисунок 3 - Результати методом Якобі

Джерело: розроблено авторами

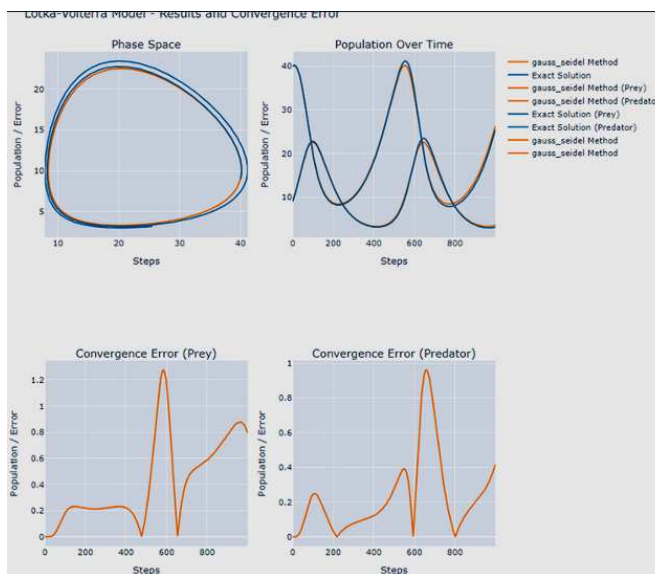


Рисунок 4 - Результати методом Гаусса-Зейделя (створено авторами)

Джерело: розроблено авторами

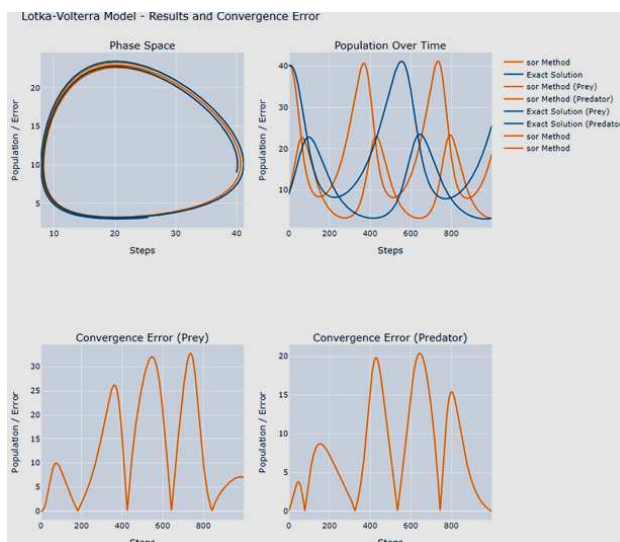


Рисунок 5 - Результати аналізу методом SOR

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 1 - Статистичні результати паралелізації алгоритмів

	Dask	Joblib	concurrent.futures	Ray	None
dt=0.01 steps=1000 method = Jacobi	0.65 s	16 s	0.039 s	2 s	0.61 s
dt=0.01 steps=1000 method = Gauss	1.1 s	30 s	0.05 s	3.2 s	1.1 s
dt=0.01 steps=1000 method = SOR	1.1 s	31 s	0.05 s	3.2 s	1.1 s
dt=0.01 steps=5000 method = Jacobi	3.2 s	77 s	0.2 s	9.3 s	3.2 s
dt=0.01 steps=5000 method = Gauss	5.4 s	155 s	0.25 s	15.5 s	5.4 s
dt=0.01 steps=5000 method = SOR	8.9 s	155 s	0.35 s	16.6 s	7.7 s
dt=0.001 steps=2500 method = Jacobi	1.76 s	38.4 s	0.13 s	5 s	1.71 s
dt=0.001 steps=2500 method = Gauss	3.2 s	77 s	0.15 s	11 s	3 s
dt=0.001 steps=2500 method = SOR	3 s	83 s	0.15 s	8.7 s	3.1 s

Джерело: розроблено авторами

Висновки

Розроблено та реалізовано програмне забезпечення на мові Python, яке ефективно моделює систему Лотка-Вольтерра з використанням паралельних обчислень для підвищення швидкодії та точності отриманих результатів. А саме, метод Якобі та метод Гауса-Зейделя забезпечують високу точність при малих значеннях кроку дискретизації та невеликій кількості ітерацій. Однак, при збільшенні цих параметрів, точність цих методів знижується. Метод SOR показав чутливість до параметра релаксації, що вимагає ретельного налаштування для досягнення оптимальних результатів.

Розроблений графічний інтерфейс надає зручний інструмент для візуалізації та аналізу результатів моделювання, дозволяючи досліджувати вплив різних параметрів моделі на динаміку популяцій, що покращує розуміння проблем та застосування паралельних обчислень при моделюванні динамічних систем.

Список літератури

1. Modeling of electric power systems based on diakoptic approach and parallel algorithms in modern computer tools // Stakhiv, P., Rendzinyak, S., Hoholyuk, O. Przegląd Elektrotechniczny, 2010, 86(1), pp. 115–117.
2. Robey R., Zamora Y. Parallel and High Performance Computing. New York, NY: Manning Publications, 2021. - 704p.

УДК 681.5:623.746

Олександр Майданик, аспірант, **Анатолій Мацуї**, проф., д-р. техн. наук,
Єлизавета Мелешко, проф., д-р. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: sanyamaidanyk@gmail.com

АВТОМАТИЗАЦІЯ АВТОНОМНОГО ПОЛЬОТУ БПЛА З ВИКОРИСТАННЯМ ЗОВНІШЬОГО МОДУЛЯ НАВІГАЦІЇ

Для ведення якісної аерофотозйомки (аеророзвідки) та ретранслявання сигналів («повітряні» ретранслятори) існує проблема використання GPS модулів та радіозв'язку через обов'язковість прямої видимості (радіогоризонт). У випадку з радіозв'язком можна покладатись виключно на GPS та політ в повністю автоматичному режимі по місії, яка попередньо записується в контролер польоту. Однак глобальна система позиціонування GPS має ряд недоліків [1]:

- залежність від кількості супутників від яких надходить сигнал на приймач GPS в конкретних погодних умовах;
- та географічному розташуванні та навмисне заглушення чи підміна координат.

При подавленні радіочастот керування та GPS системи навігації, яка у БПЛА використовується як основна для позиціонування та польоту за маршрутом (автоматичного польоту) подальша робота БПЛА не можлива. Це досить серйозна проблема, оскільки БПЛА при зникненні координат виконує посадку. При підміні координат (більш потужний радіосигнал з задалегідь хибними даними) БПЛА маневрує в хибному напрямку та вірогідність втрати літального апарату дуже висока.

Також для виконання робіт з аерофотозйомки та охоронних цілей потрібен режим висіння в конкретній точці на конкретній висоті. При нормальних сприятливих умовах БПЛА виконують ці завдання з використанням GPS. Але точність позиціонування, в таких випадках низька та БПЛА відхиляється на деяку відстань. Для вирішення цієї проблеми використовують інерційну систему навігації. Вона повністю пасивна та не потребує ніяких радіосигналів через те, що побудована на основі датчиків положення в просторі (гіроскопа), акселерометра (прискорення) та магнітного компаса (направлення).

Через недоліки з точністю ІНС використовують лише для стабілізації польоту, а для точного позиціонування систему глобального позиціонування GPS. Сучасні методи покращення точності GPS-позиціонування представлено в роботі [2].

Аналізуючи будову контролера польоту можна підключити окрему систему навігації через перемикач з приймачем радіосигналу керування симулюючи його протокол обміну даними. Це дасть змогу відключити приймач при поганому сигналі зчитуючи значення якості сигналу від приймача. Для найкращого результату точності навігації можна застосувати окремий блок на основі комп'ютерного зору. Такий навігаційний блок повинен бути на основі одноплатного комп'ютера (мікроконтролер не підходить через низьку обчислювальну здатність для такої задачі) та камери, яка напрямлена вниз. Камера зніматиме місцевість та запам'ятовуватиме її для подальшого порівняння при проходженні маршруту повернення (актуально для режиму повернення в радіомовчанні). Також дану систему можна використовувати з попередньо завантаженою картою (зображення) місцевості. На рис.1 зображено блок схему зовнішньої системи навігації.

Для кращого результату до блоку комп'ютерного зору можна додати інерційну навігаційну систему. Таким чином, якщо навігація за зображенням даватиме хибні дані, то відносно ІНС можна коректувати маршрут. Такий підхід значно підвищить надійність.

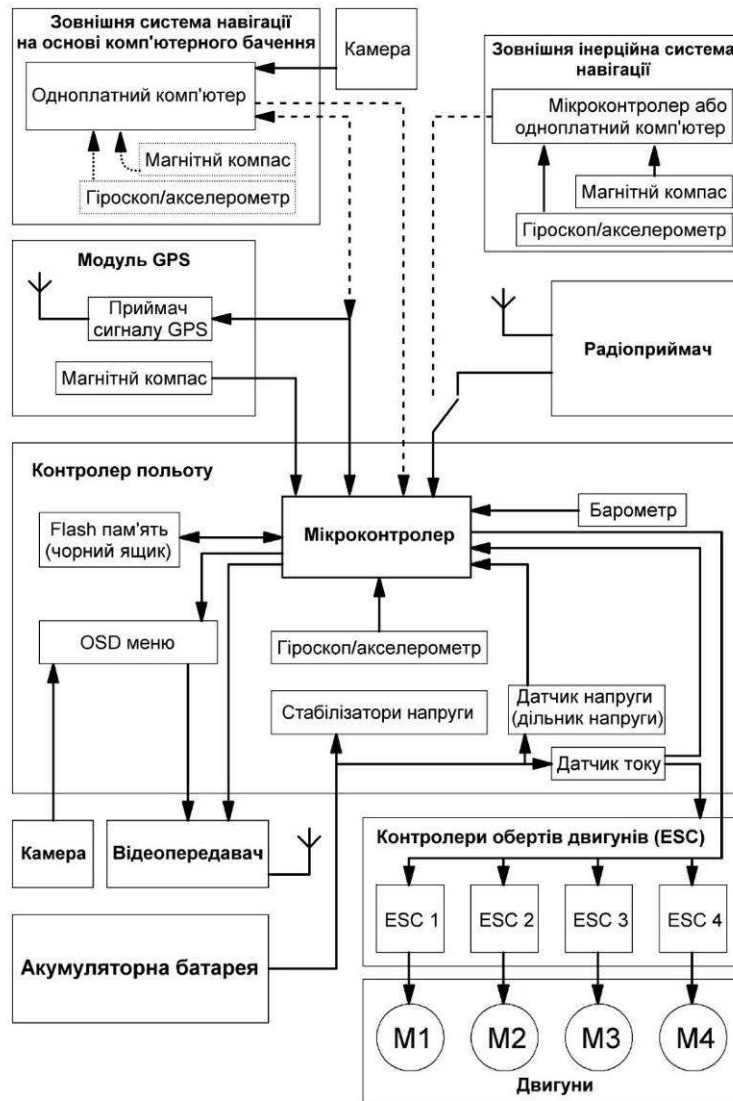


Рисунок 1 – Блок схема зовнішньої системи навігації

На блок схемі зображено два зовнішні модулі на основі ІНС та на основі одноплатного комп'ютера з використанням камери. Для утримання БПЛА в одній точці найкраще підходить модуль на основі комп'ютерного зору. Даний модуль працює за принципом порівняння зображень та вирахування зміщення з подальшим переводом в координати GPS. Таким чином модуль взаємозамінний з стандартним GPS приймачем. Система може працювати як для утримання позиції так і для повернення додому без використання GPS.

Таким чином, запропонована система може використовуватись як навігаційний модуль для підвищення надійності польоту та автоматизованого утримання та повернення БПЛА до точки вильоту (повернення додому). Застосовувати модуль можливо в охоронній, енергетичній [3] та військовій сфері. У військовій сфері є нагальна потреба таких модулів, особливо при роботі у складних умовах з постановкою радіозавад.

Список літератури

1. https://око.укр/articles/GPS_GLONASS_AGPS_RTK/
2. Д. Побігайло, С. Ісков Сучасні методи покращення точності GPS-позиціонування. *Технічна інженерія*. 2024. С. 415-419. DOI: 10.26642/ten-2024-1(93)-415-419.
3. O. Kozlovskiy, D. Trushakov, S. Rendzinyak and V. Korud. Development of a UAV-based System for Technical Diagnostics of Overhead Power Lines. *24th International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE)*, Grybów, Poland, 2023, pp. 1-4, DOI:10.1109/CPEE59623.2023.10285318

УДК 681.518.5

Віктор Джигирей, асист., **Федір Матіко**, проф., д-р. техн. наук
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів
e-mail: viktor.o.dzhyhyrei@lpnu.ua

АЛГОРИТМИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГІВ ВТРАТ ГАЗУ ВНАСЛІДОК ПОШКОДЖЕНЬ ГАЗОПРОВОДІВ

Ефективна робота газотранспортних систем є важливим критерієм для енергетичної безпеки та економічної стабільності. Значні втрати природного газу, що виникають внаслідок пошкоджень трубопроводів, створюють серйозні економічні та екологічні проблеми. Одним із ключових критеріїв цієї проблеми є те, що параметри газу в місці пошкодження відрізняються від вимірних параметрів у вузлових точках системи. Це ускладнює процес визначення обсягу втрат газу. З цієї причини необхідно використовувати математичні моделі для розрахунку параметрів газу в місці пошкодження представлені в [1].

Сьогодні існує потреба у розробці ефективних алгоритмів, які дозволять реалізувати інформаційно-вимірнувальні системи (ІВС) для визначення обсягів втрат газу внаслідок пошкоджень газопроводів. ІВС - сукупність функціонально об'єднаних вимірнувальних, обчислювальних та інших допоміжних технічних засобів для отримання вимірюваної інформації, її перетворення, оброблення з метою подання її оператору в зручному вигляді для подальшого оброблення і прийняття рішення. Таким чином вимірнувальні системи забезпечують: оператора інформацією про стан об'єкта, математичне оброблення вимірюваної інформації та її відображення на моніторі ЕОМ і вивід її на цифрову реєстрацію [2]. Такі системи повинні включати в себе вимірнувальні комплекси апаратно-програмних засобів для моніторингу параметрів газу, методи математичного моделювання для розрахунку втрат газу, інтерфейс для взаємодії з оператором. Також будь-яка ІВС повинна бути метрологічно коректною та задовольняти вимогам системи забезпечення єдності вимірювань відповідно з державними законодавчими актами та міжнародними нормативними документами [2].

Ця доповідь присвячена аналізу та розробці алгоритмів для реалізації ІВС визначення обсягів втрат газу внаслідок пошкоджень газопроводів. У доповіді розглянуто основні етапи процедури визначення обсягу втраченого газу, включаючи локалізацію пошкодження, вибір конфігурації пошкодженої ділянки, введення необхідних даних, розрахунок параметрів газу у місці пошкодження газопроводу, оцінку коефіцієнта витрати та обчислення обсягу втрат газу.

ІВС визначення втрат природного газу внаслідок пошкодження газопроводу необхідно розробляти на основі апаратно-програмних засобів для вимірювання масової (об'ємної) витрати газу на початку та в кінці ділянки газопроводу. Тоді визначення об'єму втраченого газу проводиться на основі рівнянь балансу. Такі ІВС можуть формувати повідомлення оператору про виникнення дисбалансу в ділянці газопроводу. Однак такі системи вимагають глибокої модернізації газопровідних мереж та значних фінансових затрат.

Авторами в роботах [1, 3, 4] розроблено алгоритми обчислення втрат природного газу внаслідок пошкодження надземних ділянок газорозподільних мереж за умови часткового обладнання ділянок газопроводів пунктами реєстрації параметрів стану (РПС). Кожен алгоритм має свої особливості та умови застосування які залежать від конфігурації

газопроводу, тобто від місця розташування пунктів РПС газу. Виділимо спільні кроки алгоритмів описаних в [1, 3, 4]:

1. Локалізація пошкодження та визначення його параметрів (віддалі від станції вимірювання параметрів газу, площі пошкодження). Більшість методів які базуються на вимірюванні параметрів газу в ділянці газопроводу дозволяють виявити витік але не локалізувати його. В умовах неповної інформації про параметри газу цей крок проводиться вручну відповідними службами.

2. Вибір конфігурації пошкодженої ділянки газопроводу за ознакою розташування пунктів РПС газу. Цей крок визначає набори даних, які необхідно ввести оператору ІВС для розрахунків.

3. Ввід даних отриманих в першому кроці алгоритму, а також інформацію про параметри стану газу від моменту виникнення пошкодження до його локалізації та ліквідації, час витікання газу через пошкодження та іншої необхідної інформації. Зібрана інформація про пошкодження, параметри газу та інші дані необхідні для розрахунків вноситься оператором в ІВС за допомогою графічного інтерфейсу. Якщо розглядати ІВС для конкретної ділянки газопроводу чи гілки газотранспортної мережі, то необхідні дані про параметри газу можна завантажити з файлів архівування даних інформаційно-вимірювальних комплексів за відповідний період часу.

4. Побудова розподілу тиску та температури природного газу по довжині ділянки газопроводу та визначення його параметрів в місці пошкодження. Цей крок алгоритму передбачає розв'язування удосконаленої системи диференціальних рівнянь зміни параметрів газу вздовж газопроводу зі значним пошкодженням яка представлена в [1]. Розрахунок параметрів газу в місці пошкодження залежить від типу конфігурації ділянки газопроводу, а результати розв'язування системи рівнянь можуть бути уточнені в процесі розрахунку для досягнення необхідної похибки.

5. Розрахунок коефіцієнта витрати газу в місці пошкодження газопроводу. Коефіцієнт витрати який є надзвичайно важливим для обчислення витрати газу через пошкодження і залежить від геометричних характеристик елемента, через який відбувається витікання та режиму витікання газу. Для пошкоджень газопроводів складної форми, які можуть виникати під час аварій, необхідно застосовувати теоретичні методи розроблені для обчислення коефіцієнта витрати для бокового витікання газу через канали різної форми.

6. Обчислення витрати газу через пошкодження відбувається за рівнянням наведеним в [1] на основі даних з попередніх кроків алгоритму.

Висновки. Описаний вище алгоритм дозволяє реалізувати ІВС визначення втрат газу внаслідок пошкоджень газопроводів на основі запропонованих кроків для збору та обробки вхідної інформації. Реалізація ІВС на основі ЕОМ, розробка інтерфейсу взаємозв'язку з оператором та оцінювання невизначеності отриманих результатів дають можливість отримати інструмент для визначення обсягів втрат газу та уточнення балансу об'єму газу в газопровідних мережах.

Список літератури

1. Матіко Ф. Д., Джигирей В. О., Лесовой Л. В. Удосконалення математичних моделей руху природного газу під час його витікання із пошкодженого газопроводу // Вісник Інженерної академії України. – 2016. – Том 1. – С. 224–230.
2. Михайло Паламар, Михайло Стрембіцький, Андрій Паламар, Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль, Україна: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018.
3. Матіко Ф. Д., Джигирей В. О., Костик І. В., Данильців Б. М. Алгоритм визначення обсягів втрат природного газу за умови вимірювання його параметрів на виході газопроводу // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія: приладобудування. – 2023. – № 66 (2). – С. 66–74.
4. Matiko F., Dzhyhyrei V., Matiko H., Kostyk I. Determination of natural gas losses based on incomplete information about damaged pipeline // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2024. – Vol. 604 : 4th Intern. sc. conference "EcoComfort and current issues of civil engineering", Lviv, 11-13 September 2024. – P. 360–374.

УДК 681.5.01

Микола Хлебніков, аспірант, **Анатолій Мацуй**, проф., д-р. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: khlebnikov97@gmail.com, matsuyan@ukr.net

ОБГРУНТУВАННЯ ЗАДАЧІ УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ОПТИМАЛЬНОГО РІЗНОРОЗМІРНОГО КУЛЬОВОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ БАРАБАННИХ МЛИНІВ ПРИ ПОДРІБНЕННІ ВИХІДНОЇ РУДИ

Україна виробляє вагому кількість залізорудної сировини для чорної металургії. За даними Геологічної служби США, станом на 2023 рік, Україна займала 6-те місце у світі за видобутком залізних руд [1]. Неухильне зменшення запасів багатих залізних руд з другої половини минулого століття привело до вироблення все більшої частки залізорудної сировини з бідних залізних руд шляхом їх збагачення. Такі процеси здійснюють в основному на магнітозбагачувальних фабриках, де вихідна руда крупністю від 0 до 25 мм подрібнюється до розкриття вкраплин корисного компоненту.

Одним із можливих напрямів оптимізації процесу являється розвиток стадійного дроблення, а також подрібнення з застосуванням сталевих куль та футерівки. Удосконалення цих процесів є важливим через те, що в них витрачається від 7 до 10% енергії, та 2% металу всього світового виробництва, а енергоемність становить від 20 до 60 кВт*год/т [2]. На гірничо-збагачувальних комбінатах витрата енергії при подрібненні складає до 20% всієї електроенергії світу. У типовій рудопідготовці подрібнення в основному здійснюється у кульових млинах, через їх високу продуктивність, надійність, простоту експлуатації та здатність виконувати приписані функції, навіть при значному спрацюванні. Однак їх головний недолік – це висока питома витрата електроенергії та достатньо низький коефіцієнт корисної дії при утворенні нової поверхні [2]. Внаслідок цього капітальні та експлуатаційні витрати на рудозбагачувальних фабриках можуть досягати від 50 до 70%. На сьогоднішній день ситуація майже не змінилася. Більша частка витраченої енергії припадає на першу стадію подрібнення, що підтверджує актуальність даної теми дослідження.

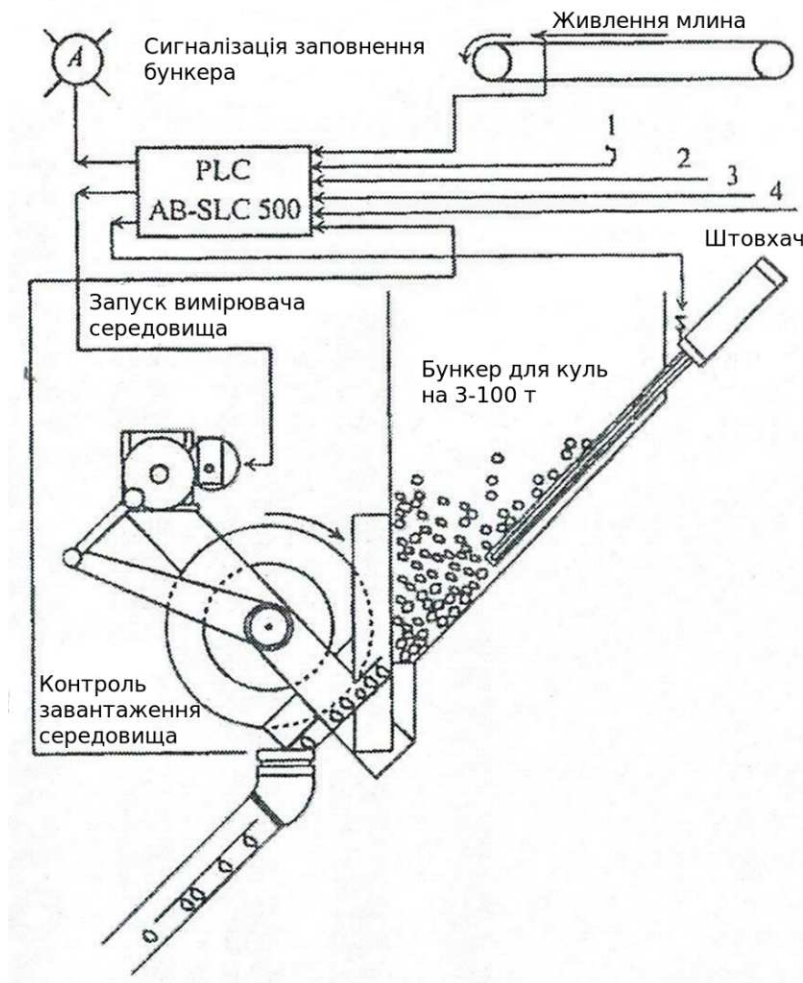
На енергоефективне подрібнення руди впливають три фактори: оптимальне розрідження пульпи у кульовому млині, вплив збурень на вході млина та оптимальне кульове завантаження. Тому для підвищення продуктивності кульового млина першої стадії рудопідготовки необхідно провести оптимізацію різнорозмірного кульового завантаження переведенням системи керування на сучасний інформаційний рівень.

Аналіз показав, що системи автоматичного керування окремими процесами у кульовому барабанному млині при подрібненні руди не виконують приписані функції на оптимальному рівні. Однією з першочергових задач, які необхідно вирішити для покращення ситуації, є удосконалення мольного середовища технологічних агрегатів.

В процесі аналітичного огляду автоматизованих систем керування стабілізацією кульового завантаження барабанних млинів встановлено, що для дозавантаження куль в агрегат на заміну спрацьованих розроблені дозатори та інформаційні засоби.

З дозаторів куль найбільш ефективним вважають пристрій фірми «Норкаст». Однак ситуація ускладнюється тим, що практикою ведучих країн світу доведено, що завантаження млинів кулями чотирьох–п'яти типорозмірів, дає від 10 до 15% збільшеної продуктивності порівняно з завантаженими однорозмірними кулями млинів. Це, а також складність дозатора,

використання відомих і малоефективних критеріїв оцінювання стану кульового завантаження барабанного млина не дозволяють рекомендувати цей куледозатор для використання у сучасних системах керування.



1 – вимірювач витрати руди з встановленням завдання, т/год.; 2 – контроль роботи млина; 3 – витрата куль на тону руди, що задається оператором; 4 – контроль потужності.

Рисунок 1 – Куледозатор фірми «Норкаст (Norcast)»

Для досягнення поставленої мети й розв'язання актуального наукового завдання удосконалення автоматичної стабілізації оптимального різномірного кульового завантаження барабанних млинів при подрібненні вихідної руди передбачено реалізувати ідею, яка полягає в підвищенні ефективності роботи куль млина в усіх виробничих ситуаціях, переведенні агрегату на вищий рівень функціонування, створенні оптимального різномірного кульового завантаження та розробці системи стабілізації кульового завантаження при подрібненні вихідної руди в замкненому циклі з механічним односпіральним класифікатором на базі енергоефективного оцінювання стану молочного середовища.

Список літератури

1. URL: <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/iron-ore-statistics-and-information> (дата звернення: 27.10.2024).
2. Науменко Ю. В. Основи теорії режимів роботи барабанних млинів. Монографія. Рівне: СПД Зелепт, 2009. 282 с.

UDC 681.516

Olena Holyk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleksandr Nerush**, postgraduate,
Oleksandr Korsikov, postgraduate, **Oleh Shavrunov**, magistrate
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
e-mail: dego@ukr.net

THE INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM UNDER UNCERTAINTY FOR AN AUTOMATED ENERGY SUPPLY MANAGEMENT SYSTEM USING RENEWABLE ENERGY SOURCES

Problem statement. A new direction in the development of the theory and practice of automatic control system (ACS) under conditions of uncertainty is the use of intelligent decision support systems (IDSS). These are systems created on the basis of computers that simulate the solution of complex tasks that require taking into account a large number of interrelated factors [1].

Uncertainty in the system is a situation when there is a complete or partial lack of information about the possible states of the system and the surrounding environment [1, 2].

Existing ACS for autonomous energy supply with renewable energy sources (RES) cannot always adequately respond to disturbances and failures in the system control process. This is explained by the fact that a number of uncontrolled parameters may not be taken into account in the system, and this, in turn, significantly changes the operating mode of the system and worsens quality indicators.

The intelligent system should be based on automatic correction algorithms for correcting the values of the system parameters in the event of violations and failures in the energy supply process. The speed of detection of the cause of the violation depends on the efficient operation of the algorithms. The difficulty of making a decision is due to the fact that a change in the operation of the system can occur under the influence of various weakly formalized factors, and the maintenance of process quality indicators must be performed by changing various interrelated parameters. Solving this problem is an actual new scientific problem.

The purpose of this work is to argue the hypothesis about increasing the efficiency of the automatic system of managing energy supply from RES to ensure quality indicators of the process of autonomous energy supply by improving the system through the development and inclusion of an intelligent decision support system in conditions of uncertainty.

The control object in the system is the process of autonomous energy supply based on RES. It consists of the following processes:

- energy supply from various RES;
- stabilization of input parameters;
- conversion of parameters;
- redistribution of energy.

Suppose that the system is characterized by m input (independent) variable vectors and one output (dependent) variable vector. The input variables are stochastic in nature. The system must be built in such a way that the necessary processes (stabilization, transformation, redistribution of parameters) affect each input in accordance with a certain law at the appropriate time to achieve the desired result. In general, the system can be represented as a "black chest".

With the help of feedback, information from the system output of the control object is transmitted to the regulatory body. Then this signal, which has information about the actions performed, is compared with the signal that sets the load in the system. In the event of a discrepancy between the actual and planned state of work, actions are taken to eliminate this discrepancy.

Uncertainty in this system is divided into two types.

Firstly, statistical uncertainty, which is caused by chance. Its analysis is based on the use of the laws of random events. For example, the uncertainty of the appearance or intensity of one or another energy source.

Secondly, there is real uncertainty, when it is not known which of the known or unknown factors (laws) affects random events in this particular case. For example, a malfunction of one of the energy converters, unforeseen natural disasters, a sharp increase in the load in the system. The probability of the occurrence of the event considered under conditions of such uncertainty can be assigned an appropriate value, but this estimate is purely subjective and is not confirmed by exact calculations.

In the process of system analysis, it is necessary to take into account three main types of uncertainty [2]:

1. Uncertainty in assessing the uncertainty of decisions, which is associated with a number of important factors and moments. This kind of uncertainty is always present, regardless of how we obtain estimates (analytically or heuristically);

2. Uncertainty due to the inaccuracy of predicting future events or the conditions in which the system will be used. It can be caused by errors in technical and economic analysis, in planning and management, even if the external environment and real-life factors change in accordance with our calculations. For example, the implemented system may not be similar to the one that was designed, or the characteristics of individual elements may be changed, and with this, the principles of using the system as a whole may be changed.

3. Uncertainty of the goal. It is explained by the fact that in complex systems there are always several goals, each of which corresponds to its own criterion. In this case, it is necessary to solve the difficult task of evaluating various goals and make their optimal selection according to certain criteria.

Also, when designing complex control systems, it is necessary to take into account internal and external conflicts. They arise for three reasons [2, 3]:

1. A complex system consists of many parts that have their own tasks. The possibility of solving each of these problems is determined by the resources available in the corresponding part of the system. But the total resource of the system is limited. The conflict is that it is necessary to distribute the total resource among parts of the system.

2. Since the system consists of parts that have independent resources and tasks and interact with each other in such a way that the result of solving the task depends not only on their own actions, but also on the actions of other parts, a conflict arises.

3. Conflicts are related to the environment (external conflicts). When decision-making is influenced not only by a single resource allocation algorithm, but also by the presence of factors that are not taken into account in the system, but they affect the effectiveness of system actions to achieve goals.

Conclusion. In the course of the conducted work, a hypothesis was put forward for the first time regarding the development and inclusion of IDSS in the conditions of uncertainty in the composition of ACS for autonomous energy supply with RES. It should take into account the following types of uncertainty: statistical, real, assessment of the uncertainty of decisions, inaccuracy of predicting future events, uncertainty of the goal, impossibility of taking into account all factors. In addition, the main conflicts that arise in the process of decision-making in conditions of uncertainty were outlined. The proposed hypothesis needs further verification based on computer simulations and experimental studies.

Список літератури

1. Федорчук Є.Н. Програмування систем штучного інтелекту. Експертні системи / Є.Н.Федорчук, Вид-во Львівської політехніки, 2012. - 168 с.
2. Ладанюк А.П. Основи системного аналізу. Навчальний посібник. – В.: Нова книга, 2004. – 176 с.
3. Системи і методи підтримки прийняття рішень : підручник / П. І. Бідюк та ін. Київ : «Київ. політехн. ін-т ім. Ігоря Сікорського», 2022. 610 с.

UDC 681.516

Olena Holyk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleksii Kopyl**, magistrate, **Illia Moroz**, magistrate, **Yevhen Panchenko**, magistrate
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
e-mail: dego@ukr.net

DECISION-MAKING MODELS FOR AUTOMATION SYSTEMS OF THE POWER SUPPLY MANAGEMENT PROCESS OF AUTONOMOUS CONSUMERS IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY OF INPUT INFORMATION

Problem statement. As a rule, units with internal combustion engines are used to supply energy to autonomous consumers, distant from centralized power supply lines. However, the use of these installations requires constant significant operating costs (purchase of fuel). It is proposed to reduce these costs through the combined use of internal combustion engines and installations using renewable energy sources (RES). In general, the structure of the automated energy supply system (AESS) of an autonomous consumer, which consists of these installations.

Since almost all elements of AESS, such as conversion units, storage batteries, stand-alone inverter, other equipment and peripherals exist in the consumer market, there is no need to develop them. It will only be necessary to choose the appropriate types of equipment that would satisfy the consumer's requirements. Thus, the task arises - to develop the automatic control system (ACS) AESS of an autonomous consumer.

The problem of decision-making is that it is necessary to provide the energy needs of the autonomous consumer as much as possible in such a way as to make the most of the RES energy and to make the least use of the CHP installation. Since the energy needs of the autonomous consumer and the intensity of the supply of installation with an internal combustion engine are usually random, the decision about effective automated energy supply has to be made in conditions of uncertainty [1].

Effective automated power supply from renewable energy sources and installations with an internal combustion engine must be carried out in such a way that the following conditions are met:

$$\begin{cases} P_{ICE} \cdot n_{ICE} + P_{RSE} \cdot n_{RSE} = P_{max} \\ n_{ICE} \cdot C_{ICE} + n_{RSE} \cdot C_{RSE} \rightarrow min \\ P_{ICE} \cdot n_{ICE} \cdot t_{us} \rightarrow min \\ t_{us} \cdot Q_F \cdot C_F \rightarrow min \end{cases}, \quad (1)$$

where P_{max} – is the maximum energy load of the autonomous consumer;

n_{ICE} , n_{RSE} – respectively, the capacity of the ICE plant and the RES plant, respectively, the number of ICE and RES installations;

C_{ICE} , C_{RSE} – is respectively, the cost of ICE and RES installations;

t_{us} - is the time of use of the installation with internal combustion engine to meet the energy needs of the consumer;

Q_F , C_F - is respectively, the consumption and cost of fuel, which must be consumed by an internal combustion engine, to meet the needs of an autonomous consumer.

Fulfillment of the conditions given in (1) makes it possible to use RES installations to the maximum and to use an internal combustion engine installation to a minimum, which will reduce operational fuel costs.

In order to choose the optimal composition of the system of automated energy supply and the capacities of power plants, it is proposed to apply the criterion of minimum costs for the total cost of power plants, taking into account their operating characteristics in a certain area, which consists in the fact that it is necessary to maximally ensure the energy needs of the autonomous consumer in such a way that the total cost of all power plants, which are part of the system, was minimal:

$$E_{\Sigma} = E_1 + E_2 + \dots + E_n \rightarrow \min, \quad (2)$$

where E_1, E_2, \dots, E_n – is specific cost of power plants.

However, this criterion does not take into account the following important indicators: the resource of the power plant, the readiness of the power plant to be switched on, and the duration of technical interruptions in the power plant.

The operating resource of the power plant is, as a rule, indicated in the passport of technical characteristics, which is provided by the manufacturer of this power plant. The readiness of the power plant for switching on is determined by the principle of operation of this power plant, for example, the presence of engines requires a certain time to start the power plant and generate electricity. The duration of technical interruptions is the time during which the power plant will not be able to generate electric energy, due to any technical breakdowns that lead to the impossibility of the power plant's operation.

In addition, it is necessary to give appropriate weight to each indicator included in the criterion. Various sources [3-5] give recommendations for determining the weight of indicators in the criteria. Then the criterion for determining the priorities of the sequence of switching on power plants will have the following form:

$$J = E_i \cdot a + \frac{b}{W_i} + \frac{c}{r_i} + L_i \cdot d + B_i \cdot e \rightarrow \min, \quad (3)$$

where a, b, c, d, e are the weight of the indicator in the criterion;

E_i – specific cost of 1 kW · h. energy produced by the i -th power plant;

W_i – is the amount of energy produced by the i -th power plant for a certain period of time;

r_i – resource of operation of the i -th power plant;

L_i – readiness of the i -th power plant for switching on;

B_i – is the duration of technical interruptions in the operation of the i -th power plant.

Conclusions. On the basis of the obtained values of the criterion, it is possible to determine the sequence of turning on the power plants in which the energy sources are efficiently used, and subsequently to develop an algorithm for the operation of the automated power supply system.

Список літератури

1. Голик О. П. Автоматизоване керування процесом автономного енергопостачання на основі вітро-сонячних установок та резервної електростанції / О. П. Голик, Р. В. Жесан, І. А. Березюк // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Технічні науки. Вип. 117 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2011. – С. 54-57.
2. Щербина О. М. Енергія для всіх: [технічний довідник з енергоощадності та відновлюваних джерел енергії / Вид. 4-е, допов. і перероб.] / Щербина О. М. – Ужгород: Вид-во В. Падяка, 2007. – 340 с.
3. Лисенко В. П. Спеціальні розділи вищої математики (Нечіткі множини) / В. П. Лисенко, Б. В. Кузьменко. – К.: НАУ, 2004 р.- 83 с.
4. Нейротехнології та нейрокомп'ютерні системи: підручник / Л.С. Ямпольський, О.І. Лісовиченко, В.В. Олійник – К.: «Дорадо-Друк», 2016. – 576 с. ISBN 978-966-2077-69-8
5. Пушкар, О. І., Гіковатий В. М., Євсєєв О. С., Потрашкова Л. В. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посібник. Харків : Инжек, 2006. 304с.

UDC 681.5

Oleksandr Didyk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Stanislav Dyatlov**, student gr. AK-23M-1
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
e-mail: didyk_s79@ukr.net

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A SYSTEM FOR AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROL AT THE OUTLET OF A DRUM GRANULATOR-DRYER IN THE PRODUCTION OF MINERAL FERTILIZERS

Modern agriculture is hard to imagine without the use of mineral fertilizers. Only the correct and skilled application of the necessary fertilizers allows agricultural producers to compete effectively in the market. The use of mineral fertilizers not only increases yields but also improves product quality. This, in turn, increases the profitability of agricultural production and reduces the need for labor.

Solid fertilizers are usually supplied in granular form, although they can sometimes be found in crystals. Granular fertilizers have the advantage of being less caking and better dispersed, making them more convenient to use. Today, machines such as ammonia granulator, spheroidizer and drum granulator-dryer are actively used for the simultaneous granulation and drying of complex fertilizers.

To ensure efficient production of granular fertilizers, it is important to control temperature and humidity at all stages of the process. It is especially important to maintain the temperature within the normal range, as an increase in temperature can lead to melting or insufficient heating of the material, which prevents the formation of granules. The temperature at the outlet of the drum pelletizer-dryer is regulated by the supply of flue gases generated during the combustion of natural gas in a gas-air heater. To maintain a stable temperature, an automatic temperature control system is being developed for the outlet of the drum pelletizer-dryer.

The following elements were selected to create the temperature control system: an electromagnetic gas supply valve as an actuator and a thermocouple as a temperature sensor. Based on the literature analysis and technical characteristics of the components, a block diagram of the system was developed. As a result, the transfer functions for each of the elements were determined, which allows to effectively model and regulate the temperature at the outlet of the drum granulator-dryer.

Synthesis of the controller by the Larin method led to the corresponding transfer function of the controller

$$W_p(s) = - \frac{0.012209(s + 8.338)(s + 0.5473)}{(s^2 + 0.8434s + 0.1968)} \quad (1)$$

List of references

1. А.П. Ладанюк Теорія автоматичного керування технологічних об'єктів: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська, Л.О. Власенко – К.: НУХТ, 2014. – 274 с.
2. Аналіз та синтез систем автоматичного керування в MATLAB. Навчальний посібник/ О.Г. Гурко, І.Ф.Єрмоменко. – Харків: ХНАДУ, 2011. - 286 с.
3. Matlab Documentation.[Електронний ресурс]. - Режим доступу: - <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/control>.
4. Технології конструювання сучасних конкурентоспроможних комплексів керування стохастичним рухом об'єктів : монографія / Л. М. Блохін, С. І., Осадчий, О. К. Дідик [та ін.]. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2023. – 292 с.

UDC 681.516

Roman Zhesan, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Olena Holyk**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.,
Oleh Shavrunov, magistrate
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
e-mail: golike6@gmail.com

FORMALIZATION OF THE DECISION-MAKING PROCESS UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY FOR MANAGING THE ENERGY SUPPLY PROCESS

Decision-making in autonomous power supply management is conditioned by the presence of uncertainties in the automated power supply management system based on combined wind-solar installations.

The following uncertainties occur in this system:

- uncertainties of natural phenomena, such as weather conditions (solar and wind energy significantly depend on weather conditions);
- uncertainties associated with insufficient knowledge about the arrival of solar and wind energy (the exact amount of energy coming from them at one or another moment in time is unknown);
- uncertainties associated with insufficient amount of experience and knowledge of factors influencing decision-making.

In general, the uncertainties listed above can be of the following nature.

Stochastic uncertainty arises when unknown factors are statistically stable and therefore represent the usual objects of probability theory - random variables [1, 2, 3].

Uncertainty of a non-stochastic type, in which no assumptions about stochastic stability exist [1].

Decisions are made in conditions of uncertainty, when it is impossible to estimate the probability of potential results [1, 4]. This is the case when the factors to be considered are so new and complex that it is impossible to obtain sufficient information that can objectively determine the probability, or the situation at hand does not obey known patterns. Therefore, the probability of some consequences cannot be predicted with a sufficient degree of reliability.

Decision trees are usually used in decision-making under conditions of risk. It is built according to the type of system operation algorithm. The stages of decision-making, the probabilities of making a given decision and the probable consequences of the implementation of a certain decision are determined.

To build the structure of the decision tree, the following nodes are proposed, which will make the following decisions:

- 1 – making a decision on the type of energy source
- 2 – making a decision regarding the condition of wind turbines
- 3, 4, 15, 16, 26, 27, 38, 39, 43, 44 - making a decision regarding the consumer's needs for electricity
- 5, 17, 28 – making a decision regarding the amount of energy produced
- 6, 18, 29 – making a decision on the transfer of energy to the battery
- 7, 10 - making a decision to use another source of energy - solar energy
- 8, 9, 19, 20, 30, 31, 41, 45 – making a decision on the redistribution of the received energy
- 11, 13, 22, 24, 33, 35, 37 – making a decision about the state of the battery
- 12, 14, 23, 25, 34, 36 – making a decision regarding the battery charge
- 21, 32 - making a decision on the use of another source of energy - a battery

40 - making a decision about the difference between the required energy and the amount of energy in the battery

42 - making a decision on the use of another source of energy - a backup power plant

46 - making a decision on signaling about the state of the reserve power plant

The decision tree should have the following alternatives:

a1 – use of wind energy

a2 – energy from wind turbines arrives

a3 – energy is not supplied from wind turbines

a4, a6, a23, a25, a42, a44, a59, a60, a63, a65, a72, a74 - energy needs currently exist

a5, a7, a24, a26, a43, a45, a64, a66, a73, a75 - there is no need for energy at the moment

a8 – the amount of energy produced by wind turbines is greater than the amount needed by the consumer

a9 - the amount of energy produced by wind turbines is equal to the needs of the consumer

a10 – the amount of energy produced by wind turbines is less than the consumer's needs

a11, a13, a30, a32, a49, a54, a69, a76 - energy transfer to the consumer

a12, a17, a31, a36, a50, a55 - energy transfer to the battery

a14, a18, a33, a37, a51, a56, a61 - the battery is charged

a15, a19, a34, a38, a52, a57, a62 - the battery is discharged

a16, a20, a35, a39, a53, a58 - battery charging

a21, a40 - energy from solar panels comes

a22, a41 - energy from solar panels does not come

a27, a46 - the amount of energy produced by solar panels is more than the consumer needs

a28, a47 – the amount of energy produced by solar panels is equal to the needs of the consumer

a29, a48 – the amount of energy produced by solar panels is less than the consumer's needs

a67 - the amount of energy in the battery is more than the consumer needs

a68 – there is not enough energy in the battery to meet the needs of consumers

a70 – there is fuel in the tanks of the reserve power plant

a71 – there is no fuel in the reserve power plant tanks

a77 – sending a signal to the consumer about the lack of fuel

q_{ij} are the probable consequences of the implementation of a certain decision.

Conclusion. The decision making to process control automation by energy supply from autonomous energy sources is due to the presence uncertainties in the parameters of the input variables of the control system. Energy supply system with solar panels and wind turbine was considered in the article. The present report identifies the practices that have been put in place to making optimal decisions. For decision making to process control automation by energy supply from autonomous energy sources have been proposed to used the methods of decision tree.

Список літератури

1. Системи і методи підтримки прийняття рішень : підручник / П. І. Бідюк та ін. Київ : «Київ. політехн. ін-т ім. Ігоря Сікорського», 2022. 610 с.
2. Донець Л.І. Економічні ризики та методи їх вимірювання: Навчальний посібник. — К.: Центр навчальної літератури, 2006. 312 с.
3. Ситник В. Ф., Ситник Н. В. Проблеми впровадження дейтамайнінгу в бізнесі/ Вчені записки: Наук. зб. — Вип. 6 . К.: КНЕУ. 2004. С. 58 - 64.
4. Steps of the Decision-Making Process. *Lucidchart*. URL: <https://www.lucidchart.com/blog/decision-making-process-steps>.

UDC 681.5

Oleksandr Didyk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Kostyantyn Malyi**, student gr. AK-23M-1
 Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
 e-mail: didyk_s79@ukr.net

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF AN AUTOMATIC WEB TENSION STABILIZATION SYSTEM FOR A WEB OFFSET PRINTING MACHINE

In today's market economy, product quality is one of the key success factors. Improving quality opens up new sales prospects, which in turn helps to increase production volumes and profits. One of the factors that negatively affects product quality is unregulated web tension. Fluctuations in paper web tension occur due to uneven rolls, a reduction in the roll radius during unwinding, changes in machine speed, as well as temperature, humidity, and mechanical stress. Exceeding the required tension can lead to web breakage, and weakening it can lead to wrinkles, creases, and deterioration in print quality. Therefore, it became necessary to develop a system for automatic paper tension control.

To design an automatic control system (ACS), it is necessary to determine the dynamics of the control object, where the input parameter is the braking torque and the output parameter is the position of the oscillating shaft. For this purpose, a simplified diagram of the object was created, on the basis of which, after performing calculations, its structure was determined (Fig. 1). This structure takes into account a random process f_{TP} - that occurs due to the influence of various factors.

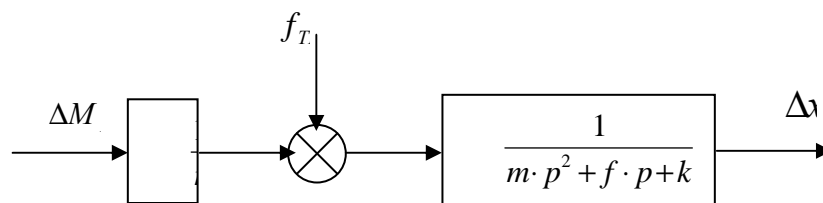


Figure 1 – Structural diagram of the regulation object

To assess the operational impacts on the system, an experimental study of the displacements of the oscillating shaft without regulation was conducted. During the experiment, three data sets were collected and measured at 2-minute intervals. Based on these data, correlation functions were calculated and approximated. Using the Matlab package, the spectral density of operational impacts on the system was determined using the obtained correlation functions.

Thus, the system consists of a control object (CO), a linear displacement sensor (LDS), an actuator (A) - a powder clutch, and a controller (C), the transfer function of which needs to be determined. Analyzing the presented block diagram of the automatic web tension control system (Fig. 2), it can be interpreted as a stabilization system whose main task is to maintain a stable web tension by controlling the braking torque through the actuator.

In this case, the motion of the object is described by a linear differential equation with fixed coefficients

$$P(p)x(t) = M(p)u(t) + \psi(t). \quad (1)$$

Here $x(t)$ – is the position of the regulated object; $u(t)$ – is the controlling influence from the regulator; $\psi(t)$ – is an external disturbance considered as a stationary random process with zero mean and a known spectral characteristic

$$S_{\psi}(\omega) = \frac{\Gamma_1(i\omega)\Gamma_1(-i\omega)}{\Gamma_0(i\omega)\Gamma_0(-i\omega)}; \quad (2)$$

$P(p)$ and $M(p)$ – operator polynomials of $p = d/dt$.

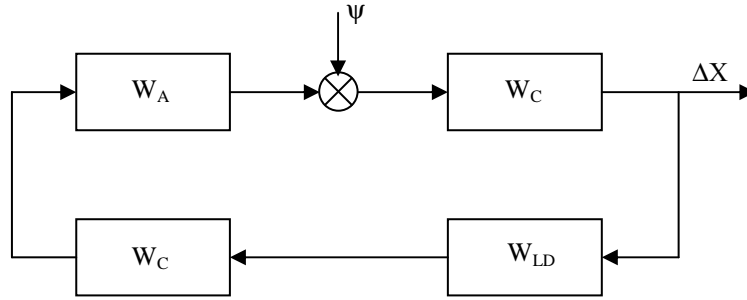


Figure 2 - Block diagram of the automatic control system

It is necessary to develop a control law for the loop feedback to ensure the stability and optimality of the closed system “object + regulator” aimed at minimizing the quadratic functional

$$J = r\langle x^2 \rangle + c\langle u^2 \rangle, \quad (3)$$

where r and c are weighting constants, $\langle x^2 \rangle, \langle u^2 \rangle$ - is the variance of x and y .

The equations of the controller were determined by the Larin method, and the synthesis of the stabilization system was performed using the MatLab software environment.

Further, the quality of the stabilization system was analyzed using the quadratic functional, which showed that the minimum is achieved at the weighting factor $c = 0.3$. The dependencies of the standard deviation of the input and output signals on the value of c were also presented. Thus, the value of the coefficient $c = 0.3$ was chosen for the system implementation. Due to the implementation of the automatic control system, the root mean square deviation of the oscillating shaft displacement decreased by almost 16 times.

To study the effect of changing the roll radius on the quality of regulation, a model of the automatic web tension control system was developed using the Simulink package. The study was carried out for five different values of the unwind shaft radius: $r = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$. As shown in the graph, when the radius is varied from 0.1 m to 0.5 m, the standard deviation of the oscillating shaft coordinate remains about $0.3 \cdot 10^{-3}$ m, which meets the requirements for the quality of the automatic control system.

List of references

1. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічних об'єктів: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська, Л.О. Власенко – К.: НУХТ, 2014. 274 с.
2. Автоматизація виробничих процесів: навч. посіб. / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова [та ін.]. - Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2016. 352 с.
3. Аналіз та синтез систем автоматичного керування в MATLAB. Навчальний посібник/ О.Г. Гурко, І.Ф.Єрмоєнко. – Харків: ХНАДУ, 2011. 286 с.
4. Matlab Documentation.[Електронний ресурс]. - Режим доступу: - <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/control>.
5. Simulink Documentation [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/simulink>.
6. Технології конструювання сучасних конкурентоспроможних комплексів керування стохастичним рухом об'єктів : монографія / Л. М. Блохін, С. І., Осадчий, О. К. Дідик [та ін.]. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2023. 292 с.

УДК 004.41

Сергій Бондаревський, здобувач, **Юрій Пархоменко**, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: bondarevsky@yahoo.com, parhomenkoym@ukr.net

ОСНОВНІ КОНЦЕПЦІЇ SPRING FRAMEWORK ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В СУЧАСНИХ JAVA-ДОДАТКАХ

Spring Framework - це один з найбільш популярних фреймворків для Java, що протягом 12 років набув широкого визнання завдяки своїй гнучкості, масштабованості та здатності спрощувати розробку корпоративних додатків. Він є універсальною платформою для створення сучасних програм із підтримкою великих даних, мобільних додатків, веб-інтеграції та розподілених систем [1].

Основні модулі Spring Framework

Сучасна структура Spring складається з різноманітних модулів, кожен із яких оптимізований для певного напрямку розробки:

- Spring IoC (Inversion of Control) — забезпечує декомпозицію компонентів і реалізацію принципу інверсії управління (IoC), який дозволяє послабити зв'язність компонентів, покращує їх повторне використання та полегшує тестування.
- Spring AOP (Aspect-Oriented Programming) — модуль аспектно-орієнтованого програмування, який використовується для декларативного управління транзакціями, організації пулів об'єктів і логування, знижуючи дублювання коду.
- Spring MVC (Model-View-Controller) — модуль для створення веб-додатків і RESTful сервісів, що забезпечує гнучкий підхід до створення веб-інтерфейсів, дозволяючи відокремити модель, вигляд і контроль.
- Spring Security — забезпечує високий рівень безпеки додатків з підтримкою аутентифікації, авторизації та управління доступом до ресурсів.
- Spring Data — модуль для роботи з базами даних, що підтримує CRUD-операції, пошук, сортування та розбиття на сторінки для реляційних і NoSQL баз даних [2].

Використання Spring Framework у корпоративних рішеннях.

Spring активно використовується великими корпораціями в різних галузях. Наприклад, такі компанії, як Hulu, Philips, BMW і Cisco, застосовують Spring для оптимізації своїх додатків. Його універсальність дозволяє вирішувати широке коло задач - від створення внутрішніх систем управління до глобальних розподілених систем [3].

Інверсія управління (IoC).

Принцип IoC, реалізований у Spring, дозволяє керувати залежностями компонентів, делегуючи їхнє створення IoC-контейнеру. Це підвищує гнучкість системи та спрощує її тестування.

Зокрема, в Spring часто використовується Dependency Injection (DI), який автоматизує налаштування залежностей і сприяє дотриманню принципів SOLID.

Аспектно-орієнтоване програмування (AOP).

Spring AOP використовується для модульного налаштування аспектів додатка, таких як транзакції, логування та безпека. Це дозволяє розробникам структурувати код так, щоб бізнес-логіка була відокремлена від інших завдань (наприклад, моніторингу чи обробки помилок), що значно спрощує супровід і розширення додатків. [4]

Створення веб-додатків із Spring MVC.

Spring MVC підтримує розробку веб-додатків за моделлю Model-View-Controller (MVC), що спрощує створення масштабованих, гнучких веб-інтерфейсів.

Цей модуль дозволяє використовувати RESTful API та легко інтегрувати сторонні технології, такі як JSP, Velocity або Freemarker для рендерингу контенту.[5]

Забезпечення безпеки з Spring Security.

Spring Security надає розширені можливості аутентифікації та авторизації. Вона підтримує широкий спектр механізмів безпеки, включаючи http Basic та Digest Authentication, а також OAuth і LDAP. Це дозволяє налаштувати надійний захист додатків, незалежно від середовища їх розгортання.

Зручний доступ до даних із Spring Data.

Spring Data полегшує інтеграцію додатків із різними базами даних, дозволяючи ефективно керувати реляційними і NoSQL-сховищами.

За допомогою Spring Data можна автоматично реалізувати CRUD-операції, пошук і фільтрацію даних, використовуючи мінімум коду, що значно прискорює розробку.

Отже, з викладеного матеріалу приходимо до висновку - Spring Framework — це потужний інструмент для створення гнучких і безпечних додатків у різних галузях, включаючи розподілені системи та високонавантажені корпоративні рішення.

Завдяки багатому набору модулів, він залишається одним із провідних фреймворків для розробки сучасних Java-додатків.

Список літератури

1. Walls, C. (2014). *Spring in Action*. 4th edition. Manning Publications.
2. Модульна структура Spring Framework. веб-сайт. URL: <https://spring.io/projects/spring-framework> (дата звернення: 15.10.2024)
3. Johnson, R., Hoeller, J., Arendsen, A., Harrop, R., and Risberg, T. (2011). *Professional Java Development with the Spring Framework*. Wrox.
4. Spring AOP. веб-сайт. URL: <https://docs.spring.io/spring-framework/reference/> (дата звернення: 15.10.2024)
5. Spring MVC та RESTful сервіси. веб-сайт. URL <https://spring.io/guides/gs/serving-web-content><https://docs.spring.io/spring-framework/reference/> (дата звернення: 17.10.2024)

UDC 681.5

Oleksandr Didyk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Iryna Berezyuk**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.,
Volodymyr Negara, student gr. AK-23M-2
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
e-mail: didyk_s79@ukr.net

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A SYSTEM FOR MEASURING THE WEIGHT OF ROLLING STOCK

With the increase in freight traffic in the context of rapid economic development, there is a need to improve methods and means of mass measurement that can quickly and accurately collect information on transportation. This will create a unified information network that will reflect changes in cargo flow in different regions of the country, as well as provide direct control over the weight of current transportation.

All of the presented weighing systems have a limited speed range of up to 15 km/h or do not provide the required measurement accuracy. To meet the requirements for accuracy and efficiency of weighing, the mass measurement process must now be carried out at a speed of up to 40 km/h, with a maximum relative error of no more than 1%.

The dynamic development of automated control systems and advanced information technologies, in particular methods for building information models of automated processes, contributes to their active implementation at all stages of development and improvement of automated mass measurement systems.

One of the ways to improve accuracy is to develop new and improve existing methods for processing information from load cells. The analysis of the methods showed that when measuring at a speed of up to 40 km/h, the best results are obtained by the method of regression analysis with approximation by a generalized polynomial. Therefore, the task of developing an information model of the weighing process for the implementation of this method was formulated.

An object-oriented model of the measured signal was developed, which includes a constant component corresponding to the mass of the cargo, as well as the sum of periodic interference components and non-periodic components. Due to the small time interval of signal processing and the small decrement of attenuation, the total signal consists of a constant, low-frequency, and random components.

To isolate the constant component of the signal, we used a method that limits the frequency range. This method is based on approximation by a generalized polynomial using the least squares method. In addition, a sequential search of frequencies in a given range is used to detect an informative signal parameter. Sine and cosine are chosen as the basis functions. The simulation of this method has demonstrated significant advantages over the method of simple averaging and meets the accuracy requirements.

List of references

1. А.П. Ладанюк Теорія автоматичного керування технологічних об'єктів: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська, Л.О. Власенко – К.: НУХТ, 2014. – 274 с.
2. Аналіз та синтез систем автоматичного керування в MATLAB. Навчальний посібник/ О.Г. Гурко, І.Ф.Єрмоменко. – Харків: ХНАДУ, 2011. - 286 с.
3. Matlab Documentation.[Електронний ресурс]. - Режим доступу: - <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/control>.
4. Технології конструювання сучасних конкурентоспроможних комплексів керування стохастичним рухом об'єктів : монографія / Л. М. Блохін, С. І., Осадчий, О. К. Дідик [та ін.]. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2023. – 292 с.

UDC 621.396.67+621.396.946

Viktor Bondarchuk, Graduate student, **Anatolii Matsui**, Prof., Doctor of Tech. Scien.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

Lin Lin, PhD

Jabil Inc.

e-mail: barbaross2@ukr.net

FAR-FIELD TO NEAR-FIELD CONVERSION FOR PRODUCTION TESTING OF MILLIMETER WAVE ANTENNA ARRAYS

Problem statement. Massive MIMO (mMIMO) is a key enabling technology of 5G networks. As the wireless industry advances to 5G-Advanced (5G-A) and 6G, more mMIMO radios will be deployed in arrays at millimeter wave (mmWave) frequencies. These mmWave antenna arrays will play a key role in 5G-A and 6G mobile networks. The mMIMO radios, coupled with the active antenna arrays, enable beamforming. Although antenna arrays have been around for a few decades, the high volume, low-cost and carrier-grade quality requirements of mobile networks make mMIMO radio and antenna array production, particularly their testing, a difficult problem for electronics manufacturers.

Analysis of recent research and publications. The NF-to-FF conversion algorithm exploits the restricted production test conditions not considered by general methods [1-3]. Beamforming calibration is a complex subject [4,5]. Described below information theory-based algorithm is described in a paper to be presented at EuMW 2024 [6].

Problem definition. Production testing at millimeter frequencies is a challenge. Compared to 4G radios, a mmWave antenna array contains hundreds or thousands more transceivers. All transceivers need to be tested and calibrated at a production test station. In addition, these transceivers need to be aligned in phase and magnitude for beamforming. This beamforming calibration procedure can take hours for each radio using a brute force method like rotating element electric field vector (REV) [7]. Adding to the challenge, RF test and calibration can only be done using OTA methods in an anechoic chamber since the RF front-ends and radiating elements are integrated. A direct FF chamber and an indirect compact antenna test range (CATR) chamber will be too large and expensive to support high volume production in automated factories.

Main material. To solve this problem an algorithm estimating far-field (FF) RF performance from near-field (NF) measurements is present to address this challenge. Once an antenna array is developed, it goes through a design verification test (DVT) in an R&D lab with a certified FF chamber or a CATR chamber. Antenna functions are verified according to design specifications and 3GPP standards. Product verification testing (PVT) differs from design verification testing because its goal is verifying antenna manufacturing quality rather than its design. PVT test cases usually only cover the critical performance of an antenna, e.g., channel power and adjacent channel power (ACP), to avoid recalls after deployment. Here, the conversion problem is restricted to a PVT chamber custom-designed for a specific antenna design [8]. A golden unit of the design is available as a reference. First, using the golden unit, a model is built reflecting the NF and FF data. This model is used to estimate the FF performance of a product from its NF measurements in the PVT chamber.

The first step is characterizing the golden unit behavior in the DVT chamber to build a model for NF-FF conversion. Characterization is done by collecting IQ data from the CATR chamber while the golden unit transmits at a predefined setup, e.g., beamforming into the boresight direction. The IQ signal of the baseband source, X , is predefined by the test case, e.g., two frames of the TM3.1-100 MHz NR waveform. The golden unit data from the DVT chamber are denoted by $\{Y_{T_1}, Y_{T_2}, \dots, Y_{T_N}\}$, where $\{T_1, T_2, \dots, T_N\}$, are temperatures where data, Y , is collected. Next, the

golden unit is placed in the PVT chamber and IQ data is collected from all the probes while the golden unit transmits under the same condition as in the DVT chamber. Let M denote the number of probes in the chamber. For each transmitting condition, there are M sets of data $\{Z_1, Z_2, \dots, Z_M\}$. Each Z_i has the same dimension as Y . All collected data are time-aligned with X . For a fixed transmitting condition, regardless of whether the golden unit is in a DVT or PVT chamber, the electromagnetic field generated around it should be the same at the same temperature. The propagation and reflection properties of the two chambers mean that the measurements from the probes are different but correlated. This correlation can be modeled by a linear time-invariant filter bank, i.e., the FF data from the DVT chamber is seen as the summation of filter outputs driven by PVT probe measurements. This can be shown in Equation 1:

$$Y = F_1 * Z_1 + F_2 * Z_2 + \dots + F_M * Z_M \quad (1)$$

Where $*$ denotes filter operation, e.g., convolution of time sequence in Z_i with impulse response of F_i .

Letting P_i denote the Toeplitz matrix formed by time sequence in Z_i and F_i be coefficients of FIR filters, allows Equation (1) to be rewritten in matrix form as Equation 2:

$$Y = P_1 * F_1 + P_2 * F_2 + \dots + P_M * F_M \quad (2)$$

Or simplified to Equation 3:

$$Y = PF \quad (3)$$

Where $P = [P_1, P_2, \dots, P_M]$ and $F = [F_1^T, F_2^T, \dots, F_M^T]^T$

Assuming that the PVT data are collected at a temperature of T_n , the filter bank coefficients for NF-FF conversion are obtained by solving the least square problem as shown in Equation 4:

$$\min \|Y_{T_n} - PF\|_2 \quad (4)$$

To estimate a product's FF performance, the NF IQ data is collected from the PVT chamber when the product under test is transmitting under the specified setup. Then, Equation 1 is used to convert the data to FF. Test KPIs such as equivalent isotropic radiated power (EIRP) are computed from the FF IQ data.

Extensive validation has been carried out to verify the accuracy of KPI estimates based on PVT chamber measurements. The test frequency was 25.225 GHz, and the test ambient temperature was 29°C. The results show that EIRP, error vector magnitude (EVM) and ACP estimation errors from the PVT chamber are within 0.19 dB, 0.21 % and 0.38 dB, respectively, of the DVT measurements.

Conclusions. High volume and low-cost production OTA test of mmWave mMIMO radios for 5G/6G is a challenge to electronics manufacturers. This paper describes an algorithm that allow to decrease size of the test station located on a factory facility without deteriorating verification results.

List of references

1. M. Laabs, D. Plettemeier, T. Deckert, V. Kotsch and M. Vanden Bossche, "A novel OTA near-field measurement approach suitable for 5G millimeter wave validation and test," 2021 51st European Microwave Conference (EuMC), 2022, pp. 564–567.
2. M. Shafiee and S. Ozev, "Contact-less near-field test of active integrated RF phased array antennas," Journal of Electronic Testing, Vol. 35(3), pp. 335–347, 2019.
3. D. Janse van Rensburg, "Near-field test challenges of high frequency digital phased array antennas," 2020 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), pp. 327–328.
4. R. Sorace, "Phased array calibration," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 49, 2001.
5. R. Long, J. Ouyang, F. Yang, W. Han and L. Zhou, "Multi-Element Phased Array Calibration Method by Solving Linear Equations," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 65, No. 6, pp. 2931–2939, June 2017.
6. L. Lin and G. Rebeiz, "Fast Beamforming Calibration of mMIMO Radios – an Information Theory Perspective", accepted for publication in Proceedings of EuMW2024.
7. T. Takahashi, H. Miyashita, Y. Konishi and S. Makino, "Theoretical study on measurement accuracy of rotating element electric field vector (REV) method," Electron. Commun. Jpn., Vol. 89, No. 1, pp. 22–23, Jan. 2006
8. L. Lin, K. Loughran and J. A. Wildt, "Compact anechoic chamber for active and passive antenna over-the-air testing," U.S. Patent number: 11280821, Filed: Mar 22, 2019, Assignee: JABIL INC. (St. Petersburg, Fla.).

UDC 681.5

Oleksandr Didyk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Andriy Panchenko**, student gr. AK-23M-2
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
e-mail: didyk_s79@ukr.net

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A VEHICLE WEIGHT ESTIMATION SYSTEM FOR DYNAMIC AXIAL WEIGHING

At large agricultural enterprises, the problem of determining the weight of cargo is usually solved by using weighing stations that provide the required measurement accuracy. However, in farms, the installation of large stationary scales is economically impractical, and the developed compact mobile scales that allow for weight determination without stopping the vehicle do not provide sufficient accuracy. An analysis of weighing equipment offered by manufacturers showed that the accuracy of dynamic scales is an order of magnitude lower than that of static scales. The analysis of the scales' designs shows that both static and dynamic scales use primary converters with high accuracy. Therefore, the way to improve the accuracy of dynamic scales may be to develop new and improve existing methods of processing measured information.

When analyzing the methods of information processing, they were divided into two groups depending on the task. For the methods of the first group, the main task is to extract a constant component corresponding to the mass of the cargo from the additive mixture of the useful signal, regular dynamic interference associated with fluctuations in the mass of the vehicle, as well as random interference arising from the vibration of vehicle components and noise of the measuring equipment. The methods of the first group include filtering and regression analysis. The main problem for filtering methods is the dynamic interference, which can reach 20-30% of the useful signal when the platform is hit and consists of low-frequency quasi-periodic oscillations. Reducing the impact of this interference is complicated by the limited weighing time. The use of regression analysis methods is complicated by the presence of random interference and the influence of unsprung mass oscillations.

The methods of the second group are used in the development of intelligent systems based on neural networks that are capable of estimating one or more parameters from the waveform. However, as the literature shows, the estimation accuracy is significantly affected by random signal components. To improve the accuracy of dynamic weighing, we propose a system that provides optimal integrated processing of measurement data from several load cells, allowing to distinguish a useful signal from random noise with minimal error. In addition, a neural network is used to identify this signal, which makes it possible to accurately determine the mass under conditions of uncertainty in the state of the vehicle's elements. The development of the structure and parameters of this system should be based on a detailed analysis of the dynamic characteristics of both useful signals and interference.

List of references

1. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічних об'єктів: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська, Л.О. Власенко – К.: НУХТ, 2014. 274 с.
2. Аналіз та синтез систем автоматичного керування в MATLAB. Навчальний посібник/ О.Г. Гурко, І.Ф.Єрмоменко. – Харків: ХНАДУ, 2011. 286 с.
3. Matlab Documentation.[Електронний ресурс]. - Режим доступу: - <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/control>.
4. Технології конструювання сучасних конкурентоспроможних комплексів керування стохастичним рухом об'єктів : монографія / Л. М. Блохін, С. І., Осадчий, О. К. Дідик [та ін.]. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2023. – 292 с.

UDC 681.5

Roman Zhesan, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Serhii Plieshkov**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Vladyslav Kovalov**, student AK-23M-1, **Yevhenii Stepanenko**, student AK-23M-2, *Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi*
e-mail: zherom@ukr.net

JUSTIFICATION OF THE DEVELOPMENT AND RESEARCH OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE OF A PRODUCTION MECHANISM

Most of the industrial enterprises that actively use electric cranes face the problem of non-compliance of the lifting equipment with modern technical requirements. In cranes manufactured in series and in operation, the drive of the main lift is carried out by direct current motors with a regulation system from semiconductor converters or asynchronous motors with a short-circuited or phase rotor with parametric regulation by changing the resistance of resistors connected to the contact rings. The rheostat control used to change the speed is characterized by extremely low energy efficiency. According to some estimates, up to 70% of the electricity consumed in the electric drives of the lifting mechanisms can be used to heat the air, and not only during the descent, but also during the lifting of the load [1-3].

The vast majority of lifting cranes are equipped with an inexpensive and easy-to-maintain electric drive control system based on relay-contactor panels, which is far from perfect, is characterized by the dependence of the speed of lowering the load on its weight, negatively affects the service life of the mechanical part of the crane and requires significant maintenance costs.

A modern alternating current electric drive includes a drive frequency converter with a direct current link and an inverter with pulse width modulation. Currently, converters with autonomous voltage inverters are most widely used. Since a 3-phase alternating current network is used as a power source, the frequency converter includes a 3-phase controlled or uncontrolled rectifier. The converter has a built-in control system of the electric drive with microprocessor control and an external interface, which provides the user with a wide range of practical applications [1, 4].

A set of available hardware in combination with built-in software allows you to implement various configurations of the electric drive from the simplest open systems to complex closed systems for speed and position regulation. In this system, the law of regulation of U/f is applied - regulation at different frequency ratios.

The purpose of this is the development and research of a scalar asynchronous electric drive of a production mechanism - movement of a trolley of a bridge electric crane.

Since the operating speed of the engine varies in a wide range from 795 to 7958 rpm. then, depending on the performance required, the work can be carried out at any speed in the specified range for a long or short time, depending on the load being moved. The operating mode is a repeated short-term mode, which involves frequent starts and stops [2, 3].

There are no strict requirements for the dynamics of the electric drive, nor are there any restrictions on the nature of transient processes during start-up, braking and transition from one speed to another, but the transient processes should preferably be smooth.

Based on the above, the most optimal will be the transition to the use of asynchronous electric drives with frequency regulation, which in terms of functionality and operational characteristics can meet the given technical requirements [3-5]:

- the adjustment range of modern asynchronous electric drives with frequency converters with the simplest scalar control can be obtained at least 1: (5-10), which is sufficient;
- asynchronous short-circuit electric motors have a wide range of protection levels.

And also have a number of advantages [1, 4, 5]:

- significant, up to 60%, reduction in energy consumption;
- increasing the accuracy and quality of speed regulation;
- smooth start-up and braking increase the service life of all mechanical elements, increase the comfort of control and ensure the safety of the load.

The appropriate way to control the engine depends on the technical requirements for the electric drive system. In electric drives with a limited adjustment range and the absence of dynamic modes of operation, the frequency-parametric method is used, in which the frequency and effective value of the output voltage of the frequency-voltage converter are adjusted according to the set speed. In electric drives with a large range of speed regulation and high requirements for dynamic characteristics, the regulation of the instantaneous values of the three-phase system of supply voltage and currents using the vector control principle is used. It is advisable to use a scalar control method in electric drives for controlling mechanisms with a fan-type load and for mechanisms with a constant load with a small adjustment range.

Frequency converters are used with asynchronous electric motors with a short-circuited rotor. Most often, developers or manufacturers of cranes, modernizing the crane electric drive, use for the frequency-regulated electric drive traditional electric motors of the crane series, which have rotors of a special design, filled with an alloy of increased resistance. This is dictated primarily by the requirements of ensuring increased torque in the process of frequent starts. To create a satisfactory thermal regime, special measures are taken to reduce the multiplicity of starting currents. Taking into account the above, an asynchronous electric motor with a short-circuited rotor was chosen for the electric drive of the bridge crane carriage movement mechanism.

For a crane frequency-regulated electric drive, frequency converters specially adapted for use in load-lifting cranes and having the necessary functional capabilities are required [1, 4, 5]:

- the brake control function is designed to issue a signal to open the brake when the engine reaches the required moment and a signal to apply the brake when the speed is reduced to the minimum level. The weight measurement function can be used to adjust the brake release.
- high speed lift function. The maximum lifting speed is determined automatically depending on the weight of the load.
- the function of limiting the torque of the electric motor with the formation of the desired mechanical characteristics in the driving and generator modes.
- the function of forming a given rate of acceleration and braking.
- braking function of the electric drive using a braking resistor or recuperation unit. The economic effect of the introduction of recovery modules increases: with an increase in the power of electric drives, sharp braking of inertial mechanisms, as well as when lowering the load to a great depth (elevators, mine elevators).

Список літератури

1. What Are Advantages of Squirrel Cage Asynchronous Motor. Induction Motors, Synchronous Generators Manufacturer & Supplier | ZCL. URL: <https://www.zcl-group.com/industry-news/what-are-advantages-of-squirrel-cage-asynchronous-motor.html>.
2. Технологія Підйома. Вантажопідйомне кранове обладнання - завод ТОВ "НБК ТЕХНОЛОГІЯ ПІДЙОМУ". URL: https://nvk-tp.in.ua/ua/p1869491148-kran-mostovoj-odnbalochnyj.html?srsId=AfmBOoqfyKcItRHvkgc6QJi7W-wdPOIRXXAvI9vPO_d33Zk5IwdbbLj.
3. Asynchronous Motor : Construction, Working, Differences & Its Applications. EIProCus - Electronic Projects for Engineering Students. URL: <https://www.elprocus.com/what-is-an-asynchronous-motor-construction-its-working/>.
4. Applications of Reactor Starting for Asynchronous Motors - Ergun Elektrik. Ergun Elektrik - EN İYİ GÜÇ KALİTESİ ÇÖZÜMLERİ. URL: <https://ergunelektrik.com/applications-of-reactor-starting-for-asynchronous-motors/>.
5. Difference Between Synchronous and Asynchronous Motors. HVH Industrial Solutions | Industrial Distributor / PT & MC. URL: <https://hvhindustrial.com/blog/difference-between-synchronous-and-asynchronous-motors?srsId=AfmBOoqgy5IUTkezXUpCCBcvHP08whNp-IOAW2KK24s5pqmKRH6TVWku>.

UDC 681.5

Oleksandr Didyk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Iryna Berezyuk**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.,
Dmytro Semenenko, student gr. AK-23M-2
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
e-mail: didyk_s79@ukr.net

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A SYSTEM FOR AUTOMATIC HEIGHT CONTROL OF THE RICE HARVESTER'S REAPING DEVICE

Harvesting grain crops by combing the plants at the roots is now recognized as a new and promising direction in the development of grain harvesting machines by both domestic and foreign experts. Unlike traditional harvesting methods, the advantages of this method are that only the grain part of the crop in the form of combed grain and straw heap, which has a high content of grain fraction (for example, when harvesting rice - up to 85%), enters the combine thresher. The non-grain portion of the crop, which remains in the form of combed straw, is mowed and placed in a swath without being fed into the thresher.

The key element of such a combine is the threshing device (TD), which thaws the plants at the root and ensures the collection of the straw heap. The overall efficiency of the combine depends on the quality of this device. The main agrotechnical indicators of the quality of the combing device are grain losses and the fractional composition of the combed heap, which are mainly determined by the depth of immersion of the device in the stem. At high operating speeds of the combine, manual adjustment of the position of the comber relative to the surface of the stalk with high accuracy becomes almost impossible. Therefore, there is a need to develop a system for automatically copying the height of the stem.

The position of the heading device (HD) relative to the stem surface is monitored and controlled by this system as follows. The input of the tracking electro-hydraulic drive, in particular, to the spool electro-hydraulic distributor, is supplied with an appropriate control signal, which is determined in accordance with the control law. This control signal is generated based on the processing of signals coming from the stem height sensor unit.

The threshing device is a complex system with numerous input and output variables. On the one hand, it is characterized by a large number of design and adjustment parameters, and on the other hand, by a variety of input parameters that reflect the external conditions of its operation. The output variables of this system are the quality indicators of the hulling device, such as productivity Q , grain loss rate q , energy consumption E , and others.

List of references

1. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічних об'єктів: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська, Л.О. Власенко – К.: НУХТ, 2014. 274 с.
2. Автоматизація виробничих процесів: навч. посіб. / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова [та ін.]. - Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2016. 352 с.
3. Аналіз та синтез систем автоматичного керування в MATLAB. Навчальний посібник/ О.Г. Гурко, І.Ф.Єрмоменко. – Харків: ХНАДУ, 2011. 286 с.
4. Matlab Documentation.[Електронний ресурс]. - Режим доступу: - <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/control>.
5. Simulink Documentation [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/simulink>.
6. Технології конструювання сучасних конкурентоспроможних комплексів керування стохастичним рухом об'єктів : монографія / Л. М. Блохін, С. І., Осадчий, О. К. Дідик [та ін.]. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2023. – 292 с.

УДК 681.5

Богдан Кріль, доц., канд. техн. наук, **Федір Матіко,** проф., д-р. техн. наук, **Володимир Шалева,** аспірант

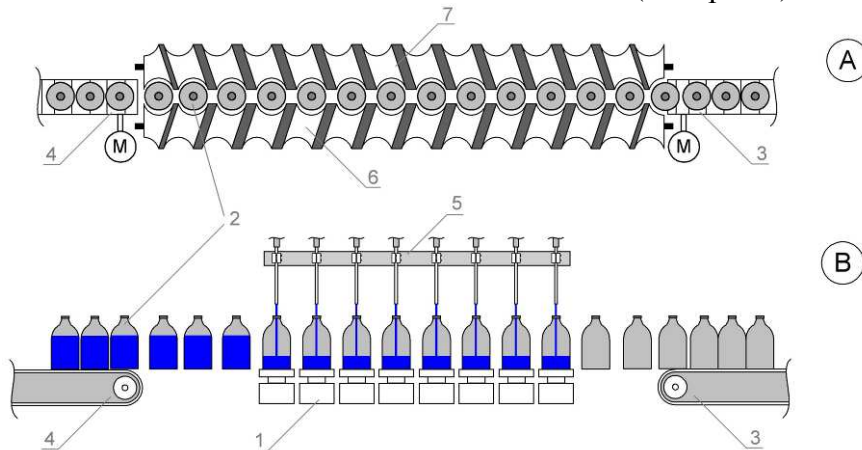
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів,
e-mail: volodymyr.v.shaleva@lpnu.ua

УДОСКОНАЛЕННЯ ВАГОВИХ КОМІРОК ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДОЗУВАННЯ ІНФУЗІЙНИХ РОЗЧИНІВ

Постановка проблеми. Науково-пошукові роботи по розробленню та модернізації технологічних ліній для дозування інфузійних розчинів передбачають досить великі об'єми експериментальних досліджень всіх складових таких ліній. З метою скорочення термінів розробки та модернізації такі дослідження доцільно провести на спеціально реалізованій експериментальній установці. В роботі описані такі дослідження, які проводились перед модернізацією технологічної лінії для дозування інфузійних розчинів типу WDM 8002.

Аналіз останніх публікацій та досліджень. Як відомо [1], дозування - процес відмірювання певної кількості речовини шляхом визначення її маси, об'єму або числа однакових штучних об'єктів. За видом робочого циклу дозування може бути безперервним або порційним, а по принципу дії – об'ємним або ваговим. При безперервному дозуванні потік продукту який виходить із дозатора, безперервно зважується і в залежності від результатів зважування продуктивність дозатора постійно коректується. При фасуванні продукції, як правило, застосовується порційне дозування, яке полягає в періодичному повторенні циклів вимірювання дози продукту і подачі її на упакування. Для порційного дозування застосовуються об'ємні і вагові дозатори, вимірювачі об'єму і маси продукції, а також дозатори однакових штучних виробів. Відомо про три принципово відмінні системи дозування [2]: системи дозування базовані на методі шприцевого наповнення; системи автоматичного дозування на основі витратомірів; системи дозування базовані на методі вагового наповнення.

Вагове дозування - один з найточніших і найпопулярніших методів дозування лікарських розчинів [2, 3]. Його реалізують за допомогою зважування в процесі дозування і фіксації ваги розчину після завершення цього процесу. З використанням цього методу побудовано ряд технологічних ліній і одна з них WDM 8002 (див. рис.1).

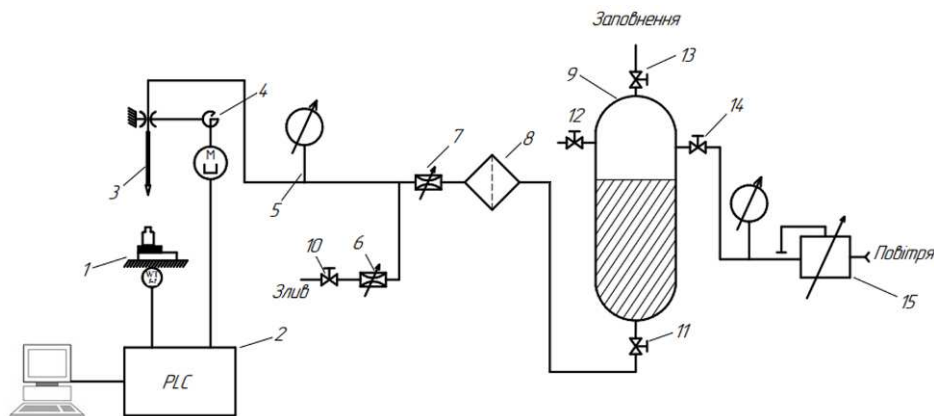


(А – вигляд зверху, В – вигляд збоку). 1 – вагові комірки з платформами; 2 – флякони; 3,4 – стрічковий транспортер; 5 – траверса з дозуючими голками; 6,7 – шнеки шнекового транспортера.

Рисунок 1 - Схематичне зображення ділянки дозування інфузійних розчинів технологічної лінії WDM 8002

Ця технологічна лінія має добре розроблену механічну частину і її часто модернізують з метою застосування більш сучасного обладнання для системи керування та приводів. Для технологічної лінії WDM 8002 кількість станцій дозування рівна восьми (див. рис. 1).

Розроблення експериментальної установки та удосконалення вагової комірки. Для проведення модернізації технологічної лінії для дозування інфузійних розчинів авторами розроблено експериментальну установку, на якій можна провести дослідження всіх вибраних для модернізації пристроїв та вузлів, апробацію технічних рішень та алгоритмів дозування та керування процесом. Така установка має повторювати гідравлічну схему технологічної лінії, яку готують до модернізації, а також в неї має входити система керування процесом дозування інфузійних розчинів. Схема розробленої експериментальної установки наведена на рис. 2.



1 – вагова комірка з платформою; 2 – система керування; 3 – голка у вигляді капіляра для подачі інфузійного розчину; 4 – перетискний клапан з кроковим двигуном; 5 – манометр для вимірювання тиску інфузійного розчину; 6, 7 – регулюючі вентилі для імітації збурень по витраті від сусідніх віток дозування; 8 – фільтр; 9 – ємність з інфузійним розчином; 10, 11, 12, 13, 14 – відсічні вентилі; 15 – редуктор з манометром

Рисунок 2 - Схема експериментальної установки для дослідження технологічного процесу дозування інфузійних розчинів

З наведеної схеми видно, що вона повторює гідравлічну схему технологічної лінії WDM 8002. Така гідравлічна схема технологічної лінії WDM 8002 містить мінімальну кількість елементів і це важливо для забезпечення стерильності процесу, причому кожен з елементів не має застійних зон, що спрощує процес стерилізації лінії.

На розробленій експериментальній установці були проведені такі дослідження:

1. Дослідження оригінальної та удосконаленої вагових комірок в статичному режимі зважування, визначення середньоквадратичного відхилення результатів зважування в статичному режимі.

2. Проведення ряду послідовних дозувань, визначення середньоквадратичного відхилення результатів дозування з метою оцінки придатності вибраного нового тензорезисторного давача для модернізації вагових комірок.

В діючій технологічній лінії для дозування інфузійних розчинів застосовані тензорезисторні давачі ваги з діапазоном вимірювання 0 – 2 кг. Особливістю цих давачів є низька механічна резонансна частота, що робить їх дуже чутливими до ударів струменя інфузійного розчину на початку процесу дозування і механічних збурень від механізмів технологічної лінії. Для зменшення впливу перерахованих збурень тензорезисторний давач ваги поміщений в спеціальну вагову комірку, яка являє собою ванну, виготовлену з суцільного куска алюмінієвого сплаву. Ця ванна заповнена в'язкою силіконовою рідиною, яка демпферує механічні коливання тензорезисторного давача. Але таке технічне рішення збільшує час встановлення показів ваги з заданою точністю, що погіршує точність дозування та збільшує час процесу дозування. Ці недоліки були зауважені вже в процесі виробничих випробувань модернізованої лінії і було прийняте рішення модернізувати вагові комірки

шляхом застосування в них однієї з останніх розробок фірми НВМ – тензорезисторного давача ваги типу SP8C3. Аналізувалась можливість застосування і інших типів давачів ваги, зокрема з магнітоелектричною компенсацією [4], які широко застосовуються для динамічного зважування нарівні з тензорезисторними давачами, але конструктивні розміри вагової комірки не дозволяють застосовувати такі давачі через їхні більші розміри

На експериментальній установці були проведені дослідження з визначення середньоквадратичної похибки результатів зважування взірцевих ваг в статичному режимі. Результати досліджень представлені у таблиці 1.

Таблиця 1. Результати зважування в статичному режимі

	Номер виміру	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номінальне значення	500 г.	500,2	500,1	500,4	500,0	500,1	500,1	500,0	500,3	500,1	500,0
	1000 г.	1000,0	1000,0	1000,2	1000,1	1000,2	1000,1	1000,1	1000,3	1000,0	1000,0

Встановлено, що середньоквадратичне відхилення для удосконаленої вагової комірки за результатами зважування у статичному режимі, для ваги 500 г. становить 0,126 %, а для ваги 1000 г. становить 0,113 %.

Були проведені також вимірювання ваги з визначенням середньоквадратичного відхилення в серії ряду послідовних дозувань. Результати дослідів представлені у таблиці 2.

Таблиця 2. Результати зважування в серії ряду послідовних дозувань

	Номер виміру	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номінальне значення	201 г.	201,3	202,7	202,5	201,5	201,3	201,9	201,6	202,2	201,7	202,8

Визначено що середньоквадратичне відхилення для удосконаленої вагової комірки за результатами зважування в серії ряду послідовних дозувань становить 0,537 %.

Висновки. У роботі показано, що для проведення робіт з реконструкції технологічних ліній для дозування інфузійних розчинів доцільно зібрати експериментальну установку для дослідження приводів перетискних регулюючих органів, вагових комірок. Авторами розроблено таку установку та виконано дослідження удосконалених вагових комірок на основі давачів ваги SP8C3, результати яких підтвердили вищу точність та кращі динамічні характеристики удосконалених вагових комірок.

Список літератури

1. Стандарт МОЗ України СТ-Н МОЗУ 42-3.4-2004 «Виробництво лікарських засобів»
2. Промислова технологія лікарських засобів: базовий підручник для студ. вищ. навч. фармац. закладу (фармац. ф-тів) / С.В. Гладух, О.А. Рубан, І.В. Сайко [та ін.]; за ред. С.В. Гладуха, В.І. Чушова. – Вид. 2-ге, випр.. та допов. – Х. : НФаУ : Новий Світ-2000, 2018. – 486 с. : іл. – (Серія «Національний підручник»).
3. Технологічне обладнання фармацевтичної та біотехнічної промисловості: підручник / С.Т. Стасевич, Ф.О. Милянчик, Л.С. Стрельников та ін.; Нац. Ун-т “Львів. Політехніка”, Нац. Фармац. Ун-т. - Львів: Новий світ-2000, 2017.- 500с.
4. Dynamic Load Cell Technology. Professionelle Waagen für Gewerbe & Industrie | METTLER TOLEDO. URL: <https://www.mt.com/us/en/home/library/white-papers/product-inspection/dynamic-load-cell.html>

UDC 681.5

Oleksandr Didyk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Viktor Kalich**, Prof., PhD tech. sci.,
Andriy Shulyar, student gr. AK-23M-1
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
e-mail: didyk_s79@ukr.net

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A SYSTEM FOR AUTOMATIC CONTROL OF THE TEMPERATURE OF THE MIXTURE IN A MIXER IN THE PRODUCTION OF CARAMEL

Caramel is a solid sugar confectionery product made from caramel mass, which may contain a filling or not. To produce caramel mass, a two-stage technological scheme is often used, which includes the stages of cooking and boiling the syrup. A caramel mass production process control system is a distributed control system of small scale, which includes subsystems for data collection and display, automatic control, and discrete-logic control.

In the considered process control system for boiling the caramel mass, a proportional control law is used in the mixture temperature control circuit in the mixer V, implemented through the KR-300 logic-programming channel. This law ensures the stability of the control system, but does not guarantee the proper quality of control. To improve the quality of control, an automatic control system can be developed using an optimal controller. The external disturbances affecting the object of regulation have different origins, so their overall impact can be described as limited “white” noise.

To evaluate the quality of the automatic control system, we modeled its operation. The deviation of the temperature of the caramel mixture in the mixer from the set value is no more than ± 0.3 °C, although the disturbing effects varied in a wide range, exceeding ± 5 °C. The system of automatic temperature control of the caramel mixture made it possible to reduce the influence of disturbing factors by 18 times.

The analysis of the control object showed that it is quite complex, since the mixer is supplied with substances of different physical and chemical nature. To develop an automatic control system, the object was modeled as a first-order aperiodic link, with the inertia of the control object described by the time constant $T_{OR} = 20$ s. The system performance was studied at different values of the object's time constant. The standard deviation of the temperature change of the caramel mixture in the mixer was 0.2 °C, which confirms the stability of the system even with variations in the parameters of the control object.

List of references

1. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічних об'єктів: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська, Л.О. Власенко К.: НУХТ, 2014. 274 с.
2. Автоматизація виробничих процесів: навч. посіб. / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова [та ін.]. - Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2016. 352 с.
3. Аналіз та синтез систем автоматичного керування в MATLAB. Навчальний посібник/ О.Г. Гурко, І.Ф.Срьоменко. Харків: ХНАДУ, 2011. 286 с.
4. Matlab Documentation.[Електронний ресурс]. - Режим доступу: - <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/control>.
5. Simulink Documentation [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/simulink>.
6. Технології конструювання сучасних конкурентоспроможних комплексів керування стохастичним рухом об'єктів : монографія / Л. М. Блохін, С. І., Осадчий, О. К. Дідик [та ін.]. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2023. 292 с.

UDC 681.516

Mariya Miroshnichenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Iurii Parkhomenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleksandr Lysenko**, student AK-23M-1, **Andrii Polishchuk**, student AK-23M-2
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
e-mail: golike6@gmail.com

INTELLIGENT SYSTEM OF DIAGNOSTICS BASED ON MICROPROCESSOR DEVICES

Every day, millions of people use various types of electric transport. In such conditions, there is a need to make maximum use of the working resource of electrical equipment in operation and to prevent emergency situations that may arise as a result of the sudden failure of individual equipment elements with maximum efficiency.

Thus, the creation of microprocessor-based means of monitoring the technical condition of the electric drive of the tram during its operation, which could provide high-quality resource assessment and forecasting of the emergency state of the equipment during the entire period of its operation at the facility, is a task that is relevant both in scientific terms and in terms of improving the efficiency of public transport services.

In order to prevent emergency situations, various methods and means of diagnosing equipment and timely detection of dangerous defects are used. The electric drive, as one of the most important parts of the electrical equipment of the tram, needs the development of new means of diagnosing and assessing the condition using a modern elementary base in the first place. When developing such tools, it should be taken into account that the most effective tools will be those that diagnose and evaluate the condition of the object based on several informative parameters and at the pace of the process, and also allow it to be carried out during the operation of the object, i.e. will be mobile. And this can be achieved only by using microprocessor technology.

Thus, the creation of microprocessor-based means of monitoring the technical condition of the electric drive during its operation, which could provide high-quality resource assessment and forecasting of the emergency state of the equipment throughout the entire period of its operation at the facility, is an urgent task.

The purpose of the work is aimed at increasing the reliability of diagnosing the technical condition of the electric drive by developing and implementing microprocessor devices for controlling and diagnosing the parameters of traction electric drives of direct current, which are used in most types of urban electric transport, during their normal operation.

Sparking on the collector is classified by the nature of the reasons that cause it into switching, potential and sparking due to mechanical malfunctions [1, 2].

We will evaluate the technical condition of the collector by the value of the current through the contact between the brush and the collector plates.

One of the goals of this work is the synthesis of a microprocessor device for diagnosing the technical condition of the collector of the traction motor of the tram, which would allow it to be diagnosed.

A discrete form of signal representation was used in the development of the system for assessing the technical condition of the collector of the traction electric motor. It is known that digital and logic devices are used to process discrete signals. In addition, the structure of the system should be synthesized taking into account logical expressions that take into account the excess of permissible current values.

All this makes the structure of the device quite complex. Therefore, it is advisable to use the mathematical apparatus of sequences to synthesize the structure of the system for evaluating the technical condition of the collector of the traction motor of the tram. It is as universal as the

classical finite automata language, but the sequence language description is more compact. In addition, the language of sequences makes it quite easy to move to a structure that is built directly according to the description [3].

By design, the system for assessing the technical condition of the collector should record the number of excesses of the permissible current value due to the contact between the brush and the collector plates. Based on this information, the driver must make a decision on the further operation of the car. Since there can be 145 such overruns in one cycle of system operation, this greatly complicates the system structure. In this regard, we will show an example of synthesis for three cases: one exceedance of the permissible current value, two exceedances, or three were detected during the system operation cycle. We will use a comparator [3] to select each of these current values.

Therefore, the symbols X_1 , X_2 , and X_3 will denote, respectively, the cases when one, two, and three overcurrents occurred. Accordingly \bar{X}_1 , \bar{X}_2 and \bar{X}_3 , and will indicate that there are no such excesses [4].

Let's denote T_1 , T_2 , T_3 triggers that fix the first, second and third modes of operation. Since one pulse should be sent to the storage counter in the X_1 mode, two pulses in the X_2 mode, three pulses in the X_3 mode, then to supply these pulses in the form of a Y signal to the system counter, we will use the T_4 trigger with time delays τ_1 , τ_2 and switching, and for memorizing pulses in the process of calculation, we will introduce triggers T_5 , T_6 , T_7 . In addition, we will also introduce the T_8 trigger with a time delay τ_3 to return all triggers to their initial state after the end of the cycle. Since the system must work cyclically, let's enter the signal R , which will start a new cycle of the system [4].

Analytically, the functioning of the device for assessing the technical condition can be described by a system of sequences, which turned out to be quite cumbersome. Therefore, its minimization was carried out and as a result the following was obtained:

The sequential system (1) determines the mathematical model of the functioning of the device for assessing the technical condition of the collector of the traction electric motor of the tram.

$$\begin{aligned}
 & R X_1 \mid T_1 T_4; R X_2 \mid T_2 T_4; \quad R X_3 \mid T_3 T_4; \\
 & \tau_2 (T_2 T_5 \vee T_3 T_5 \vee T_3 T_6) \mid T_4; \quad \tau_1 T_4 \mid \bar{T}_4; T_4 \mid T_5; \\
 & \tau_1 \tau_2 (T_2 \vee T_3 T_5) \mid T_6; \quad \tau_1 \tau_2 T_3 T_6 \mid T_7; \\
 & \tau_2 (T_1 T_5 \vee T_2 T_6 \vee T_3 T_7) \mid T_8; \quad \tau_3 T_8 \mid \bar{T}_8; \\
 & R \vee T_8 \mid \bar{T}_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7; \quad T_4 \mid Y;
 \end{aligned} \tag{1}$$

Conclusion. A sequential system of the process of functioning of the device for assessing the technical condition of the collector of a direct current traction electric motor has been developed, as well as logical relationships adequate to the graph. The structure of the device for evaluating the technical condition of collectors of traction electric motors of direct current has been synthesized.

Список літератури

1. Лежнюк П. Д. Оптимальне керування потоками потужності і напругою в неоднорідних електричних мережах [монографія] / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. 188 с.
2. Архангельский В.І., Богаєнко І.М., Грабовський Г.Г., Рюмшин М.А. Досвід розвитку і застосування систем фуцці-управління // Автоматизація виробничих процесів. 1997. №2(5). С.1–10.
3. Mubaraali L., Kuppuswamy N., Muthukumar R. Intelligent fault diagnosis in microprocessor systems for vibration analysis in roller bearings in whirlpool turbine generators real time processor applications. *Microprocessors and Microsystems*. 2020. Vol. 76. P. 103079. URL: <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103079>
4. Microprocessor systems based on programmable logic devices as an object of diagnostics / S. Shtanenko et al. *Advanced Information Systems*. 2022. Vol. 6, no. 1. P. 81–87. URL: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2022.1.14>

UDC 681.5

Oleksandr Didyk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Iryna Berezyuk**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.,
Myhaylo Stoyanov, student gr. AK-23M-2
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
e-mail: didyk_s79@ukr.net

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF AN AUTOCLAVE TEMPERATURE CONTROL SYSTEM

Food products usually spoil due to the influence of microorganisms that come from the environment. Their activities result in the decomposition of complex biological compounds into simpler chemicals that often have an unpleasant odor and taste.

Today, there are many methods of preserving meat products that are widely used in the food industry. However, heat sterilization in autoclaves remains the most common and effective technology for food preservation. The process of thermal sterilization is a key and crucial stage in the production of canned food, as the correctness of its implementation affects the shelf life of canned food, the quality of the final product, its nutritional value, and the cost-effectiveness of the sterilization process itself.

In this paper, we consider the IPKS-128-500 autoclave, which is used for the thermal sterilization of food products packaged in glass or metal containers.

There are six main stages in the sterilization process. The most important of these is the sterilization stage, which directly affects the quality of the finished product and its shelf life. The main task of the automatic temperature control system of the autoclave is to maintain the set temperature in accordance with the requirements of the sterilization program.

An appropriate automatic control system was developed for this purpose. A resistance thermometer TS 1288/2-Pt100 mounted on the autoclave is used as a temperature sensor, and a tubular electric heater TEN 140/5.0 J220-12-01 is used to regulate the temperature at the heating and sterilization stages. At the cooling stage, a 15-B-859-P solenoid valve is used to control the cold water supply. The disturbances affecting the control object are modeled as limited white noise.

Since the program signal changes gradually, a stabilization system design algorithm was used to synthesize the optimal controller. As a result of applying this algorithm, the transfer function of the optimal controller was obtained.

At the sterilization stage, the overshoot does not exceed 0.4 °C, and subsequently the deviation remains less than 0.04 °C. The automatic control system made it possible to reduce the impact of external disturbances by more than 100 times.

List of references

1. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічних об'єктів: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська, Л.О. Власенко. К.: НУХТ, 2014. 274 с.
2. Автоматизація виробничих процесів: навч. посіб. / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова [та ін.]. - Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2016. 352 с.
3. Аналіз та синтез систем автоматичного керування в MATLAB. Навчальний посібник/ О.Г. Гурко, І.Ф.Єрмоменко. Харків: ХНАДУ, 2011. 286 с.
4. Matlab Documentation.[Електронний ресурс]. - Режим доступу: - <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/control>.
5. Simulink Documentation [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/simulink>.
6. Технології конструювання сучасних конкурентоспроможних комплексів керування стохастичним рухом об'єктів : монографія / Л. М. Блохін, С. І., Осадчий, О. К. Дідик [та ін.]. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2023. – 292 с.

УДК 612.17, 004.08

Юрій Пархоменко, доц, канд. техн. наук, **Андрій Бокій**, аспірант,

Дмитро Литвиненко, здобувач

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

e-mail: parhomenkoym@ukr.net, andrearhangel88@gmail.com,

dimasik.litvinenko.2014@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕОБХІДНОСТІ РОЗРОБКИ ТА ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ, ОБРОБКИ ТА ЗАПИСУ СИГНАЛІВ ЕКГ НА БАЗІ ФЛЕШ-НАКОПИЧУВАЧІВ

Серцево-судинні захворювання (ССЗ) є однією з головних причин смертності в світі, що зумовлює необхідність ефективної діагностики патологій серця.

Електрокардіографія (ЕКГ) є провідним методом дослідження біоелектричної активності серця, який дозволяє виявляти низку серцевих патологій, таких як інфаркт міокарда, ішемічна хвороба серця, аритмії та інші порушення [1].

Однак традиційні кардіографічні пристрої часто демонструють недостатню точність, що може призводити до помилкових діагнозів [2].

Розробка системи автоматизованої діагностики та обробки сигналів ЕКГ з використанням флеш-накопичувачів дозволить підвищити точність досліджень та спростити збереження даних для подальшого аналізу.

Програмно-апаратні засоби, що реалізують автоматичне зняття, обробку та аналіз ЕКГ, можуть значно полегшити роботу кардіолога, а також забезпечити тривале зберігання даних для дослідження стану пацієнтів [3].

Мета і задачі розробки:

- створення апаратно-програмного комплексу, який дозволяє автоматизовано знімати, обробляти та зберігати ЕКГ сигнали на енергонезалежному флеш-накопичувачі;
- розробка алгоритмів аналізу ЕКГ-сигналів, які можуть виявляти непомітні для ока відхилення, що мають діагностичне значення [4];
- підвищення точності діагностичних висновків через збір даних із високою частотою дискретизації та застосування цифрових фільтрів низької частоти (ФНЧ) [5].

Архітектура системи

○ Аналого-цифрова частина: реалізація ФНЧ цифровим методом забезпечує зниження спотворень і усунення перешкод, що дозволяє досягти точності у реєстрації кардіосигналу [6]. Завдяки цифровому ФНЧ відсутня потреба у прецизійних конденсаторах, що полегшує конструкцію пристрою [7].

○ Мікроконтролер як центральний елемент: управління всіма функціональними блоками здійснюється мікроконтролером, який виконує обробку кардіосигналів, їх запис та передачу через USB для подальшої обробки на ПК.

○ Запам'ятовуючий пристрій: використання флеш-пам'яті (об'ємом від 8 ГБ до 128 ГБ) дозволяє зберігати тривалий обсяг даних без стискування, що є важливим для аналізу добового моніторингу.

В якості методів обробки даних планується дискретизація сигналу з високою частотою безпосередньо в аналого-цифровому перетворювачі, що дозволяє виключити потребу у схемах вибірки-збереження та мультиплексорі.

Використання диференціальних підсилювачів для інструментального посилення сигналів, що надходять від електродів на тілі пацієнта, що допомагає знизити шуми та підвищити якість сигналу.

Переваги системи, що планується до розробки:

- забезпечення високої точності діагностичного висновку за рахунок високої якості обробки та відфільтрування сигналу;
- використання флеш-пам'яті забезпечує надійне зберігання великого обсягу даних, доступних для подальшого аналізу.

Отже, розробка та програмна реалізація системи діагностики ЕКГ на базі флеш-накопичувачів є актуальною через нагальну потребу у підвищенні якості та точності діагностичних досліджень у кардіології.

Запропонований підхід до автоматизованої обробки ЕКГ-сигналів дозволяє не тільки своєчасно і точно виявляти патологічні зміни у роботі серця, але й зберігати інформацію для подальшого аналізу та моніторингу.

Цей пристрій може значно спростити процес діагностики для лікарів-кардіологів, знизити ризик помилкових діагнозів та поліпшити медичну допомогу в цілому [8].

Список літератури

1. А.П. Якимов В.П. Проблеми і перспективи електрокардіографічної діагностики. Харків: Наукова думка, 2020.
2. Коваленко О.М., Механізми зниження діагностичних помилок у кардіології. – Київ: Медична академія, 2019.
3. Петров А.Н. Автоматизація діагностичних систем в кардіології. Одеса: ОНУ, 2021.
4. Johnson J. ECG Signal Processing and Filtering. - New York: Springer, 2018.
5. Smith J. Cardiology Signal Analysis Methods. - London: Wiley, 2019.
6. Ivanov I. et al. "Digital Filters in ECG Signal Processing", Journal of Cardiology Research, 2022.
7. Літовченко О.В. Використання цифрових фільтрів для ЕКГ. - Донецьк: Вид-во ДонНУ, 2021.
8. Артеменко І.І., Вдосконалення методів діагностики серця на основі ЕКГ. – Харків: Харківський університет, 2022.

УДК 004.9:631

Світлана Рева, викладач, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист
*Відокремлений структурний підрозділ «Глухівський агротехнічний фаховий коледж
Сумського національного аграрного університету», м. Глухів*
e-mail: revasvitlana@ukr.net

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АГРОВИРОБНИЦТВІ

Сучасне агровиробництво потребує впровадження новітніх комп'ютерно-інтегрованих технологій, що дозволяють підвищити ефективність, стійкість і продуктивність сільськогосподарської діяльності. Інтеграція цифрових рішень, таких як автоматизовані системи управління, датчики, інтернет речей (IoT), та аналітичні платформи, дозволяє здійснювати точний моніторинг і контроль всіх процесів виробництва.

Комп'ютерно-інтегровані технології в агровиробництві сприяють переходу до інноваційного та ефективного управління сільськогосподарськими процесами. Впровадження таких рішень дозволяє інтегрувати інформаційні потоки з різних виробничих процесів, що створює можливості для оптимізації операцій на основі аналізу даних. За даними досліджень, автоматизація та цифровізація аграрного сектору дозволяють підвищити точність прогнозування врожайності, зменшити витрати на ресурси та мінімізувати вплив людського фактора. Автоматизація процесів управління в аграрному секторі сприяє оптимізації витрат і підвищенню продуктивності, дозволяючи уникнути численних помилок, пов'язаних з людським фактором. За даними останніх досліджень, автоматизація сільськогосподарських процесів здатна збільшити врожайність на 20-30% завдяки більш точному плануванню та управлінню ресурсами [7].

Комп'ютерно-інтегровані технології охоплюють ряд компонентів, таких як автоматизовані системи управління, моніторинг стану посівів та ґрунту, аналітичні платформи для прогнозування та оцінки ризиків. Використання цих технологій дозволяє оптимізувати виробничі процеси на всіх етапах: від підготовки ґрунту до збирання врожаю.

Моніторинг на основі датчиків та IoT. Датчики та інтернет речей дозволяють в реальному часі отримувати дані про стан ґрунту, кліматичні умови, рівень вологості тощо. Це сприяє більш точному управлінню поливом, внесенням добрив і захистом рослин [3].

Автоматизовані системи управління. Автоматизація процесів у сільському господарстві, таких як полив, збір врожаю, сортування продукції, забезпечує зниження витрат на робочу силу та покращення ефективності операцій [2].

Аналітичні платформи на основі ШІ. Використання штучного інтелекту для аналізу великих обсягів даних дозволяє агровиробникам краще прогнозувати врожайність та оцінювати ризики, пов'язані зі зміною кліматичних умов [5].

Автоматизація є важливим компонентом комп'ютерно-інтегрованих технологій, що дозволяє збільшити продуктивність і забезпечити сталість виробництва. Сучасні системи автоматизованого контролю ґрунту, поливу та мікроклімату значно зменшують обсяги використання води та енергії.

Трактори, збиральні машини та дрони можуть використовуватися для моніторингу стану посівів, збору врожаю та внесення добрив, що дозволяє підвищити продуктивність і точність обробки полів [1].

Комп'ютерне моделювання дозволяє створювати цифрові моделі агропроцесів для прогнозування врожайності, оцінки економічної ефективності та мінімізації ризиків, пов'язаних зі змінами клімату [4].

Комп'ютерно-інтегровані технології допомагають вирішувати складні управлінські задачі в аграрному секторі, такі як оптимізація ланцюга постачання, управління витратами та управління персоналом.

Цифрові платформи дозволяють аграріям оптимізувати логістичні процеси та знижувати втрати продукції, що має позитивний вплив на прибутковість виробництва.

Використання комп'ютеризованих систем управління працею сприяє поліпшенню продуктивності працівників і дозволяє точніше планувати робочі зміни.

Хоча комп'ютерно-інтегровані технології надають численні переваги, їх впровадження має певні труднощі, такі як висока вартість обладнання, потреба у висококваліфікованих спеціалістах та ризик кібербезпеки.

Високоякісні системи та обладнання для комп'ютерного управління є дорогими, що ускладнює їх впровадження для малих фермерів.

Оскільки комп'ютерно-інтегровані системи працюють з великими обсягами конфіденційних даних, забезпечення їх захисту від кіберзагроз стає важливим завданням для агровиробників.

Перспективи застосування комп'ютерно-інтегрованих технологій у сільському господарстві включають подальший розвиток автоматизації, використання аналітики великих даних, впровадження роботизованих систем та інтеграцію технологій штучного інтелекту. Ці технології допоможуть створити більш стійку та ефективну модель агровиробництва [6].

Попри наявні виклики, перспективи розвитку автоматизації в агровиробництві є багатообіцяючими. Очікується подальше вдосконалення технологій, інтеграція роботизованих систем та широке впровадження штучного інтелекту, що дозволить створити більш сталу та ефективну модель сільськогосподарського виробництва. Використання роботів для виконання завдань, таких як сортування продукції, полив та моніторинг, дозволить зменшити витрати на ручну працю та підвищити якість виконання процесів. Інтеграція IoT з технологією блокчейн може забезпечити безпечний та прозорий облік всіх етапів виробництва, що особливо важливо для сертифікації продукції та підвищення довіри споживачів.

Комп'ютерно-інтегровані технології надають значні можливості для розвитку аграрного сектору, сприяючи підвищенню продуктивності, точності управління та стійкості виробничих процесів. Впровадження цих технологій потребує інвестицій та розвитку нових підходів до управління, однак перспективи їхнього застосування у створенні сталого сільськогосподарського виробництва є надзвичайно великими. Автоматизація процесів керування в агровиробництві надає значні можливості для розвитку аграрного сектору. Використання сучасних технологій допомагає оптимізувати управління ресурсами, підвищити продуктивність та покращити якість продукції. Проте для подальшого розвитку автоматизації потрібні відповідні інвестиції, нормативна підтримка та підвищення обізнаності серед фермерів щодо сучасних технологічних рішень.

Список літератури

1. Jones T., Patel R., & Clark D. AI-based optimization in soil management. *Journal of Precision Agriculture*. 2020. P. 154–160.
2. Khan, A., Thompson, B., & Smith, J. [2019]. Water resource management with AI in arid agriculture. **Irrigation Science**, pp. 57–68.
3. Li, C., Wang, H., & Zhao, Y. [2020]. Livestock monitoring using AI-based imaging techniques. **Animal Science Journal**, pp. 191–199.
4. Patel, S., & Shah, N. [2022]. Big data and AI applications in precision farming. **Journal of Agricultural Informatics**, pp. 76–84.
5. Ramesh, M., Kaur, P., & Verma, S. [2021]. Machine learning in yield prediction and agricultural management. **International Journal of Agricultural Data Science**, pp. 91–103.
6. Sarker, A., Rahman, M., & Thompson, J. [2021]. Robotics and IoT in smart agriculture. **Automation in Agriculture**, pp. 110–120.

УДК 681.5 / 620.9 / 621.311

Сергій Кравцов¹, здобувач гр. АК-23М-1, **Роман Жесан¹**, доц., канд. техн. наук, **Олена Голик¹**, доц., канд. техн. наук, **Валентина Зубенко²**, доц., канд. техн. наук
¹Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
²Херсонський державний аграрно-економічний університет
e-mail: kravtsov_sv@ukr.net

МІСЦЕ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ ІЗ СИСТЕМАМИ КЕРУВАННЯ В РОЗПОДІЛЕНІЙ ГЕНЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ

Війна, яку розв'язала російська федерація проти України, численні руйнівні атаки ворога на енергетичну інфраструктуру держави, чітко окреслили головні напрямки державної політики, серед яких є і модернізація енергетичної галузі. Саме тому пріоритетом в Україні на найближчі роки буде створення системи розподіленої генерації електроенергії [1]. Важливе місце у такій системі займатиме так звана «зелена генерація» – енергетика на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), адже саме сонячні та вітрові установки, поряд із АЕС, допомогли втримати напівзруйновану агресором вітчизняну енергосистему від колапсу. З іншого боку, гостро постає питання забезпечення дбайливого ставлення до наявних енергоресурсів, підвищення енергоефективності всіх технологічних процесів та виробництв, а також енергозбереження у побуті. Це пов'язано як зі станом нашої енергетики, так і з задекларованим державою курсом на інтеграцію до ЄС та Євроатлантичних структур. Важливим аспектом всього, переліченого вище, є забезпечення енергоефективності будівель і споруд. Не зважаючи на численні наукові публікації з питань електропостачання енергоефективних будівель, залишається достатньо широке поле для досліджень щодо місця енергоефективних будівель в системі розподіленої генерації енергії, особливостей використання ВДЕ та організації автоматизованого керування.

Згідно з ДСТУ 3440-96, залежно від зв'язку споживача з джерелом енергії, існує два способи організації електропостачання:

- централізоване;
- децентралізоване.

Централізоване електропостачання – електропостачання від енергетичної системи. Є традиційною системою електропостачання, в якій споживач отримує електроенергію від районних (міських) електричних станцій. Електропостачання споживачів здійснюється через електричні мережі, що живляться здебільшого від енергетичних систем, які об'єднують кілька електростанцій. Ці системи одночасно постачають електроенергію великі райони, передаючи їх на значні відстані. Генерація енергії здійснюється великими ГЕС, ТЕС та АЕС. Між електростанціями або потужними державними енергосистемами і споживачами розміщене передавальне обладнання, що складається з підвищувальних і понижувальних трансформаторних підстанцій та ліній передачі електроенергії різної напруги. Сукупність генераторів, розподільних пристроїв, підстанцій, ліній електричних мереж і споживачів електроенергії, називається електричною системою.

Децентралізоване електропостачання – електропостачання від джерела, що не має зв'язку з енергетичною системою. Децентралізоване або розподілене виробництво енергії ([англ. Distributed power generation](#)) – концепція будівництва джерел енергії та розподільчих мереж, яка має на увазі наявність великої кількості користувачів, які виробляють [теплову](#) і [електричну енергію](#) для власних потреб, а також спрямовують надлишки в загальну мережу ([електричну](#) або [теплову](#)). Підключені до загальних мереж локальні джерела енергії, в

поєднанні з засобами накопичення, зберігання та перетворення енергії, визначаються як розподілені енергетичні ресурси (англ. *Distributed Energy Resources – DER*). Дана концепція передбачає будівництво додаткових джерел електроенергії в безпосередній близькості від споживачів. При цьому споживач не від'єднується від загальної мережі електропостачання. На рівні з традиційними когенераційними установками, в якості розподілених енергетичних ресурсів та додаткових джерел енергії можуть виступати засоби альтернативної енергетики (сонячні батареї, вітрогенератори та інші ВДЕ), газові та дизельні генератори, акумуляторні системи зберігання електроенергії, електричні транспортні засоби та керовані навантаження (системи опалення й кондиціонування, водонагрівачі). Вони можуть використовуватися автономно, для оптимізації енергоспоживання індивідуально визначеного об'єкта, або через певні агрегатори, у сукупному розподілі електроенергії. Таким чином, в структурі розподіленого електропостачання суттєве місце займає споживач електроенергії, який, з розвитком технологій ВДЕ та систем керування розподілом, якістю та надійністю постачання енергії, може не тільки пасивно споживати електроенергію від зовнішніх джерел, а й бути активним учасником функціонування електроенергетичної системи. При цьому наявність зв'язку із загальною електричною мережею, дозволяє компенсувати нестачу електроенергії, за рахунок її споживання від загальної мережі, а, в разі надлишкового виробництва електроенергії власним джерелом, видавати її до мережі, з можливістю отримання відповідного зиску.

Чи не найбільшими споживачами енергії є будівлі різного призначення. За даними ЄС [2], близько 40 % всієї енергії споживають саме будівлі та споруди. В цьому контексті можна стверджувати, що будівлі, за певних умов, можуть займати одне з провідних місць в системі розподіленої генерації енергії. Проте, визначальним фактором впливу будівель, як споживачів, на розподілену генерацію є ступінь їх енергоефективності. Під *енергоефективністю будівлі* розуміють властивість будівлі, яка характеризується кількістю енергії, необхідної для створення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей у такій будівлі [3]. Близьким є поняття *енергоекономічна споруда* – це споруда, яка спроектована таким чином, щоб її енергетичне споживання, з метою опалення, кондиціонування повітря, освітлення і гарячого водопостачання, задовольнялося при мінімальному використанні покупної енергії, тобто споруда, яка може експлуатуватися при мінімальних витратах на енергоносії. Відповідно до Директиви Європейського Союзу про енергетичну ефективність будівель (EPBD) [2], з 2021 року енергетичні показники всіх нових будинків мають відповідати показникам будівель з мінімальним або нульовим споживанням енергії на шляху до енергетичної нейтральності.

Сучасні будівлі за енергоефективними технологіями побудови поділяють на [2-4]:

- *пасивний будинок* (англ. *passive house (PH)*), попит енергії на опалення якого не може перевищувати 15 кВт·год/(м²·рік);
- *будівля з нульовою енергією (ZEB)*, також відома як *споруда з чистою нульовою енергією* (англ: *Net Zero Energy (NZE)* або *Zero Net Energy (ZNE)*) *будівля нульової енергії* (будівля, що зовсім не потребує додаткової енергії на опалення {0 кВт·год/(м²·рік)}, крім тієї, що сама виробляє);
- *будівля плюсової енергії* (тобто така, що виробляє, за допомогою встановлених на ній ВДЕ, більше енергії, ніж сама потребує) або *активний будинок* (англ. *active house*), також *будинок з позитивним енергобалансом* або *будинок за стандартом «енергія плюс»* (англ. *energy plus house*).

ВДЕ стають невід'ємною частиною кожного з наведених різновидів будівель – якщо для активного будинку і будівлі з нульовою енергією вони, просто за визначенням, є джерелами енергії, то для пасивного будинку виступають ідеальним доповненням до інших джерел (в багатьох країнах ЄС є новою вимогою для сертифікації пасивних будівель) [2].

Важливим аспектом також є застосування у сучасних будинках технологій «розумного дому» / «розумного будинку» (*smart home / digital house*), коли функціонально пов'язуються між собою усі електроприлади будівлі, щоб ними можна було «інтелектуально» керувати

централізовано. Завдяки інтеграції інформаційних технологій у домашні умови, усі системи та прилади узгоджують виконання функцій між собою, порівнюючи задані програми та зовнішні показники. Таким чином, місце енергоефективних будівель, як споживачів та постачальників електроенергії в системі розподіленої генерації, окрім застосування ВДЕ, має визначатись також рівнем автоматизації процесу розподілу енергії (Табл. 1).

Таблиця 1 – Місце енергоефективної будівлі в системі розподіленої генерації

Енергоефективна будівля	Роль та місце будівлі в системі розподіленої генерації
Пасивний будинок	Інтелектуальні механізми розподілу енергетичних ресурсів відсутні. Енергоефективність досягається переважно архітектурними та конструктивними способами. Використання ВДЕ та систем керування розподілом є додатковою опцією, без активного зв'язку з центральною електромережею, що практично унеможливує використання даного типу будівель в системі розподіленої генерації.
Будівля з нульовою енергією	Використання ВДЕ є обов'язковою умовою. Проте рівень споживання енергії будівлею дорівнює обсягу її автономного виробництва без участі центрального електропостачання. Системи керування забезпечують лише внутрішній розподіл енергії. Поруч з пасивним будинком, даний тип будівель також об'єктивно неможливо використовувати в системі розподіленої генерації.
Активний будинок	Даний тип будівель, шляхом впровадження комбінованого використання ВДЕ з інтелектуальними системи керування, оптимально доповнюють систему розподіленої генерації енергії, як самостійне джерело енергії.

З метою ефективного та надійного забезпечення функцій автоматизації, які підвищують комфорт та безпеку, при значному зменшенні енергоспоживання, в сучасній практиці слід застосовувати інтелектуальні системи автоматизації будівель (англ. *BAS – Building Automation System*), також відомі як системи керування будівлями (англ. *BMS – Building Management Systems*) та системи керування енергоспоживанням будівель (англ. *BEMS – Building Energy Management Systems*) [5].

Висновки. Зважаючи на технології побудови, нормативні вимоги до енергоефективних будівель, активний будинок, побудований за концепцією «*smart home*» оптимально виступає в ролі активного споживача енергії, що також передбачає використання його як самостійного джерела енергії в системі розподіленої генерації. Враховуючи специфіку роботи ВДЕ активних будинків, яка має полягати в надійному та якісному забезпеченні технологічного процесу електропостачання внутрішнього та зовнішнього споживача, повноцінне впровадження активних будівель можна досягти шляхом комбінованого використання ВДЕ та високого рівня інтелектуального керування всіма процесами електропостачання та енергоспоживання.

Список літератури

1. Розподілена електрогенерація буде пріоритетом на найближчі роки – Олексій Кулеба // Укрінформ : веб-сайт. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3920187-rozpodilena-elektrogeneracia-bude-prioritetom-na-najblizci-roki-oleksij-kuleba.html> (дата звернення: 31.09.2024).
2. Energy Performance of Buildings: Directive (EU) 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council. URL: https://www.google.com/url?esrc=s&q=&rct=j&sa=U&url=https://eur-lex.europa.eu/LexUriServLexUriServ.do%3Furi%3DOJ:L:2010:153:0013:0035:en:PDF&ved=2ahUKewi7kaOsk8qAAxXC7rsIHW-xCukQFnoEC_AwQAq&usq=AOvVaw0QKj3hEEZHcQKvaiAVOGvU (дата звернення: 01.11.2024).
3. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України від 2 черв. 2017 р. № 2118. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19> (дата звернення: 01.11.2024).
4. Мхитарян Н. М. Среда обитання: образы комфорта : монографія. НАН України, Ин-т возобновляемой энергетики. Киев : Наук. думка, 2018. 572 с. ISBN 978-966-00-1656-9.
5. Shengwei Wang. Intelligent Buildings and Building Automation. 1. Intelligent buildings. 2. Buildings – Mechanical equipment – Automatic control. I. Title. TH 6012. W 36, 2010. 696 с. dc 22. ISBN 0-203-89081-7.

УДК 622.7:004.94

Віолетта Ляшок, аспірант, **Михайло Тиханський**, доц., канд. техн. наук
Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг
e-mail:violetta@knu.edu.ua

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ЗБАГАЧЕННЯ

Перший етап технологічного процесу обробки руди полягає в її дробленні та подрібненні, а також у мокрій або сухій класифікації видобутої з шахти руди за розмірами. Цей етап є необхідним для підготовки руди до подальшого збагачення, що дозволяє ефективно відокремити корисні компоненти від пустої породи. Розміри кінцевого продукту залежать як від властивостей та характеристик самої руди, встановлених в результаті досліджень, так і від вимог наступних процесів у виробництві заліза і сталі, які визначаються як за розміром, так і за якістю підготовленого матеріалу.

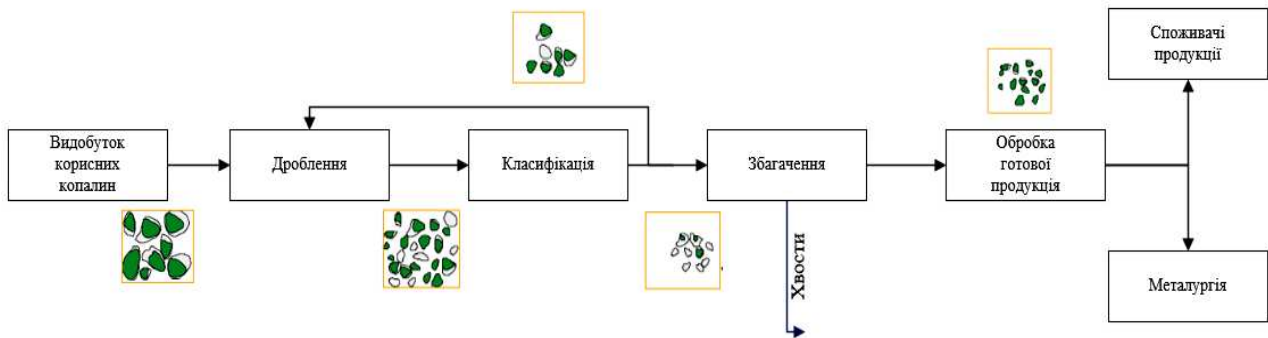


Рисунок 1 – Загальна схема технологічного процесу

Інтелектуальна ідентифікація охоплює процеси розпізнавання та класифікації технологічних об'єктів, станів або параметрів систем за допомогою сучасних методів штучного інтелекту, таких як машинне навчання, нечітка логіка або нейронні мережі. Ці технології дозволяють здійснювати аналіз даних, прогнозувати результати та автоматизувати процес прийняття рішень у складних виробничих системах.

Переваги інтелектуальних алгоритмів ідентифікації полягають у високому рівні паралельності, самоорганізації, самонавчання та самоадаптації, що дозволяє ефективно розв'язувати складні завдання новими методами. Відповідні дослідження щодо застосування інтелектуальних алгоритмів для створення комбінованих моделей прогнозування наведено в табл. 1. Генетичний алгоритм (GA), алгоритм оптимізації рою частинок (PSO) та алгоритм імітаційного відпалу (SA) є найбільш поширеними методами інтелектуальної ідентифікації в промисловості та наукових дослідженнях. Було використано алгоритми GA, PSO та SA для визначення вагових коефіцієнтів моделей HW, ARIMA, SVM та ELM, а також для оптимізації параметрів процесів збагачення залізної руди та створення найкращої комбінованої моделі прогнозування.

Таблиця 1 – Інтелектуальні алгоритми для моделей

Комбіновані моделі прогнозування	Основні результати
Недомінований алгоритм генетичного сортування III з трьома цільовими функціями був запропонований і успішно використаний для вирішення проблеми прогнозування електричного навантаження.	Стабільність, і точність запропонованої комбінованої системи є вищими, ніж у порівняльних моделей.
Представлено гібридну модель, що поєднує BPNN, SVM та SVR. Вага запропонованої моделі визначається GA.	Числові результати цієї моделі кращі, ніж результати всіх окремих моделей, традиційних простих моделей середнього комбінування та традиційної моделі часових рядів.
Нова комбінована модель для прогнозування електричного навантаження, а адаптивна оптимізація роїв частинок була використана для оптимізації вагових коефіцієнтів у комбінованій моделі прогнозування.	Запропонована комбінована модель порівнюється з окремими моделями та іншою комбінованою моделлю, що повідомляється в літературі, і її результати виглядають перспективними.
Комбінація ESM, ARIMA і BPNN включає переваги всіх трьох моделей. GA визначає вагу запропонованої гібридної моделі.	Числові результати показують, що модель перевершила всі традиційні моделі, включаючи ESM, ARIMA, BPNN, рівноважну вагову гібридну модель та модель випадкових блуждань.

Отже, інтелектуальна ідентифікація сприяє швидкій адаптації технологічного процесу до змінних параметрів вхідної сировини, що важливо для підвищення гнучкості та надійності роботи всього виробничого комплексу. Це дозволяє підвищити ефективність управління процесом та мінімізувати вплив людського фактора, що є критично важливим у промислових умовах. У процесі подрібнення інтелектуальна ідентифікація відіграє важливу роль у визначенні фізичних і механічних характеристик матеріалів, що обробляються, а також у моделюванні технологічного процесу. Вона дозволяє створювати математичні моделі, які точно описують процес подрібнення на основі даних, отриманих у реальному часі. Основним завданням є оптимізація процесу подрібнення та автоматизоване управління з метою досягнення найвищої продуктивності, зниження витрат енергії та забезпечення стабільної якості кінцевого продукту.

Список літератури

1. Ляшок В.Г., Тиханський М.П. Інтелектуальні засоби у процесах подрібнення як потужний інструмент автоматизації. Гірничий вісник. 2024. № 112. С.23-28.
2. Dmitriieva V., Tykhanskyi M. Use of neural networks in enrichment process. "Eurasian Conference on Science, Engineering & Technological Innovations" (ECSETI-2021). Date: 20 & 21 November, 2021.
3. A. Kupin, A. Senko, B. Mysko, Identification and automated control in the conditions of beneficiation technology processes based on methods of computational intelligence. Kryvyi Rih, 2018.
4. V. Morkun, V. Tron, Automation of iron ore raw materials beneficiation with the operational recognition of its varieties in process streams. Metallurgical and Mining Industry, 6, (2014). 4–7.
5. V.S. Morkun, N.V. Morkun, V.V. Tron, I.A. Dotsenko, Adaptive control system for the magnetic separation process, Sustainable Development of Mountain Territories, 2018, 10(4), pp. 545–557. URL: <http://naukagor.ru/Portals/4/%202018/№4,%202018.pdf?ver=2019-02-21-091240-697>.
6. A. Trunov, A. Malcheniuk, Recurrent Network As A Tool For Calibration In Automated Systems And Interactive Simulators, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2018, 2(9-92), pp. 54–60. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126498>.

УДК 681.5.015

Вадим Ложечніков¹, доц., канд. техн. наук, **Геннадій Мариничев¹**, здобувач,
Антон Третьяк¹, здобувач, **Єлизавета Ложечнікова²**, здобувач

¹*Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса*

²*Одеський національний медичний університет, м. Одеса*

e-mail: fontan.lev@gmail.com, 10669684006@gmail.com

АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТУРІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ НАФТОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Як відомо, нафта витягується з пласта у вигляді водогазонафтової суміші (флюїду). І для подальшого її транспортування та реалізації споживачеві має бути здійснений процес із підготовки продукції свердловини – очищення зазвичай її від газу, зневоднення, очищення від механічних домішок, а іноді – в трубах і знесолення під час підготовки нафти [1].

Одним з основних етапів підготовки нафти для транспортування є попереднє скидання води. Це створює низку проблем. Річ у тім, що пластова нафта, потрапляючи у свердловину, складається з величезної кількості домішок. Це можуть бути частинки пластових вод, глини і піску, газу, мікроорганізми, мінеральні солі. Для транспортування така нафта не годиться – домішки збільшують її об'єм і знижують якість, негативно впливають на роботу обладнання та трубопроводів, а також призводять до втрат легких фракцій нафтопродуктів. Щоб максимально знизити витрати на транспорт нафти і мінімізувати перераховані вище фактори, використовується установка комплексної підготовки нафти (УКПН), щоб вилучити з нафти всі домішки, очистити її, відокремити всі легкі фракції і підготувати до транспортування магістральними нафтопроводами [2].

Автоматизація технологічних процесів є одним із вирішальних чинників підвищення продуктивності та поліпшення умов праці. Усі промислові об'єкти, що існують і будуються, тією чи іншою мірою оснащуються засобами автоматизації. Створення ефективної автоматизованої системи технологічного процесу є дуже складним завданням. Система автоматизації забезпечує централізований контроль за роботою технологічних агрегатів, сигналізацію відхилень параметрів від регламентних норм, дистанційне керування виконавчими механізмами, регулювання окремих технологічних параметрів, захист технологічного процесу та обладнання в разі виникнення аварійних ситуацій.

Установка дозованої подачі хімічного реагенту (УДПХ) має на увазі установку на кушовому майданчику і призначена для подачі рідких інгібіторів і деемульгаторів у нафтопровід для захисту стінок трубопроводу від парафінових відкладень, солевідкладень та інших речовин, які створюють складнощі в режимній роботі УКПН і призводять до скорочення її терміну експлуатації [3]. У блоці УДПХ встановлено технологічну ємність. Вона призначена для зберігання запасів хімічного реагенту. За допомогою насоса відбувається закачування хімічного реагенту в ємність. Щоб виміряти дійсний рівень хімічного реагенту в ємності, використовується датчик рівня.

Насосами здійснюється подача реагенту в нафтопровід по двох лініях, причому насоси можуть працювати і окремо. Від постановки завдання буде збільшена або зменшена пропускна здатність УДПХ. Щоб виміряти дійсну витрату реагенту на лінії насоса, потрібні відповідно датчики-витратоміри. Далі проводиться вимірювання поточного значення витрати і зіставлення його з необхідним значенням. У SCADA-системі задається необхідне значення витрати реагенту. Залежно від отриманого результату порівняння з програмованого логічного контролера подається відповідний керуючий вплив на перетворювачі частоти (ПЧ).

У разі рівності заданого і поточного значень витрати хімічного реагенту, подається керуючий вплив на припинення регулювання витрати і робота насоса припиняється. Якщо ж значення витрати перевищує задане, то ПЧ зменшує частоту живильної напруги на насосі, що тягне за собою зменшення швидкості обертання ротора двигуна і, як наслідок, загальної продуктивності насоса. В іншому випадку – ПЧ збільшує частоту живильної напруги на насосі, що призводить до підвищення загальної продуктивності насоса.

Для установки попереднього скидання води нижній польовий рівень реалізується на основі вимірювальних пристроїв аналогового та дискретного типів, а також вторинних перетворювачів (трансмітерів). Для передачі даних про параметри технологічного процесу використовуються цифрові канали на основі інтерфейсу RS-485 (Modbus RTU) з уніфікованими струмовими сигналами 4–20 мА. Для керування виконавчими пристроями типу «засувка» і «електропневматичний клапан» використовуються як аналогові, так і дискретні сигнали [4].

Схема інформаційних перехідних потоків для установки попереднього скидання води містить у собі три рівні збору та зберігання інформації [1]: нижній вбудований рівень (рівень збору та обробки); середній рівень (рівень поточного зберігання); верхній рівень (рівень архівного та КІС зберігання).

На нижньому рівні подаються дані фізичних пристроїв нагрівання вводу/виводу. Вони містять у собі дані аналогових і дискретних сигналів, а також дані про обчислення та перетворення.

Середній рівень являє собою буферну базу даних, яка є приймачем, що запитує дані від зовнішніх додаткових систем, так і їх джерелом. Таким чином, середній рівень може бути представлений маршрутизатором інформаційних потоків від систем автоматики і телемеханіки до графічних екранних форм АРМ-додатків. На цьому рівні з отриманих даних ПЛК формує пакетні потоки інформації. Ці сигнали передаються за протоколом Ethernet.

Верхній рівень представлений базою даних КІС і базою даних АСУ ТП. Інформація для фахівців структурується наборами екранних форм АРМ. На моніторі АРМ оператора відображаються різні інформаційні та керівні елементи. На АРМ диспетчера автоматично формуються різні види звітів у форматі XML. Генерація звітів виконується за такими розкладами: щогодини; кожену добу (двогодинний звіт о 00:00 кожної доби); щомісяця; на вимогу оператора (оперативний числовий звіт).

Звіти формуються за заданими шаблонами: зведення щодо поточного стану обладнання; зведення поточних вимірювань. Історична підсистема АС зберігає інформацію змін технологічних параметрів для сигналів віяння із заздальгідь визначеною детальністю. Збереження даних процесорів у базі даних (БД) відбувається за допомогою модуля (сервера) історії SCADA-пакета Siemens SIMATIC WinCC.

Для установки дозування хімреагента розроблені алгоритми, які описують логіку керування насосами зі SCADA-системи. Усі алгоритми являють собою взаємопов'язані модулі, що зображуються певними символами відповідно до ДСТУ [3]. Загальний цикл усередині алгоритму відсутній, оскільки алгоритм циклічний. Усі елементи контролю та управління повинні мати свій ідентифікатор (ТЕГ).

Список літератури

1. Юшко В. Л. Проектування нафтопереробних і нафтохімічних підприємств : підручник / В. Л. Юшко, М. В. Бурмістр, С. М. Русалін, С. Г. Птіцин; Укр. держ. хім.-технол. ун-т. - Д., 2006. - 511 с.
2. Дранчук М.М. Проектування систем автоматизації технологічних процесів в нафтовій та газовій промисловості [Текст]: навч. посібник / М.М. Дранчук, – Івано-Франківськ, 2003. – 941с.
3. Яцюк, Л. А. Основи проектування хімічних виробництв: навч. посібник / Л. А. Яцюк, О. І. Букет, Г. С. Васильєв; «НТУУ КПІ». — Київ :КПІ, 2017. — 72 с.
4. Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344 с.

УДК 629.735.7: 004.932

Іван Маринич, доц., канд. техн. наук, **Антон Макогонов**, аспірант
Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг
e-mail: antonmakogonov5@gmail.com

ВИЗНАЧЕННЯ РЯДКІВ СІЛЬХОЗ КУЛЬТУР, ЯК ОСНОВА ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ДРОНУ З ОПРИСКУВАЧЕМ

Системи комп'ютерного бачення, встановлені та інтегровані в архітектуру БПЛА, загалом мають схожу архітектуру та виконують три кроки у своїй роботі, а саме: збір даних у числовій формі, обробка та аналіз даних.

Камери, датчики наближення та ультразвукові датчики зазвичай виконують етап збору даних.

Після збору даних вбудований комп'ютер виконує обробку даних, виконуючи алгоритми з методами вимірювання (змінні, індекси та коефіцієнти), виявлення (шаблонів, об'єктів або ROI/POI) або моніторингу (людей, транспортних засобів або тварин).

Отримані оброблені дані аналізуються, а потім перетворюються в команди прийняття рішень, які служать входними даними для автономної роботизованої системи [1].

Використання агрохімікатів у точному землеробстві має важливе значення для підтримки якості виробництва та масштабованості.

Застосування БПЛА для обприскування дозволяє уникнути ущільнення ґрунту, а також зменшити витрати агрохімікатів порівняно з масовим обприскуванням за допомогою звичайних пілотованих літальних апаратів.

Однак несприятливі кліматичні умови та помилки в системі глобального позиціонування (GPS) можуть перешкоджати безперебійній роботі цих систем. Ці помилки можуть призвести до того, що БПЛА відхилиться від своєї траєкторії та не покриє всю потрібну територію, або також вторгнеться на навколишні поля посівів, де застосування цих агрохімікатів не рекомендовано [1].

З цих причин пропонується розробка алгоритмів, які забезпечують роботу літального апарату без необхідності залучення оператора, орієнтуючись на положенні рядків культур на полі.

Одні з перших варіантів реалізації таких систем розпізнавання були засновані на розділенні по контрастності зображень. Які завдяки бінарній класифікації ставали чорно білими. Такий підхід застосовано у [1]. Але він має ряд суттєвих обмежень:

1. Чутливість до умов освітлення - при яскравому сонячному світлі можуть виникати відблиски. В похмуру погоду контрастність може бути недостатньою, а тіні від хмар створюють додаткові перешкоди.

2. Проблеми з різними типами культур - молоді рослини мають малу площу листової поверхні, що може ускладнюватися нерівномірними сходами, із-за чого будуть виникати розриви у рядках. Також треба враховувати, що деякі культури можуть мати подібний колір з ґрунтом.

3. Вплив стану ґрунту - тут теж є декілька проблем: різна вологість створює неоднорідний фон, пожнивні рештки ускладнюють виділення рядків, неоднорідна структура ґрунту впливає на контрастність.

Як приклад, для малої контрастності і розріджених насаджень такий підхід може надати наступну картину (Рис. 1).

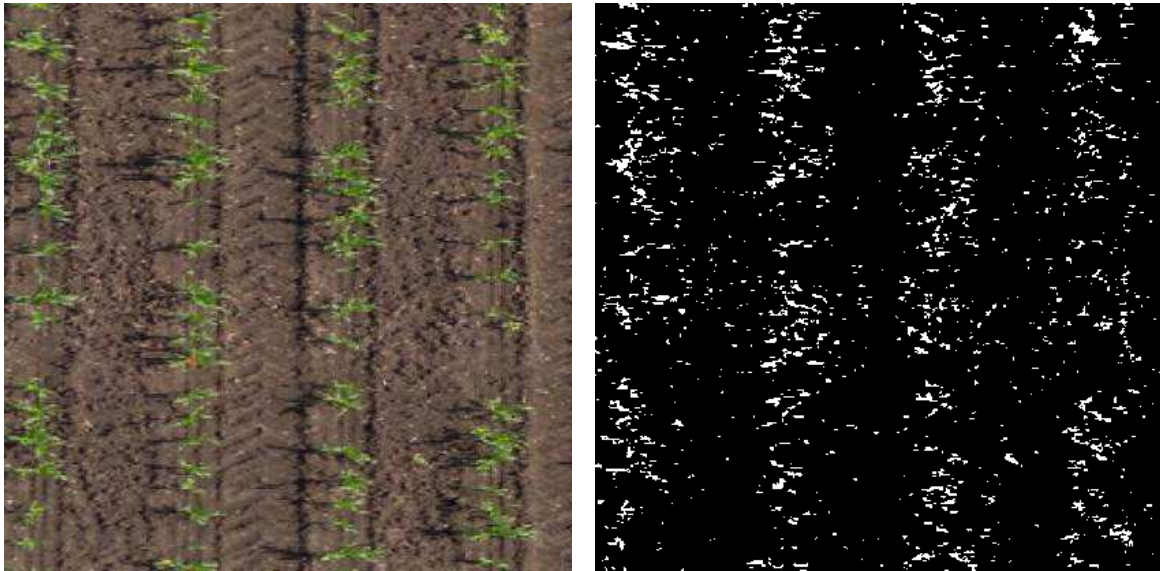


Рисунок 1 - Зображення рядків з сорго (зліва - оригінальне зображення, справа - після бінарної класифікації).

В результаті наступної обробки можна об'єднувати точки, які найбільш наближені одна до одної у вертикальні лінії (рис. 2). Які дещо складно назвати прийнятним результатом.

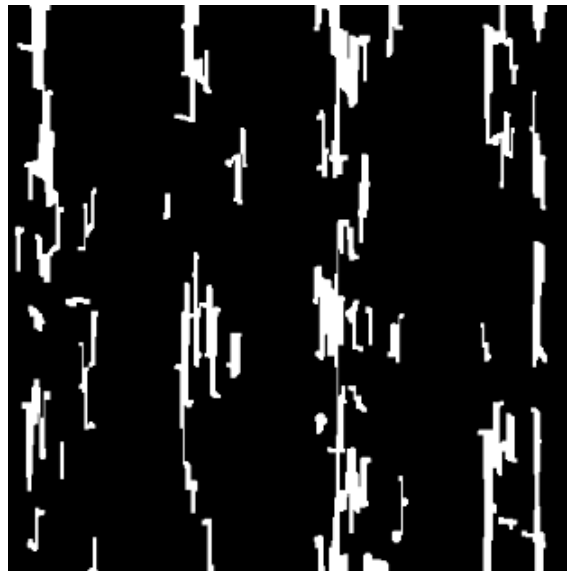


Рисунок 2 - Результат об'єднання у лінії

Тому наступним кроком стало використання нейронних мереж. У роботі [2] використовується Faster R-CNN для детекції рослин, які потім поєднуються у лінію. У [3] запропонували новий підхід на основі SSN. Цей підхід використовує згорточну нейронну мережу для виконання етапу сегментації. Серед мереж, які було оцінено - LinkNet. Вона демонструє найкращі результати для сегментування ліній посіву, отримання вищого та більш узгодженого коефіцієнта Дайса для оцінюваних наборів даних. Також запропоновано підхід, заснований на реконструкції лінії за допомогою перетворення Радона. Хоча реконструкція рядків культур іноді призводить до незначного зниження коефіцієнта Дайса, це дає змогу покращити результати сегментації шляхом з'єднання фрагментів ліній обрізання та заповнюючи помилки сегментації, спричинені відсутніми рослинами.

У цій роботі пропонується використати моделі YOLO - для детекції об'єктів. Для її навчання було обрано датасет CropRow Detection Lincoln Dataset [4]. Серед цілого сімейства цих моделей було обрано останні генерації - YOLO10[5] та YOLO11[6]. Результат тренування представлено на (рис. 3).

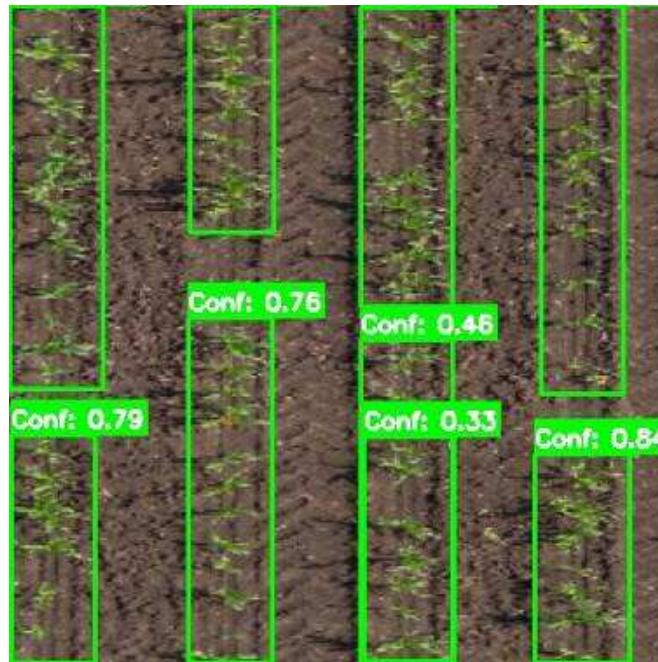


Рисунок 3 - Результат визначення рядків моделлю YOLO10x

Також у табл. 1 наведено результати тестування навчених моделей на тестовому наборі.

Таблиця 1 - Метрики моделей на тестовому наборі даних

Модель	mAP50	mAP50-95
YOLOv10n	0.871	0.517
YOLO11n	0.906	0.537
YOLOv10x	0.889	0.525
YOLO11x	0.908	0.542

Висновки. Для визначення рядів рослин, з подальшим алгоритмом керування на основі цих даних можливо використовувати моделі сімейства YOLO.

Вони мають меншу складність, ніж моделі для сегментації об'єктів та можуть бути застосовані в умовах обмежених обчислювальних ресурсів.

Але при правильному тренуванні більш чітко визначають ряди, ніж техніки машинного навчання.

Список літератури

1. Maik Basso. A framework for autonomous mission and guidance control of unmanned aerial vehicles based on computer vision techniques. Porto Alegre, 2018. 108 p.
2. S. Lin et al., "Automatic Detection of Plant Rows for a Transplanter in Paddy Field Using Faster R-CNN," in IEEE Access, vol. 8, pp. 147231-147240, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3015891.
3. Renato Rodrigues da Silva. Detection of Sugarcane Crop Rows From UAV Images Using Semantic Segmentation and Radon Transform. Uberlândia, 2020. 101 p.
4. JunfengGaolab/CropRowDetection. URL: <https://github.com/JunfengGaolab/CropRowDetection> (дата звернення: 01.11.2024).
5. YOLOv10 - Ultralytics YOLO Docs. URL: <https://docs.ultralytics.com/ru/models/yolov10> (дата звернення: 01.11.2024).
6. YOLO11 □ NEW - Ultralytics YOLO Docs. URL: <https://docs.ultralytics.com/ru/models/yolo11/> (дата звернення: 01.11.2024).

УДК 004.9:519.2(622.788)

Олександр Воловецький, аспірант, АКІТ-22-1а
Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг
e-mail: ovolovetskyi@knu.edu.ua

АДАПТИВНИЙ МЕТОД ФІЛЬТРАЦІЇ ЗАШУМЛЕНИХ ДАНИХ У СИСТЕМАХ МАГНІТНОЇ СЕПАРАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛОГАРИФМІЧНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ШИРИНИ ВІКНА

У процесі виконання комплексного дослідження на тему "Прогнозуюче керування нелінійним процесом магнітної сепарації на основі ядерних функцій" постала важлива задача детального вивчення характеристик прогнозованості моделі системи збагачування руди. Особливу увагу було приділено дослідженню впливу зашумлених вхідних та вихідних параметрів на якість прогнозування, оскільки це є критично важливим аспектом для практичного застосування моделі в реальних виробничих умовах.

Експериментальне дослідження охоплює широкий спектр параметрів системи. На вході системи досліджуються два ключових параметри: відсоток твердого на вході гідроциклону, який безпосередньо впливає на ефективність розділення матеріалу, та вміст заліза у вхідній руді, що є визначальним фактором для якості кінцевого продукту. Вихідні параметри системи включають вміст заліза у концентраті, який характеризує якість збагачення, та масову витрату концентрату, що відображає продуктивність процесу. Для максимально реалістичного моделювання виробничих умов на всі ці параметри накладено шумові сигнали з нормальним розподілом трьох різних рівнів інтенсивності: мінімального, середнього та максимального. Розподіл шумів максимальної інтенсивності для масової витрати концентрату представлено на Рис. 1.

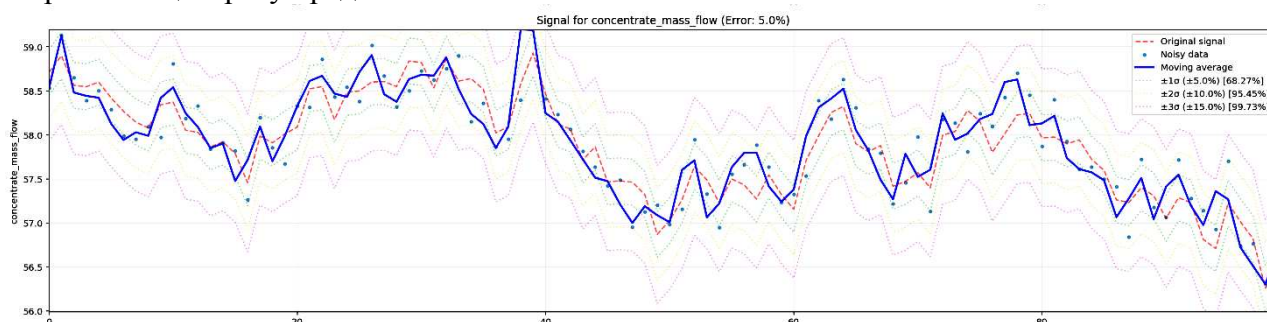


Рисунок 1 – Зашумлений сигнал масової витрати концентрату. Максимальна інтенсивність шумів

Джерело: Дослідження автора

В якості базового інструменту моделювання технологічного процесу збагачення залізних руд методом магнітної сепарації було обрано сучасний метод машинного навчання - Support Vector Regression (SVR) з радіально-базисним ядром, який зарекомендував себе як ефективний засіб для роботи з нелінійними системами [1, 2]. Проте початкові результати моделювання виявилися незадовільними: спостерігалися низькі показники якості прогнозування (RMSE, R^2), які додатково погіршувалися при збільшенні рівня шумового впливу на систему. Це вказувало на необхідність вдосконалення методології обробки даних.

Для покращення якості прогнозування було впроваджено комплексний підхід до попередньої обробки даних. Основними елементами цього підходу стали методи згладжування шумів та нормування даних [3]. Застосування цих методів дозволило досягти

значного підвищення якості роботи моделі. В процесі експериментальних досліджень було виявлено важливу закономірність: ефективність методу ковзного середнього суттєво залежить від ширини вікна при різних обсягах аналізованих даних.

Для забезпечення максимальної точності результатів проведено серію експериментів з різними наборами даних. Початкове припущення полягало в існуванні лінійної залежності між обсягом даних та оптимальною шириною вікна згладжування. Для перевірки цієї гіпотези для кожного набору даних методом послідовного підбору визначалася оптимальна ширина вікна, яка забезпечувала найкращу відповідність між реальними та згладженими даними на графіку їх співвідношення. Подальший аналіз отриманих результатів показав, що припущення про лінійну залежність між обсягом даних та оптимальною шириною вікна є помилковим (рис. 2).

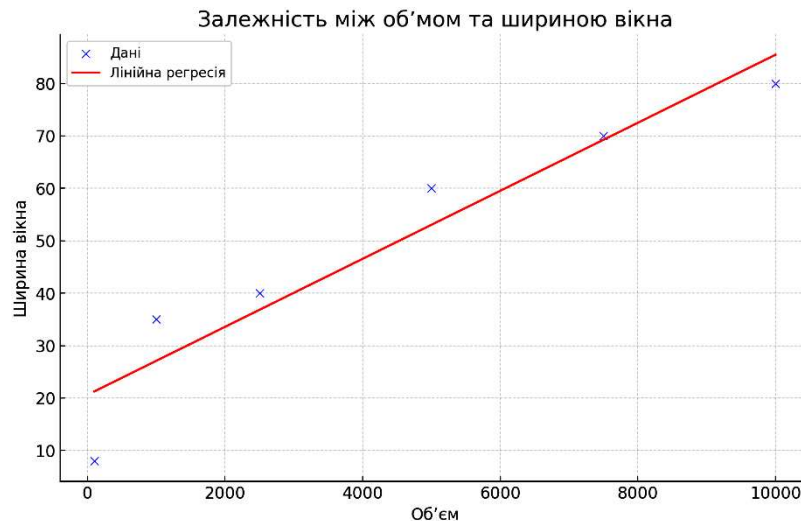


Рисунок 2 – Залежність між шириною вікна та об'ємом досліджуваних даних, отримана методом лінійної регресії

Джерело: Дослідження автора

Подальші детальні дослідження дозволили виявити важливу особливість - наявність зони різкого спаду значень оптимальної ширини вікна при роботі з малими обсягами даних. На основі цього спостереження було висунуто гіпотезу про логарифмічний характер залежності між шириною вікна методу ковзного середнього та кількістю досліджуваних даних. Апроксимація експериментальних даних підтвердила цю гіпотезу, що відображено у математичній моделі (1) та рис. 3.

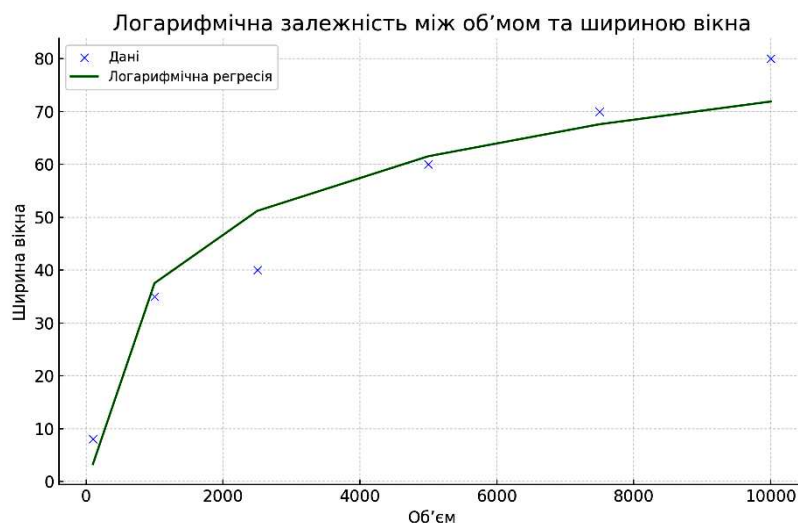


Рисунок 3 – Залежність між шириною вікна та об'ємом досліджуваних даних, отримана методом на основі логарифмічного регресійного аналізу

Джерело: Дослідження автора

$$W = 14.93 \cdot \ln(1 + V) - 65.62 \quad (1)$$

де W - ширина вікна ковзного при застосуванні ковзного середнього, V - об'єм досліджуваних даних

Експериментальна верифікація розробленої математичної формули (1), проведена з використанням різноманітних наборів тестових даних, підтвердила практичну можливість автоматичного визначення оптимальної ширини вікна для ефективної фільтрації зашумлених даних. Результати верифікації продемонстрували високу точність та надійність запропонованого математичного апарату в різних умовах застосування.

На рис. 4 детально представлено комплексні результати обробки експериментальних сигналів різного об'єму - від мінімального набору у 100 записів до масштабних вибірок, що містять 12800 записів. Отримані графічні залежності наочно демонструють стабільну ефективність запропонованого методологічного підходу при роботі з вхідними даними різних масштабів, що підтверджує його універсальність та практичну цінність для широкого спектру завдань фільтрації.

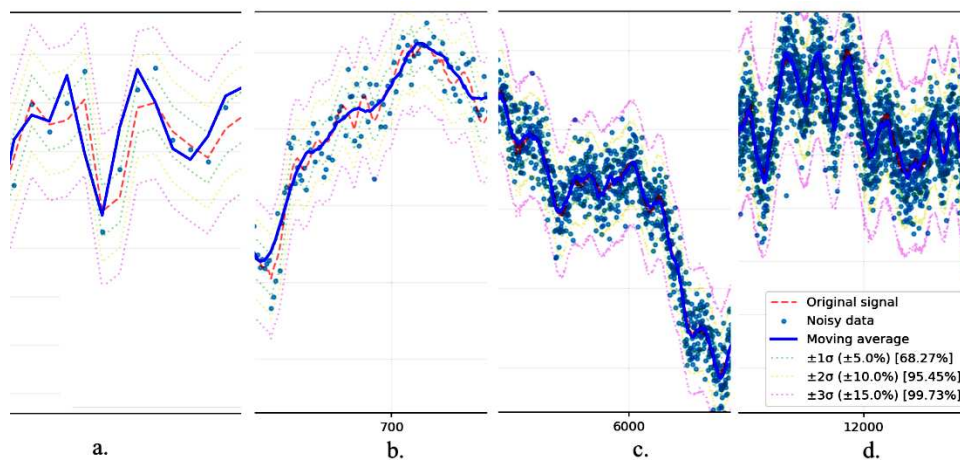


Рисунок 4 – Автоматичний розрахунок ширини вікна при застосуванні ковзного середнього для обробки зашумлених даних різного об'єму. Досліджувані дані об'ємом а: 100 записів; б: 800 записів; с: 6400 записів; д: 12800 записів

Джерело: Дослідження автора

В результаті дослідження встановлено логарифмічну природу залежності між об'ємом даних та оптимальною шириною вікна при фільтрації зашумлених сигналів у системах магнітної сепарації. Це спостереження важливе для розуміння процесів обробки даних у подібних системах. Запропонована математична модель (1) дозволила автоматизувати процес визначення параметрів фільтрації, що важливо при подальших дослідженнях, спрямованих на застосування розробленого методу для покращення якості прогнозування в рамках дослідження прогнозуючого керування процесом магнітної сепарації на основі ядерних функцій.

Список літератури

1. Smola A. J., Schölkopf B. A tutorial on support vector regression. *Statistics and computing*. 2004. Т. 14, № 3. С. 199–222.
2. Wang W., Xu Z. A heuristic training for support vector regression. *Neurocomputing*. 2004. Т. 61. С. 259–275.
3. Smith S. W. The scientist and engineer's guide to digital signal processing. San Diego, California : California Technical Publishing, 1997. 650 с.

УДК УДК 338.488.2:640.43:004(045)

Ольга Янюк, завідувач відділення підприємництва та технологій, викладач вищої категорії,
Дмитро Марчук, здобувач гр. ІДП-9
ВСП «Хмельницький торговельно-економічний фаховий коледж ДТЕУ» м. Хмельницький,
e-mail: anukolga4@gmail.com

ПІДТРИМКА РЕСТОРАНІВ І КАФЕ В ІНТЕРНЕТІ

Ресторанний бізнес - досить конкурентний, тому кав'ярні та ресторани придумують все нові та нові «фішки», щоб залучити клієнтів до свого закладу. Але, навіть зробивши все ідеально всередині, потрібно думати про маркетинг і розкрутку - в іншому випадку про заклад ресторанного бізнесу будуть дізнаватися занадто довго, що явно позначиться на прибутковості бізнесу.

Сьогодні багато способів просування офлайн стали неефективними або занадто дорогими. На перший план виходить онлайн-просування - сайт, соціальні мережі, робота з лідерами думок та ін. В комплексі з хорошою ідеєю закладу це набагато швидше приведе клієнтів, підвищить їх лояльність[2].

Цифровий маркетинг для ресторанів вже давно став вагомою частиною стратегії просування усіх типів бізнесу, зокрема й HoReCa. Кожен власник знає, що присутність ресторану в диджитал-просторі приносить нову аудиторію, лояльних клієнтів, впізнаваність та, відповідно, збільшення продажів.

Отже, розглянемо, що потрібно для успішного просування ресторанів і кафе через диджитал-майданчики, та які ефективні кроки необхідно здійснювати[2].

1. Базові інструменти цифрового маркетингу для ресторанів.

Сьогодні існує багато можливостей і підходів, що роблять цифрове просування закладів справжнім мистецтвом. Та перед тим, як йти глибше, розглянемо основні елементи диджитал-стратегії.



Рисунок 1 - Три кити цифрового маркетингу для ресторанів і кафе [URL: <http://surl.li/mtjack>]

2. Реєстрація в Google My Business.

Найбільш простий та безвитратний спосіб залучати більше гостей у ресторан чи кафе - зареєструвати бізнес у Google My Business.

Сервіс, який дозволяє споживачам знайти ресторан через Google Maps, а також дізнатися основну інформацію про заклад: адресу, робочі години, номер телефону, відгуки, посилання на сайт, соцмережі та меню. Це займає не більше 15 хвилин і має результати за умови якісного та правильного заповнення усіх пунктів профілю.

3. Соціальні медіа для кафе.

Ведення бізнес-акаунтів у соцмережах допоможе постійно взаємодіяти зі аудиторією та формувати лояльну спільноту. Найбільш релевантними майданчиками є Instagram, Facebook, а також TikTok. Вибір тієї чи іншої мережі для просування залежатиме від цілей і позиціонування бренду. Більшість закладів першочергово обирають Instagram для просування, адже там можна залучити найбільш різноманітну за віком та інтересами аудиторію. Якщо ж, наприклад, ресторан, орієнтований на старшу аудиторію, то доречно було б паралельно вести Facebook. А для просування кав'ярні, де часто за столиками можна зустріти молодь краще обрати TikTok.

4. Вебсайт ресторану.

Вебсайт ресторану дозволяє зберігати усю найважливішу інформацію про заклад в одному місці, а також бронювати столик, залучати до програми лояльності, приймати онлайн-замовлення та оформлювати доставку. Це дійсно зручний та корисний інструмент, який сьогодні реально створити навіть без програмістів і залучення великої кількості ресурсів. Наприклад, у Choice можна отримати власний сайт з усім необхідним функціоналом[1].

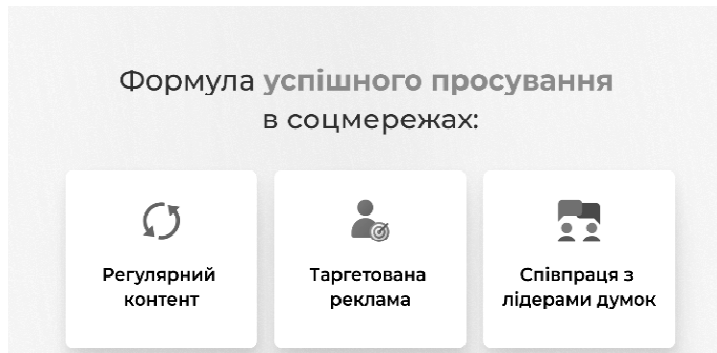


Рисунок - 2 Формула успішного просування в соцмережах [URL: <http://surl.li/mtiyack>]

Складність полягає в тому, що сфера HoReCa є досить конкурентною, тому залучити аудиторію може бути не легко. Для того, щоб формула діяла потрібно мати чітке позиціонування, унікальну пропозицію, а також рухатися відповідно до стратегії.

5. Реклама по геолокації.

Особливість ресторанного бізнесу в тому, що він прив'язаний до конкретної території: міста, вулиці, метро, інших об'єктів. Якщо кафе знаходиться у місті Хмельницькому, то і просування потрібно проводити тільки тут, а не розпоршуватися на область або всю Україну. Геолокацію варто вказувати в:

- контекстній рекламі;
- таргетованій рекламі в соціальних мережах;
- SEO-розкрутці сайту[3].

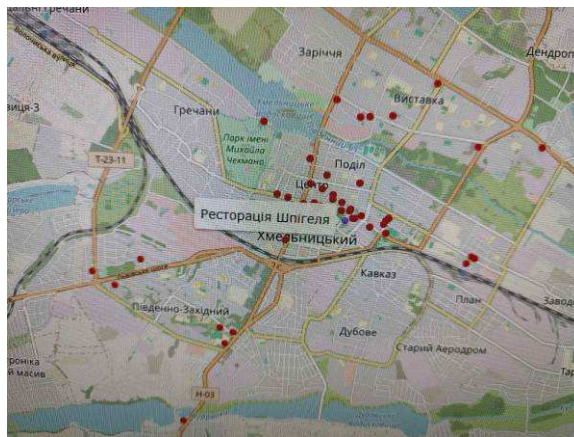


Рисунок 3 - Геолокація ресторану «Шпигеля» м. Хмельницький [URL: <http://surl.li/keaovv>]

Позиціонування та концепція закладу, його цінності, повідомлення й пропозиції - те, що відрізняє один ресторан від іншого. Використання основних інструментів цифрового маркетингу, а також підсилення їх унікальними підходами допоможуть бізнесу виділитися серед конкурентів, збільшувати кількість клієнтів і формувати бажання повертатися в ресторан знову й знову.

Репутація ресторану базується на його кухні, але правильна маркетингова стратегія теж важлива для створення позитивного образу бренду. Бо перед тим, як спробувати страви, люди мають знайти заклад та захотіти провести у ньому час. Більшість представників цільової аудиторії - активні користувачі Інтернету. Тож вони шукають місце, де можна пообідати, попиту кави чи повечеряти, передивляючись огляди, рекомендації та відгуки. Якщо ресторан не присутній онлайн, втрачається можливість залучити нових клієнтів.

Інтернет-маркетинг - це просування бренду, послуги чи продукту онлайн. Як і в традиційному маркетингу, тут теж треба використовувати різні канали для залучення аудиторії. Але цифровий покладається не лише на рекламу, але й на активне залучення аудиторії та комунікації з нею.

Підсумовуючи вище сказане, варто зазначити, що ресторанний бізнес - занадто висококонкурентний, щоб сподіватися тільки на цікаву концепцію закладу. Онлайн-канали дозволяють:

- в короткий проміжок часу розповісти широкому колу людей про заклад ресторанного бізнесу;
- забезпечувати продажі за межами кафе чи ресторану (замовлення столиків або доставки);
- постійно нагадувати про себе;
- підвищувати лояльність клієнтів;
- повідомляти про зміни в меню, новинки, заходи, акції та знижки. Але, це далеко не весь перелік можливостей підтримки в Інтернеті. І жоден офлайн-канал не зрівняється з інтернет-маркетингом ні за ефективністю, ні за вартістю.

Список літератури

1. AG.Marketing. URL: <http://surl.li/pyixaf>
2. Choice.URL: <http://surl.li/mtyaack>
3. Геолокація ресторану «Шпигеля» м. Хмельницький. URL: <http://surl.li/keaovv>

УДК 621.316.13

Сергій Плешков, доц., канд. техн. наук, **Артем Саченко**, аспірант
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: artem.sachenko.97@gmail.com

КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ СЕРЕДНЬОЇ НАПРУГИ З СОНЯЧНИМИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯМИ ПРИ НЕСИМЕТРИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Вступ. Сучасні розподільні електричні мережі (РЕМ) напругою 10 кВ мають досить розгалужену топологію та велику протяжність (подекуди до 50 км) та характеризуються низьким рівнем пропускної здатності і наявністю застарілого обладнання на трансформаторних підстанціях. До вищезначеного слід віднести також низький рівень автоматизації та дистанційного керування. Більшого загострення ця проблема набуває за рахунок інтеграції генеруючих одиниць на основі відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних електростанцій (СЕС). Робота РЕМ проектувалася за умови централізованого електропостачання від центра живлення до споживачів, з обранням відповідної напруги на шинах підстанцій, засобів регулювання напруги, уставок релейного захисту тощо. Застосування СЕС в таких мережах, без відповідної системи керування, може призводити до погіршення параметрів режиму та показників якості електричної енергії.

Виклад основного матеріалу. Під час роботи мережевих СЕС можуть виникати режими зворотної генерації, при яких електрична енергія від таких установок протікає в розподільну електричну мережу. Відтак, у випадку однакової потужності силового трансформатора і мережевої СЕС, остання суттєво впливає на параметри режиму роботи РЕМ у точці її підключення, а саме на рівні усталеного відхилення напруги. Більшого посилення означена проблема набуває за рахунок виникнення несиметричних режимів роботи електричної мережі. Несиметричне навантаження призводить до протікання по елементах системи несиметричного струму, який в свою чергу викликає несиметричні коливання напруги. Відхилення напруги у перевантаженій фазі може перевищити гранично допустимі значення, а в інших фазах напруга буде в нормальних межах. Одним із перспективних шляхів вирішення цієї проблеми є автоматичне керування генерацією електричної потужності СЕС, з урахуванням отримання позитивного ефекту – одночасного зниження рівнів відхилення та несиметрії напруг. Таке керування можливе шляхом по фазної зміни повної потужності генерації СЕС та не потребує використання спеціальних засобів симетрування чи компенсації реактивної потужності, а отже не потребує додаткових капіталовкладень в електричну мережу.

Висновки. Поставлену задачу найдоцільніше інтерпретувати як задачу векторної (багатокритеріальної) оптимізації, та вирішувати методом наближення до утопічної точки у просторі критеріїв [1, 2].

Список літератури

1. Саченко А.І., Плешков С.П., Плешков П.Г., Зінзура В.В. Оптимальне керування режимами розподільних електричних мереж з сонячними електростанціями при несиметричному навантаженні. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 6 (37). Ч. 1. С. 37-44.
2. Саченко А.І., Плешков С.П., Зінзура В.В. Задача керування режимами розподільних електричних мереж з сонячними електростанціями при несиметричному навантаженні. Автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології та проблеми енергоефективності в промисловості і сільському господарстві (АКІТ-2022): матеріали Міжн. наук.-техн. конф. Кропивницький: ЦНТУ. 2022. С. 127-129.

УДК 681.513.5:662.7:004.94

Дмитро Проданов, здобувач гр. УМ-191, Ярослав Беглов, аспірант,
Костянтин Беглов, доц., канд. техн. наук
Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса
e-mail: beglov.kv@op.edu.ua

УПРАВЛІННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ КИПЛЯЧОГО ШАРУ КОТЛА ПРИ СПАЛЮВАННІ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Енерготехнологічні установки, основним паливом яких є тверді побутові відходи, є найдоступнішим і економічно доцільним поновлюваним джерелом енергії. Нині тільки в Європі за рахунок термічної утилізації відходів виробляється понад 28 млрд. кВт·год електроенергії і приблизно 70 млрд. кВт·год теплової енергії. [1]. При цьому слід зазначити, що крім енергозабезпечення шляхом термічної переробки відходів вирішується важлива соціальна проблема - очищення великих міст від ТПВ. Основним способом термічної переробки ТПВ на сьогодні є їх пряме спалювання.

Велика увага приділяється визначенню допустимих температур у зоні киплячого шару. Відомо, що за температури понад 700 °С велика ймовірність шлакування шару та інтенсивного утворення відкладень на стінах топки, а спалювання відходів за температури менше ніж 550 °С відбувається з неповним згорянням окремих компонентів ТПВ, що зрештою спричиняє завал поду топки відходами, що не прогоріли.

Для регулювання цієї температури застосовують різні способи: шляхом спалювання додаткового палива в пальниках, розміщених у зоні киплячого шару, що призначені для розпалювання, завдяки упорскуванню води, зміною витрати та перерозподілом повітря, що подається під решітку, та інші

З проведеного огляду джерел інформації можна зробити наступні висновки:

- одним з способів спалення є використання топок киплячого шару;
- керування котлами, які спалюють сміття, виконується по традиційній схемі керування яка використовується для спалення твердого палива (вугілля);
- коливання складу паливної суміші, які викликають зміну теплотворної здатності та кількості повітря, що подається на спалювання, не компенсуються. Процес проводиться з великим надлишком повітря для запобігання утворенню шкідливих викидів;
- існують системи керування які здатні компенсувати коливання складу паливної суміші, але вони використовуються при спаленні газоподібних сумішей.

Особливістю роботи сміттеспалювальних установок є різко змінний склад побутових відходів, що подаються на переробку. Також особливою відмінністю спалювання сміття є ризик утворення шкідливих сполук, таких як діоксиди сірки, оксиди азоту, сполуки хлору, діоксини і фурани. Для запобігання утворення таких сполук дуже важливо підтримувати температуру киплячого шару.

Для підвищення точності підтримання технологічних параметрів пропонується доповнити штатні системи регулювання пристроєм визначення бруто-формули паливної суміші.

Імітаційна модель складається з чотирьох ділянок:

- моделі топки низько температурного киплячого шару «*Low Temp Fluorized Bed*»;
- моделі теплообмінних поверхонь «*heat transfer surface model*»;
- моделі теплообміннику для охолодження шихти «*Inert Cooler*»;
- моделі зв'язування сполук сірки «*sulphur absorption model*».

Кожна з моделей була отримана у результаті попередніх досліджень [2, 3, 4].

Таким чином в об'єкті регульованими параметрами є:

- навантаження (вимірюваним параметром може бути тиск пари після котла);
- температура киплячого шару;
- концентрація діоксиду сірки в димових газах;
- економічність процесу спалення (вимірюваним параметром є склад димових).

Керуваними впливами є:

- витрата паливної суміші (ТПВ);
- витрата води на охолодження шихти;
- витрата вапняку;
- витрата вторинного повітря.

Зовнішніми збуреннями на об'єкт є:

1. Задане навантаження (потужність) установки;
2. Склад паливної суміші (ТПВ).

Схему імітаційної моделі АСК установки для спалення ТПВ показано на рис. 1

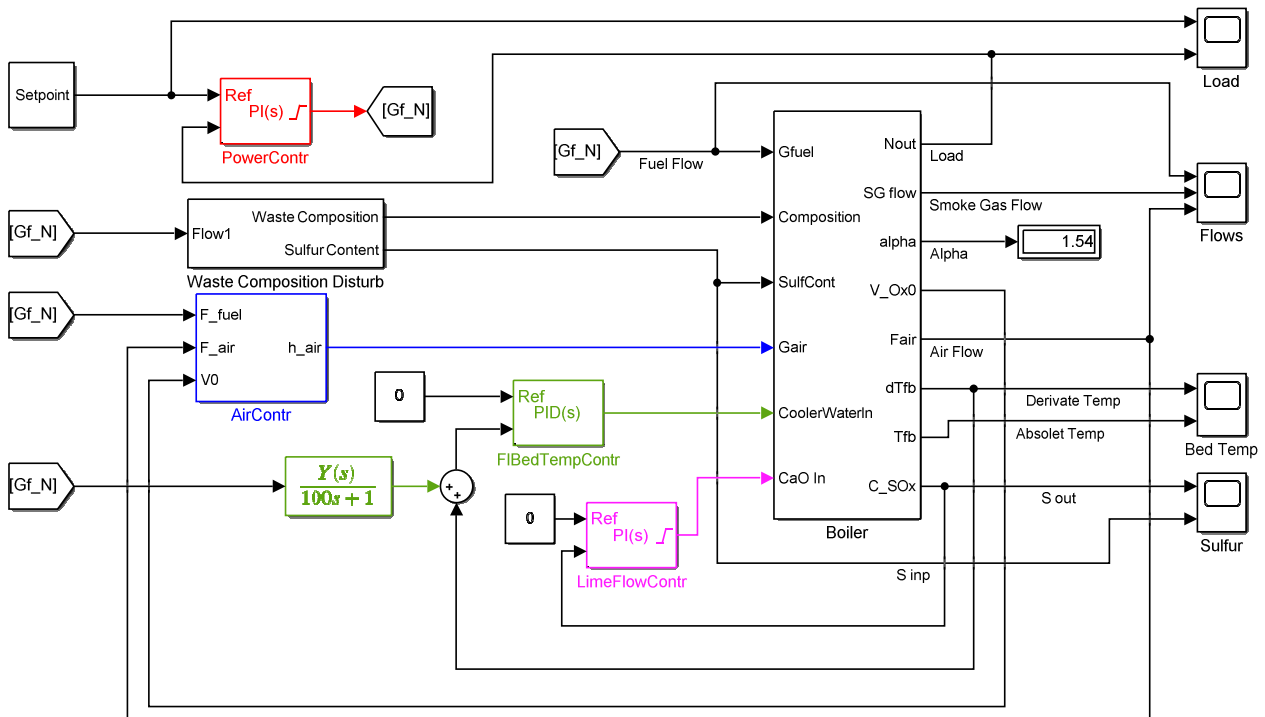


Рисунок 1 - Схема імітаційної моделі АСК установки спалювання ТБО

На рисунку застосовано такі позначення:

Boiler — об'єкт керування;

PowerContr — регулятор потужності установки;

AirContr — регулятор економічності (витрати повітря);

FIBedTempContr — регулятор температури киплячого шару;

LimeFlowContr – регулятор витрати вапна;

Waste Composition Disturb — пристрій моделювання складу паливної суміші;

Load, Flows, Bed Temp, Sulfur — блоки виведення графіків (Score);

Setpoint — блок сигналу завдання потужності.

Для компенсації впливу складу паливної суміші (ТПВ) використаний засіб визначення бруто формули палива [9]. Визначення бруто формули паливної суміші дає можливість з випередженням визначити теплотворну здатність палива та визначити теоретичну кількість повітря, яке йде на спалення. Ця інформація подається на регулятор навантаження та регулятор економічності, відповідно.

На рис. 2 наведено перехідний процес регулювання температури киплячого шару. Наведено як відхилення від номінального значення 800 °С. Моменти відхилення температури від номінального значення відповідають моментам змінення потужності (1500 с, 3000 с та 4500 с) та моментам змінення складу паливної суміші (5000 с та 7000 с).

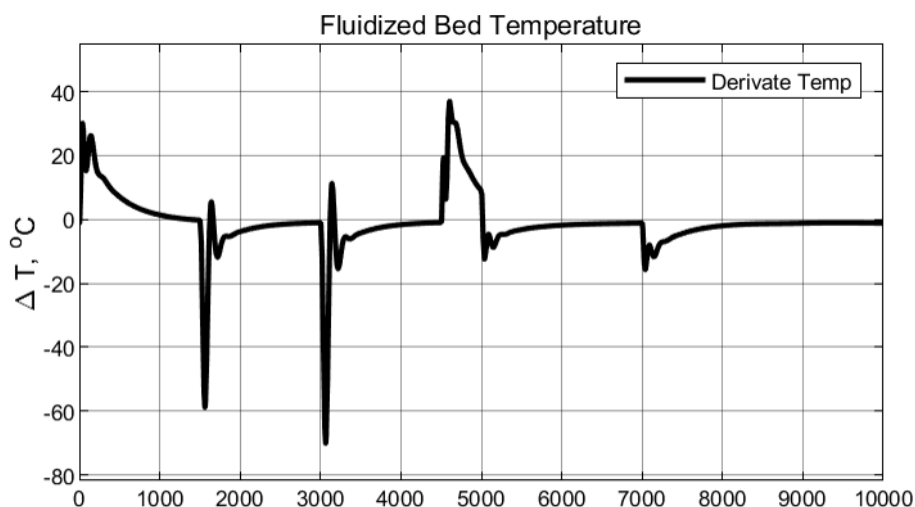


Рисунок 2 - Перехідний процес регулювання температури киплячого шару

Виходячи з графіку, можна зробити висновок, що система керування задовольняє вимогам, щодо підтримання температури киплячого шару. При аналізі графіку перехідного процесу варто відмітити, що при однаковому збуренні потужністю у 15 %, але при різних значеннях потужності, величина відхилення температури різна. Це пояснюється нелінійними характеристиками об'єкта керування. Також відрізняється як величина так і форма перехідного процесу при збільшенні потужності. Таким чином якість керування температурою киплячого шару накладає обмеження на величину збурення, яку може компенсувати система керування. Виходячи з результатів імітаційного моделювання рекомендоване не перевищувати величину збурення у 15 % потужності.

Висновки. Розглянуто технологію утилізації твердих побутових відходів в установках, що генерують теплову енергію. Синтезовано автоматизовану систему керування установкою. При цьому означені регульовані технологічні змінні, керуючі впливи. Виділено чотири основних регулятора, а саме потужності, температури шару, економічності, та викидів шкідливих речовин. Проведено імітаційне моделювання системи.

Список літератури

1. Yrjö Majanne, Timo Yli-Fossi, Timo Korpela, Maria Nurmoranta, Jukka Kortela, Utilization of Drum Boilers' Storage Capacity for Flexible Operation, IFAC-PapersOnLine, Volume 50, Issue 1, 2017, Pages 2005-2010, ISSN 2405-8963, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.186>.
2. Vovk, I.V., Beglov, K.V. Modeling of water heating boilers with deep disturbances in fuel content. Scientific notes of the Tavri National University named after V.I. Vernadsky. Series "Technical Sciences", Issue 29 (68), No. 6(1), 2018, pp. 116-121. (in Ukrainian) URL: http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2018/6_2018/part_1/22.pdf
3. Гавриленко, Б.В. Синтез математической модели топки кипящего слоя шахтного воздухоподогревателя при нестационарных условиях для задач автоматического управления / Б.В. Гавриленко, С.В. Неежмаков // Моделювання та інформаційні технології: Зб. наук. пр. К.: ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України, 2010. Вип. 57. С. 164-173.
4. Беглов, К. В., Козлов, О. В., Кондратенко, Ю. П., Марколенко, Т. Д. і Кривда, В. І. (2023) «Автоматичне керування тепловою потужністю котла на основі зміни теплоти згоряння вуглеводневого палива», International Scientific Technical Journal "Problems of Control and Informatics", 68(2), с. 75–92. doi: 10.34229/1028-0979-2023-2-6. (Реєстр наукових фахових видань України, категорія «А»)

УДК 681.5

Євген Тимохін, аспірант, **Вадим Харламенко**, канд. техн. наук, ст. викл. каф. АКНТ
Криворізький Національний Університет, м. Кривий Ріг
e-mail: eugene.t.box@gmail.com

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ СПОЖИВАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ НА ГІРНИЧО- ЗБАГАЧУВАЛЬНІЙ ФАБРИЦІ

Постановка проблеми. Гірничодобувна промисловість є водоемною галуззю, і наявність суворих екологічних норм і законів змушує гірничодобувні компанії впроваджувати новітні технології управління водними ресурсами та стічними водами. Видобуток використовує воду для переробки корисних копалин, включаючи процеси подрібнення, класифікації за допомогою сит та гідроциклонів, придушення пилу, транспортування пульпи та задоволення господарсько-побутових потреб працівників. Через це вода є, мабуть, другим за значимістю ресурсом на шахті після самої рудної маси. Вона також використовується в деяких підземних операціях для обладнання з гідроприводом, для охолодження та в багатьох інших процесах. Враховуючи те, що вода відіграє важливу роль у більшості гірничих і видобувних процесів, відповідальне використання води на сьогодні є критичним питанням для всього гірничодобувного сектора [1].

Аналіз актуальних досліджень та публікацій. Актуальні дослідження з управління водними ресурсами на збагачувальних фабриках зосереджені на впровадженні сталих практик та сучасних технологій очищення для вирішення екологічних та операційних викликів. Ці дослідження включають методи відновлення води, її рециркуляції та інноваційні рішення для обробки води, спеціально розроблені для потреб гірничозбагачувальної промисловості.

Одним із помітних прикладів є оглядова стаття «*Towards a Circular Economy in the Mining Industry: Possible Solutions for Water Recovery through Advanced Mineral Tailings Dewatering*» [2], яка розглядає новітні технології зневоднення відходів збагачення, підкреслюючи питання екологічної стійкості та ефективного використання води в управлінні хвостосховищами. У дослідженні особливу увагу приділено методам флокуляції та електрозневоднення, які ефективно знижують вміст води у відходах, зменшуючи навантаження на водні ресурси та ризики, пов'язані зі зберіганням відходів.

Інша публікація, «*Water Resources Management: Innovation and Challenges in a Changing World*» [3], обговорює ширші стратегії управління водними ресурсами, зокрема в умовах кліматичних змін та необхідності сталого використання води в різних галузях, включаючи гірничу промисловість. Дослідження підкреслює важливість оптимізації розподілу водних ресурсів і її рециркуляції на гірничих підприємствах для зменшення впливу на місцеві водні ресурси.

Ці публікації відображають глобальну тенденцію до зниження споживання води у промислових процесах через вдосконалення систем рециркуляції води та дослідження екологічно сталих методів очищення, що робить їх важливими для поточних і майбутніх проектів з управління водними ресурсами на збагачувальних підприємствах.

Визначення проблеми. Для ефективного керування водними ресурсами на виробництві, параметри водопостачання мають ключове значення: важливі обсяг, швидкість циркуляції, хімічний склад рідини. Незадовільна робота системи керування водними ресурсами підприємства зазвичай призводить до зниження якості готової продукції або до виходу з ладу дорогого обладнання [4]. У ряді випадків порушення промислового водопостачання може стати причиною аварії, а неоптимальне керування цим процесом

призводить до економічних втрат та надлишкового екологічного навантаження на навколишнє середовище. Наприклад, хімічні речовини, які використовуються в процесах вилуговування або флотації, такі як ціанід або сірчана кислота, потрапляють у процесну воду, яка рециркулюється в межах операції, і частина цих розчинників залишається в цій воді. Під час її міграції токсичні розчинники потрапляють у сільськогосподарські ґрунти та у водні джерела громад, що знаходяться нижче за течією [5].

Основний матеріал. При поводженні з водними ресурсами в гірничодобувній промисловості використовуються технологічні рішення, серед яких насамперед слід відзначити наступні [6]: насоси для відкачування води з шахт, водопроводи та резервуари для зберігання води; фільтр-преси високого тиску; автоматичні установки для введення флокулянтів; системи зворотного осмосу, іонообмінні та мембранні фільтри для очищення промивних вод і стічних вод; технології кристалізації для безстічного рідинного скидання; каталітичні системи фільтрації води; випарники для стічних вод; резервуари для пульпи, насоси та клапани. Для організації ефективної, безперервної роботи зазначених вище комплексів доцільно використовувати засоби для нагляду і керування (PLC, *Programmable logic controller*), пов'язані з відповідними системами нагляду і моніторингу (SCADA, *Supervisory Control And Data Acquisition*), які в свою чергу постачають інформацію до систем автоматизованого прийняття рішень на рівні цеху або виробництва в цілому (MES, *Manufacturing Execution System*), організовані відповідно до стандарту ANSI/ISA-95 [7].

Наразі на багатьох вітчизняних підприємствах гірничої та переробної галузей існує проблема неоптимального керування водними ресурсами через відсутність розвинених консолідованих систем автоматизованого управління, здатних не тільки проводити моніторинг даних, але і виробляти оптимальну керуючу дію для виробничого устаткування на основі отриманих даних. В той же час, закордонний досвід свідчить про високу ефективність впровадження автоматизованих систем керування виробництвом та прийняття рішень на підприємствах гірничої та переробної галузей. Так, наприклад гірничодобувна компанія Anglo American завдяки високому рівню автоматизації виробництва та постійним дослідженням застосування штучного інтелекту у своїх операціях, змогла стати стійкішою до впливів зовнішніх факторів, виробляти менше відходів, підвищити безпеку працівників та знизити витрати.

Висновки. Одним з перспективних напрямків покращення ефективності поводження з водними ресурсами збагачувальної фабрики є підвищення продуктивності відповідних процесів на виробництві. Поставлена задача може бути вирішена за допомогою автоматизації керування водними ресурсами, що включає до себе впровадження оперативного моніторингу, консолідацію локальних керуючих систем, оптимізацію параметрів виробничих процесів на основі отриманих даних та передачу керуючої дії технологічними процесами спеціалізованим алгоритмам на базі технологій машинного навчання та штучного інтелекту.

Список літератури

1. В. Орлов, Л. Литвиненко, А. Орлова. Водопостачання промислових підприємств. Київ: Знання, 2014. С. 57-65.
2. L. Namraoui and others. Towards a Circular Economy in the Mining Industry: Possible Solutions for Water Recovery through Advanced Mineral Tailings Dewatering // MDPI. 2024. URL: <https://www.mdpi.com/2075-163X/14/3/319> (дата звернення: 08.11.2024).
3. A. Goonetilleke, M. Vithanage. Water Resources Management: Innovation and Challenges in a Changing World // MDPI. 2017. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/9/4/281> (дата звернення: 08.11.2024).
4. The Importance of Water Treatment in the Mining Industry: A Comprehensive Guide // Water treatment news. August 2023. URL: <https://nuwater.com/water-treatment-in-the-mining-industry/> (дата звернення: 08.11.2024).
5. Знак З.О. Гідрометалургія. Львів: Львівська політехніка, 2023. С. 43-45.
6. M. Shoko. Water management at mines – every drop counts // Modern mining. August 2020. С. 30-33. URL: <https://user-54716422671.cld.bz/Modern-Mining-August-2020/32/> (дата звернення: 08.11.2024).
7. ISA95, Enterprise-Control System Integration. URL: <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-standards-committees/isa95> (дата звернення: 08.11.2024).

УДК 681.5:621.315.17:621.396.946

Олександр Шепель, аспірант, **Анатолій Мацуй**, проф., д-р. техн. наук
Центральнoукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: iam.alex.shepel@gmail.com

ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ ОДНОФАЗНОГО ЗАМИКАННЯ НА ЗЕМЛЮ У МЕРЕЖІ З ІЗОЛЬОВАНОЮ НЕЙТРАЛІЮ

Задача економічного розрахунку полягає в оцінці терміну окупності приладу для визначення місця пошкодження (ВМП). Окупність полягає у зменшенні витрат на недовідпуск електроенергії (ЕЕ), роботу оперативного персоналу, витратні матеріали.

Принципово прилад для ВПМ – це реєстратор аварійних параметрів з додатковим програмним забезпеченням (ПЗ), що дозволяє автоматично визначити місце пошкодження. Отже, вартість приладу міститиме вартість реєстратора та вартість додаткового ПЗ.

Для прикладу розглянемо вартість реєстратора аварійних параметрів «Рекон 11МС». Вона складає близько 750 тис. грн. Вартість додаткового ПЗ порівняно з вартістю реєстратора незначна. Тому її враховувати не будемо.

Пристрої типу «Рекон 11МС» встановлюються у кількості 1 шт. на ПС. У пристрій заводяться вторинні ланцюги трансформаторів струму усіх відхідних ЛЕП та вторинні ланцюги трансформаторів напруги. Отже достатньо одного такого пристрою для обслуговування ПС.

При ОЗЗ ЛЕП відключають, поки не буде ліквідовано пошкодження. Тривалість пошуку пошкодження носить випадковий характер: в межах 1-6 годин. Недовідпуск ЕЕ може бути порахований за допомогою значення номінальної потужності трансформатора на приймальній стороні лінії. В «Кіровоградобленерго» ПС 35/10 облаштовуються трансформаторами номінальною потужністю від 1000 кВА до 16000 кВА.

Слід врахувати також ПС, що мають більше ніж одну живлячу ЛЕП. Для таких ПС дозволяється на час пошуку пошкодження отримувати живлення по одній ЛЕП.

Особливої уваги заслуговує питання визначення самоусувного місця пошкодження. Розроблений принцип ВМП дозволяє визначати місце самоусувних пошкоджень. Це дозволяє вчасно виявляти ослаблені місця ЛЕП, вчасно проводити ремонт та не допускати аварій у майбутньому. Кількість стійких пошкоджень зазвичай лежить в межах 20% від загальної кількості пошкоджень [1].

Для розрахунку скористаємось вартістю ЕЕ для побутових споживачів (4,32 грн/кВт·год) та вартістю ЕЕ для бізнесу (варіюється від 6 до 10 грн/кВт·год). Результуюча ціна може сильно варіюватися в залежності від типу підключених споживачів. Для приблизного розрахунку скористаємось наближеним середнім значенням (6 грн/кВт·год).

Користуючись значеннями номінальної потужності трансформаторів та приблизними значеннями тривалості ВМП, порахуємо витрати на недовідпуск ЕЕ за наближеною формулою

$$B_{нов} = P_{тр} \cdot T_{пош} \cdot T_{ЕЕ},$$

де $B_{нов}$ – витрати на недовідпуск ЕЕ;

$P_{тр}$ – номінальна потужність трансформатора;

$T_{пош}$ – час пошуку пошкодження;

$T_{ЕЕ}$ – тариф на ЕЕ для побутового населення.

Для трансформатора 1000 кВА при часі пошуку 1 год матимемо наступний результат:

$$B_{\text{ндв}} = P_{\text{тр}} \cdot T_{\text{пош}} \cdot T_{\text{ЕЕ}} = 1000 \cdot 1 \cdot 6 = 6000 \text{ грн}$$

Результати розрахунку зведені до табл.1. Значення приведені у грн.

Таблиця 1 – Витрати на недовідпуск ЕЕ

Номінальна потужність трансформатора, кВА	Тривалість пошуку місця пошкодження, год					
	1	2	3	4	5	6
1000	6000	12000	18000	24000	30000	36000
1600	9600	19200	28800	38400	48000	57600
2500	15000	30000	45000	60000	75000	90000
4000	24000	48000	72000	96000	120000	144000
6300	37800	75600	113400	151200	189000	226800
10000	60000	120000	180000	240000	300000	360000
16000	96000	192000	288000	384000	480000	576000

Очевидно, що оплата праці оперативно-виїздної бригади та витратні матеріали є несуттєвими у порівнянні з витратами на недовідпуск ЕЕ. Тому у розрахунку знехтуємо ними.

Як бачимо з табл. 1, витрати на одиничний недовідпуск ЕЕ при ОЗЗ може складати як значну (576 тис. грн), так і не значну (6 тис. грн) суму порівняно з вартістю приладу «РЕКОН 11МС» (750 тис. грн). Тому для розрахунку скористаємось середнім значенням витрат на недовідпуск ЕЕ з табл.1.

Отримаємо:

$$B_{\text{здв}} = 124 \text{ тис.грн}$$

Отже, прилад окупиться за час, протягом якого відбудеться n відключень ЛЕП від ОЗЗ:

$$n = \frac{B_{\text{ПРИЛАД}}}{B_{\text{ндв}}} = \frac{750}{124} = 6.0$$

Проведені розрахунки підтверджують доцільність автоматизації процесу ВМП.

Список літератури

1. Сирота И.М.. Защита от замыканий на землю в электрических системах. – Львов: Типография Издательства АН УССР, 1955. 208 с.

УДК 681.5

Олександр Дідик, доц., канд. техн. наук, Ігор Скакун, здобувач гр. АК-23М-2
 Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
 e-mail: didyk_s79@ukr.net

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ДОЗУВАННЯ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ

Однією з основних задач сучасної промисловості є підвищення якості випускаємої продукції з метою забезпечення її конкурентоспроможності.

Дозуючі пристрої використовуються у багатьох технологічних процесах, від чіткої організації керування ними залежить продуктивність та економія матеріалів, а особливо - отримання підприємством очікуваного прибутку, саме тому підприємства дуже прискіпливо ставляться до вимог до точності дозування - навіть мінімальні відхилення можуть призвести до серйозних збитків.

Дозатори являють собою системи автоматичного дозування з зворотнім зв'язком по об'ємній або ваговій витраті речовин та містять датчик витрат, керуючий пристрій (регулятор витрат) і виконавчий пристрій (живильник).

Також системи дозування можуть містити додаткові пристрої, наприклад, для регулювання (налаштування) об'єму дози, контролю надійності, обліку інтегральних витрат.

Не завжди можливо вирішити задачу управління технологічними процесами тільки шляхом стабілізації вхідних витрат матеріалів за допомогою дозаторів з постійною продуктивністю.

У зв'язку з цим виникає необхідність безперервного або дискретного коригування завдання системі автоматичного дозування у відповідності до ситуації, яка змінюється.

В таких випадках системи автоматичного дозування виконують функції високоточного виконавчого пристрою автоматичної системи регулювання.

Структура такої системи, яка містить систему автоматичного дозування з внутрішнім зворотним зв'язком як виконуючого пристрою, показана на рис.1, де ТОК - технологічний об'єкт керування, САД - система автоматичного дозування, ВК - виконуючий пристрій САД (живильник), P_B - регулятор витрат, $P_{ТП}$ - регулятор технологічного параметру, $F_{зд}$, F - задане та поточне значення витрат речовини, $Y_{зд}$, Y - задане та поточне значення технологічного параметру, μ_Y і μ_F - вихідні сигнали регуляторів технологічного параметру та витрат відповідно.

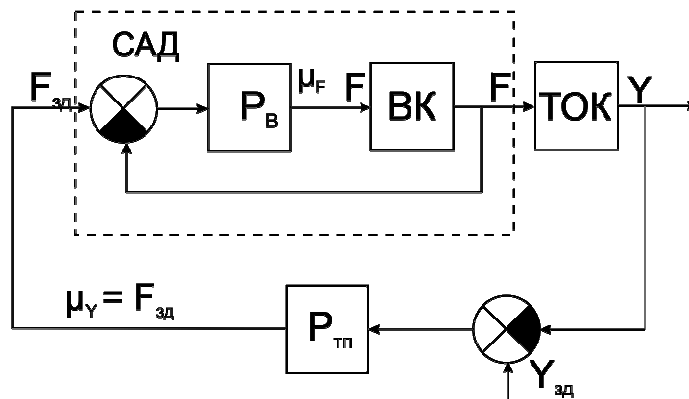


Рисунок 1 - Структура автоматичної системи регулювання технологічного параметра

Дозатори можна класифікувати за наступними функціональними признаками: параметром, який визначає витрати; принципом формування витрати; типом потоку; способом управління витратами сипучих матеріалів; різновидом живлення; числом агрегатів в системі автоматичного дозування; видом енергії приводу; наявністю рухомих елементів.

Для дозування сипучих матеріалів використовується ваговий метод. Найпростіша система автоматичного дозування безперебійної подачі сипучих матеріалів є регулятор прямої дії, який стабілізує витрати сипучих матеріалів (рис. 2), де 1 - тягова стрічка; 2 - рама; 3,6 - шарнірні опори; 4 - вантаж; 5 - шарнірні тяги; 7 - бункер; 8 - вертикальний шибер.

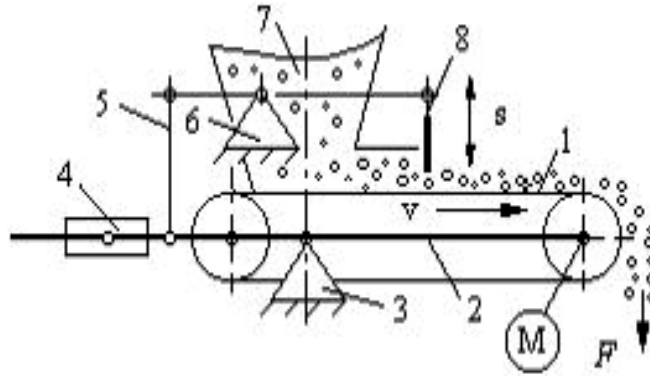


Рисунок 2 - Дозатор з регулятором витрат прямої дії

Продуктивність стрічкового дозатора, кг/год.:

$$Q = 3600A \cdot v \cdot \rho \cdot k, \quad (1)$$

де $A = bh$ – площа поперечного перерізу шару матеріалу, m^2 ;

b – ширина стрічки, m ;

h – товщина шару матеріалу на стрічці, m ; v - швидкість стрічки, m/s ;

k – коефіцієнт заповнення ринви, $k = 0,75 \dots 0,8$.

Список літератури

1. А.П. Ладанюк Теорія автоматичного керування технологічних об'єктів: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська, Л.О. Власенко. К.: НУХТ, 2014. 274 с.
2. Автоматизація виробничих процесів: навч. посіб. / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова [та ін.]. Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2016. 352 с.
3. Пістун Є. П., Стасюк І. Д. Основи автоматики та автоматизації. Навчальний посібник. Друге видання, змінене і доповнене. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. 336 с.
4. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: Навч. посібник. К.: Видавництво Ліра-К, 2017. 344 с.
5. Вагові дозатори. Види. Характеристики [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://keli.com.ua/vagovi-dozatori-vidi-harakteristiki>.

УДК 681.5

Сергій Плешков¹, доц., канд. техн. наук, Олег Сіса¹, здобувач гр. АК-23Мз,
Андрій Некрасов², доц., канд. техн. наук

¹Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

²Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського, м. Кременчук
e-mail: sisoaleh@ukr.net

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПОДАЧЕЮ ЕЛЕКТРОДА ПРИ РОЗМІРНІЙ ОБРОБЦІ ТВЕРДОГО СПЛАВУ

Сучасний рівень розвитку силової електроніки, мікроелектроніки та електромеханіки дає можливість створювати систему автоматичного управління електроерозійних верстатів, що дозволяють здійснити керований стабільний процес розмірної обробки дугою (РОД) [1,2] твердого сплаву. Робота такого обладнання зазвичай заснована на регулюванні процесу горіння електричної розмірної дуги в поперечному потоці рідини за рахунок управління напругою і струмом, в тому числі і за рахунок швидкості подачі електрод-інструменту (ЕІ). Одним з основних способів управління процесом розмірної обробки електричною дугою є вплив на систему гідравлічної подачі ШІМ сигналу [3]. Запропоновано алгоритм функціонування гідроприводу, який реалізує можливість пропорційно подавати ЕІ залежно від значень струму обробки або напруги таким чином, що при певно обраній величині струму або напруги, електрод подається в зону горіння розмірної електричної дуги, а при меншій величині відбувається її зупинка або зворотний хід. Такий алгоритм був запропонований для вирішення актуальної задачі управління процесом РОД твердого сплаву. При цьому вперше вдалося отримати процес РОД твердого сплаву при малих напруженнях горіння дуги, що, в кінцевому рахунку, зумовило можливість виконання обробки короткою дугою.

Для реалізації зазначеного алгоритму руху електрод-інструменту з частотою 400 Гц і мінливою скважністю потрібно використання швидкодіючого гідравлічного слідкуючого золотника (дроселюючий гідророзподільник), що задовольняє наступним основним вимогам: 1. надійність роботи в складних умовах навколишнього середовища і безпосередньо процесу обробки; 2. точність підтримки заданої частоти в широкому діапазоні ШІМ регулювання; 3. висока швидкодія (мінімальний час перехідного процесу розгону і гальмування); 4. можливість програмного управління гідроприводом; 5. оптимальні масогабаритні показники.

Метою цієї роботи є підвищення ефективності застосування сучасних розробок дроселюючих гідророзподільників для реалізації алгоритмів управління обробки металу зі зворотними зв'язками за параметрами розмірного дугового процесу. Основним завданням при розробці обладнання з автоматичним управлінням є досягнення максимальної швидкодії системи подачі, основу якої складає гідравлічний дроселюючий гідророзподільник. Швидкодія важлива, як при пуску електроду, так і при його зупинці, тобто при основних режимах, характерних для процесу з дозованою подачею електрод-інструменту. Незважаючи на те, що використовується спеціальна конструкція гідроприводу, при цьому регулятор повинен забезпечувати високу швидкодію системи подачі. До числа таких фаз відноситься фаза викиду краплі розплавленого металу в коротке замикання, коли необхідно в певний (обраний) час зупинити подачу або з певними параметрами забезпечувати імпульс (порцію) подачі вперед

Максимально можливе якісне регулювання швидкості подачі електрод-інструменту обмежується можливостями гідроприводу та інерційністю системи подачі. Змінити характеристики гідроприводу можна шляхом підвищення швидкодії системи. Вирішення

цього завдання необхідно шукати в розробці більш досконалої системи управління. Це можливо декількома методами, але найбільш перспективним є використання принципу регулювання за прогнозом (передиктне регулювання), на відміну від загальноприйнятого принципу регулювання за поточним значенням величини регульованого параметра. При цьому прогнозування може здійснюватися за різними законами. В даному випадку розглянемо процес регулювання по напрузі процесу розмірної обробки електричною дугою. Аналогічне значення можна отримати, якщо управління вести по струму дугового процесу. Регулятор електроприводу з прогностичною ланкою представлений на рисунку 1.



$U_{зд}$ – задане падіння напруги в дузі; $U_{зб}$ – задане збурююче падіння напруги в дузі; $U_{рп}$ – уставка регулятора міжелектродного проміжку; $U_{мер}$ – збурювальна дія мережі живлення; $U_{сн}$ – падіння напруги в дузі при переміщенні; $S_{ел}$ – пройдений шлях електродом; S_n – встановлена глибина обробки; L_d – довжина стовпа дуги; U_d – робоча напруга горіння електричної дуги

Рисунок 1 – Структурна схема системи автоматичного керування подачі електрода

У відповідність з передавальною функцією синтезований прогностичний регулятор для подачі електрода при РОД твердого сплаву, дозволив знизити величину динамічної помилки гідроприводу і підвищити його швидкодію в порівнянні з електроприводом, що має ПІД – регулятор [4]. Розроблено та виготовлено блок САК з можливістю регулювання параметрів подачі за допомогою зворотних зв'язків у складі гідроприводу верстата та джерела живлення електричної дуги, який забезпечує: стабільність кроку подачі ЕІ, швидкодія (можливість працювати на частотах до 600 Гц), малу інерційність, малі масогабаритні характеристики, управління дроселюючим гідророзподільником за миттєвими параметрами дуги, що дозволило стабільну робочу напругу горіння дуги тримати в межах $U_d = 10 - 15$ В. Основна перевага такої систем полягає в поліпшенні динамічних характеристик регулятора гідроприводу подачі ЕІ - швидкодія, точність відпрацювання сигналу управління, що є основою для розширення області застосування в верстатах РОД.

Список літератури

1. Носуленко В.І. Розмірна обробка металів електричною дугою: Автореферат дис. д-ра. техн. наук: 05.03.07 / Кіровоградський держ. техн. унт. / В.І. Носуленко. Київ: 1999. 36 с.
2. Боков В.М. Розмірне формоутворення поверхонь електричною дугою / В.М. Боков. Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс-ЛТД», 2002. 300 с.
3. Савеленко Г. Спосіб автоматичного визначення стабільності процесу розмірної обробки дугою / Григорій Савеленко // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2015. Т. 1, N 5(73). С. 9-13. – Режим доступу : DOI: 10.15587/1729-4061.2015.36226.
4. Savelenko, G. Optimization of arc ignition process for machines of arc dimensional machining / Gregory Savelenko, Yury Yermolaev, Vitaly Yuriev 165 // Technology audit and production reserves. 2016. Vol. 6, N 2(32). P. 44-51. – Way of Access : DOI : 10.15587/2312-8372.2016.86081.

УДК 681.5

Дмитро Трушаков, доц., канд. техн. наук, **Сергій Руссу**, здобувач гр. АК-23М-2
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: dmitro.trushakov@gmail.com

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПАРАМЕТРА ХОЛОДИЛЬНОЇ КАМЕРИ

Вибір теми дослідження зумовлений зростанням обсягів виробництва в аграрному секторі, харчовій та переробній промисловості, що потребує зберігання в різноманітних сховищах. Наразі спостерігається тенденція до розширення холодильних потужностей у сфері торгівлі, що вимагає оснащення сучасним холодильним обладнанням з високим рівнем заводської готовності, а також автоматизації та механізації виробничих процесів. Це підтверджує актуальність даного дослідження.

Під час проведення досліджень докладно розглянуто схему виробництва та зберігання масла, а також принципову схему холодильного обладнання типового маслосиркомбінату. Вивчені засоби автоматизації аміачної компресорної установки. Встановлено, що ключовим фактором при зберіганні продукції є підтримка оптимального температурно-вологісного режиму в холодильній камері, що досягається регулюванням холодопродуктивності компресорної установки. У роботі проаналізовано методи коригування холодопродуктивності агрегатів і визначено, що найбільш ефективним методом для цих технологічних умов є зміна частоти обертання електродвигуна компресорної установки в залежності від потрібного температурного режиму в холодильній камері. Для збільшення холодопродуктивності можна було б застосувати додаткові одноступінчасті компресори, однак було встановлено, що більш доцільним варіантом є використання двох двоступінчастих компресорів, оскільки це дозволить знизити витрати електроенергії завдяки вищій ефективності таких агрегатів. Розроблено функціональну та структурну схеми системи стабілізації температурного режиму для промислового холодильника. Під час аналізу вихідних даних виникла необхідність визначення передаточної функції об'єкта керування. Для цього була складена схема моделювання перехідного процесу з використанням математичного редактора MatLab. В ході роботи здійснено обробку експериментальних даних і визначено передаточну функцію, яка найкраще відповідає отриманим експериментальним результатам. Також була визначена залежність між вихідним сигналом датчика і температурою повітря в холодильній камері.

Проведені обчислення дозволили визначити передаточну функцію розробленої системи, а також дослідити її стійкість, запас стійкості та області стійкості. Враховуючи вимоги, що були поставлені в завданні щодо забезпечення необхідних показників якості, був здійснений синтез коригувального пристрою через побудову бажаної ЛАЧХ. Розрахунки дозволили отримати передаточну функцію цього пристрою. Впровадження та інтеграція коригувального пристрою в контур регулювання забезпечать досягнення заданих показників якості системи.

Список літератури

1. Процеси та устаткування для холодильної обробки харчових продуктів, торговельне устаткування. Навчальний посібник/ В.П. Датьков, В.І. Шевченко, А.С. Коновал. Донецьк: Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган - Барановського (ДонНУЕТ), 2009. 140 с.
2. Монтаж, експлуатація, обслуговування холодильних і теплонасосних установок. Навчальний посібник/ С.С. Мелейчук, В.М. Арсеньев. Суми: Сумський державний університет, 2011. 183 с.

УДК 681.5

Олександр Сербул, доц., канд. техн. наук, **Олесь Ізовіта**, аспірант,
Володимир Ярмоленко, аспірант

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: serbulan@ukr.net

ОГЛЯД ПРОБЛЕМ ПРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ПОДРІБНЕННЯМ ВИХІДНОЇ РУДИ НА РУДОЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ФАБРИКАХ

Процеси дроблення, подрібнення та грохочення мають широке застосування в різних галузях виробництва та народному господарстві. сьогодні в усьому світі щорічно переробляється понад два мільярди тонн корисних копалин, і за кількістю залучених працівників та обсягами виробництва, що включають дроблення і подрібнення мінеральних ресурсів, ці галузі поступають лише сільському господарству.

Процеси дроблення, подрібнення та грохочення є невід'ємною частиною технологічних схем збагачувальних фабрик. завдяки цим процесам корисні копалини готуються до подальшої збагачувальної обробки. збагачення корисних копалин – це галузь промисловості, що займається переробкою твердих корисних копалин для отримання концентратів, які мають вищу якість порівняно з вихідною сировиною і відповідають вимогам для їх подальшого використання в народному господарстві. окрім виконання металургійних вимог, видалення порожньої породи під час збагачення допомагає знизити транспортні витрати на транспортування сировини до металургійних заводів та зменшити витрати на виплавку металу. при будівництві збагачувальних фабрик близько половини капітальних витрат йде на створення цехів дроблення та подрібнення. в процесі експлуатації збагачувальних фабрик значна частина металу використовується в цих процесах, а близько половини всієї енергії йде на дроблення і подрібнення. у зв'язку з цим виникає потреба в пошуку нових, більш ефективних методів управління цими процесами для зменшення витрат.

Основною сировиною для чорної металургії є залізні та марганцеві руди, вміст металів в яких варіюється в широких межах. для отримання металу плавленню піддається лише мала частина руд, зокрема залізних, нікелевих, марганцевих та деяких інших. зі збільшенням обсягів виплавки металів запаси багатих руд виснажуються, і з кожним роком зменшується кількість руд, що можуть бути безпосередньо використані для плавлення. розширення виробництва чорних, кольорових і рідких металів вимагає залучення до обробки не тільки багатих, а й відносно бідних руд, які не відповідають вимогам металургійного процесу через низький вміст основних компонентів і наявність шкідливих домішок. для задоволення цих вимог необхідно проводити попередню підготовку та збагачення руд.

Подрібнення вихідної руди на залізорудних збагачувальних фабриках зазвичай здійснюється в кілька етапів. Перший етап, як правило, включає кульовий млин і спіральний механічний класифікатор, які працюють у замкнутому циклі. Для ефективного керування першою стадією подрібнення необхідно визначити загальне навантаження млина рудою, яке складається з потоку вихідної руди та циркулюючого навантаження (пісків класифікатора). Витрати вихідної руди зазвичай вимірюються з високою точністю за допомогою конвеєрних ваг. Однак виміряти циркулююче навантаження складніше. Це спонукає до пошуку нових, більш ефективних методів визначення цього параметра. Аналіз показує, що в умовах широкого застосування мікропроцесорних технологій такі методи можуть бути реалізовані, якщо припустити, що вологість пісків спірального механічного класифікатора залежить від ряду параметрів, таких як крупність та кількість матеріалу.

Розвиток технології збагачення пов'язаний із впровадженням складних технологічних схем, які передбачають використання різноманітних методів збагачення, отримання продукції з однієї сировини для різних галузей промисловості та застосування в народному господарстві різного обладнання, пристроїв і матеріалів. це створює високі вимоги до обслуговуючого персоналу фабрики і вимагає автоматизації технологічних процесів і управління. існує безліч різних систем контролю та автоматичного регулювання, але всі вони розроблені з урахуванням принципів теорії автоматичного регулювання та специфіки технологічного процесу. у системах автоматичного управління дії технолога замінюють автоматичні системи управління та засоби контролю. вони забезпечують отримання об'єктивної інформації про стан вхідних і вихідних змінних, а також про стан самого процесу, на основі якої регульовальні пристрої впливають на процес відповідно до заданого закону.

Проблеми управління подрібнювальними процесами зазвичай розглядаються в двох основних аспектах – енергетичному та технологічному, які тісно взаємопов'язані. для досягнення ефективності керування, зокрема мінімізації енергетичних витрат та максимізації виходу готового класу, при управлінні подрібнювальним агрегатом необхідно використовувати системи автоматичного регулювання і стабілізації, що відповідають таким вимогам: швидкості транспортування матеріалу всередині барабана млина; вмісту готового класу в зливні класифікатора; оптимального завантаження млина подрібнюваним матеріалом і молотильними тілами; необхідної густини пульпи.

Густина пульпи, яка визначається вмістом твердої фази, є важливим параметром для контролю та регулювання технологічних процесів на збагачувальних фабриках. Підтримання оптимальної густини пульпи є необхідною умовою для досягнення найкращих технологічних результатів у збагаченні руд, особливо на етапі подрібнення, оскільки саме ця стадія є найбільш енергоємною. У системі млин-класифікатор виникають довготривалі перехідні процеси, зокрема при зміні умов, таких як тип руди або циркулююче навантаження. Це ускладнює використання класичних систем регулювання з датчиком вихідної величини і зворотнім зв'язком, адже перехідні процеси можуть тривати годинами і більше. Для вирішення цієї проблеми можна розглянути використання адаптивних або передбачувальних систем регулювання. Вони можуть враховувати тривалість та характер перехідних процесів, а також вбудовувати алгоритми, які коригують налаштування в реальному часі, покладаючись на прогнози зміни густини пульпи. Це дозволить забезпечити стабільність процесу без необхідності постійного мануального втручання, підвищуючи ефективність і знижуючи енергетичні витрати. Також можна застосовувати інтегровані датчики для багатофакторного контролю, які аналізують не лише густину пульпи, але й інші важливі параметри. Таке комплексне регулювання дасть змогу створити більш точну та адаптивну систему, здатну підтримувати оптимальні умови навіть при змінних вхідних факторах.

Отже, виникає потреба у застосуванні принципу інваріантності системи, при якому вихідний стан досягається шляхом подачі на вхід величин, співвідношення яких визначається за певним, досить складним законом. Довгий час не існувало відповідних апаратних засобів для реалізації цього принципу. Однак у сучасних умовах, коли електронна обчислювальна техніка стала широко доступною, з'являється можливість її використання для впровадження керуючого алгоритму.

Список літератури

1. Сокур М. І., Білецький В. С. та ін. Підготовка корисних копалин до збагачення: монографія / Сокур М.І., Білецький В.С., Єгурнов О.І., Воробйов О.М., Смирнов В.О., Божик Д.П. – Кременчук: Кременчуцький національний ун-т ім. М. Остроградського, Академія гірничих наук України. ПП Щербатих О.В., 2017. 392 с.
2. Сировинні матеріали та їх підготовка до металургійних процесів: підручник / С.А. Воденніков, С.О. Гаврилко, В.М. Очинський та ін., за ред. доктора технічних наук, професора Червоного І.Ф.; Запоріж. держ. інж. акад. – Запоріжжя: ЗДІА, 2013. – 408 с.

УДК 681.5

Олександр Сербул, доц., канд. техн. наук, **Андрій Барбул**, здобувач гр. АК-23М-1
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: serbulan@ukr.net

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНА

Одним з найбільш складних та трудомістких процесів виробництва зерна являється його післязбиральний обробіток. Для доведення зерна до посівних або споживацьких кондицій, необхідно виділити його з зернового вороху, що отримується після обмолоту в комбайнах або молотарках. Зерновий ворох є багатокомпонентною сумішшю, і окрім зерна вміщує велику кількість сторонніх домішок. Попереднє очищення зернових сумішей здійснюється в основному на токах господарств та елеваторах із застосуванням високопродуктивних, але великогабаритних, металоємких зерноочисних машин, які можуть забезпечити обробіток великої маси зерна і пристосовані для роботи у великих господарствах. Найважливішим агрегатом, в якому забезпечується доведення до кондицій, установлених на продовольчий, фуражний і насінневий матеріал є зерновий сепаратор.

На сьогодні ринок сільськогосподарської техніки пропонує достатньо широкий вибір зерноочисних сепараторів, які відрізняються за продуктивністю, за ефективністю очищення та іншими технічними характеристиками. Різними є і ціни на сепаратори. Проте аналіз представленої на ринку техніки показав, що значна кількість порівняно недорогих агрегатів практично позбавлена будь-яких засобів автоматизації. Встановлено, що частка ручної праці в процесах сепарації є значною. Існуючі пристрої і пристосування в окремих трудомістких операціях істотно полегшують працю оператора. Розробка та впровадження автоматизованої системи керування процесом сепарації зерна забезпечить підвищення ефективності роботи сепаратора та покращить умови роботи персоналу. В якості об'єкта дослідження та модернізації обрано зерноочисний сепаратор ИСМ-100, як один з тих, що широко представлені на ринку. Дослідження роботи сепаратора показало, що технологічний режим, а відповідно його продуктивність і якість сепарації визначається з поміж іншого положеннями заслінок і підтримуванням цих положень у певному стані в залежності від якості вихідного вороху. Призначення запропонованої в даній роботі системи – забезпечення автоматичного управління положенням заслінок. Для забезпечення можливості створення даної системи здійснено обґрунтування вибору складових елементів, зокрема проаналізовано можливі варіанти вибору датчиків технологічного параметру та виконавчого органу.

Розроблена схема автоматизації функціональна процесу сепарації зерна, структура запропонованої системи та схема електрична структурна. Розроблено також алгоритм функціонування запропонованої системи. Працездатність системи доводить встановлена за критерієм Найквіста-Михайлова її стійкість, визначені запаси стійкості за модулем і за фазою; побудована область стійкості по одному з параметрів; здійснено оцінку якості регулювання та визначені прямі показники якості за графіком перехідного процесу.

Список літератури

1. Проектування, монтаж, налагодження та експлуатація засобів автоматики. Проектування пристроїв та систем управління. Навчальний посібник. /В.О. Версаль, В.О. Зубенко. Кіровоград, 2006. 320 с.
2. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічних об'єктів: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська, Л.О. Власенко К.: НУХТ, 2014. 274 с.
3. Аналіз та синтез систем автоматичного керування в MATLAB. Навчальний посібник/ О.Г. Гурко, І.Ф.Єрмоєнко. Харків: ХНАДУ, 2011. 286 с.

УДК 681.5

Сергій Плешков¹, доц., канд. техн. наук, Тетяна Гугой¹, здобувачка гр. АК-23 МЗ,
Андрій Некрасов², доц., канд. техн. наук

¹Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

²Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук
e-mail: serploff@gmail.com

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПІДТРИМУВАННЯ ТИСКУ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ АГРЕГАТІ ВИПАРНОЇ СТАНЦІЇ

Вибір цієї теми проекту обґрунтований значним потенціалом бурякопереробної галузі України та можливістю модернізації обладнання на цукрових заводах, оскільки цукрове виробництво в країні починає відновлюватися. Це підкреслює необхідність розвитку автоматизації технологічних процесів і впровадження засобів, які полегшують умови праці та сприяють підвищенню ефективності роботи існуючого обладнання.

Докладний аналіз машинно-апаратної схеми лінії виробництва цукру-піску з цукрового буряка дозволив зробити висновок, що однією з найбільш технологічно складних і критичних ділянок виробничого процесу є випарювання і згущення сиропу на випарній станції цукрового заводу. Для оцінки стану автоматизації цих процесів було розглянуто схему автоматизації випарної станції. Аналіз факторів, які значно впливають на процес випарювання соку, показав, що одним з ключових чинників, що визначають температурний режим роботи установки, є коливання тиску в першому корпусі випарної станції.

Ця робота присвячена розробці та дослідженню системи автоматичного регулювання зазначеного технологічного параметра. В процесі було розглянуто об'єкт автоматизації, яким є плівковий прямоточний випарний апарат. Для вимірювання тиску використано датчик тиску серії НМР 331, який монтується на вихідному трубопроводі першого корпусу. Крім того, запропоновано встановити клапан регулювання подачі пари серії Baels 340В.

Під час досліджень було змодельовано процес зміни тиску, визначено динамічні характеристики системи, розроблено електричну структурну схему та визначено передаточні функції для розімкненої та замкнутої системи. У процесі розрахунків підтверджено працездатність системи, виконано оцінку її стійкості та побудовано область стійкості. Також були визначені показники якості вихідної системи. Проведені розрахунки дозволили отримати передаточну функцію коригувального пристрою та уточнити значення його сталих часу і коефіцієнта підсилення. Зокрема, вдалося зменшити час регулювання системи, при цьому перерегулювання не перевищує допустимі 20 %. Впровадження цього пристрою в контур регулювання забезпечить досягнення заданих показників якості системи, що підтверджується побудованими графіками перехідних процесів та визначеними на їх основі показниками якості у порівнянні з вихідними результатами. У роботі також розроблена принципова електрична схема мікропроцесорної частини розроблюваної системи.

Список літератури

1. Технологічні комплекси харчових виробництв. Навчальний посібник/ В.І. Теличкун, О.М. Гава, Ю.С. Теличкун та ін. Київ: Сталь, 2017. 456 с.
2. Аналіз та синтез систем автоматичного керування в MATLAB. Навчальний посібник/ О.Г. Гурко, І.Ф.Єрмоєнко. Харків: ХНАДУ, 2011. 286 с.
3. Автоматизація виробничих процесів: навч. посіб. / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова [та ін.]. - Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2016. 352 с.
4. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічних об'єктів: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська, Л.О. Власенко К.: НУХТ, 2014. 274 с.

УДК 681.5

Олександр Сербул, доц., канд. техн. наук, **Владислав Дятлов**, здобувач гр. АК-23М-1
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: serbulan@ukr.net

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДГРІВОМ ВОДИ В ПРОЦЕСІ ВИЧИНКИ ШКІРИ

Нині в Україні є підприємства, які переробляють шкірсировину. Для забезпечення конкурентоспроможності українських товарів у процесі переробки та виробництва шкіри слід гарантувати мінімум матеріальних та енергетичних втрат. Зважаючи на вагоме народногосподарське значення, ефективність процесів виробництва шкіри має бути на високому рівні. А цього не можливо досягти без використання засобів автоматизації цих процесів. Метою роботи є вирішення частинної задачі підвищення якості керування процесом регулювання температури води у трубопровідній магістралі зольного цеху шляхом розробки системи автоматичного регулювання вказаного параметру. Система незалежно від характеру зовнішніх змін повинна забезпечити сталість заданого значення температури.

В ході пошуку шляхів вирішення проблеми автоматизації регулювання температури, був здійснений опис технологічного процесу виробництва шкіри. За результатами аналізу існуючих слабких місць, визначено що в зольному цеху операція регулювання температури технологічної води, що надходить в барабани, здійснюється оператором вручну. Визначено місця встановлення засобів автоматизації процесу регулювання температури.

Було обґрунтовано принцип побудови системи, розроблена її функціональна схема та узагальнений алгоритм роботи. На основі аналізу вимог до процесу було прийнято рішення використати штатний пристрій для зміни витрат води в трубопроводі. Вибрано датчик температури води.

Для дослідження стійкості та якісних показників за передаточними функціями елементів і напрямку руху керуючих та збурюючих діянь складена структурна схема, визначена передаточна функція замкнутої та розімкнутої системи, визначено її характеристичне рівняння. Здійснено визначення області стійкості за методом D-розбиття в площині одного параметра. Встановлено, що приведенне в розрахунках значення коефіцієнта підсилення системи входить в зону стійкості. Проведено дослідження системи на стійкість та визначено запаси стійкості за модулем і фазою за логарифмічною амплітудною частотною та логарифмічною фазочастотною характеристиками системи.

В результаті дослідження показників якості вихідної системи за графіками перехідних процесів, було прийнято рішення про необхідність зменшення часу регулювання, Здійснено побудову логарифмічної амплітудної частотної характеристики коректуючого пристрою. Скоректована система задовольняє поставленим вимогам щодо якості регулювання, це ілюструє порівняння графіків перехідних процесів вихідної та скоректованої методом синтезу системи. На основі функціональної схеми розроблено принципову схему системи автоматичного регулювання температури води в магістралі зольного цеху.

Список літератури

1. Ніколаєнко А.М., Міняйло Н.О. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації. Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 2011. 444 с.
2. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічних об'єктів: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська, Л.О. Власенко К.: НУХТ, 2014. 274 с.
3. Аналіз та синтез систем автоматичного керування в MATLAB. Навчальний посібник/ О.Г. Гурко, І.Ф.Єрмоєнко. Харків: ХНАДУ, 2011. 286 с.

УДК 681.5

Олександр Сербул, доц., канд. техн. наук, Володимир Луньов, здобувач гр. АК-23М-1
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: serbulan@ukr.net

АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ КАТОДНОГО РОЗПИЛЕННЯ ПО КАНАЛУ ТОВЩИНИ ПЛІВКИ

Нині полімерні плівки є одним із засобів реалізації оптичних елементів. Тому розробка систем виробництва полімерних плівок є надзвичайно важливим завданням, яке потребує якомога швидшої реалізації, а це доводить актуальність обраної теми досліджень. В роботі виконаний огляд методів осадження полімерних плівок у вакуумі, структурні схеми робочих камер установок термічного вакуумного напилювання та катодного розпилення. Термічне вакуумне напилювання має ряд недоліків і порівнянні з катодним розпиленням, головним з яких є нерівномірність товщини плівки, а також зміна складу плівки в порівнянні з вихідним складом матеріалу. Це доводить ефективність використання методу катодного розпилення. Розроблена функціональна схема камери установки електронно променевого напилення, відповідно до якої, у випаровувачі закладається реагент, який внаслідок великої напруги починає випаровуватись і осаджуватись на підкладку. Контролер кварцових датчиків забезпечує рівномірність нанесення реагенту і потрібну нам товщину шару, з'єднаний з трьома кварцовими датчиками. Датчик дозволяє вимірювати товщину тонкої плівки через зміну частоти коливань кварцової пластини. Розглянута структурна схема датчика технологічного параметру. При досягненні необхідної товщини закривається заслінка і напилювання припиняється. Але різке закривання заслінки і використання застарілого контролеру призводить до похибки в товщині плівки, що негативно відзначається на властивостях плівки. Тому було запропоновано замінити реле заслінки на вакуумний кроковий двигун, а контролер кварцових датчиків на більш швидкодіючий, сучасний контролер АТмега 103. В роботі розроблена мікропроцесорна частина системи регулювання положення заслінки. Контролер регулює положення заслінки, призакриває її в кінці процесу напилювання, що дозволяє збільшити точність підтримання товщини плівки.

Методами кореляційно-регресійного аналізу були оброблені експериментальні дані та знайдений функціональний зв'язок між положенням заслінки і товщиною плівки. Коефіцієнт кореляції 0,796, що підтверджує силу зв'язку. Істотність коефіцієнта кореляції було перевірено за допомогою критерію Стьюдента, а істотність рівняння регресії – за допомогою критерію Фішера. Розроблена структурна схема САР товщини плівки. Знайдені передаточні функції розімкнутої та замкненої систем, знайдено характеристичне рівняння. За допомогою критеріїв Гурвіца і Найквіста-Михайлова дослідили систему на стійкість. По ЛАЧХ та ЛФЧХ визначені запаси стійкості по модулю і фазі. За графіком перехідного процесу визначені прямі показники якості. Для покращення цих показників був проведений синтез корегуючого пристрою, знайдена його передаточна функція. Введення в основний контур системи коректуючого пристрою дозволило знизити прямі показники якості.

Список літератури

1. Калинушкін Є.П. та інш. Тонкоплівкові матеріали та технології їх одержання. Навч. посібник / Є.П. Калинушкін, Н.М. Федоркова, Ю.П. Синиціна, О.А. Балакін, М.М. Горуля, П.Т. Савченко, К.Д. Підгорна, В.О. Мілаков, Р.Ю. Чигиринський. Дніпропетровськ : НМетАУ, 2009. 175 с.
2. Кондратець В.О. Теорія і технічні засоби систем: Підручник. К.: Вища шк., 1993. 319с.

УДК 681.5

Дмитро Трушаков, доц., канд. техн. наук, **Сергій Мельник**, здобувач гр. АК-23М-1
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: dmitro.trushakov@gmail.com

СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ ШАРУ ҐРУНТУ ПО КАНАЛУ ТЕМПЕРАТУРИ

В Україні зараз активно триває реконструкція старих стадіонів та будівництво нових арен, які повинні відповідати високим європейським стандартам. Одним із важливих аспектів стандартизації є стан газону футбольного поля. Підвищити його якість без застосування ефективних методів підігріву за допомогою сучасних автоматизованих систем навряд чи можливо. Це підкреслює актуальність обраної теми досліджень.

У цій роботі пропонується підхід до вирішення задачі регулювання температури теплоносія в системі підігріву поверхневого шару відкритої земельної ділянки, а саме підтримання цього параметра на заданому рівні, визначеному оператором. Основною метою впровадження запропонованої системи є покращення якості газону.

Розглянуто схему футбольного стадіону, оснащеного системами підігріву газону. Проведено аналіз наявних методів обігріву ґрунту газонів, у результаті якого визначено, що найекономічнішим є використання систем із рідинним підігрівом. Встановлено, що при монтажі трубопроводів для підігріву необхідно враховувати особливості покриття газону. Окремо зазначено, що об'єктом автоматизації є тепловий пункт, який включає набір агрегатів і трубопровідну систему для циркуляції теплоносія. Також котельня повинна бути оснащена засобами контролю та регулювання технологічних параметрів, сигналізації аварійних ситуацій та реєстрації поточних станів обладнання.

У процесі роботи над проектом була розроблена функціональна схема системи мікроклімату ґрунтового шару за температурним каналом, що включає кілька підсистем. Основну увагу в цій роботі приділено регулюванню температури теплоносія. Для цього була створена структура системи регулювання температури та узагальнений алгоритм її функціонування.

Для дослідження динамічних характеристик системи та оцінки її показників якості були визначені передаточні функції окремих елементів системи, побудована її схема, проведено аналіз стійкості та визначена область стійкості. Також здійснено оцінку якості регулювання замкнутої системи. За графіком перехідного процесу вихідної системи були визначені показники якості, після чого висунуто вимогу щодо зменшення часу регулювання. У проекті був проведений синтез коригувального пристрою шляхом побудови бажаної логарифмічної амплітудно-частотної характеристики та визначення його передаточної функції. Введення цього пристрою в основний контур регулювання, або його програмна реалізація, дозволяє покращити показники якості системи, що підтверджується порівняльним аналізом графіків перехідних процесів для вихідної та скоригованої системи. На основі функціональної схеми розроблена принципова електрична схема мікропроцесорної частини системи. Розрахунки економічних показників підтвердили обґрунтованість впровадження системи, розробленої в цій роботі.

Список літератури

1. Автоматизація виробничих процесів: навч. посіб. / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова [та ін.]. Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2016. 352 с.
2. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічних об'єктів: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська, Л.О. Власенко К.: НУХТ, 2014. 274 с.

УДК 681.5

Дмитро Трушаков, доц., канд. техн. наук, Артем Тимофіїв, здобувач гр. АК-23М-2
Центральнокропивницький національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: dmitro.trushakov@gmail.com

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПО КАНАЛУ ТЕМПЕРАТУРИ

На сьогодні достатньо розповсюдженим об'єктом автоматизації є система управління припливно-витяжною вентиляцією приміщення. Сферою застосування системи автоматичного управління припливно-витяжною вентиляцією є підтримка заданих параметрів в системі вентиляції і кондиціонування повітря, захист дорогих агрегатів, а також створення нормальних умов роботи персоналу приміщення. Для підтримки заданих температурно-вологісних умов в приміщенні необхідно подавати в нього припливне повітря з певними параметрами. Параметри зовнішнього повітря змінюються в часі, тому перед подачею зовнішнього повітря в приміщення, його необхідно обробити, надавши йому певні кондиції.

Під час досліджень було проведено детальний аналіз засобів автоматизації процесу вентиляції і кондиціонування повітря в приміщенні розроблена функціональна схема автоматизації. Засоби автоматизації відповідають необхідній точності підтримки параметрів. Пристрої автоматики принципово можуть забезпечити будь-яку міру точності підтримки параметрів, але марно домагатися точного регулювання, якщо цього не вимагає функціональне призначення обслуговуваних приміщень, або якщо сама система кондиціонування не здатна реагувати на сигнали регуляторів. Ні з практичних, ні з економічних міркувань не слід вибирати пристрої автоматики, що забезпечують точніше регулювання, ніж це потрібно, і обтяжувати систему спеціальним складним устаткуванням. Системи кондиціонування повітря експлуатуються протягом багатьох років, тому найкращою буде проста надійна система автоматики, що дає необхідний ефект.

Підвищення якості автоматичного регулювання можна добитися не лише ускладненням алгоритму, але і вдосконаленням контура регулювання шляхом введення додаткових коректуючих пристроїв. В роботі основну увагу приділено регулюванню температури, адже цей параметр є визначальним при забезпеченні більш-менш нормальних умов роботи персоналу. Розроблено функціональну та структурну схеми даної системи. Розробка структурної схеми системи дала можливість визначити стійкість, встановити область стійкості та здійснити оцінку якості регулювання замкнутої системи по ЛАЧХ та ЛФЧХ розімкнутої системи.

Побудова графіка перехідного процесу вихідної САР дала можливість визначити прямі показники якості і висунути вимогу зменшення часу регулювання. Здійснено синтез коректуючого пристрою шляхом побудови бажаної ЛАЧХ та визначення його передаточної функції. Введення такого пристрою в основний контур регулювання покращує показники якості системи, що підтверджує порівняння графіків перехідного процесу вихідної та скорегованої систем. На основі функціональної схеми створена схема електрична принципова мікропроцесорної частини розроблюваної системи. Для забезпечення узгодженої роботи розглянутих засобів автоматизації процесу вентиляції і кондиціонування повітря розроблена схема зовнішніх з'єднань.

Список літератури

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. К.: Либідь, 1997. 544 с.
2. Мікропроцесорна техніка. За ред. Т.О. Терещенко. Київ: Політехніка, 2004. 225 с.

UDC 681.5

Dmitry Bratushko, student of the gr. AK-23M-1, **Anatolii Matsui**, Prof., Doctor of Technical Sciences

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

e-mail: bratushko1039@gmail.com

AUTOMATION OF THE PROCESS OF PELLET LOADING INTO THE ROASTING MACHINE

Nowadays, iron ore pellets are one of the main components used in steelmaking, as they are highly durable and do not break down during transport from the mining and processing plant. The production of pellets involves their heat treatment in a roasting machine [1, 2]. The roasting of iron ore pellets is carried out in one of three types of units - conveyor roasting machines, combined conveyor grate - tube furnace and shaft furnaces. In world production, approximately 52 % of pellets are produced on conveyor roasting machines, 34 % on conveyor grate-tube kilns, 13 % in shaft furnaces and only about 1 % of pellets are fired in other units [3].

The condition for achieving a high and stable quality of fired pellets and increasing the productivity of the roasting machine is stabilisation of the height of the pellet layer arriving at the roasting machine. Increasing the height of the pellet layer leads to an increase in the aerodynamic resistance of the layer, as a consequence, the heating time of the pellets increases and the filtration rate decreases.

The analysis of studies has shown that there is an extreme character of change in productivity with increasing height of the pellet bed, as well as a continuous decrease in specific heat consumption, which is associated with heat regeneration in the lower part of the bed. As a result, the filtration rate and, accordingly, the intensity of heat exchange in the layer starts to fall; the time of pellets heating up to the set technological temperatures starts to increase, as a result, the quality of fired pellets deteriorates.

During thermal consolidation, the pellets pass sequentially through the stages of drying, heating, roasting, recovery and cooling. If conveyorised machines are used, all these operations are carried out sequentially in one unit.

From the analysis of existing systems of automatic control of pellet bed height on the roasting machine, it follows that they have a number of disadvantages, namely:

- problems in setting up the control equipment;
- the need to use high-precision measurement devices and control equipment.

To improve the control systems discussed above, it is proposed to add a pellet bed level control system and a roasting machine motor control system.

The task of such a system is to stabilise the height of the pellet bed at a predetermined level, depending on the number of pellets and the speed of the kiln carriages.

A mathematical dependence has been obtained, which shows that when the speed of the roasting machine increases, the layer height will decrease and vice versa when the speed decreases, the pellet layer will increase.

A PID controller was designed to provide the desired speed on the actuator, regardless of the constant or slowly varying load acting on it. The PID controller was configured in Simulink using the NCD-Blockset package, which provides the user with a graphical interface for setting the parameters of dynamic objects that provide the desired quality of transients.

Modelling of the automatic control system of the trolley motor of the roasting machine was carried out in Simulink. The system tuning requirements are the transient time (entering the 1% zone of the steady-state value) less than 7 seconds. The results of optimisation are shown in Fig.1.

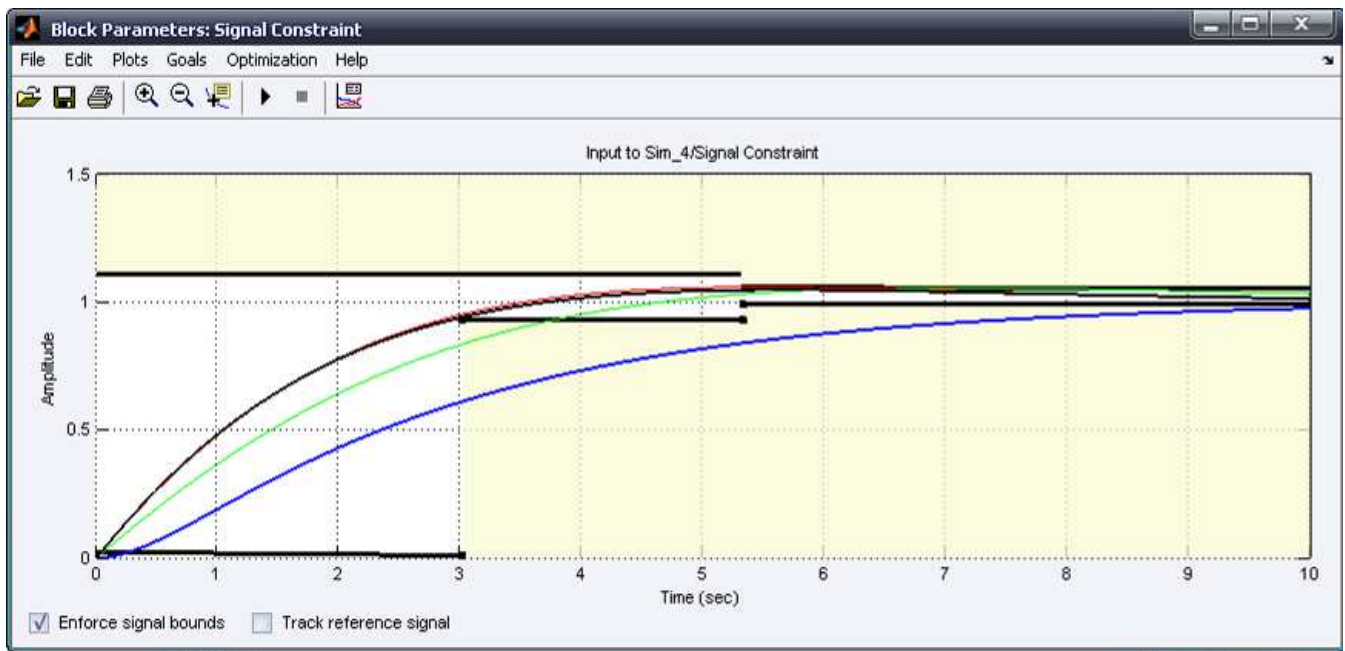


Figure 1 - Optimisation schedule

This research proposes a solution to the problems by using neural networks, as they have a universal approximating ability. Three controllers can be used in MATLAB system: NN Predictive Controller, NARMA - L2 Controller based on moving average autoregressive model and Model Reference Controller [4]. We compared the first two.

Studies of the simulation model of loading using a controller based on the autoregressive model showed that the response of the control system to a constant control signal is quite satisfactory, has at first an oscillatory character with a fairly rapid decay, after 7 sec. is set to a value of 0,305.

Modelling using a controller with anticipation showed that the response of the control system to a constant control signal is unsatisfactory, has at first an oscillatory character with a fairly rapid decay, after 10 sec. is set to a value of 0,6.

Thus, the use of the NARMA-L2 neuroregulator in this model allows the pellet bed height to be quickly stabilised and maintained at a predetermined level.

Reference

1. Chervonyj I.F. (red.) Syrovynni materialy ta i'h pidgotovka do metalurgijnyh procesiv. Zaporizhzhja: ZDIA, 2013. 408 s.
2. Gavrylko S. O. Syrovynni materialy ta i'h pidgotovka do metalurgijnogo vyrobnyctva : navch.-metod. posibnyk dlja studentiv ZDIA. Zaporizhzhja : ZDIA, 2009. 207 c.
3. Berezhnyj M. M., Movchan V. P. Zbagachennja ta okuskuvannja syrovyny: monografija. Kryvyj Rig, 2000. 365s.
4. Lazarjev Ju. F. Dovidnyk z MATLAB / Elektronnyj navchal'nyj posibnyk z kursovogo i dyplomnogo proektuvannja. Kyi'v: NTUU "KPI", 2013. 132 c.

UDC 681.5

Igor Golubev, student of the gr. AK-23M-1, **Anatolii Matsui**, Prof., Doctor of Technical Sciences
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
e-mail: hommigor84@gmail.com

CONTROL SYSTEM OF CONDENSATE HEATING PROCESS IN A TUBE FURNACE DURING PETROL PRODUCTION

Gas condensate is a valuable chemical raw material for the oil refining industry. In terms of composition, this chemical product is a mixture of high-boiling hydrocarbons of various structures, which are extracted from natural gases in the process of their extraction at gas condensate fields.

Gas condensate is similar in composition to oil, but does not have resins and asphaltenes. Gas condensate can be stable or unstable. Unstable gas condensate is gas condensate containing gaseous hydrocarbons in dissolved form, which is sent for processing for cleaning from impurities and separation of hydrocarbons C1-C4, meeting the requirements of the relevant regulatory document. Impurities include water (aqueous solutions of corrosion and/or hydrate inhibitors), chloride salts, sulphur compounds and mechanical impurities [1].

Gas condensate is used to produce motor fuels and in the organic synthesis industry.

Ukraine has adopted a law 'On Energy Saving' [2], which, along with the reduction of fuel and energy resources, provides for the development of new energy-saving technologies and automation of complex technological processes. Currently, petrochemical and oil refining companies are designing and commissioning large unit capacity, low energy consumption units for gas condensate production.

Taking into account that in our country a considerable part of technological equipment is obsolete both physically and morally, the tube furnaces of the condensate stabilisation unit are not an exception; they are operated with fuel overconsumption and with productivity below the nameplate values, therefore, the issue of their modernisation becomes urgent.

Therefore, increasing the productivity of the stable petrol production process and reducing process costs by developing an automated control system is an actual theme.

The technological process of the condensate stabilisation unit is shown in Fig.1.

The main elements of the plant may include rectification columns, pumping stations, air coolers, separators, ammonia evaporators, tube furnaces, tanks and pipework.

The unstable gas condensate to be heated enters in one or more streams into the convection coil tubes, passes through the radiation chamber screen tubes and, heated to the required temperature, exits the furnace. The gas is combusted using conventional burners located at the bottom of the radiation chamber. The combustion gases from the radiation chamber enter the convection chamber, are directed to the chimney and escape to the atmosphere through the chimney. The gas is burned without regulating the necessary amount of air, so it is not burned completely, which only makes the operation more expensive. Having studied the design of this furnace, it was found that the main sources of deterioration of the heating quality are manual regulation of gas supply to the radiation chamber, lack of forced air supply for complete and most efficient combustion of gas.

That is why, to improve the quality of heating, it is proposed to automate the process of regulation of gas supply and air supply to the combustion chamber. To regulate the gas supply to the furnace used a control valve with an electric actuator, and for air supply - radial fan with asynchronous motor. There is also a need for a more modern burner, which favours the formation of a gas-air mixture for further combustion in the furnace.

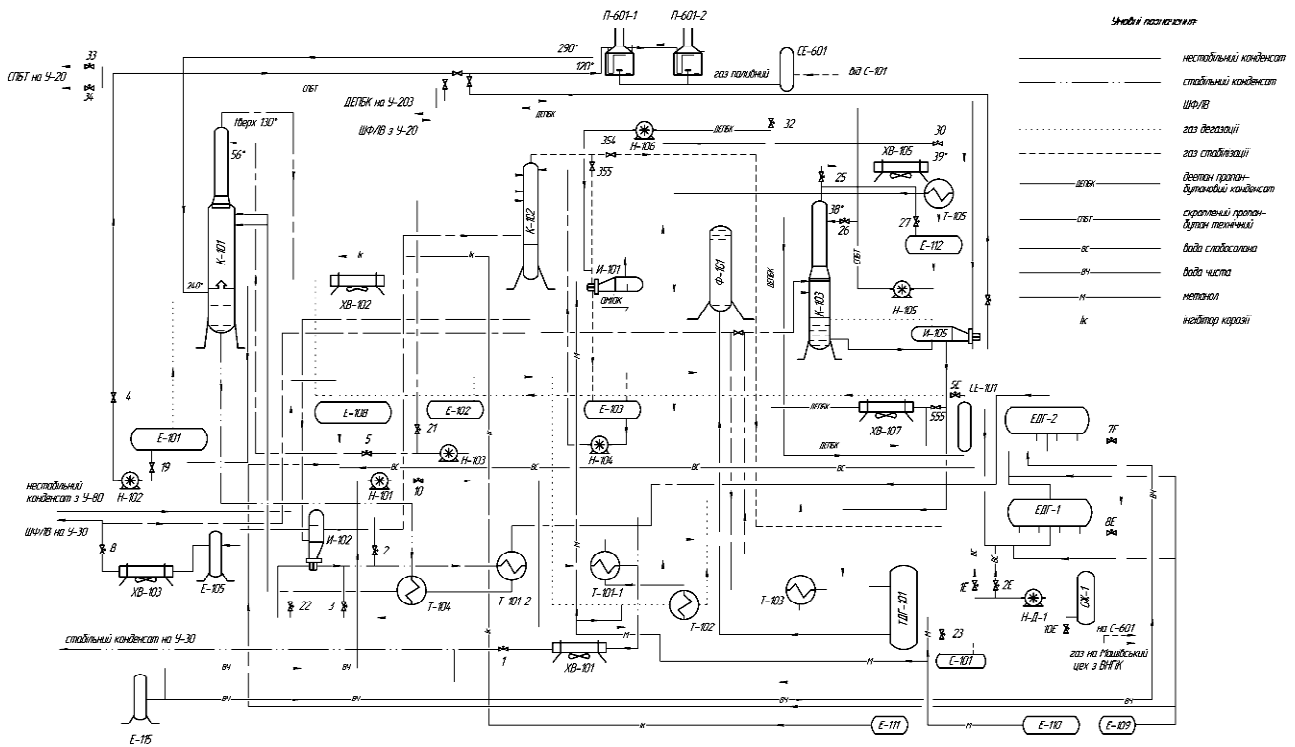


Figure 1 - Process flow diagram of the condensate stabilisation unit

After justification of the choice of components of the developed system, its structural diagram with transfer functions was developed. The temperature sensor is a resistance thermometer RT-50, the working body of gas supply regulation is a regulating valve with an electric actuator 25ch940nzh, the working body of air supply is a radial fan with an asynchronous electric motor type AIR80A2. A frequency converter FCD300 is used for soft start and motor speed control. The system is controlled by a microcontroller based on Atmel AT89C51AC3.

Taking into account the selected components of the automatic control system and finding their transfer functions, this system was investigated for stability and quality, and its analysis and synthesis was carried out.

The results confirming the performance of the system were carried out with the help of computer means and the package of applied programmes MathCAD and MatLAB [3, 4,]. The system is stable under any operating conditions and allows setting the regulation time within wide limits.

Therefore, a microprocessor-based electric drive control system has been developed for the automatic regulation of gas supply and air supply, which provides sufficiently accurate temperature maintenance in the tube furnace.

References

1. Sirenko G. O., Kyruchenko V. I., Sulyma I. V. Fyzyko-himija palyvno-mastyln'nyh materialiv. Ivano-Frankivs'k: Suprun V. P., 2017. 508 s.
2. Pro energoberezhennja. Zakon Ukrai'ny vid 01.07.1994 № 74/94 VR.
3. V.B. Hockina, I.N. Vdovychenko Robota v paketi MATLAB: Navchal'nyj posibnyk. Kryvyj Rig: Derzhavnyj universytet ekonomiky i tehnologij, 2023. 130 s.
4. Lazarjev Ju. F. Modeljuvannja dynamichnyh system u Matlab. Elektronnyj navchal'nyj posibnyk. Kyi'v: NTUU "KPI", 2011. 421 c.
5. Kundrat A.M., Kundrat M.M. Naukovo-tehnichni obchyslennja zasobamy MathCAD ta MS Excel. Rivne: NUVGP, 2014. 252 s.

UDC 681.5

Vladislav Kuznetsov, student of the gr.AK-23M-1, **Anatolii Matsui**, Prof., Doctor of Technical Sciences

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

e-mail: vladschulmann@gmail.com

MODERNISATION OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR BLAST FURNACE COOLING PROCESS CONTROL

A modern blast furnace is a fully water-cooled unit in which the intensive operation of the cooled elements determines its reliability. The aim of the cooling systems is to preserve the lining as long as possible and to protect the casing from high temperatures in such a way that the furnace can operate even in the event of major local damage to the masonry.

At such a complex and dangerous thermal unit as a blast furnace, the lack of control of any parameter can cause a serious accident, so when selecting equipment and software tools, great attention was paid to the reliability of equipment and software and positive experience of operation in the blast furnace shop. This determines the expediency of application of centralised automated supervisory control of technological parameters and control of all devices and equipment that perform measurements of the furnace state and its cooling by means of displaying the measured values on the operator's ARM, since it is difficult and unprofitable to control the system in any other way.

In this regard, the task arises, which is to modernise the existing automation system of control of technological parameters of blast furnace cooling by developing a visualisation system of the technological process. The solution of the set task will contribute to the blast furnace operation efficiency increase and resource saving, improvement of labour conditions of the operating personnel, and, as a consequence, transition to a qualitatively different level of technological process control. The evaporative cooling unit operates with chemically treated water, which circulates naturally in the system. The unit consists of 4 sections. Each section has 8 vertical rows of 10 refrigerators in each. The coolers are designed to protect the furnace shell from the effects of melting products and to maintain the refractory masonry.

The closed cooling system is designed for cooling the furnace coolers and the furnace feed. This system differs from other cooling systems primarily in that the water is in constant closed circulation, i.e. the water is cooled throughout the entire furnace cooling phase and then returned to the furnace.

The analysis of the existing blast furnace cooling systems was carried out, on the basis of which the necessity of the system modernisation with the development of the technological process visualisation system was justified and the main requirements to it were formulated.

Taking into account the requirements to the system, a set of technical means of the automated control system of furnace cooling is justified. From which we can see that the system is built according to the hierarchical principle and has three levels.

The final stage of the research is the development of a visualisation system of the blast furnace cooling process using CitectSCADA software, which is a full-featured monitoring, control and data acquisition system. Thus, the conducted researches on modernisation of the automated system of control of technological parameters of blast furnace cooling by implementation of a complex of technical means and software in the form of visualisation system of technological process, meet all modern requirements to automation systems and can be offered for implementation in blast furnace conditions at enterprises.

УДК 622.271

Віктор Левченко, асистент, аспірант гр. ЕЕМ-23а
Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг
e-mail: levchenko-vo@knu.edu.ua

ЄДИНИЙ ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПРОСТІР ДЛЯ КАР'ЄРІВ: КОНЦЕПЦІЯ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ

Анотація. Метою даного розділу є визначення концептуальних засад створення єдиного інформаційного простору для кар'єрів, аналіз його впливу на підвищення ефективності управління виробничими процесами, забезпечення безпеки та дотримання екологічних стандартів.

Пропонуються науково обґрунтовані підходи щодо інтелектуалізації процесів у кар'єрах шляхом об'єднання в єдину систему інформаційних потоків від різномірних пристроїв і засобів автоматизації.

1. Вступ. Важливість інформаційної інтеграції у промислових системах.

Розвиток індустрії 4.0 передбачає перехід від автономних до взаємозв'язаних виробничих одиниць [1]. У контексті кар'єрів цей перехід означає інтеграцію всіх елементів виробничого процесу, що дозволяє створити єдиний інформаційний простір. Він забезпечує збір, аналіз та оперативне використання даних, необхідних для прийняття обґрунтованих рішень у реальному часі, зокрема стосовно логістичних та технічних процесів [2].

2. Методологічні аспекти централізованого управління та моніторингу

Єдиний інформаційний простір кар'єру можна визначити як комплексну систему інтеграції даних з видобувного, транспортного та сервісного обладнання [5].

Високоєфективний моніторинг можливий лише за умови уніфікованої обробки даних від різних пристроїв.

Наукова новизна цього підходу полягає в застосуванні інтелектуальних систем, здатних автоматично синхронізувати дані, враховуючи специфічні вимоги до різного обладнання та забезпечуючи виявлення аномалій у реальному часі.

3. Технологічна основа передачі даних і стандартизація мережевих протоколів

Інтеграція даних здійснюється за допомогою стандартів, таких як OPC UA та MQTT, які забезпечують сумісність і взаємодію різних пристроїв у мережі.

Використання індустріальних протоколів дозволяє створити середовище, де вхідні та вихідні потоки інформації стандартизовані [3].

Проте, залишаються виклики у стандартизації протоколів для IoT, що може стати перспективною темою для подальших досліджень.

4. Використання Big Data для глибокого аналізу даних

Обробка великих обсягів даних дозволяє визначати критичні тренди та патерни, що забезпечують прогнозування збоїв, оптимізацію витрат і розробку стратегічних рекомендацій [4].

Перспективним є дослідження можливостей обробки великих даних у режимі реального часу, особливо з огляду на необхідність зменшення простоїв і підвищення продуктивності кар'єрів.

Оперативний контроль над даними дозволяє швидко виявляти відхилення від заданих параметрів, що підвищує безпеку на об'єкті [6].

Окрім того, єдиний інформаційний простір дозволяє автоматизовано відстежувати екологічні показники, сприяючи дотриманню міжнародних екологічних стандартів.

5. Інтеграція хмарних технологій як шлях до гнучкості управління

Хмарні обчислення дозволяють віддаленим фахівцям доступ до ключових показників, що сприяє прийняттю оперативних управлінських рішень.

Крім того, хмарні сервіси надають обчислювальні ресурси для складного аналізу даних [7].

Подальші дослідження можуть включати вивчення питань кібербезпеки та зберігання великих обсягів інформації у хмарних середовищах.

Висновок. Впровадження єдиного інформаційного простору в кар'єрах має великий потенціал для підвищення ефективності, безпеки та сталого розвитку.

Проте, для повноцінної інтеграції необхідно вирішити низку технологічних, методологічних і безпекових питань, що надає широке поле для подальших досліджень.

Список літератури

1. Деркач В.О. Інтелектуальні системи управління технологічними процесами на гірничих підприємствах. / В.О. Деркач, М.І. Поліщук, О.П. Григоренко. Автоматизація та управління в гірничодобувній промисловості. 2021. Т. 8, №2. С. 31-39.
2. Кушнір А.В. Моделювання єдиного інформаційного простору для кар'єрів. / А.В. Кушнір *Гірничий журнал*. 2019. № 5. С. 45-52.
3. Федоров І.Г. Автоматизація гірничих процесів: основи побудови та застосування. / І.Г. Федоров, О.Ю. Мельник. Київ: Видавничий дім «Техніка», 2018. 320 с.
4. Макаренко О.С. Системи діагностики та моніторингу стану обладнання у кар'єрах. / О.С. Макаренко *Промислова автоматика*. 2020. № 3. С. 56-63.
5. Бойко І.І. Хмарні технології в промисловості: можливості та перспективи. / І.І. Бойко, В.М. Дрозд *Інформаційні технології в промисловості*. 2022. Т. 15, №1. С. 74-82.
6. Зозуля Н.В. Використання великих даних у моніторингу промислових процесів. / Н.В. Зозуля *Системи обробки інформації*. 2021. № 4. С. 23-29.
7. ISO/IEC 62541-1:2020. Industrial automation systems and integration – OPC Unified Architecture. – International Organization for Standardization, 2020. 44 p.

UDC 681.5

Andriy Panchenko, student of the gr.AK-23M-2, **Viktor Kalich**, Prof., Candidate of Technical Sciences.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

e-mail: ap263910@gmail.com

MODERNISATION OF THE AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROL SYSTEM OF THE PRESS OF THE TECHNOLOGICAL LINE

The production of polymer pipes is a continuous technological process. The main method of production of polymer pipes is extrusion.

Extrusion is a process of obtaining from the initial polymer material (in the form of granules, powder or melt) a product of a given cross-section by continuous forcing of polymer melt through a moulding head with subsequent cooling of the product.

Extrusion produces sheets, pipes, cushioning films, handrails for stairs and other profiles: the method is used to apply polymer insulation to wires and cables, to cover paper, cardboard, foil, etc. with polymer materials [1, 2, 3].

The main technological unit in the polymer pipe production process is an extruder.

Domestic machine-building enterprises produce various extruder models.

Extruders are most often classified by the nature of the working body, which can be a worm (screw), disc or their combinations.

In domestic literature, extruders with a worm as the working organ are also called worm presses. The following types of extruders are used in the plastics processing industry:

- 1) single worm presses;
- 2) double worm presses;
- 3) disc extruders;
- 4) cascade type combination extruders;
- 5) worm oscillating mixers, which are used in the plasticisation of composite materials.

The basic technological scheme of polyethylene pipes production from powdered composition is shown in Fig. 1.

Despite good feedback from operating personnel and technologists, the technological capabilities of the LT63x30-25/63 line are limited due to an imperfect process control system.

This leads to deterioration of quality of polyethylene pipes - manufactured products.

The process control system implemented on this line does not provide:

- DC motor control by THR-DPS system in the drum drive control system;
- monitoring of the change of drum rotation speed;
- measurement of the current consumed by the electric motor;
- qualitative regulation of the temperature of the press zones in the scheme of the press cooling principle.

The purpose of this research is modernisation of automatic control system of polyethylene pipes production line to improve their quality.

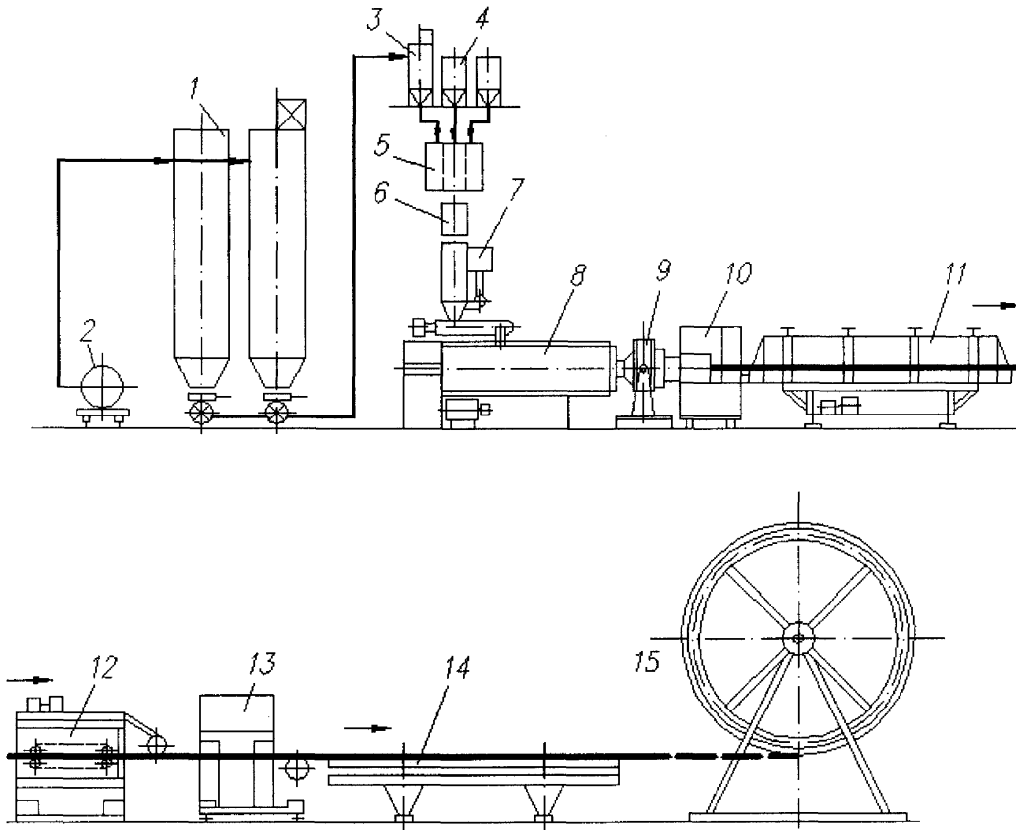
The set of modernisation measures includes, as a rule, the use of modern automation equipment, which ensures that the technological process is carried out in compliance with the technological parameters within the specified limits with the required accuracy.

To achieve the goal of the work set a set of tasks, the solution of which will improve the quality of production of polyethylene pipes.

The following tasks:

- in the control system of drum drives to provide DC motor control by THR-DPS system;

- calculate and select the power source and its elements;
- determine the parameters of the power circuit of the electric drive;
- calculate protection elements;
- build characteristics of the converter;
- optimise SAC control loops;
- calculate speed characteristics in closed and open loop SAC;
- investigate the control system on a digital model;
- develop a pulse-phase control system.



1 - raw material storage tank; 2 - tank; 3 - intermediate tank for polyethylene; 4 - intermediate tanks for additives; 5 - device for dosing of three components; 6 - device for detection of metal particles; 7 - device for drying and heating of pellets; 8 - extruder; 9 - head; 10 - calibrating device; 11 - cooling baths; 12 - pulling and counting-marking device; 13 - cutting device; 14 - receiving device; 15 - winding device.

Figure 1 - Principal scheme of polyethylene pipe production

A speed indicator is used to monitor the change of drum speed without estimating its value with standardised accuracy.

A measuring device is used to measure the current consumed by the electric motor.

In the control system of the press cooling process to regulate the temperature of the press zones a multi-channel temperature regulator of the 'microTER' type is used.

Application of a complex thyristor converter made on the basis of BTU-3601 allows to reduce the cost of machine-hour and energy costs.

References

1. Mikul'onok I. O. Tehnologichni osnovy pereroblennja polimernih materialiv. Kyi'v: KPI im. Igorja Sikors'kogo, 2020. 292 s.
2. Voznjuk V. T., Mikul'onok I. O. Intensyfikacija procesu vygotovlennja ekstrudovanyh polimernih trub: monografija. Kyi'v : NTUU «KPI», 2012. 142 c.
3. Lukashova V. V., Mikul'onok I. O., Radchenko L. B. Ekstruzija pinopolimeriv: monografija. Kyi'v: NTUU «KPI», 2011. 175 c.

UDC 681.5

Sergey Petrenko, student of the gr.AK-23M-2, **Anatolii Matsui**, Prof., Doctor of Technical Sciences

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

e-mail: sereja.petrencko2014@ukr.net

AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF THE LIFT LOADING PROCESS DURING PARKING OF PASSENGER CARS

Currently, there is a tendency of significant growth in the number of cars in Ukrainian cities, as a consequence, the allocation of territory for car parking is relevant and requires non-standard solutions. The biggest problems arise in the city centre, where the territory is not significant and traffic flows are large. Availability and convenience of parking is often a decisive criterion in using a car for intracity trips.

With the country's transition to the principles of market economy, the principles of urban development have radically changed, the state regulation of the growth of motorisation has disappeared. The growth in the number of cars has become spontaneous, which has introduced some peculiarities in the formation of the parking system in cities. There is a discrepancy between the number of individual cars and the availability of organised parking spaces.

Taking into account the peculiarities of the development of Ukrainian cities in these economic conditions, there is a need to develop rational ways of organising parking places for individual cars. The problem of ensuring a harmonious combination of urban planning and traffic management is constantly becoming more complicated due to the rapid growth of motorisation. The intensive growth of the number of motor vehicles over the last ten years has led to their overloading the street and road network of both small and large cities of Ukraine and especially their centres. Therefore, it is necessary to develop effective measures to reduce their negative impact on the urban environment.

An effective way to solve the problem of car parking—is the use of modern automatic car parks and parking systems. Automatic car parks allow to place more cars on a smaller area.

In Ukraine, the company 'Lift-Odessa-Parking' develops multi-level car parks. It is designed for simultaneous parking of ten passenger cars. However, this lift has a number of disadvantages:

- there is no possibility of quick access to the platform with the car;
- absence of the system balancing mechanism;
- no automatic selection of the direction of rotation
- requires the presence of a specially trained car park dispatcher.

Therefore, the aim of the research is to increase the performance of the hoist, by modernising the existing system. The new system will significantly increase the performance of the hoist, allowing its 24-hour use and the possibility of its autonomous operation.

Taking into account the above disadvantages the functional scheme of the control system was developed, which is shown in Fig.1. The main organ of the hoist loading control system is a programmable logic controller. Thanks to it, the system has a rather high flexibility, the possibility of combining several control functions at once, and high speed. The car lift control system requires two types of data, namely information about which platform is in the loading position and control of car entry and exit on the platform. Depending on the status of the sensors and the signals coming from them, the PLC generates specific control commands for the power module. The controller also communicates with the control panel and has the possibility to connect an additional proximity card reader.

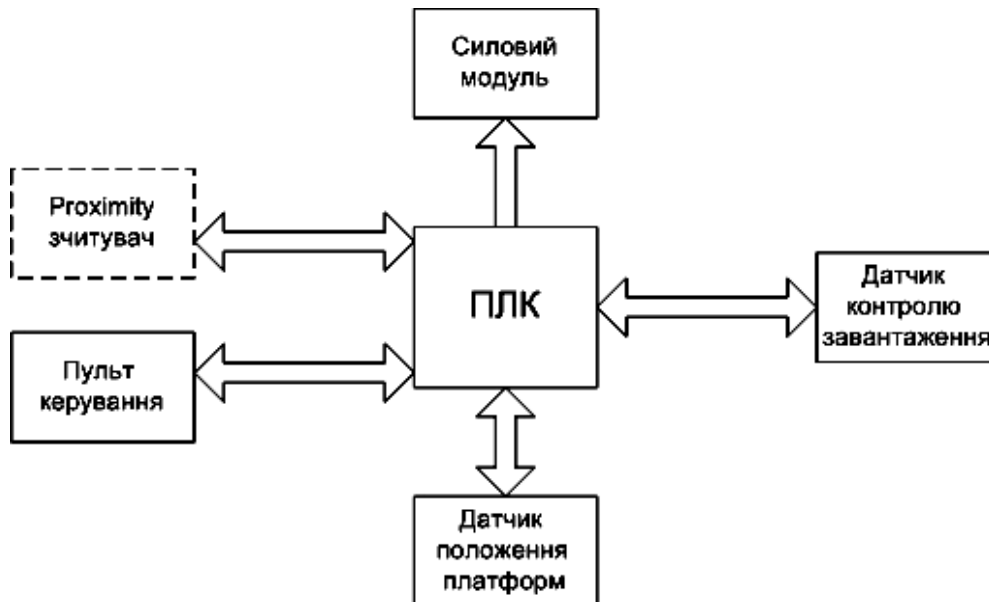


Figure 1 - Functional scheme of the control system

On the basis of the developed functional diagram the system elements were selected. Platform positioning sensor (based on LEDs and phototransistors) is designed to identify the number of the platform when it approaches the loading position, it is located in the lower part of the lift. The vehicle presence sensor is similar in its design to the platform number sensor, but it does not have an intermediate bar, the role of which is performed directly by the object of control—the vehicle.

Before writing a programme for any control element, in particular the PLC that provides the operation of the sensors of this system, an algorithm for its operation was drawn up.

During the research, the motor for controlling this process was also justified and selected, and the maximum static moment on its shaft and the total moment of inertia of the system were calculated. With the help of MATLAB environment, the control system graphs were plotted when the hoist is moving [1, 2]. From the graph of angular velocity transient, it can be seen that the speed establishment time is less than 0,5 s. Analysing the graph of power change, we can conclude that at a time of about 7,2 s, the engine has switched to generator mode (i.e. in the mode of energy recovery to the grid). These indicators fulfil the requirements set for these systems.

Thus, as a result of the research, a new lift loading control system was built, an improved control was obtained, capable of limiting human intervention in the car parking process and eliminating the possibility of false operator commands, which cause an increase in the load on the equipment and on the system as a whole. Thanks to the automated system, car parking has become more convenient and safer.

References

1. Lazarjev Ju. . Dovidnyk z MATLAB / Elektronnyj navchal'nyj posibnyk z kursovogo i dyplomnogo proektuvannja. Kyi'v: NTUU "KPI", 2013. 132 c.
2. Hockina V.B., Vdovychenko I.N. Robota v paketi MATLAB: Navchal'nyj posibnyk. Kryvyj Rig: Derzhavnyj universytet ekonomiky i tehnologij, 2023. 130 s.

UDC 681.5

Maxim Prochakov, student of the gr.AK-23M-2, **Viktor Kalich**, Prof., Candidate of Technical Sciences

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

e-mail: maks.prochakov@ukr.net

JUSTIFICATION OF AUTOMATIC CONTROL OF THE EXTRACTION PROCESS DURING OIL PRODUCTION

Vegetable oil production is one of the leading branches of the country's food industry. Its main products are edible and technical vegetable oils. Edible vegetable oils, along with other products, form the basis of rational human nutrition. They are used in food both in pure (unchanged) form and in the form of margarine, kitchen fat, mayonnaise and other products obtained during oil processing.

Technical oil is used for preparation of soap and detergents - household and technical, as well as oxidised oils used for production of olives, varnishes and paints. Certain types of vegetable oils are used for the preparation of special-purpose lubricants, as solvents for medicines, and in the production of cosmetics.

Extraction method of vegetable oils extraction is the most effective. It provides almost complete oil extraction (oil residue in the degreased material is less than 1%). This makes it possible to extract oil even from low-oil materials inaccessible to the most powerful presses. That with the applied solvents and technological equipment was in quality worse than the press. This led to the creation of technological schemes of double oil extraction, which included extraction of the main part of oil from seeds by pre-pressing, and then extraction of the remaining part of oil from the pressed material. Pre-pressing of oil allowed to improve the quality of the main part of the obtained oil and, in addition, to intensify the work of the extraction equipment. Preliminary and final degreasing were applied not only at extraction plants, but also at press plants, where final oil pressing was carried out on presses developing high pressure, but having relatively small capacity.

Currently, two methods are used to extract oil from seeds - pressing and extraction. In the processing of most oilseeds rich in oil, the extraction method is the final stage of defatting; it is preceded by pre-pressing, during which most of the oil is extracted. Low-oil seeds can be defatted by extraction alone. This method, called direct extraction (without prior oil separation by pressing), is currently promising and will obviously also be used in the future for seeds with a high oil content.

Modern methods of extraction and new extraction plants ensure the production of vegetable oils of higher quality due to the use of less intensive (compared to pressing) technological effects on the processed seeds. Modern oil refineries are geographically located in areas of high concentration of oilseed and industrial crops processing; their productivity is 800-1000 tonnes of seed processing per day. These are mechanised flow production facilities with a high degree of automation of production processes.

The main objectives of these studies are to increase the capacity of existing enterprises, intensify technological processes, improve the quality of products, comprehensive and efficient use of raw materials, reduce energy costs per unit of output, improve sanitary and hygienic working conditions.

These tasks can be successfully solved only on the basis of complex automation and mechanisation of production.

Production automation not only allows to intensify production processes, increase labour productivity and obtain consistently high product quality, but also ensures safe and accident-free operation of main and auxiliary equipment.

UDC 681.513.5

Danilo Ratushny, student of the gr.AK-23M-2, **Viktor Kalich**, Prof., Candidate of Technical Sciences **Anastasia Miroshnichenko**, student of the gr.EHM-24M
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
e-mail: ratushnyi77d@ukr.net

ELECTRIC DRIVE CONTROL SYSTEM OF MODERN SOLAR PHOTOVOLTAIC POWER PLANTS

One of the most important problems of our time is the problem of energy sources. Mankind is rapidly using up the organic sources that nature has accumulated over hundreds of millions of years, as about 90 per cent of the world's energy now comes from oil, gas and coal. That is why more and more attention is being paid to alternative, renewable energy sources. One of the most promising among them is the direct conversion of solar radiation into electrical energy using semiconductor photovoltaic converters, which are combined into solar modules [1, 2].

It has been proven that if an object is constantly orientated towards a light source at an angle close to 90° , regardless of the season, the difference in generated energy between a tracking and stationary system is 30-40% [3].

Therefore, the purpose of this research is to improve the energy performance of the tracking electric drive for modern solar photovoltaic power plants, to create a control system with a variable structure that provides insensitivity to changes in the parameters of the control system and to reduce the cost of electricity to compensate for disturbing influences.

Solar power plants usually use linear concentrators of solar energy with the maximum degree of concentration.

Tracking actuators of solar PV power plants usually operate in two coordinate axes. To keep the angle of incidence of the rays relative to the panel at 90° , there are several pointing methods (manual, photo sensors, software).

The existing systems have both advantages and a number of disadvantages. Taking into account the disadvantages and having analysed the literature sources and conducted certain studies, it was decided to apply a relay tracking DC electric drive with control from the Sun pointing system with a photosensor in the mode of step-by-step tracking. A tracking drive is a drive designed to realise mechanical movements with a certain degree of accuracy, set by a low-power measuring organ, which cannot perform the functions of the drive [4, 5].

When selecting the structure of the tracking electric drive it is necessary to take into account the following requirements: reliability; ease of maintenance; high degree of automation, providing for a long time (months) of operation of solar photovoltaic stations without human intervention; ensuring acceptable accurate performance; minimum capital investment; energy saving; protection from wind loads. As a result, it is justified and calculated that for this system it is advisable to choose a DC motor with a capacity of 50W.

In general, the structure of the tracking electric drive is multi-loop. A loop is understood as a set of links covered by feedback. At first, the single-loop system was investigated, functional and structural schemes were developed.

On the basis of the obtained differential equations of the single-loop system in the application package Matlab was built a model of this system and the transient process of the system [6]. From which we can see that the value of overshoot is 60%, the regulation time is 6s, and the number of oscillations is 3, which does not meet our requirements of accuracy and speed.

In order to achieve higher quality transients of the tracking drive, a speed feedback can be introduced. As a result, a two-loop system is obtained.

Based on the obtained differential equations, the model of the two-loop system, the structural diagram of the model and the transient process are constructed. The value of overshoot is 50%, the regulation time is 2s and the number of oscillations is 3, which also does not meet the requirements of accuracy and speed of the tracking electric drive.

In this connection, a system with a variable structure has been developed, which makes it possible to improve the quality of transients and reduce the sensitivity of the system to changes in its parameters. This system utilises a relay element and an element for comparing signals for current and rotational frequency of angular velocity. As a result of modelling, the transient process of the rotation angle between the set and worked axes of the model of the tracking electric drive is obtained. As can be seen, the value of overshoot is zero, there are no oscillations, and the regulation time is 4s. As a result of using such a system, less energy is consumed for compensation of disturbing influences, i.e. the drive operation becomes energy-saving.

To evaluate the stability of the developed system we apply frequency criteria. As can be seen from the plots, the system is stable with a phase margin of 33° and an amplitude margin of about 60 dB. For stability of the system it is necessary and sufficient that all roots of the characteristic equation have negative real parts. From the AFC graph we can see that the hodograph passes through three quadrants (which corresponds to the 3rd order of the characteristic equation of the system) and does not cover the point with coordinates $[-1, j0]$. Thus, we conclude that the system is stable according to the Nyquist criterion.

The efficiency of the tracking electric drive as part of the guidance system was also investigated, taking into account all the losses occurring in the motor. As a result, it was proved that the savings in the transition from continuous to step-by-step mode (even with sufficiently small step values of about 0.5°) of tracking the Sun can be comparable to the nominal motor power and reach up to 50% of the energy consumed by the electric drive from the network. For practical purposes, it is advisable to choose a pitch of up to 3° .

To control this solar tracking system, an electrical circuit diagram has been developed. This system consists of a circuit for pointing the solar panel to the Sun, a light sensor with amplifier, a bridge circuit for switching on the keys. The whole system is controlled by Atmega microcontroller, the circuit diagram of which is shown in the explanatory note.

The results of this research can be used to design solar photovoltaic stations of different capacities and can be used to support GSM base stations and repeaters remote from the power grid.

References

1. Sonjachna elektroenergija – elektroenergija majbutn'ogo. Elektronnyj resurs:https://prel.prom.ua/a324061-sonjachna-elektroenergiya-ukrayini.html?fbclid=IwAR3ffCn5ApGMApM-2s7yVeEauHBYem_1-C4TF10KC_CiZ3fn3RwdfnAqbbo.
2. Kravec' O.V. Netradycijni dzherela energii'. D.: RVV DNU, 2019. 132 s.
3. Bacala Ja.V., Jaremak I.I. Elektroobladnannja sonjachnyh elektrostancij. Ivano-Frankivs'k: IFNTUNG, 2020. 56s.
4. V.Ja. Zhujkov, L.M. Luk'janenko, D.A. Mykolajec', K.S. Osypenko, A.O. Steljuk, T.O. Tereshhenko, Ju.S. Jamnenko. Pidvyshennja efektyvnosti system z vidnovljuvanyh dzherelamy energii': monografija. Kyi'v: Kafedra, 2018.
5. Pryncyp roboty sonjachnoi' paneli. Rezhym dostupu: <https://axiomplus.com.ua/news/vse-o-solnechnyh-panelyah/>
6. Gerai'mchuk, M. D. Modeljuvannja system u seredovyshhi MATLAB-SIMULINK. Kyi'v: NTUU «KPI», 2006. 175s.

УДК 631

Марія Чорна, доц., канд. техн. наук, **Дмитро Лавренко**, аспірант, **Борис Денисов**, аспірант.
Державний біотехнологічний університет, м. Харків
e-mail: masher1533@gmail.com

ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПОЛЕМ

Виробництво продукції рослинництва високої якості є одним з факторів економічної незалежності і стабільності України, що може гарантувати забезпечення населення продуктами харчування і створення вагомого експортного потенціалу сільськогосподарської продукції. Через високу вартість та нестачу мінеральних добрив і засобів захисту рослин від шкідників середня врожайність сільськогосподарських культур знизилася останнім часом, особливо в роки з несприятливими погодними умовами. Через бойові дії припинили роботу багато агрофірм, знизилась кількість робітників в існуючих підприємствах. А неефективне використання земельних ресурсів, низький рівень впроваджень досягнень науково-технічного процесу тощо не сприяють налагодженню ситуації.

Застосування лише традиційних технологій на сьогоднішній день вже недостатньо. Сільське господарство потребує оптимізації виробництва з метою одержання максимального прибутку, раціонального використання ресурсів, в тому числі природних, захисту навколишнього середовища. Сучасне сільське господарство передбачає ефективне та раціональне керування процесами росту рослин відповідно до їх потреб у поживних речовинах і умов зростання.

Врожайність сільськогосподарської культури на різних ділянках одного і того ж поля не буває однаковою. На показники врожайності впливають такі фактори як: якість ґрунту (родючість, кислотність); дози і види добрив; топографія місцевості; наявність лісосмуг; технологія посіву, догляду за сільськогосподарською культурою, збирання врожаю; якість насіння; хвороби, шкідники; погодні умови тощо.

Дослідження впливу ЕМП крайвисокочастотного (КВЧ) діапазону для знищення мікроорганізмів, отримання оптимальних біотропних його параметрів, розробка високостабільного електромагнітного джерела. Дослідження по впливу ЕМП на насіння різних культур показують, що вони при певних енергоінформаційних параметрах ЕМП можуть підвищити схожість і енергію проростання насіння до 30%.

Рослини, вирощені з обробленого насіння ЕМП сходять на кілька днів раніше, контрольних, мають перевагу по вегетативній масі та по врожайності до 30 ... 40%, некондиційне насіння досягають рівня кондиційних [1].

Побудова інформаційних електромагнітних технологій в сільськогосподарському виробництві пов'язано з проблемою визначення оптимальних біотропних параметрів електромагнітного поля, які здійснюють стимулюючу дію на метаболічні процеси в біооб'єктах. Природа використовувала природні ЕМП зовнішнього середовища як джерела інформації, яка забезпечувала безперервне пристосування організмів до зміни різних факторів зовнішнього середовища - погодження процесів життєдіяльності з регулярними змінами, захист від спонтанних змін. А це призвело до використання ЕМП як носіїв інформації.

Одним з шляхів рішення цієї проблеми є використання спеціальних автоматизованих систем, що включають високочутливі пристрої отримання біофізичної інформації для оцінки дії ЕМП на життєдіяльність біологічних об'єктів.

Відсутність теоретичних досліджень як взаємодії інформаційного електромагнітного

поля з біологічними об'єктами рослинництва, так з розробки пристроїв для оцінки механізмів біологічної дії ЕМП робить проблематичною постановку питання про створення нових ресурсозберігаючих електромагнітних технологій в сільському господарстві. Рішення проблем в сільському господарстві і пов'язаних з ним галузях промисловості можливе на основі вживання ефективних інформаційних електромагнітних технологій, здатних змінити спосіб виробництва сільськогосподарської продукції. Передпосівна обробка насіння культур електромагнітним випромінюванням підвищує схожість, врожайність на 10-20% та якісні показники в порівнянні з контрольним матеріалом. Теплові та хімічні методи дії на біологічні об'єкти не завжди можуть бути застосовані в сільському господарстві. Вони небезпечні для здоров'я людини та потребують значних матеріальних ресурсів. Крім того, в більшості випадків відсутня повторюваність в отриманні позитивного ефекту від їх застосування. Особливий інтерес і значущість представляє застосування інформаційного поляризованого ЕМП на біологічні об'єкти рослинництва з метою підвищення якості і кількості врожаю, знезараження насіння, знищення шкідників.

Застосування інформаційного електромагнітного поля в сільськогосподарському виробництві пов'язане з найменшими витратами енергії при максимальному впливі на процеси життєдіяльності біологічних об'єктів, які залежать не лише від потужності випромінювання, а й від відповідних частотних і модуляційно-часових параметрів ЕМП [1].

Актуальність даних досліджень підтверджується відкриттями та винаходами, зокрема в сільськогосподарському призначенні; закордонними роботами, які пов'язані з цілеспрямованою використанням впливу інформаційного випромінювання ЕМП не тільки на рослин і тварин, але і на людину. Проте бажані результати у зміні властивостей біологічного об'єкту можуть бути отримані лише при оптимальних біотропних параметрах ЕМП.

Для визначення біотропних параметрів ЕМП повинна бути побудована модель, що дозволяє визначити діапазон зміни даних параметрів (частота, потужність, експозиція, модуляція). Вирішення проблеми з визначення біотропних параметрів ЕМП для інформаційної дії на біологічні об'єкти лежить в розробці математичних моделей, на основі яких визначався б можливий діапазон змін цих параметрів, а оптимізація цих параметрів проводилася за допомогою автоматизованих систем неруйнівного контролю біооб'єктів.

Застосування інформаційних електромагнітних технологій в енергозатратних технологічних процесах дозволяє знизити питомі енергозатрати, стабілізувати вихід і якість готової продукції. При цьому є можливість зменшити площу виробничих приміщень і скоротити кількість персоналу. Також такий підхід дає можливість автоматизації технологічних процесів.

На базі використання інформаційних параметрів електромагнітного поля ефективно вирішуються питання вимірювання біотропних параметрів біологічних об'єктів з метою їх оцінки. Ця технологія відрізняється високою точністю і універсальністю для неруйнівного контролю технологічних параметрів сільськогосподарських матеріалів [1]. З аналізу стану використання інформаційних електромагнітних технологій можна зробити висновок що ця сфера енергетики взаємодіє з багатьма галузями. Це обумовлено тим, що застосування даної технології має ряд переваг з порівнянні з іншими видами фізичної взаємодії на об'єкти сільськогосподарського виробництва, в першу чергу, на біологічні.

Список літератури

1. Analysis of the electromagnetic field of multilayered biological objects for their irradiation in a waveguide system / V. Popriadukhin, I. Popova, N. Kosulina, A. Cherenkov, M. Chorna // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. №6/5(90). P. 58-66.
2. Чорна М.О. Застосування електромагнітного випромінювання для сушки та дезінфекції насіння зернових культур // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 186 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». Харків: ХНТУСГ, 2017. с. 146-147.

UDC 621.3 17

Natalia Kosulina, Prof., Doctor of Technical Sciences
State Biotechnological University, Kharkiv
e-mail: kosnatgen@btu.kharkiv.ua

JUSTIFICATION OF THE METHOD OF DIELECTRIC CONSTANT MEASUREMENT

Professionals in many industries want to better understand the properties of the materials they work with, as this can help shorten design cycles, improve incoming inspection, process monitoring and quality control. Each material has a unique set of electrical parameters that depend on its dielectric properties. Accurate measuring these parameters can provide engineers with valuable information to make the best possible use of these materials in devices under development or to control manufacturing processes to ensure higher quality. Measuring the characteristics of dielectric materials can provide very important information for many technologies. For example, cable insulation loss, substrate resistance or dielectric resonator frequency are directly related to dielectric properties. New technologies in the aerospace, automotive, food, medical and agricultural industries can also benefit from the knowledge of dielectric properties. Table 1 shows the possible applications of dielectric constant data. Dielectric constant (DC) measurements are widely used in a variety of technologies. Table 1 shows examples of applications from various industries.

Table 1 – Examples of applications for measuring DC of materials



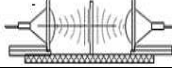
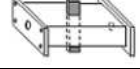


Industry	Products
Electronics	Capacitors, substrates, printed circuit boards, printed antennas, ferrites, magnetic recording heads, radiation absorbers, masking materials, sensors
Defense industry	Radiation-absorbing coatings, radiation-absorbing materials, antenna fairings
Industrial materials	Ceramics and composites: IP enclosures, aerospace and automotive components, cement, coatings, bioimplants Hydrogel: disposable, absorbent nappies, soft contact lenses. Liquid crystals: displays. Rubber, semiconductors and superconductors.
Food processing and agriculture	Food storage (spoilage) research, food development for microwave chains, packaging, moisture measurement
Forestry and mining	Wood or paper moisture measurement, oil content analysis
Pharmaceutics and medicine	Drug research and production, bioimplants, human tissue measurement, biomass, chemical concentration, fermentation

The choice of the most appropriate measurement method is determined by many factors, such as accuracy, convenience, shape and type of material. Table 2 shows a list of the most important factors: frequency range; expected values of ϵ_r and μ_r ; required measurement accuracy; material properties; type of material; sample size limitations; destructive or non-destructive method; contact or non-contact method; temperature and cost. Therefore, when choosing a method for measuring DC, it is necessary to know the possible properties of the material under study and the features of the method for measuring DC. Thus, to obtain the wood DP spectra and obtain the moisture dependence for different coniferous species, the resonance measurement technique was used. Rectangular multimode resonators of three sizes $58 \times 25 \times 480 \text{ mm}^3$, $35 \times 15 \times 450 \text{ mm}^3$, and $23 \times 10 \times 250 \text{ mm}^3$, covering the range of 3...12 GHz, were used as a measuring cell. The resonator was connected to the microwave path of the Agilent Technologies E8363B circuit of vector analyzer through a capacitive diaphragm. The other end of the resonator was shorted. The wood sample was placed in the hole in the middle of the wide wall of the resonator, with the wood fibres parallel to the electric field lines.

The frequency dependences of the real part of DC of wood of five species for two values of weight moisture content are shown in Fig. 1. It can be seen that the values for conifers are relatively close to each other, in contrast to the values for birch. The dependence of the real part of DC on the

weight moisture content for two birch specimens differing in the place of growth is shown in Fig.2a. ‘Upper birch’ is the name given to a tree that grew on a hill, on light loamy soils, its wood is light. The ‘lowland birch’ grew in a low marshy area, and its wood has a dark brown hue on the outside. This is because the soil of low-lying areas contains many mineral salts.

Table 2 – Comparison of the main methods of measuring DC

Coaxial probe ϵ_r		Wideband, user-friendly, non-destructive. Good for high-loss materials, liquids and powdery substances
Transmission line ϵ_p and m_r		Broadband. Good for high-loss, solids handling materials
Free space ϵ_p and m_r		Wideband, non-contact. Good for sheet materials, powders and high temperatures
Volume resonator ϵ_r		Single frequency, accuracy. Good for low-loss materials and small samples
Parallel plates ϵ_r		Accuracy. Good for low frequencies and thin sheet materials
Inductance measurement μ_r		Accuracy. Good for low frequencies and thin sheet materials

These differences in the origin of trees of the same species are also evident in the value of DC. The results of the study show that the mineral composition of the moisture absorbed by the tree plays a greater role than the structure of the wood. The moisture dependence of the real part of DC for five wood species is shown in Fig. 2, b. It can be seen that the rate of increase of DC values is not the same. It increases with increasing moisture content.

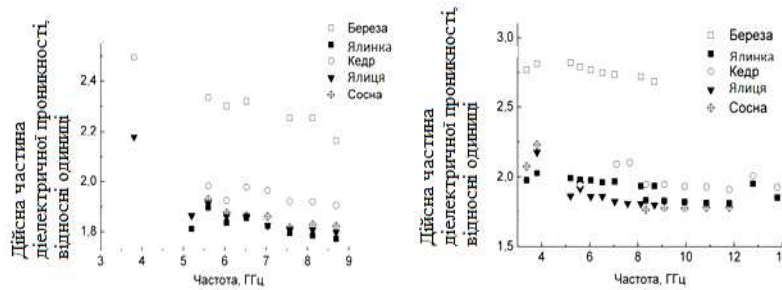


Figure 1 – Weight humidity 0.01(a); weight humidity 0.03(b)

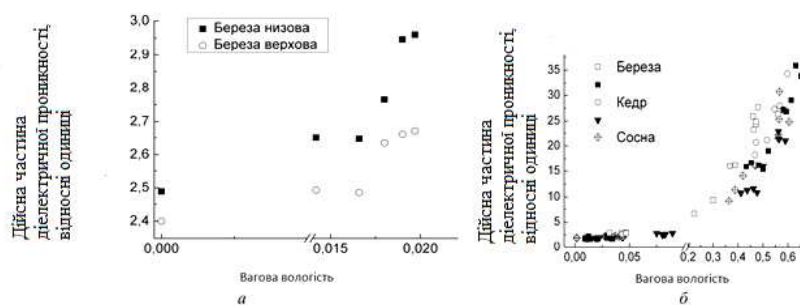


Figure 2 – Frequency 3.807 GHz (a); frequency 5.2 GHz (b)

Methods for measuring DC of objects are diverse, so when choosing a particular method, it is necessary to know the possible properties of the material under study and the features of the method. Thus, to measure DC, the resonator method was chosen to obtain the DP spectra of wood and obtain the moisture dependence for different coniferous species, taking into account the dielectric properties of wood and reducing the measurement error.

References

1. Діелектрична проникність хвойних порід деревини в діапазоні частот 3 - 12 ГГц / Кочеткова, В. І. Сусяєв, С. І. Волчков / Вісник СибГАУ. № 5(51). 2013. С. 101 - 104.

UDC 543.555: 574: 504.75

Victor Shigimaga, Professor, Dr. Tech. Sc., **Natalia Kosulina**, Professor, Dr. Tech. Sc.,
Mariia Chorna, Associate professor, Cand. Tech. Sc., **Hennadij Lyashenko**, Associate professor,
Cand. Tech. Sc., **Vitaly Sukhin**, Sr. Lecturer, **Kostiantyn Korshunov**, Sr. Lecturer
State Biotechnological University, Kharkiv
e-mail: biovidoc@btu.kharkiv.ua

APPLICATION OF THE PULSE CONDUCTOMETRY OF UKRAINE NATURAL WATERS

Among the many physico-chemical methods of analysis, the conductometric method is well-known and widely used. It is based on the measurement of the electrical conductivity of liquid media. The application of conductometry has long become common in various fields of science and production.

Considering the science of hydrochemistry, it can be confidently stated about the significant role that the measurement of electrical conductivity plays in the analysis of the quality of natural water sources [1-3]. In water bodies that mainly contain soluble mineral compounds (most surface and artesian sources), electrical conductivity is an indicator of the total concentration of inorganic electrolytes [1, 2]. Since electrical conductivity is a cumulative indicator of the content of various dissolved substances in the form of ions in water, measuring this parameter for natural waters will allow assessing both their overall mineralization and the overall pollution with dissolved conductive impurities, mostly of anthropogenic origin [1-3]. As natural waters are the main driving force of many global biological, physico-chemical, geochemical, and geophysical processes on the planet, there arises a need to study their physical properties, particularly conductivity, which in this context acquires special significance as a parameter of environmental monitoring.

The practical capabilities of traditional conductometry are limited in some cases because the electric field intensity in this method is insignificant (tens of V/cm) and, most importantly, constant. In contrast, as shown by our recent research, conductometry in the PEFRS offers more possibilities, allowing the use of the dependence of the liquid medium's conductivity on the field intensity, which accelerates different types of ions differently [4,5]. Based on this fact, further studies of the pollution of natural water sources will be conducted using the modernized method and apparatus of conductometry in the PEFRS. In this case, the measurement error of the conductivity of natural water will not exceed 3.5 %.

The practical part of the work began with taking water samples from a natural source into disposable Eppendorf tubes with a volume of 1-2 ml with a hermetic lid. Immediately after sampling, the tube lid was closed to exclude contact with air and water evaporation. The obtained data on the electrical conductivity of natural water, depending on the intensity of the electric field, were plotted on a general graph for comparison. All calculations, statistical processing, and graph plotting were performed in Microsoft Office Excel. The obtained results of the electrical conductivity measurements in the PEFRS of natural waters are shown in Fig. 1.

In Fig. 1, the electrical conductivity of water from the main rivers in Kharkiv and the region is presented. Water samples from the Kharkiv and Lopan rivers were taken from the shore near the confluence and upstream within the city limits for each river at the same time. Based on the dependence of the water conductivity of these rivers (upstream – lower, downstream – higher), the impact of the city's environmental conditions can be assessed even over a relatively small section of the flow, considering that several city storm water outlets, enterprises, and residential areas are located here. Moreover, this part is the center of Kharkiv with many city highways with high traffic density.

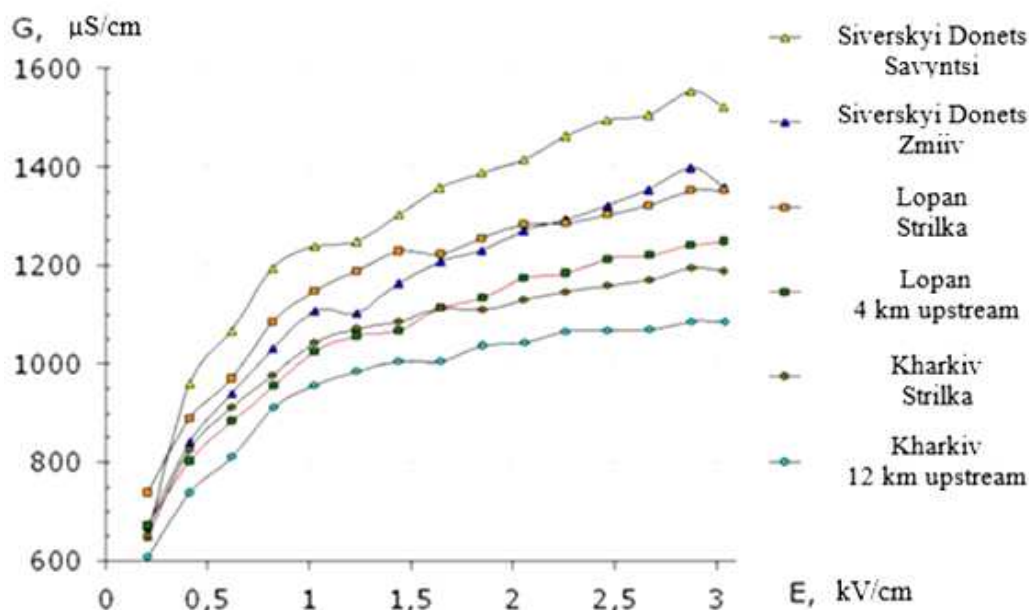


Figure 1 – Conductivity in the PEFII of the water of the Kharkiv and Lopan rivers within the city of Kharkiv and the Siverskyi Donets river 35 and 80 km downstream from Kharkiv

Further in Fig. 1, the electrical conductivity of the water of the Siverskyi Donets river, which carries the waters of the Kharkiv and Lopan rivers, is also presented.

Water samples from the Siverskyi Donets river were taken in the area of Zmiiv and downstream in the area of Savyntsi, 35 and 80 km from Kharkiv.

From the obtained dependencies of electrical conductivity, it follows that the river waters manage to undergo some self-purification, and downstream of the Siverskyi Donets, it is significantly increased, as the water has passed areas adjacent to the floodplain with developed agricultural and industrial production.

One of the features of the proposed method is that the results of measuring the electrical conductivity of river water integrally reflect only the fact of the presence of conductive pollutants in addition to natural mineralization.

To determine the composition and contribution of each ion, it is necessary to apply a differential approach, the description of which is presented in works [4-6].

Thus, by measuring the electrical conductivity of river water using the conductometry method in the PEFRS, it is possible not only to track the dynamics of seasonal processes, determine the timing of self-purification and stabilization of its parameters, but also to monitor anthropogenic pollution of rivers downstream, obtain additional information about their physical properties, which can be used in human activities and for assessing its impact on the biosphere.

References

1. Shigimaga V. A. Izmereniya elektricheskoy provodimosti prirodnyh vod biosfery // Sistemy i ustrojstva okruzhayushej sredy. 2016. № 4. S. 22–28.
2. Shigimaga V., Blagov I., Kalimanova I. Conductometry of natural waters in pulsed electric field with rising strength // Proceedings 30th National scientific symposium “Metrology and metrology assurance 2020” 7-11.09.20, Sozopol, Bulgaria. 2020. P. 1-4.
3. Shigimaga V. O., Kosulina N. H., Chorna M. O., Lyashenko H. A. Sukhin V. V., Korshunov K. S. Ekologichnij monitoring prirodnyh vod Ukrayini za providnistyu / XX Mizhnarodna nauково-praktichna konferenciya “Ekologichna bezpeka: problemi i shlyahi virishennya”, Harkiv, UkrNDIEP. 2024. S. 421-428.
4. Shigimaga V. O. Biotehnologichnij kompleks impulsnoyi konduktometriyi i elektromanipulyaciyi z klitinami tvarin: avtoref. disertaciya. d-r. tehn. n.: 05.11.17. Harkiv, 2014. 36 S.
5. Shigimaga V. Pulsed conductometry in a variable electric field: outlook for the development of measurements // Measurement Techniques. 2015. Vol. 57, N 10. P. 1213-1218.
6. Shigimaga V. Conductometry in Pulsed Electric Field with Rising Strength: Bioelectrochemical Applications // Analytical and Bioanalytical Electrochemistry. 2019. 11(5). P. 598-609.

УДК 621.374

Наталія Косуліна, проф., д-р. техн. наук, **Костянтин Коршунов**, ст. викладач
Державний біотехнологічний університет, м. Харків
e-mail: kosnatgen@btu.kharkiv.ua

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ЯБЛУК

Забезпечення населення плодовою продукцією визначається не лише рівнем виробництва, але і ефективною організацією її зберігання. Значна доля втрат плодів (до 30% і більше) в період зберігання доводиться на поразку їх фізіологічними розладами і грибковими хворобами (рис. 1). Існуюча система зберігання плодів з регульованим газовим середовищем (РГС) з достоїнствами характеризується і рядом недоліків.

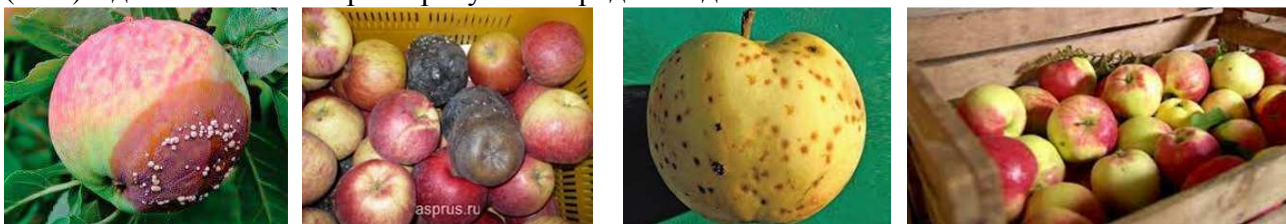


Рисунок 1 – Яблука з фізіологічними розладами і грибковими хворобами

Проте, знищення фізіологічних і грибкових хвороб плодів яблуні може бути отримане тільки при оптимальному поєднанні біотропних параметрів електромагнітного поля (ЕМП). Для визначення цих параметрів були проведені дослідження по розподілу електричного поля усередині тонкого сферичного шару з мікроорганізмами на основі моделі, яка представлена кулею, заповненою ізотропним однорідним середовищем з діелектричною і магнітною проникністю. Завдання полягає у визначенні цього поля як усередині, так і поза біооб'єктом. Оскільки біооб'єкт, (яблука) має сферичну симетрію, то розглядатимемо завдання про дифракцію в сферичній системі координат з початком в центрі біооб'єкту.

Теоретичний аналіз показав, що для знищення мікроорганізмів на поверхні [1, 2] слід проводити з використанням електромагнітного випромінювання в діапазоні частот 73 – 77 ГГц, експозицією 60...80 с., потужністю 650...750 мВт і відносною нестабільністю частоти $10^{-7} \dots 10^{-8}$.

Рішення даної задачі, пов'язане з визначенням структурної схеми високостабільного електромагнітного джерела в діапазоні частот на основі фазового автопідлаштування частоти (ФАПЧ), зводиться до визначення елементів системи перенесення спектру від кварцового генератора в міліметровий діапазон. Оптимальні параметри схеми генератора КВЧ діапазону визначаються за критерієм мінімуму дисперсії частоти (фази) коливань вихідного сигналу генератора, що синхронізується. Показники системи перетворення частоти цілком визначаються показниками ФАПЧ: смугами захоплення і утримання, стійкістю, що фільтрує здатністю, числом кілець ФАПЧ. Для аналізу стійкості системи ФАПЧ за критерієм Гурвіця було використаний запис процесів за допомогою диференціального рівняння. Розрахунки показують, що система ФАПЧ має запас стійкості. На основі проведених досліджень було встановлено, що для першого кільця потрібний помножувач з коефіцієнтом множення $N_1=150$, а для другого кільця з коефіцієнтом множення $N_2 = 0$. Множення частоти в першому кільці джерела здійснюється від кварцового генератора з частотою 50 МГц і відносною нестабільністю частоти $10^{-7} \dots 10^{-8}$. З усіх каскадів множення в сумарну спектральну щільність потужності фазових шумів найбільший вклад вносить перший каскад, оскільки його власні шуми множаться подальшими каскадами. Тому вхідний каскад помножувача з n

= 5 повинен поміщатися першим. На відміну від вхідних каскадів, що визначають фазові флуктуації, подальші підсилювально-помножувальні каскади окрім множення частоти повинні посилити вихідний сигнал до рівня необхідного для нормальної роботи помножувачів на діодах з накопиченням заряду (ДНЗ).

Для кращої фільтрації паразитних гармонік і забезпечення стикування з діодом з накопиченням заряду (ДНЗ) слідє, щоб крайовий каскад працював в режимі посилення, а для забезпечення стійкої роботи необхідно чергувати каскади посилення і множення.

Кварцовий резонатор типу КХ-9В працює на першій механічній гармоніці з частотою 50 МГц. З отриманих залежностей виходить, що потужність на виході кварцового генератора складає 25...28 мВт, відносна нестабільність частоти за $\tau_u = 10^{-3}$ с дорівнює 10^{-8} , а спектральна потужність фазових шумів сигналу на виході кварцового генератора складає -134 дБ/Гц при частоті налаштування від $F = 10$ кГц. Далі експериментально були розглянуті помножувачі і підсилювачі в кільцях ФАПЧ генератора. У діапазоні до 300 МГц застосовувалися помножувачі з коефіцієнт стоячої хвилі (КСХ) по входу 2 одиниці, а по виході не більше 2,5. ККД множників складає від 23 до 25%. Для отримання максимальної потужності на виході ДНЗ було застосований підсилювач, зібраний за балансною схемою. Балансний підсилювач, об'єднаний на вході і виході квадратурними НВЧ мостами, на транзисторах 2Т918Б. При $P_{вх} = 250$ мВт (одне плече модуля) на частоті 500 МГц підсилювальний каскад на виході має $P_{вих} = 1$ Вт, $K_p = 4$, ККД = 28%.

У другому кільці ФАПЧ застосований помножувач, зібраний на лавино-пролітному діоді типу 2А762А з вхідною потужністю 250 мВт і вихідний 50 мВт. Рівень бічних складових в помножувачі що нижче рівня несе не менше 22 дБ. При вхідній потужності помножувача 250 мВт потужність на виході складає 50 мВт. Рівень побічних складових що нижче рівня несе не менше чим 22 дБ. В якості синхронізуючого каскаду, на виході генератора був застосований відкритий бочкоподібний резонатор на трьох діодах 2А762А. У цій конструкції на частоті 75 ГГц була отримана потужність 750 мВт при ККД підсумовування потужності 80 %. Короткочасна відносна нестабільність частоти на виході складала 10^{-8} за час вимірів 10^{-3} с, а міра пригнічення дискретних складових у вихідному сигналі не менше 48 дБ.

Електронна перебудова частоти здійснюється варікапом з крутизною перебудови 600 МГц/В. В результаті теоретичних і експериментальних досліджень встановлені, що для обробки яблук електромагнітним випромінюванням перед їх зберіганням слід використати джерело КВЧ випромінювання. Для досліджень по обробці ЕМП випромінюванням яблук сорту «Голден» була розроблена пересувна установка. Для транспортера використовується фторопласт-4 з характеристиками: відносна діелектрична проникність 1,9; тангенс кута діелектричних втрат на частоті 75,8 ГГц $(1.2) \times 10^{-4}$. Технічні характеристики установки для обробки яблук : робоча частота 75,8 ГГц; короткочасна відносна нестабільність частоти 10^{-8} ; вихідна потужність 650 мВт; крутизна електронної перебудови 600 МГц/В.

Для тривалого зберігання яблук їх слід опромінювати електромагнітним випромінюванням з параметрами: частота $75,8 \pm 0,1$ ГГц; потужність на поверхні яблук $650 \pm 0,5$ мВт; час експозиції $60 \pm 5,0$ с., температура довкілля $18...20^{\circ}\text{C}$. Застосування ЕМП КВЧ для обробки яблук дозволило знищити мікроорганізми на їх поверхні і збільшити термін зберігання яблук до 120 діб при температурі $18...20^{\circ}\text{C}$ в умовах зовнішнього середовища.

Список літератури

1. Анализ распределения электромагнитного поля при облучении биологических веществ / Косулина Н. Г., Черенков А. Д., Сингатулин // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». Вип. 186. 2017. С. 153 – 154.
2. Analysis of the electromagnetic field of multilayered biological objects for their irradiation in a waveguide system / V. Ppriadukhin, I. Popova, N. Kosulina, A. Cherenkov, M. Chorna // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. №6/5(90). P. 58 – 66.

УДК 631.17

Геннадій Ляшенко, доц., канд. техн. наук, Надія Полянова, ст. лаборант
Державний біотехнологічний університет, м. Харків
e-mail: nicegennady@btu.kharkiv.ua

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ПОРОЖНИННИХ ЗБУРЕНЬ ДЛЯ АНАЛІЗУ БІОЛОГІЧНИХ ЗРАЗКІВ

Серед різних аналізів крові, які використовувалися в дослідженнях, що вивчають біомаркери в біологічних аналізах, найменш широко застосовуються діелектрична проникність і провідність. Діелектрична проникність є мірою поляризованості матеріалу і, отже, його здатності зберігати заряд [1]. Провідність біологічного зразка виникає в основному як міра здатності зразка проводити заряд, прикладений до нього [1]. Таким чином, з іншого боку, діелектрична проникність і провідність є добре відомими показниками фізіологічної структури зразка, за допомогою яких можна точно оцінити електромагнітні властивості цього біологічного зразка за допомогою методу порожнинних збурень [2].

Плазма крові, піддана впливу резонансних частот, налаштованих на максимальне збурення (2000 МГц - 4000 МГц S-діапазону в мікрохвильовому діапазоні), здатна виявити свої складові. Теорія, що лежить в основі цього методу, полягає в тому, що при введенні плазми крові в резонансну порожнину, розподіл поля в порожнині і резонансна частота, як очікується, будуть змінюватися в залежності від біологічних складових зразка. Згідно з теорією порожнинних збурень, комплексний зсув частоти пов'язаний з [3]:

$$-\frac{\Delta\Omega}{\Omega} \approx \frac{(\epsilon_r') \int_{V_s} \mathbf{E} \cdot \mathbf{E}_0^* dV}{2 \int_{V_c} |\mathbf{E}_0|^2 dV}, \quad (1)$$

$$\frac{\Delta\Omega}{\Omega} \approx \frac{d\omega}{\omega} + \frac{j}{2} \left[\frac{1}{Q_s} - \frac{1}{Q_0} \right]. \quad (2)$$

Прирівнявши (1) і (2) та відокремивши дійсну та уявну частини, отримаємо

$$\begin{aligned} \epsilon_r' - 1 &= \frac{f_0 - f_s}{2f_s} \left(\frac{V_c}{V_s} \right), \\ \epsilon_r'' &= \frac{V_c}{4V_s} \left(\frac{Q_0 - Q_s}{Q_0 \cdot Q_s} \right), \end{aligned} \quad (3)$$

де $\epsilon_r = \epsilon_r' - j \epsilon_r''$ – відносна комплексна діелектрична проникність зразка;

ϵ_r' – дійсна частина відносної комплексної діелектричної проникності, яка обумовлена поляризаційною складовою;

ϵ_r'' – уявна частина відносної комплексної діелектричної проникності, пов'язана з діелектричними втратами матеріалу;

V_s і V_c – відповідні об'єми зразка і резонатора.

Провідність можна пов'язати з уявною частиною комплексної діелектричної проникності наступним чином:

$$\sigma_s = \omega \epsilon'' = 2\pi f \epsilon_0 \epsilon_r''. \quad (4)$$

Оскільки електромагнітні властивості біологічних зразків, включаючи плазму крові, залежать від їхніх складових, очікується чітка різниця між нормальним і аномальним зразком крові.

Вимірювання електричних властивостей біологічних зразків може бути новим способом оцінки унікальних властивостей досліджуваної речовини. Хоча цей метод високо цінується в інженерії та біофізиці, його застосування в медичних науках загалом залишається недостатньо вивченим. Лише кілька досліджень були зосереджені на властивостях провідності та діелектричної проникності біологічних зразків, але вони дали цікаві та багатообіцяючі результати [2].

Дослідження, проведені за кордоном [2, 3], продемонстрували, що провідність і діелектрична проникність плазми крові ВІЛ-інфікованих пацієнтів, хімічно індукованого зразка $A\beta_{42}$ навіть інфікованого слизу вірусом H1N1, що викликає людський грип, відрізняється від поведінки нормальної крові. Застосування певних мікрохвильових частот для вимірювання діелектричної проникності та провідності дозволило дослідникам відрізнити нормальне від аномального людське молозиво, людську сперму та кров пацієнтів, інфікованих вірусами ВІЛ/СНІД та H1N1. Крім того, діелектричні властивості плазми крові також використовуються для визначення біомаси, електрокінетичного розділення та характеристики окремих клітин.

Реалізація досліджень у вказаному напрямку можлива тільки при наявності спеціальної мікрохвильової апаратури. В Україні систематизація даних про діелектричні властивості біологічних об'єктів до теперішнього часу не проводилася. Нечисленні дослідження по діелектричній спектроскопії проводилися в обмежених частотних діапазонах і носили обмежений характер. Тому за останній період в Україні були проведені численні дослідження теоретичного характеру, що дало можливість створення широкосмугових по частоті нових засобів вимірювання діелектричних властивостей біологічних об'єктів. На теперішній момент ця задача вирішується на основі спільної праці медиків та технічних фахівців біоінженерних спеціальностей. Обмежені доклінічні та клінічні дослідження, які можуть підтвердити дані, отримані до цього часу, повинні бути розширені, щоб визнати діелектричну проникність і провідність плазми крові надійними біологічними маркерами.

Викладені теоретичні міркування можуть мати практичне застосування у медико-біологічних дослідженнях, завдяки чому відкривається можливість виявлення певних патологічних змін у крові біологічних об'єктів, наприклад, при лікуванні грипу H1N1, виявленні онкомаркерів, ВІЛ/СНІД-інфекції та інших тяжких захворювань.

Список літератури

1. Будішев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка / М. С. Будішев // Підручник. Львів: Афіша, 2001. 424 с.
2. E. Dalle. Dielectric Constant and Conductivity of Blood Plasma: Possible Novel Biomarkers for Alzheimer's Disease / E. Dalle, M. Mabandla, V. Daniels // *Oxidative Medicine Cellular Longevity*, 2020. Feb. 13.
3. A. Lonappan. Dielectric properties of human colostrum at Microwave frequencies / A. Lonappan, C. Rajasekharan, V. Thomas, G. Bindu, K. T. Mathew // *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 2007. 41(2). P. 30-35.

СЕКЦІЯ № 4. ЕЛЕКТРОННІ КОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА

УДК 004.08

Юрій Пархоменко, доц., канд. техн. наук., **Олег Кислун**, доц., канд. техн. наук,
Артем Козак, здобувач
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: parhomenkoym@ukr.net, e-mail: kyslun@gmail.com, e-mail: scpacker19@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕОБХІДНОСТІ РОЗРОБКИ ТА ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ АЛГОРИТМІВ

В епоху цифрових технологій питання захисту персональних даних стає все більш актуальним. Стрімке збільшення обсягу інформації, що зберігається та передається через комп'ютерні мережі, підвищує ризики несанкціонованого доступу до конфіденційної інформації. Персональні дані часто стають об'єктом атак з боку хакерів, що вимагає впровадження ефективних засобів їх захисту [1].

Одним із перспективних методів захисту інформації є використання псевдовипадкових алгоритмів для шифрування даних. Псевдовипадкові алгоритми генерують числа, що мають властивості випадкових послідовностей, але детерміновані в залежності від початкових умов. Вони можуть бути використані для забезпечення високого рівня захищеності при збереженні доступності і ефективності обробки даних.

Захист персональних даних регламентується законодавством більшості країн світу. Зокрема, загальний регламент із захисту даних ЄС (GDPR) накладає серйозні вимоги на організації, що працюють з персональними даними [2]. У зв'язку з цим розробка ефективної системи захисту є критично важливою для відповідності сучасним стандартам безпеки та захисту приватності громадян.

Існує кілька підходів до захисту персональних даних, включаючи шифрування, токенизацію, анонімізацію та псевдонімізацію [3]. Проте ці методи мають обмеження, пов'язані з компромісом між безпекою та продуктивністю систем. Традиційні методи шифрування можуть вимагати значних обчислювальних ресурсів, що робить їх менш ефективними для систем із великим обсягом даних або вимогою до швидкої обробки.

Псевдовипадкові алгоритми дозволяють створювати захищені канали передачі даних без необхідності значних обчислювальних ресурсів. Основними їхніми перевагами є:

- Швидкість генерації послідовностей, яка забезпечує високу продуктивність системи;
- Низькі вимоги до обчислювальних ресурсів;
- Можливість інтеграції з іншими криптографічними методами для підвищення рівня захисту [4].

Наприклад, один із відомих псевдовипадкових алгоритмів – Генератор лінійної конгруентної послідовності (Linear Congruential Generator, LCG) – демонструє високу швидкість роботи та простоту реалізації, що робить його популярним у системах з обмеженими ресурсами.

Псевдовипадкові алгоритми можуть бути використані для генерації ключів шифрування, а також для створення одноразових паролів або токенів для аутентифікації

користувачів. Також ці алгоритми ефективні при реалізації протоколів обміну ключами між сторонами комунікацій у незахищених каналах [5].

Наприклад, використання псевдовипадкових функцій у протоколах, подібних до Diffie-Hellman, може значно підвищити безпеку переданих даних. Окрім того, завдяки детермінованій природі псевдовипадкових алгоритмів, такі системи можуть забезпечувати відновлюваність процесів генерації ключів, що важливо для відповідності вимогам безпеки.

Використання псевдовипадкових алгоритмів у системах захисту персональних даних дозволяє поєднати високу продуктивність із надійним захистом інформації. Завдяки низьким вимогам до ресурсів і гнучкості інтеграції ці алгоритми є перспективним інструментом у боротьбі з кіберзагрозами. Для ефективної реалізації захисту необхідно враховувати специфіку використання даних та ризики, пов'язані з можливими атаками на криптографічні системи [6].

На основі аналізу сучасних методів захисту інформації та можливостей псевдовипадкових алгоритмів, можна зробити висновок про необхідність подальшого дослідження та розробки програмних рішень із їх застосуванням. Це дозволить створювати ефективніші та швидші системи захисту даних, що відповідають вимогам часу.

Список літератури

1. Буняк В. М., Основи криптографії: навчальний посібник. К.: "Мета", 2020.
2. General Data Protection Regulation (GDPR). Офіційний сайт ЄС. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://gdpr.eu>.
3. Bruce Schneier, Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code in C. - John Wiley & Sons, 2015.
4. Stinson, D. R. Cryptography: Theory and Practice. - CRC Press, 2006.
5. Литвиненко І. В. Методи шифрування даних в інформаційних системах. Одеса: ОНУ ім. І. І. Мечникова, 2021.
6. Кравець М. О. Розробка програмного забезпечення для шифрування даних. - Вінниця: ВНТУ, 2022.

УДК 004.056.53

Роман Прокопчук, здобувач, **Юрій Пархоменко**, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: romanprokopchuk01@gmail.com, e-mail: parhomenkoym@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ В ІНТЕРНЕТ-МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ FREERADIUS

Автентифікація є ключовим етапом забезпечення безпеки в інтернет-мережах. Це безперервний процес перевірки особистості користувачів з метою захисту ресурсів та забезпечення контрольованого доступу до них.

Система автентифікації включає два основних рівні:

1) Основна автентифікація користувачів для перевірки особистості та підтвердження прав доступу до мережі. Вона здійснюється через систему FreeRADIUS, що є відкритим та масштабованим рішенням для забезпечення безпечного доступу;

2) Рівень додаткової перевірки, який дозволяє налаштовувати політики доступу для груп користувачів, враховуючи рівень їхніх повноважень та можливі ризики несанкціонованого доступу. Це підвищує безпеку для користувачів з підвищеним рівнем доступу.

FreeRADIUS добре зарекомендував себе як надійна система для управління доступом завдяки можливості інтеграції з різними базами даних та підтримці додаткових політик безпеки.

Система автентифікації повинна мати можливість відслідковувати активність користувачів у мережі, а також підтримувати гнучкі методи перевірки, включаючи багатофакторну автентифікацію та налаштування індивідуальних профілів користувачів.

Основна задача управління доступом - мінімізувати можливі ризики зловживань або несанкціонованого доступу до ресурсів.

Здатність системи оцінювати ймовірні загрози та впроваджувати заходи протидії дозволяє FreeRADIUS бути важливою складовою стратегії захисту інтернет-мереж.

Оцінка ризиків у такій системі включає аналіз загроз, пов'язаних із захистом особистих даних, та можливість аудиту активності користувачів на основі звітів системи.

Для оцінки надійності автентифікації використовувався метод експертного оцінювання [1].

Після оцінки загроз і ризиків система дозволяє контролювати різні аспекти автентифікації, які впливають на загальну безпеку мережі.

Стандарти інформаційної безпеки, такі як ISO/IEC 27001, визначають принципи управління ризиками, які можна застосувати у цьому контексті [2].

Функціональна схема наведена на рисунку 1. На ній зображено функціональні можливості програмного продукту. Вона дозволяє відобразити зв'язки між компонентами та принцип їх роботи.

Дослідження у сфері систем автентифікації користувачів в інтернет-мережах на основі FreeRADIUS є доцільним з огляду на постійне зростання загроз кібербезпеки. Реалізація таких систем дозволить створювати більш безпечні та контрольовані середовища для передачі конфіденційної інформації та користувацьких даних.

Це особливо актуально для організацій, які працюють з великими обсягами персональних або комерційно важливих даних.

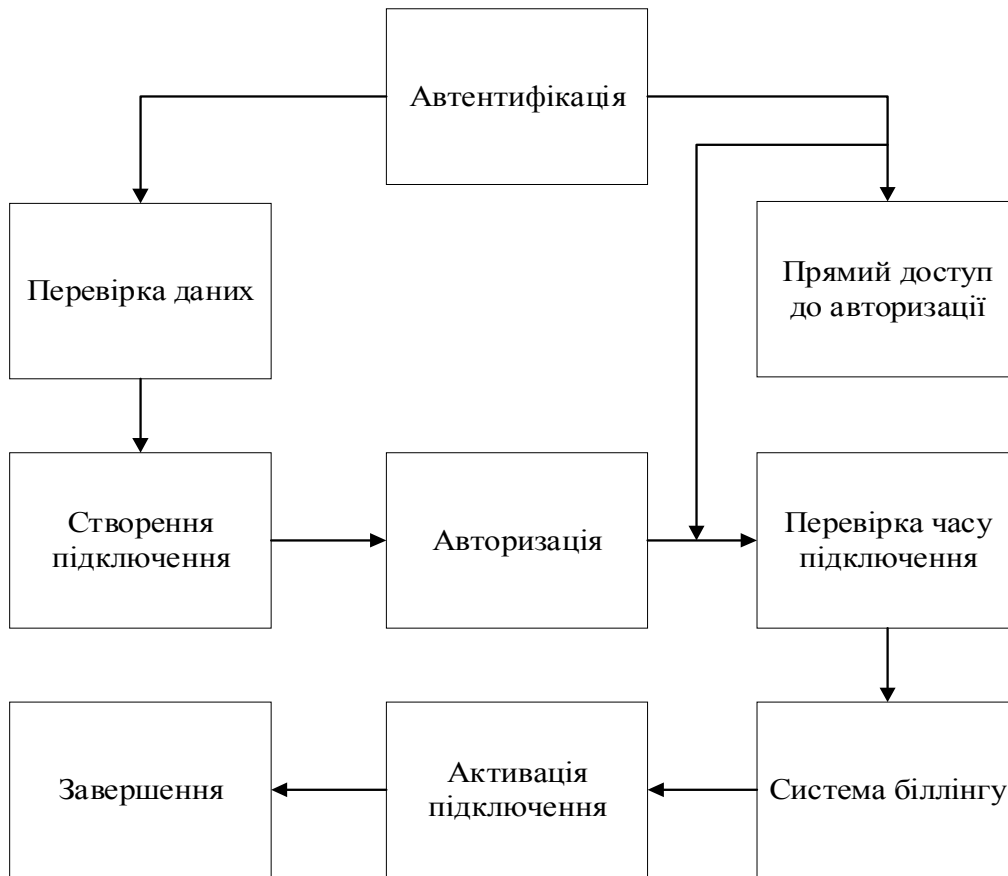


Рисунок 1 - Функціональна схема системи

З наведеного можна зробити висновок, що реалізація FreeRADIUS як відкритого рішення дозволяє знизити витрати на впровадження та підтримку систем безпеки, одночасно забезпечуючи надійність і відповідність стандартам.

Список літератури

1. Simon Cozens. Advanced Perl Programming. 2005. 304 с.
2. Nikhil Swaminathan. Authentication and Authorization for the Internet of Things 2017. 200 с.

УДК 004.056, 004.75

Віктор Босько, доц., канд. техн. наук, **Антон Суббота**, здобувач гр.КІ-23М,
Дмитро Довгань, здобувач гр.КІ-23М

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: victorvv2@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ НА ОСНОВІ БЕЗДРОТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Інтернет речей (IoT) є одним із найбільш перспективних напрямків розвитку інформаційно-комунікаційних технологій. Кількість підключених до мережі Інтернет пристроїв бурхливо зростає, і це вимагає сучасних підходів до побудови високонавантажених серверних систем.

Платформи Інтернету речей мають забезпечувати можливість аналізувати різні аспекти даних, що потрібно для оптимізації різноманітних виробничих та інших процесів. Проблеми та задачі у сфері побудови серверних систем для Інтернету речей можна поділити на загальні, які притаманні багатьом іншим системам обробки великих даних, та специфічні, що виникають лише в цій області.

Загальними задачами є побудова та використання ефективних, відмовостійких, масштабованих і розподілених систем роботи з даними.

Специфічними для Інтернету речей проблемами є забезпечення надійного керування та моніторингу пристроїв.

У цій роботі визначаються вимоги до побудови хмарних платформ для Інтернету речей, досліджуються існуючі платформи та виокремлюються шляхи їх покращення.

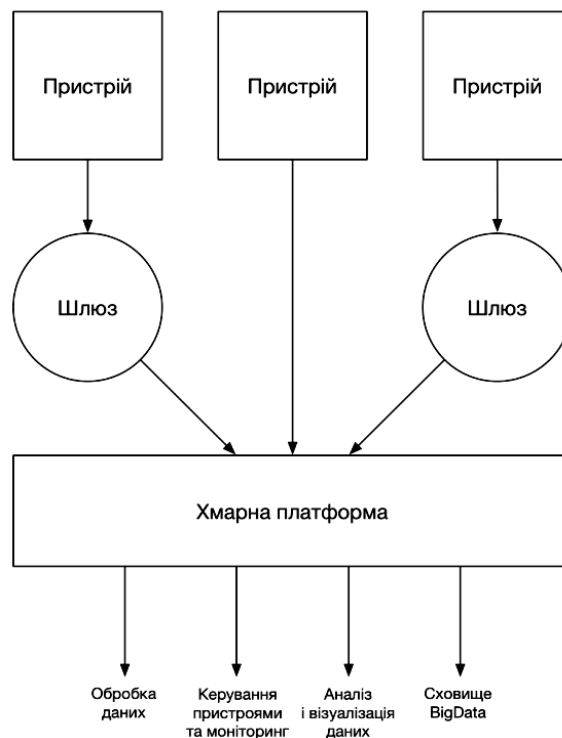


Рисунок 1 - Структурна схема систем IoT

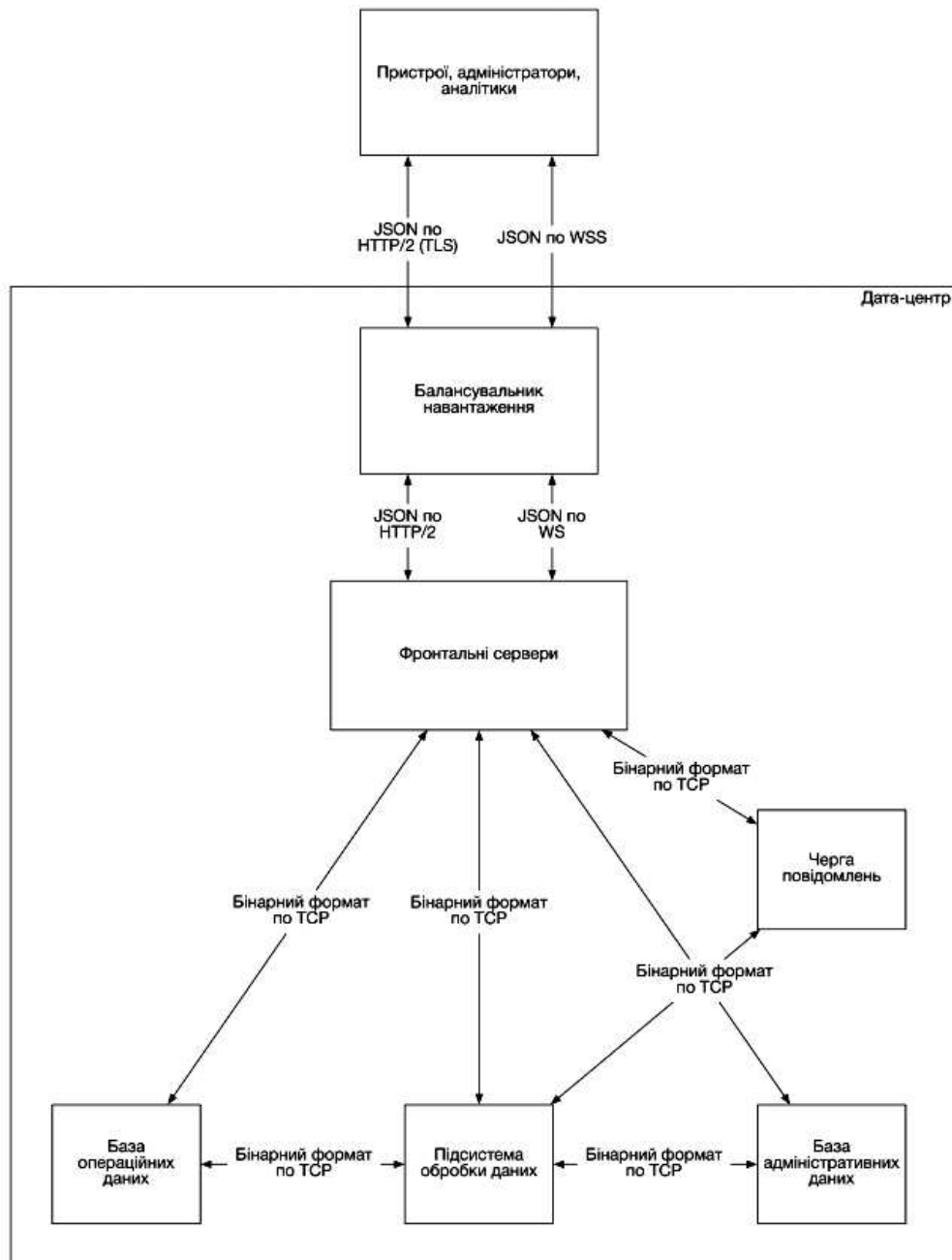


Рисунок 2 - Запропоновані формати даних і їх протоколи передачі

У процесі рішення завдань, отримані наступні результати:

- удосконалено серверне рішення хмарної платформи Інтернету речей з впровадженням підсистеми безпеки передачі даних;
- проведено огляд технологій зв'язку в системах IoT;
- розроблено вітчизняний продукт управління хмарною платформою з підсистемою безпеки передачі даних, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

Проведено опис та архітектурні рішення в галузі о розробки програмного забезпечення, які дозволяють реалізувати платформу таким чином, аби вона задовольняла означеним функціональним і нефункціональним вимогам.

Список літератури

1. Apache HBase. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://hbase.apache.org/>
2. Офіційна документація Docker. – Режим доступу: <https://www.docker.com/>. – Дата доступу: 04.06.2023
3. Бахрушин В. Є. Методи аналізу даних: Навч. посібник / В. Є. Бахрушин. – Запоріжжя: КПУ, 2011. – 268с.

УДК 004.056, 004.75

Віктор Босько, доц., канд. техн. наук, **Денис Погорілий**, здобувач гр.КН-23М,
Андрій Казанков, здобувач гр.КІ-23М

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: victorvv2@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ NOSQL БАЗ ДАНИХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ ОБРОБКИ ДАНИХ ПРИ РОЗРОБЦІ ERP СИСТЕМ

NoSQL (Not Only SQL) - це загальний термін для нереляційних моделей баз даних, які використовують різні підходи до зберігання даних: документи, ключ-значення, стовпцеві та графові бази даних.

Ці бази даних застосовуються, коли потрібно зберігати неструктуровані дані, як-от великі обсяги тексту, зображень та відео.

NoSQL-бази можна порівняти з великою головоломкою, де кожен елемент є окремим фрагментом інформації.

Інформація може бути представлена не лише текстом, а й зображеннями, аудіо, відео тощо.

Кожен фрагмент має свою структуру та формат, і для отримання повної картини потрібно поєднувати їх.

Це нагадує роботу з NoSQL-базами, де кожен елемент може мати різні типи та формати, а для доступу до всієї інформації потрібні різні методи та інструменти запитів.

У процесі роботи було проведено тестування роботи на базах даних PostgreSQL, Cassandra та DynamoDB з використанням Yahoo Cloud System Benchmark (YCSB).

Адаптація YCSB дозволила оцінити швидкість виконання операцій та складних запитів.

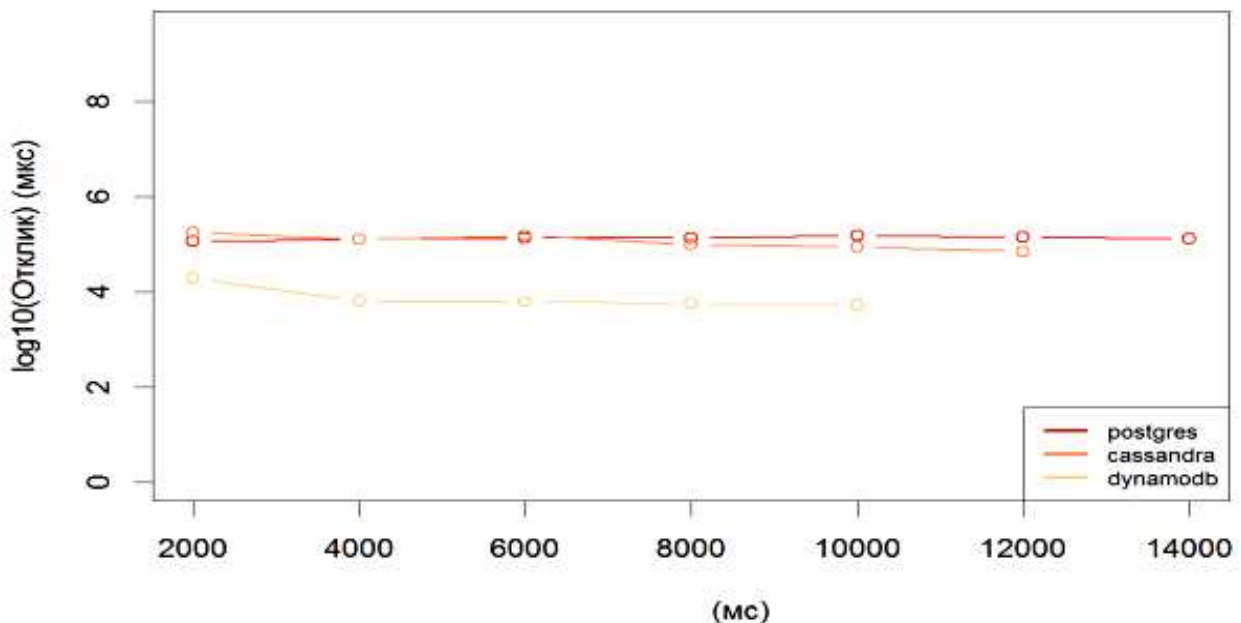


Рисунок 1 - Час відклику виконання JOIN при великих об'ємах даних

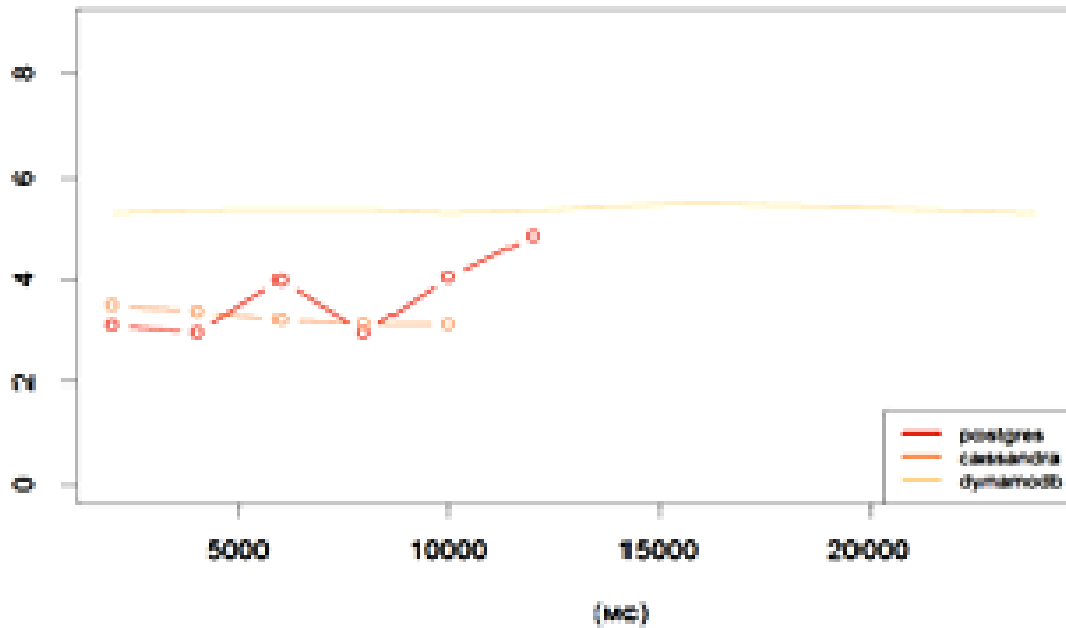


Рисунок 2 - Час відклику виконання JOIN при великих об'ємах даних

Отримано дані про продуктивність досліджуваних систем управління базами даних для різних типів запитів в обраній конфігурації.

Ці дані були проаналізовані, і на їх основі зроблено висновки щодо продуктивності реляційної СУБД порівняно з NoSQL-системами.

Список літератури

1. Apache HBase. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://hbase.apache.org/>
2. Apache Cassandra. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://cassandra.apache.org/>
3. MongoDB Atlas. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.mongodb.com>

УДК 004.056, 004.75

Віктор Босько, доц., канд. техн. наук, **Денис Погорілий**, здобувач гр.КН-23М,
Андрій Казанков, здобувач гр.КІ-23М

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: victorvv2@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ БАЗИ ДАНИХ

Сьогодні важко уявити життя без інформаційних технологій. Жодна сучасна організація не обходиться без баз даних - від навчальних закладів і банків до магазинів, заводів, підприємств та державних установ.

Вони використовують бази даних для перетворення інформації у цифровий формат, її об'єднання та забезпечення швидкого доступу, що дозволяє зекономити час і ресурси.

Зменшення витрат часу - лише додатковий результат автоматизації.

Головною метою розвитку інформаційних технологій є надання організаціям принципово нових можливостей, що підвищують їхню конкурентоспроможність.

Метою роботи є дослідження та реалізація системи аналізу застосування об'єктно-орієнтованих баз даних (ООБД) у сучасних інформаційних системах.

Для досягнення цієї мети було поставлено такі завдання: – огляд існуючих реляційних СУБД; – вивчення концепції об'єктно-орієнтованих баз даних; – тестування створеної системи на базі ООБД VelocityDb; – програмна реалізація інформаційної системи з використанням ООБД як сховища даних.

Для порівняння з класичними реляційними базами даних було протестовано ООБД VelocityDb. Database Benchmark створив таблицю, що містила такі типи даних: число BIGINT як основний ключ, дві колонки VARCHAR(255), дві колонки INT, дві колонки REAL та колонка DATETIME, заповнивши її мільйоном записів.

Розроблене програмне забезпечення побудоване на основі парадигми MVC (Model-View-Controller). MVC - це схема, що розділяє модель, інтерфейс користувача та його взаємодію на три окремі компоненти, мінімізуючи вплив змін одного компонента на інші.

Ця архітектурна схема часто використовується для створення каркасу програми під час переходу від теорії до конкретної реалізації в обраній предметній області.

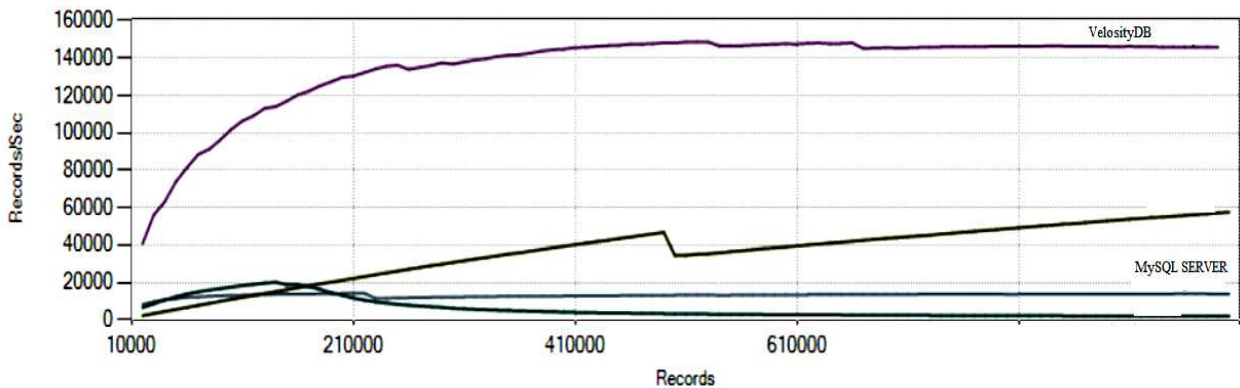


Рисунок 1 - Результати порівняння SQL Server та ООБД VelocityDb при додаванні даних

У процесі виконання завдань, поставлених для досягнення цілей дослідження, були отримані такі результати:

- розроблено інформаційну систему, яка використовує ООБД VelocityDb як сховище даних;
- система створена з використанням .NET Framework і WinForms;
- база даних була наповнена тестовими даними про розроблені посібники та інформацією про працівників.

Запити виконуються з достатньо високою швидкістю.

Аналіз показав, що використання ООБД доцільне в інформаційних системах із складною об'єктно-орієнтованою архітектурою та при необхідності високопродуктивної обробки даних.

Список літератури

1. Apache HBase. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://hbase.apache.org/>
2. Apache Cassandra. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://cassandra.apache.org/>
3. MongoDB Atlas. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.mongodb.com>
4. Tudorica Bogdan George, Bucur Cristian. A comparison between several NoSQL databases with comments and notes // Roedunet International Conference (RoEduNet), 2011 10th / IEEE. — 2011. — P. 1–5.

УДК 004.056, 004.75

Віктор Босько, доц., канд. техн. наук, **Антон Суббота**, здобувач гр.КІ-23М
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
e-mail: victorvv2@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОБМІНУ ДАНИМИ В МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ

Інтернет займає значне місце в житті сучасної людини. Сьогодні важко уявити повсякденне життя без комп'ютера і, звичайно, доступу до мережі. Мільярди людей щодня здійснюють пошук на сайтах, щоб знайти необхідну інформацію.

Сучасне уявлення про Інтернет значно змінилося з тих пір, як інтенсивно почала розвиватися сфера інформаційних технологій.

Інтернет зазнав суттєвих змін, що дозволяють формувати нові підходи до Інтернет-технологій та їх використання.

Сьогодні кожен веб-ресурс в мережі побудований на інноваційних принципах, і для створення таких ресурсів існує багато різних веб-технологій.

Метою цієї роботи є дослідження та програмна реалізація системи веб-чату для обміну даними в Інтернеті.

Для досягнення цієї мети було визначено програму дослідження, яка включає наступні завдання:

- огляд існуючих систем веб-чату;
- дослідження функціонування наявних систем веб-чату;
- програмна реалізація власної системи веб-чату.

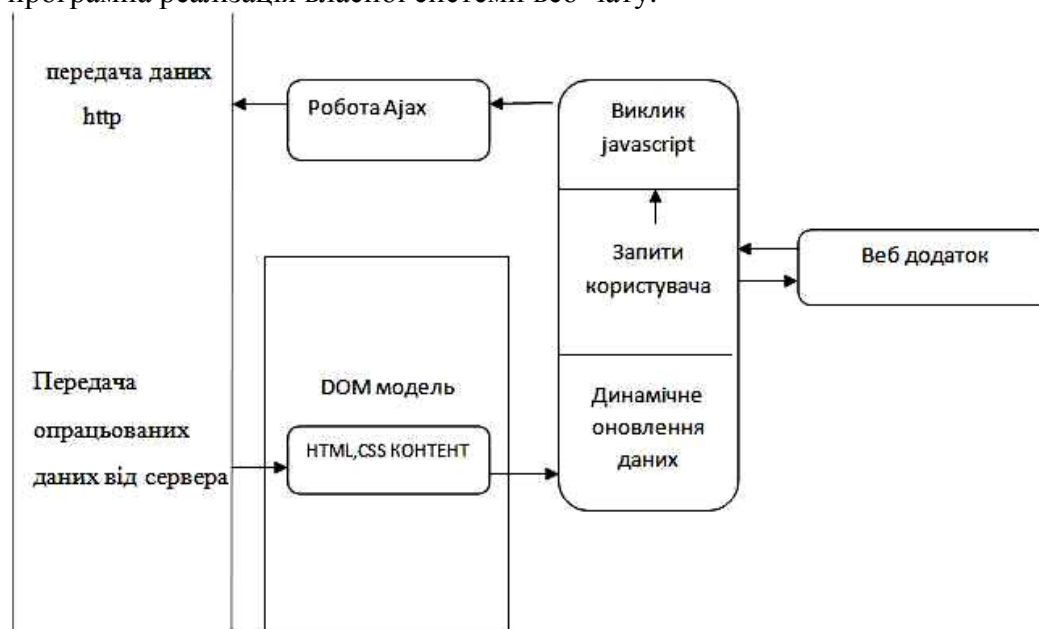


Рисунок 1 - Робота додатку з використанням технології Аїах

Список літератури

1. Apache HBase. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://hbase.apache.org/>
2. TypeScript [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://www.typescriptlang.org>
3. Scholz M., Fraunholz M., Selbig J., Nonlinear Principal Component Analysis: Neural Network Models and Applications, In: Gorban A. N. et al (Eds.), LNCSE 58, Springer, 2007 ISBN 978-3-540-73749-0
4. Tudorica Bogdan George, Bucur Cristian. A comparison between several NoSQL databases with comments and notes // Roedunet International Conference (RoEduNet), 2011 10th / IEEE. — 2011. — P. 1–5.