

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



Міжнародна науково-технічна конференція

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ:
стан та перспективи розвитку – REMS'2023
КОНФЕРЕНЦІЯ ПРОВОДИТЬСЯ В РАМКАХ ЗАХОДІВ ДО
«125-РІЧЧЯ КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ КОНФЕРЕНЦІЇ

ЛИСТОПАД 22-24, 2023
<http://rems.kpi.ua/>

Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку. Збірник наукових праць ІХ Міжнародної науково-технічної конференції у місті Києві 22-24 листопада 2023 р. – Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2023. – 226 с.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова

ДЕРЕВ'ЯНКО Денис завідувач кафедри електропостачання, к.т.н. доцент КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Члени організаційного комітету

БЄЛОХА Галина к.т.н. доцент кафедри електропостачання КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВЕРЕМІЙЧУК Юрій к.т.н. доцент кафедри електропостачання КПІ ім. Ігоря Сікорського.

ЧЕРКАШИНА Галина к.т.н. доцент кафедри електропостачання КПІ ім. Ігоря Сікорського.

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

Голова

ДЕНИСЮК Сергій д.т.н., професор кафедри електропостачання КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

Члени наукового комітету

Басок Борис	<i>член-кор. НАН України</i>	Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна
Бесараб Олександр	<i>доцент</i>	Національний університет «Одеська політехніка», Україна
Бойченко Сергій	<i>професор</i>	КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
Бондаренко Юрій	<i>професор</i>	Науково-технічна спілка енергетиків та електротехніків України
Босий Дмитро	<i>професор</i>	Український державний університет науки і технологій, Україна
Бурбело Михайло	<i>професор</i>	Вінницький національний технічний університет, Україна
Бялобржеський Олексій	<i>доцент</i>	Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Україна
Гонсалес-Лонгатт Франсіско	<i>професор</i>	Університет південно-східної Норвегії, Норвегія
Губін Сергій	<i>професор</i>	Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ», Україна
Дерев'янка Денис	<i>доцент</i>	КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
Дешко Валерій	<i>професор</i>	КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
Жаркін Андрій	<i>академік</i>	Інститут електродинаміки НАН України, Україна
Жуйков Валерій	<i>професор</i>	КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
Захарченко Віктор	<i>професор</i>	Національний авіаційний університет, Україна
Каплун Віктор	<i>професор</i>	Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна
Качан Юрій	<i>професор</i>	Національний університет «Запорізька політехніка» Україна
Кіорсак Михайло	<i>професор</i>	Інститут енергетики АН Молдови, Молдова
Комар Вячеслав	<i>професор</i>	Вінницький національний технічний університет, Україна
Кудря Степан	<i>професор</i>	Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Україна
Лазуренко Олександр	<i>професор</i>	НТУ «Харківський політехнічний інститут», Україна
Лежнюк Петро	<i>професор</i>	Вінницький національний технічний університет, Україна
Лі Бернт	<i>професор</i>	Університет південно-східної Норвегії, Норвегія
Находов Володимир	<i>професор</i>	КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
Папайка Юрій	<i>професор</i>	Національний ТУ «Дніпровська політехніка», Україна
Плешков Петро	<i>професор</i>	Центрально український національний технічний університет, Україна
Попов Володимир	<i>професор</i>	КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

Садовий Олександр	<i>професор</i>	Дніпровський державний технічний університет, Україна
Сегеда Михайло	<i>професор</i>	Національний університет «Львівська політехніка», Україна
Сінчук Олег	<i>професор</i>	Криворізький національний університет, Україна
Стржелецькі Ришард	<i>професор</i>	Гданський університет технологій, Польща
Шрам Олександр	<i>доцент</i>	Національний університет «Запорізька політехніка» Україна
Щокін Вадим	<i>професор</i>	Криворізький національний університет, Україна

Адреса організаційного комітету конференції:

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Інститут енергозбереження енергоменеджменту. 03056, Україна, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, корпус 22, к. 315, тел./факс (38-044) 204-85-14; сайт: pems.kpi.ua, e-mail: pems@kpi.ua

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1: ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ SMART GRID СИСТЕМИ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ13

Nerubatskyi V., Hordiienko D.

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF PHOTOELECTRIC PANELS USING A DISTRIBUTED MAXIMUM POWER TRACKING ARCHITECTURE.....13

Степаненко В.А., Замулко А.І., Веремійчук Ю.А.

МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАДАЧАХ ПРИЄДНАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДО ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ15

Кульчак А.М., Цих В.С.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ СОНЯЧНИХ ФОТОМОДУЛІВ17

Попович В.А., Руднев Є.С.

ГЛОБАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФОТОВОЛЬТАЇЧНОГО СЕКТОРУ ЕНЕРГЕТИКИ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИРІШЕННЯ19

Сподинський О.В.

ПІДСИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ТА СТАНУ ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ПРОТИАВАРІЙНОЇ АВТОМАТИКИ РЕГІОНУ21

Дерев'янюк Д.Г., Перегуда О.В.

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ СИСТЕМ SMART-МОНІТОРИНГУ ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ22

Яворський А.В., Цих В.С.

ДОСВІД ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ НАВЧАЛЬНОЇ БУДІВЛІ УНІВЕРСИТЕТУ НА БАЗІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИБОРІВ SMART MAIC24

Костенко Г.П.

УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ26

Кулапін О.В., Махотіло К.В.

УСЕРЕДНЕНА ПОВЕДІНКОВА МОДЕЛЬ НАВАНТАЖЕННЯ ПОБУТОВОГО СПОЖИВАЧА29

РОЗДІЛ 2: СУЧАСНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ32

Попов В.В., Заболотний А.П., Дяченко В.В., Федоша Д.В., Прихно В.Л.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ У ЦЕХОВИХ МЕРЕЖАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ32

Попов В.В., Заболотний А.П., Дяченко В.В., Федоша Д.В., Прихно В.Л. ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕДУРИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ У ЦЕХОВИХ МЕРЕЖАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	33
Федірко М.М., Головка Р.В. ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВИМОГИ ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ МЕРЕЖІ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В КОНТЕКСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	35
Серебренніков Б.С., Петрова К.Г., Слюта Д.І. ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ РЕЖИМОМ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПО СТРУКТУРНИХ РІВНЯХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ.....	38
Маслов І.З. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ	40
Кулагін Д.О., Туцький Є.Д. АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ МОДЕРНІЗАЦІЇ АВТОНОМНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК РЕЙКОВОГО ТРАНСПОРТУ	42
Омельчук А.О., Заколюдажний В.В. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ В УМОВАХ ЇХ РЕЗЕРВУВАННЯ	44
Островерхов М.Я., Коломійчук Д.С., Фальченко М.Ю., Большаков Г.Г., Вещиков Г.В. КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ СИНХРОННОГО ДВИГУНА С ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ У КОВЗНОМУ РЕЖИМІ	47
Ващишак І.Р., Піщак Ю.І. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ В ЕНЕРГОМЕРЕЖАХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ	49
Гілевич К.М. ОЦІНКА СТАНУ ЛОКАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ: СИСТЕМИ ЗМІННОГО, ПОСТІЙНОГО ЧИ ПОСТІЙНО-ЗМІННОГО ТИПУ	51
РОЗДІЛ 3: ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ТА СТАЛИЙ РОЗВИТОК.....	54
Костенко Г.П., Запорожець А.О. SWOT-АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ВТОРИННОГО ЗАСТОСУВАННЯ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ В СИСТЕМАХ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ.....	54
Серебренніков Б.С.	57
ІНДЕКС ПРОЗОРОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ	57
Левченко О.Г., Каштанов С.Ф. СУЧАСНІ ІННОВАЦІЙНІ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ ...	59
Калейніков Г.Е. РОЗВИТОК СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В МУНІЦИПАЛІТЕТАХ ...	61

Постол О.О., Постол Ю.О., Гулевський В.Б. СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТА ПІДПРИЄМСТВА	63
Брожко Р.М., Призов О.І. ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ Й ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ.....	65
Біляєва В.В., Берлов О.В., Губін О.І. ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ЕМІСІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН НА ТЕС	66
Ганжа А.М., Корнелюк В.М., Марченко Н.А. АНАЛІТИЧНЕ РОЗВ'ЯЗАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ДЛЯ ПОШКОДЖЕНОЇ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ТРУБОПРОВІДІВ.....	67
Тараба М. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ІНТЕГРАЦІЇ ПОПИТУ ТА ПРОПОЗИЦІЇ В ЛОКАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ	69
Ващишак І.Р. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ У ТОВ «НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА «ЗОНД».....	71
Nerubatskyi V., Hordiienko D. ACTIVE THREE-PHASE CURRENT AND VOLTAGE RECTIFIERS FOR CHARGING STATION	73
Попова І.О., Квітка С.О. ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ-ЕНЕРГЕТИКІВ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ	75
Лазуренко О.П., Черкашин М.С., Черкашина Г.І., Чернищук І.С. ЩОДО УЛАШТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ БУДІВЕЛЬ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ	77
Богойко І.І. СУЧАСНІ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГІЄЮ З ВИКОРИСТАННЯМ АКУМУЛЯТОРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	79
Басок Б.І., Лисенко О.М., Гончарук С.М., Божко І.К., Опришко В.П., Мороз М.П. ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ТА КІЛЬКІСНИХ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПАЛЮВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ	81
РОЗДІЛ 4: ХІММОТОЛОГІЧНА НАДІЙНІСТЬ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЕНЕРГООЩАДНОСТІ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ТРАНСПОРТІ	83
Карпаш М.О., Яворський А.В., Сорока Н.-А.Ю. ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ВОДНЕВИХ ХАБІВ У ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ.	83

Бойченко С.В., Куберський І.О., Шкільнюк І.О., Olufemi Olaulava Babatunde ПРОКОНДЕНСАТ – ДЖЕРЕЛО ВИСОКОКТАНОВИХ КОМПОНЕНТІВ.....	85
Волчок В.О. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ТЕМПЕРАТУРОПРОВІДНОСТІ СИПКОГО ПАЛИВА.....	87
Бойченко С.В., Дубовик В.Г., Босак А.В., Буштрук Є.В. ОСОБЛИВОСТІ ЦИФРОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	88
Когтін А.А., Мірошниченко Д.В. ЕКОЛОГІЧНІ ПИТАННЯ ЕНЕРГЕТИКИ ТА КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ У ПРОЦЕСІ СУХОГО ГАСІННЯ КОКСУ	90
Trachuk A.R. ANALYSIS OF THE POTENTIAL AND PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF BIOMASS TECHNOLOGIES IN UKRAINE	92
Шкільнюк І.О. ЕНЕРГООЩАДНИЙ АСПЕКТ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ТРАДИЦІЙНИХ І АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ.....	94
Рібун В.С., Бойченко С.В. КОНВЕРСІЯ CO₂ З ОТРИМАННЯМ МОТОРНИХ ПАЛИВ.....	96
Попович О.М., Яшин Р.В. КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ОЩАДНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА ВОДИ У СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	97
Докшина С.Ю., Розен В.П. КЛАСТЕРНІ ЦЕНТРОЇДИ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ ЗА ХАРАКТЕРОМ ОПАЛЕННЯ.....	98
Мирутенко П.П. ГІДРОАКУМУЛЮЮЧІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ: ПЕРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ	100
Сліденко В.М., Бут В.О. АДАПТИВНИЙ ГЕНЕРАТОР ІМПУЛЬСІВ ДЛЯ ВПЛИВУ НА ПЛАСТОВУ СИСТЕМУ БЕЗ ЗУПИНКИ ВИДОБУТКУ ВУГЛЕВОДНІВ.....	103
Торопова Л., Дін Ч., Басалкевич С., Зозуля Р., Гостило А., Зелінський В. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СПРОЩЕНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ТРАНСПОРТІ	105
Бойченко С.В., Демченко О.І. ПЕРСПЕКТИВНИЙ РОЗВИТОК СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ	107
Мейта О.В., Спичак Д.В. ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНИХ УМОВ НА РОБОТУ СУХОГО ТРАНСФОРМАТОРА.....	109

Сліденко В.М., Бежевець В.В. АДАПТИВНИЙ ТЕРМОПОДАТЧИК З ЕФЕКТОМ ПАМ'ЯТІ ФОРМИ	111
Сліденко В.М., Зарудний А.Б. ГЕНЕРАТОР ВИХРОВИХ ПРОЦЕСІВ РЕПРЕСІЙНОЇ ДІЇ НА КОЛЕКТОР НАФТОВОЇ СВЕРДЛОВИНИ.....	113
Данілін О.В., Синиця О.О. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ.....	115
Сліденко В.М., Дяченко В.С. АДАПТИВНИЙ ГІДРОМОЛОТ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА СТАНЦІЇ МЕТРОПОЛІТЕНУ ВІДКРИТИМ СПОСОБОМ.....	117
Городецький В.Г., Халик О.В. ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ РОЗРОБКИ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ СИСТЕМИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ІНСПЕКЦІЇ НАФТОПРОВОДУ	119
Дорошенко Д.Р., Шевчук С.П. РЕЖИМИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ НАСОСНОЇ УСТАНОВКИ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ	121
Зозуля Р.О. ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПРИПЛИВНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЛАВ	122
Пермяков Д.Д. КОМБІНОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ УСТАНОВОК З ПРУЖНИМИ ЛАНКАМИ	124
Швець К.С., Бойченко С.В. ОГЛЯД ВОДНЕВИХ ДЖЕРЕЛ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ТРАНСПОРТІ	126
Осадчук М.П., Кучерук І.С. АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ ТИСКОМ В ГІДРАВЛІЧНИЙ СИСТЕМІ ПРОХІДНИЦЬКОГО ЩИТА	128
Коваленко О. І. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ВПЛИВУ НА ПРОДУКТИВНИЙ ПЛАСТ СВЕРДЛОВИНИ.....	130
Зайченко С.В., Стратіла Б.В. ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОНОМНОГО ГЕНЕРАТОРА ЗА ДІАГНОСТИЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ.....	132
Антоненко М.А. ВОДНЕВА ЕНЕРГЕТИКА ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ.....	134

Войдило Д.С., Яковлева А.В.

**ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ ЛІГНОЦЕЛЮЛОЗНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА
СТАЛОГО АВІАЦІЙНОГО ПАЛИВА137**

РОЗДІЛ 5: НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ.....139

Шовкалюк М.М., Васильцов Д.А.

**ПРОГРАМНІ ПРОДУКТИ ТА ІНСТРУМЕНТИ МОНІТОРИНГУ І АНАЛІЗУ
ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ДЛЯ ЕНЕРГОМЕНЕДЖЕРІВ.....139**

Володченко Р.О.

**ЕКОЛОГОЕНЕРГЕТИЧНІ НЕТРАДИЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ
ЇХ РОЗВИТКУ141**

Прищепя Я.О., Замулко А.І.

**СУЧАСНІ РІШЕННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЦІНКИ ТА КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ
ПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ143**

Шовкалюк М.М., Кононенко Д.А.

**ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ В НОВОМУ МІСТЕЧКУ
ДЛЯ ПЕРЕСЕЛЕНЦІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ.....146**

Коцар О.В., Веремійчук Ю.А., Карпенко А.В.

**АНАЛІЗ СТАНУ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ НА МУНІЦИПАЛЬНИХ
ОБ'ЄКТАХ149**

Дерев'яно Д.Г., Кізім О.Ю., Стародуб А.Е., Пишний Р.В.

**ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ
ДАХОВОГО РОЗМІЩЕННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТУДЕНТСЬКОГО ГУРТОЖИТКУ
.....151**

Тупотіна Є.Д., Бориченко О.В.

**РОЛЬ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ПРИ КОНСТРУЮВАННІ ПАСИВНИХ
БУДИНКІВ ТА ЇХ АКТУАЛЬНІСТЬ В УКРАЇНІ153**

Бондарець Б.О., Попов В.А.

**АЛГОРИТМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ ОБ'ЄДНАНИХ
МІКРОМЕРЕЖ155**

Лаврушкін О., Денисюк С.П.

**ГЕНЕЗИС РОЗВИТКУ КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ НА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА СУЧАСНІ
БІЗНЕС-МОДЕЛІ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ.....156**

Бориченко О.В., Наталічев С.О.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМИСЛОВОГО
ПІДПРИЄМСТВА ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ДЖЕРЕЛ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ
ЕНЕРГЕТИКИ.....158**

Лавренова Є.Р., Денисюк С.П.

**СТРАТЕГІЇ МЕНЕДЖМЕНТУ ПОПИТУ НА ЕНЕРГІЮ ДЛЯ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ
ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ.....160**

Чернявський А.В., Бориченко О.В., Ляшенко В.М. ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В ОБ'ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАДАХ.....	162
Чернявський А.В., Ницун Ю.Г. ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ В ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНИХ КОМПАНІЯХ УКРАЇНИ	164
Чернецька Ю.В., Кизима Є.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОФІСНОЇ БУДІВЛІ	166
Дерев'яно Д.Г., Кізім О.Ю., Стародуб А.Е., Пишний Р.В. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОБУДОВИ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВДЕ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ	168
Дерев'яно Д.Г., Кізім О.Ю., Стародуб А.Е., Пишний Р.В. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НВДЕ У РАМКАХ КОНЦЕПЦІЇ SMART CITY	170
Єгоров В.С., Бориченко О.В., Чернявський А.В. МОНІТОРИНГ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ У ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ.....	172
Чернявський А.В., Бориченко О.В., Гоєнко А.О. ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТРАТЕГІЇ ПІДПРИЄМСТВ МОЛОЧНОЇ ГАЛУЗІ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНОСТІ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ	173
Гребченко М.В., Кирушок І.І. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОХИБКИ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ ДО ДЕФЕКТУ ІЗОЛЯЦІЇ.....	175
Ярмолюк О.С., Вахарик А.В. КРИТЕРІЇ УПРАВЛІННЯ ГІБРИДНИМИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ СИСТЕМАМИ...179	179
Ткаченко В.В., Красуля О.А. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ДЖЕРЕЛ РОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ НА ВТРАТИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ПОВІТРЯНИХ МЕРЕЖАХ 0,38 КВ.....	181
Лавренова Є.Р., Денисюк С.П. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЇ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ.....	183
Martirosian M., Cherniavskiy A. SIGNIFICANT ENERGY USAGE AND ENERGY SUPPLY ISSUES IN BAKERIES.....	187
Гребченко М.В., Мовчан В.О. ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРИНЦИПУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АБСОЛЮТНОЇ СЕЛЕКТИВНОСТІ ЦИФРОВОГО РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ	189

Бориченко О.В., Чернявський А.В., Лебідь В.В. ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОРЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА НА ОСНОВІ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ	190
Пабат М.Г., Бориченко О.В. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ ПУНКТИВ ТА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	193
Бориченко О.В., Чернявський А.В., Розсоха Б.В. ПРО ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ У М. ЗАПОРІЖЖЯ.....	195
Бориченко О.В., Чернявський А.В., Андрієнко О.П. ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОПЕРАТОРА СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ	197
Белоха Г.С., Плужник Д.В. ДИЗЕЛЬ ГЕНЕРАТОР В СИСТЕМАХ MICROGRID, ЯК ГАРАНТОВАНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ.....	198
Ткаченко В.В., Писаренко М.Т. ПЛАНУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЗА УМОВ ПРИЄДНАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК НОВИХ СПОЖИВАЧІВ.....	200
Близнюк М.Г., Прокопенко В.В., Федоровський В.П. ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТАБЕЛЬНИХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО ЧАСУ.....	203
Чернявський А.В., Бориченко О.В., Ільніцька Г.Т. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ БАГАТОКВАРТИРНИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ТИПОВОЇ ЗАБУДОВИ.....	205
Находов В.Ф., Мажара О.О. ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОПЕРАТОРА СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ	207
Волошко А.В., Федоровський В.П., Кудільчак М.В., Близнюк М.Г. ВПЛИВ ПРОВАЛІВ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ НА ТУРБІНУ ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	209
Волошко А.В., Бушинський Б.А. ВИДАЛЕННЯ ШУМОВИХ КОМПОНЕНТ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ОРТОГОНАЛЬНИХ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕНЬ	211
Владиченко В.В., Замулко А.І. ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ГАЗОТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ.....	214

Белоха Г.С., Рагімова Д., Романенко Т.О., Разовський В.В. ДИНАМІЧНЕ ЦІНОУТВОРЕННЯ У ВДЕ-СПІЛЬНОТАХ.....	217
Белоха Г.С., Рагімова Д., Романенко Т.О., Разовський В.В. МОНІТОРІНГ ЗАРЯДУ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ В MICROGRID	219
Смачелюк С.В. СМАРТ-МЕТМЕРІНГ І НЕІНТРУЗИВНИЙ МОНІТОРИНГ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ	221
Данілін О.В., Кобзар О.В. АДАПТИВНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ	223
Белоха Г.С., Плужник Д.В. ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ MICROGRID ПОСТІЙНОГО ТА ЗМІННОГО СТРУМІВ	225

РОЗДІЛ 1: ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ SMART GRID СИСТЕМИ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

UDC 621.314

Nerubatskyi V.¹, PhD, Assoc. Prof.
Hordiienko D.¹, Postgraduate

¹Ukrainian State University of Railway Transport

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF PHOTOELECTRIC PANELS USING A DISTRIBUTED MAXIMUM POWER TRACKING ARCHITECTURE

One of the most important goals of a photovoltaic (PV) power plant is to produce the maximum amount of energy. The energy efficiency of photovoltaic panels is often reduced due to phenomena associated with photovoltaic power plant systems. The most common reasons for reducing energy efficiency are shadows, dirt, temperature fluctuations, etc. [1, 2]. Thus, this problem can lead to a significant reduction in the amount of electricity produced by the PV plant.

The architecture of distributed maximum power point tracking (DMPPT) is one of the most promising solutions for overcoming the shortcomings associated with the low energy efficiency of photovoltaic panels [3, 4]. This architecture has a DC-DC converter designed to track the maximum power point of each PV panel. The converter must be able to step up and down to provide maximum flexibility.

In the architecture of photovoltaic installations of distributed tracking of maximum power, photovoltaic panels are isolated from each other, reducing the impact of negative phenomena on electricity generation (Fig. 1).

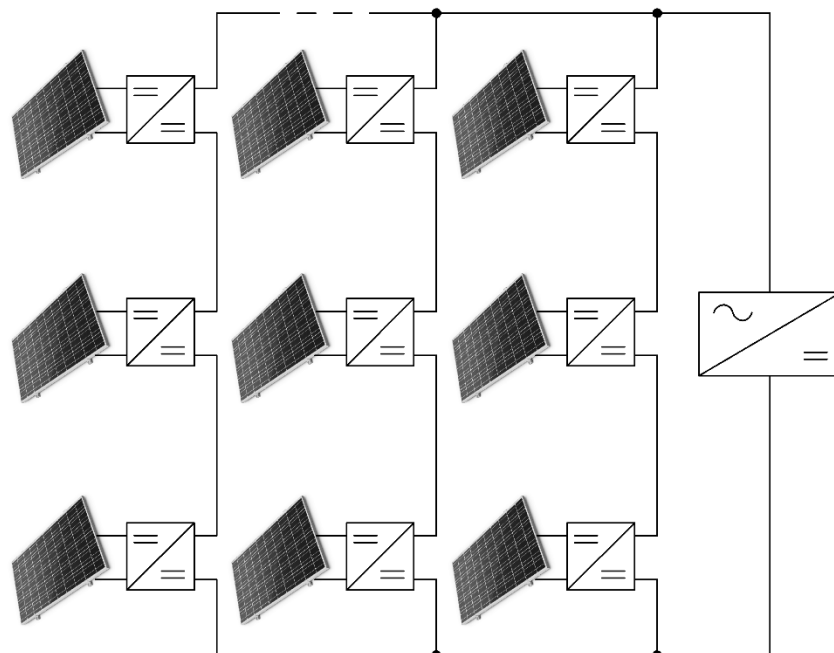


Figure 1 – Architecture of photovoltaic installations of distributed tracking of maximum power

An unshaded PV panel has only one point of maximum power, while a shaded PV panel has two points of maximum power. In this case, not only does the power decrease, but the absolute voltage also changes due to shading. Because of this behavior, some PV panels may not operate at their maximum power point even with a DMPPT architecture if the DC-DC converter can only step up or down the output voltage.

If the DC-DC converter only has a step-up function, the number of PV panels per circuit will be higher, since PV panels are at their lowest efficiency when shaded. Conversely, if a step-up converter is used, the number of PV panels per circuit is less and the number of circuits is greater [5, 6].

In order to more flexibly increase the number of photovoltaic panels in a photovoltaic circuit, voltage converters are needed that can increase and decrease the output voltage.

The main component of the topology of the autotransformer forward-flyback converter. The method of

connecting the autotransformer has two important consequences. On the one hand, due to the fact that the magnetizing inductance of the autotransformer demagnetizes the output filter, its size can be reduced. On the other hand, there is a path when switch S is turned on with direct energy transfer from the input source to the output filter without magnetic treatment by the autotransformer. Thus, the efficiency of the converter increases, since only part of the energy is processed magnetically. This principle is similar to converters of serial connection.

Transfer function of the output voltage is similar to the function of the step-down converter. The voltage increase factor depends on the value of the transformation factor of the autotransformer. These parameters also affect the overvoltages of the components of the autotransformer forward-flyback converter. Therefore, both parameters must be chosen carefully to minimize overvoltages in the converter components.

The shading effect involves a reduction in voltage and power at the point of maximum power. The values obtained for the photovoltaic panel depending on the percentage of shaded modules are shown in Table 1.

Table 1 – The shading effect of the photovoltaic panel

Parameter	Panel option 1 (100 % / 0 %)		Panel option 2 (75 % / 25 %)		Panel option 3 (70 % / 30 %)	
	unshaded	shaded	unshaded	shaded	unshaded	shaded
Output power P_{out} , W	225	–	225	67.5	225	67.5
Input voltage U_{in} , V	29.3	–	29.3	15	29.3	15
Output voltage U_{out} , V	33.3	–	40.4	12.12	42.19	12.66
Circuit current I_k , A	6.75	–	5.57	5.57	5.33	5.33

As can be seen from Table 1, regardless of the topology of the converter, with an increase in the proportion of shaded photovoltaic panels, less electricity can be generated. The increased efficiency of the converter means that more electricity can be generated in the solar power plant through the use of autotransformer forward-flyback converter.

The main features of the proposed converter are its high efficiency and the ability to increase or decrease the output voltage depending on the input voltage.

References:

1. Keteng J. Photovoltaic optimal configuration of net zero energy building based on whole-process energy efficiency. *2022 IEEE 5th International Electrical and Energy Conference (CIEEC)*. 2022. P. 4842–4847. DOI: 10.1109/CIEEC54735.2022.9846453.
2. Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Tugay D. V., Hordiienko D. A. Method for optimization of switching frequency in frequency converters. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2021. No. 1 (181). P. 103–110. DOI: 10.33271/nvngu/2021-1/103.
3. Javed M. R., Waleed A., Riaz M. T., Virk U. S., Ahmad S., Daniel K., Hussan U. A comparative study of maximum power point tracking techniques for solar systems. *2019 22nd International Multitopic Conference (INMIC)*. 2019. P. 1–6. DOI: 10.1109/INMIC48123.2019.9022762.
4. Choorakuzhiyil A., Parate K., Joshi J. Comparative analysis of maximum power point tracking techniques for photovoltaic systems. *2023 2nd International Conference for Innovation in Technology (INOCON)*. 2023. P. 1–6. DOI: 10.1109/INOCON57975.2023.10100994.
5. Nerubatskyi V., Plakhtii O., Hordiienko D. Adaptive modulation frequency selection system in power active filter. *2022 IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems (ESS)*. 2022. P. 341–346. DOI: 10.1109/ESS57819.2022.9969261.
6. Plakhtii O., Nerubatskyi V., Hordiienko D. Efficiency analysis of DC-DC converter with pulse-width and pulse-frequency modulation. *2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*. 2022. P. 571–575. DOI: 10.1109/ELNANO54667.2022.9926762.

МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАДАЧАХ ПРИЄДНАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДО ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Відповідно до статистичних даних у 2022 році збільшилась потужність відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), включаючи вітрові, сонячні та накопичувальні електростанції (рис. 1) [1].

Очікується, що зростання сонячної та вітрової енергетики, яке спостерігалось минулого року, найближчим часом не сповільниться. Сонячні фотоелектричні установки в усьому світі перевершили вітрові, досягнувши понад 1 000 ГВт наприкінці 2022 року.

Згідно з поточним базовим прогнозом Rystad Energy [1], очікується, що до 2030 року сонячна енергетика перевищить 3 000 ГВт, а до 2040 року - 8 000 ГВт. Таким чином, фотоелектрична енергетика буде домінувати, випереджаючи темпи зростання як наземної, так і прибережної вітроенергетики.

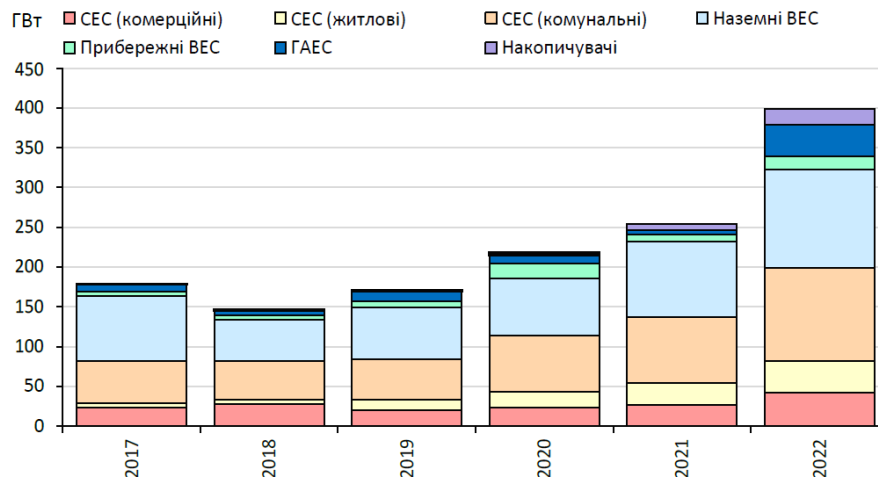


Рисунок 1 – Встановлена потужність відновлюваної енергетики за джерелами та роками запуску

Проблеми інтеграції ВДЕ пов'язані з експлуатацією та управлінням енергосистемою. Основні виклики включають зменшення інерційності енергосистеми, збільшення кількості обмежень, швидкості зміни частоти та реактивної потужності системи [2]. Послуги з підтримки енергосистеми, такі як регулювання частоти та напруги, пропуск аварійних режимів, обертовий резерв та відновлення системи, наразі надаються традиційними генеруючими потужностями. Однак, якщо сонячні та вітрові станції мають замінити значну частину потужностей викопного палива або нові системні компоненти - установки зберігання енергії (УЗЕ), повинні бути здатні надавати необхідні послуги з підтримки стабільної та надійної роботи енергосистеми. Тому науковці та інженери проводять моделювання інтеграції та роботи ВДЕ в енергетичній системі, досліджуючи їх вплив.

Серед ряду програмних продуктів, найбільш вживаною є програма DIgSILENT PowerFactory [3]. Різні види моделей використовують в даному програмному продукті в залежності від типу ВДЕ, для моделювання СЕС використовуються:

- Модель, що ґрунтується на статичному генераторі;
- Модель, яка використовує джерело струму та джерело напруги;
- Модель, що базується на джерелах струму;
- Модель представлення СЕС у вигляді статичного генератора з вибраним режимом роботи "фотоелектрична станція".

На думку авторів найдоцільніше використовувати останню модель, оскільки значення активної

потужності може бути вказано безпосередньо користувачем за допомогою опції «Active Power Input», або може бути автоматично розраховане, враховуючи дані про тип сонячної панелі, розташування сонячної станції, місцевий час і дату, а також, за бажанням, дані про інсоляцію, за допомогою опції «Solar Calculation».

Також PowerFactory дозволяє аналізувати гармонійні потоки потужності за допомогою неітеративного методу проникнення гармонік [4], припускаючи, що процес поділяється на два етапи. Перший етап включає потік потужності на основній частоті; другий етап включає потоки потужності на гармонічних частотах. На рисунку 2 представлено блок-схему, реалізовану в PowerFactory для моделювання конкретного прикладу електричної мережі.

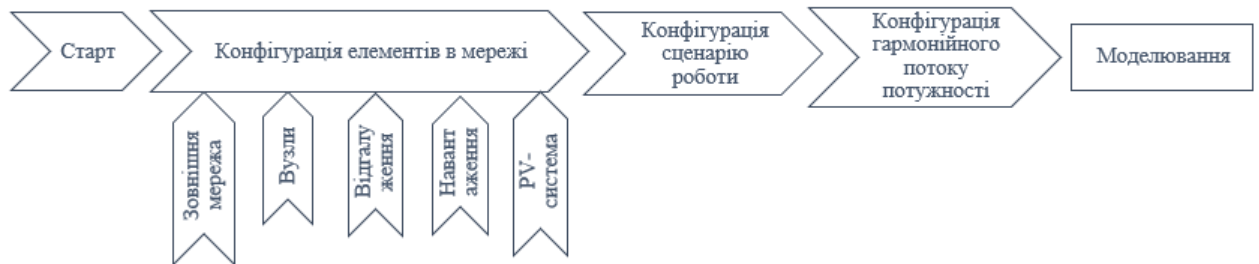


Рисунок 2 – Процедура моделювання електричної мережі в PowerFactory

При моделюванні впливу інтеграції ВДЕ на рівні локальної мережі, можна перейти до дослідження на рівні енергосистеми, тоді слід враховувати перехідну стійкість системи. Оскільки оцінка перехідної стійкості стає важливою вимогою до безпеки електроенергетичних систем. Тому в інструментах симуляції аналізу стабільності у PowerFactory доступна велика бібліотека стандартних моделей IEEE і гнучкі опції спільного моделювання. Також вбудовані інструмент та механізми PowerFactory можуть бути безпосередньо інтегровані в ГІС-системи, забезпечуючи обчислювальну функціональність при проведенні оцінювання ВДЕ при підключенні до низьковольтної мережі.

Висновки. В результаті проведеного аналізу функціональних можливостей програмного забезпечення PowerFactory, встановлено деякі ключові аспекти щодо його використання при моделюванні ВДЕ, а саме: моделювання навантаження і генерації; моделювання регуляторів напруги, релейного захисту, автоматики та систем керування; аналіз стабільності; моделювання коротких замикань; оптимізація режимів роботи ВДЕ; створення різних сценаріїв для аналізу та симуляції умов роботи системи електропостачання з ВДЕ.

Список використаних джерел:

1. Renewable Energy Outlook - Energy Transition Report. Rystad Energy. URL: <https://www.rystadenergy.com/insights/renewables-energy-transition-report-april-2023> (дата звернення: 10.06.2023).
2. Van Hulle, F., Holttinen, H., Kiviluoma, J., Faiella, M., Kreutzkamp, P., Cutululis, N., Reking, M., Gubina, A., Chapalain, F., Ernst, B., Wachtel, S., Quinonez Varela, G., Craciun, D., Pineda, I., Stoffer, B., Corbett, J., & Flament, A. (2014). Grid support services by wind and solar PV: a review of system needs, technology options, economic benefits and suitable market mechanisms: Synthesis report of the REserviceS project. http://plicki.psew.pl/WEW/140724_REserviceS_D7.1_Synthesis-report1.pdf.
3. PowerFactory - DIgSILENT. Power System Solutions - DIgSILENT. URL: <https://www.digsilent.de/en/powerfactory.html> (дата звернення: 09.06.2023).
4. Z. Deng, G. Todeschini, K. L. Koo, and M. Mulimakwenda, "Modelling renewable energy sources for harmonic assessments in DIgSILENT PowerFactory: Comparison of different approaches," Proc. 11th Int. Conf. Simul. Model. Methodol. Technol. Appl. SIMULTECH 2021, no. Simultech, pp. 130–140, 2021.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ СОНЯЧНИХ ФОТОМОДУЛІВ

Важливим завданням сьогодення є оцінювання впливу різноманітних чинників на ефективність роботи сонячних фотомодулів, які все активніше використовуються на теренах нашої держави. На зниження ефективності фотоелектричних модулів і на їхній термін експлуатації впливає деградація сонячних модулів, яку детальніше було описано в [1]. Також слід звертати увагу на коефіцієнт корисної дії (ефективність) сонячних панелей, який описує частку енергії сонячного світла, яке падає на поверхню сонячних панелей, і яка перетворюється на електричну енергію.

Однією із поширених деградацій є температурна, яка має досить значний вплив на ефективність фотопанелей. Температурна деградація – деградація сонячних панелей, яка викликана підвищенням температури навколишнього середовища, і відповідно, підвищенням температури сонячних панелей, в результаті чого зменшується вихідна електрична потужність панелей [1].

З метою оцінювання впливу температури на ефективність фотоелектричних модулів нами було проведено експериментальні дослідження роботи сонячного фотомодуля при різному його нагріванні від 19 до 78 °С. В ролі джерела світла використовувалась галогенна лампа, в якій можна змінювати інтенсивність світла, змінюючи вхідну напругу. При проведенні експериментальних досліджень також змінювали інтенсивність світла від 187 до 2000 Вт/м². Для вимірювання температури поверхні фотомодуля використовувався пірометр, а для вимірювання інтенсивності світла – піранометр. Електричне коло експерименту складається з джерела струму, тобто із сонячної панелі, навантаження, до якого належить декадний магазин додаткових опорів, і ампервольтметра.

Отримані результати прямих вимірювань таких параметрів, як температура, вихідні напруга, струм та інтенсивність світла при різній температурі. Непрямим способом визначалась вихідна потужність, її значення на одиницю площі, а також ефективність сонячної панелі. Вихідна потужність P визначається добутком виміряних напруги U і струму I . Вихідна потужність на площу P/S – відношення вихідної потужності S до площі P . Площа сонячної панелі S визначається добутком довжини l на ширину w панелі, яка вимірюється за допомогою лінійки. Площа сонячної панелі, з якою проводилося дослідження дорівнює: $S = 0,01378$ м². Це потрібно, щоб, знаходячи ефективність, була визначена однакова площа, як для інтенсивності світла, так і для вихідної потужності. Ефективність сонячної панелі e визначається відношенням електричної енергії $E_{ел}$, яку виробляє панель, до енергії падаючого світла $E_{св}$, якщо цю енергію звести, поділивши на час і площу, тоді ефективність e буде визначатися відношенням вихідної потужності на площу P/S до інтенсивності світла E . Ефективність e знаходиться за такою формулою:

$$e = \frac{E_{ел}}{E_{св}} = \frac{P_{ел}}{P_{св}} = \frac{P/S}{E} = \frac{P}{S \cdot E} = \frac{U \cdot I}{S \cdot E} = \frac{U \cdot I}{l \cdot w \cdot E}, \quad (1)$$

де $P_{ел}$ і $P_{св}$ – електрична вихідна потужність і потужність падаючого світла відповідно, які знаходяться відношенням електричної енергії $E_{ел}$ і енергії падаючого світла $E_{св}$ до часу відповідно.

В таблиці 1 наведено фрагмент отриманих результатів вимірювань при температурі від 19 до 28 °С. На основі отриманих даних побудовано графік залежності ефективності сонячного фотомодуля від температури його поверхні при нагріванні від 19 до 78 °С, який наведений на рисунку 1.

Таблиця 1 – Фрагмент результатів вимірювання і розрахунків параметрів експериментального дослідження при нагріванні фотомодуля від 19 до 28 °С

№ дос-ліду	Температура поверхні сонячної панелі t , °С	Ефективність сонячної панелі, %	Вихідна напруга, U, В	Вихідний струм I, мА	Вихідна потужність P, Вт	Вихідна потужність на площу P/S, Вт/м ²	Інтенсивність світла E, Вт/м ²
1	19	0,617507354	0,899	17,7	0,0159123	1,154738752	187
2	20	0,644839068	0,913	18,2	0,0166166	1,205849057	187
3	21	0,654773639	0,922	18,3	0,0168726	1,224426705	187
4	22	0,715269747	0,955	19,3	0,0184315	1,337554427	187
5	23	0,693110996	0,945	18,9	0,0178605	1,296117562	187
6	24	0,667673059	0,93	18,5	0,017205	1,248548621	187
7	25	0,66478333	0,95	18,9	0,017955	1,302975327	196
8	26	0,693144457	0,97	19,3	0,018721	1,358563135	196
9	27	0,777822932	1,16	23,1	0,026796	1,944557329	250
10	28	0,811785196	1,18	23,7	0,027966	2,02946299	250

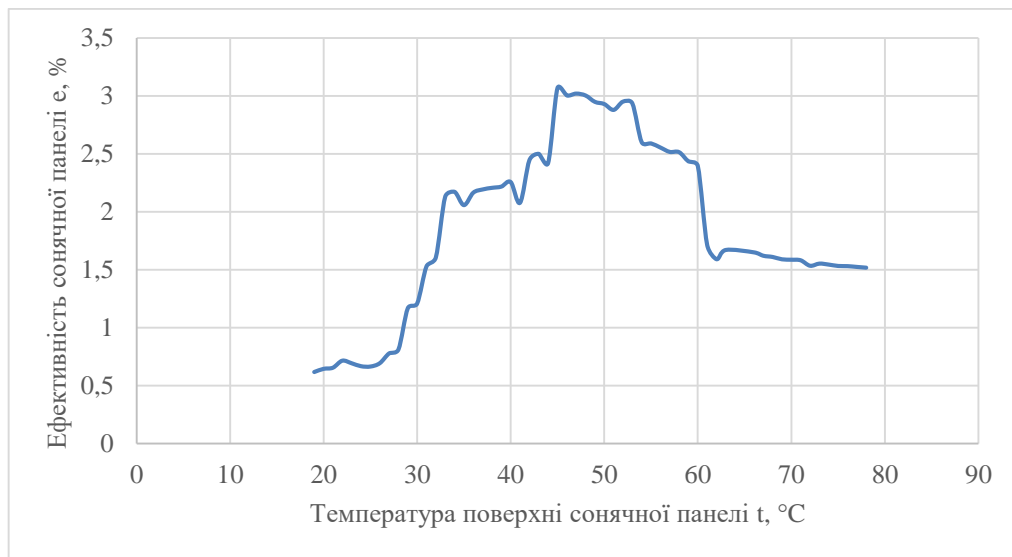


Рисунок 1 – Графік залежності ефективності роботи сонячного фотомодуля від температури $e(t)$ при нагріванні від 19 до 78 °С

Згідно отриманих результатів можна судити про максимальну ефективність роботи сонячного фотомодуля при температурі його нагрівання 45-53 °С. При зростанні температури понад 50-55 °С ефективність виробітку електричної енергії починає активно знижуватись, що свідчить про зменшення ефективності роботи сонячного фотомодуля загалом. Наступної задачею буде дослідження причини виникнення такої функціональної залежності та додаткове оцінювання впливу процесу нагрівання на подальшу деградацію сонячних фотомодулів.

Список використаних джерел:

1. Цих В.С., Кульчак А. М. Особливості деградації сонячних панелей в умовах експлуатації : матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми теплоелектроенергетики та захист довкілля», м. Полтава, 21-22.09.2023 р. С. 21–23.

References:

1. Tsykh V. S., Kulchak A. M. Peculiarities of degradation of solar panels under operating conditions: materials of the I International scientific and practical conference «Modern problems of heat and power engineering and environmental protection». Poltava, 21-22 Sep 2023. P. 21–23.

ГЛОБАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФОТОВОЛЬТАІЧНОГО СЕКТОРУ ЕНЕРГЕТИКИ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Вступ. Зростання темпів подорожчання енергоносіїв та зменшення запасів корисних копалин призводить до збільшення цін на електроенергію для кінцевого користувача. Сучасне життя неможливо уявити без електроенергії, тому людство змушене шукати альтернативні джерела енергії. Перспективною галуззю енергетики є сонячна енергетика, адже на думку експертів Міжнародного енергетичного агентства фотovoltaїка через 40 років займе 20-25% всього ринку виробництва електроенергії [1], однак для цього необхідно вирішити низку нагальних внутрішніх та зовнішніх проблем цієї сфери. Відновлювані джерела енергії відіграють важливу роль у пом'якшенні впливу на навколишнє середовище, пов'язаного зі звичайним виробництвом енергії. Завдяки переходу на відновлювані джерела, такі як фотоелектричні, людство може досить значно скоротити викиди парникових газів, покращити якість повітря, зберегти водні ресурси та зменшити залежність від обмежених запасів викопного палива. Крім того, відновлювана енергетика забезпечує енергетичну безпеку, оскільки вона надходить із внутрішнього джерела та менш вразлива до коливань цін, геополітичної напруженості та війн [2].

Ідея полягає у використанні запропонованих способів модернізації фотovoltaїчних систем генерації при повоєнному відновленні енергетичної інфраструктури України та світу в цілому.

Мета. Встановити основні глобальні проблеми фотovoltaїчного сектору енергетики, які заважають цій сфері конкурувати з традиційними джерелами генерації та запропонувати методи вирішення цих проблем.

Методика дослідження базується на аналізі наявних глобальних проблем фотovoltaїки на прикладі енергозабезпечення автономного екологічного міста майбутнього, яке буде жититися виключно за допомогою сонячних електростанцій. Концепція стабільного міста для прикладу обрана не випадково – описані проблеми фотovoltaїки тісно взаємопов'язані з критеріями концепції: оптимізація використання електроенергії та енергонезалежність, архітектура та щільність забудови, а також уникнення/мінімізація потенційного забруднення навколишнього середовища та переробка відходів.

Результати дослідження. В якості моделі було обрано еко-місто розташоване на стику помірного та субтропічного поясу клімату з населенням у 10000 осіб або 2500 сімей, площею 10 км² та енергоспоживанням у 41 МВт потужності для змінної напруги. Аналіз на основі запропонованої моделі показав, що концепція стабільного міста має насамперед вирішити такі проблеми:

- відношення споживання та генерації - збалансованість електропостачання та безперебійність роботи електромережі;
- величина площі сонячної електростанції - масиви сонячної електростанції потребують простору, і особливо важливо, щоб форми рельєфу були рівнинами або невеликими пагорбами. Це необхідно для раціонального розташування масивів фотovoltaїчних модулів, впорядкованої структури електростанції та зручного обслуговування;
- утилізація фотovoltaїчних модулів - сонячні модулі, і супутнє обладнання є технічно складними виробами, при створенні яких використовують різні матеріали та хімічні елементи, що потребують переробки після терміну служби.

Для вирішення проблеми споживання та генерації запропоновано використовувати два взаємопов'язані рішення, а саме введення денного та нічного тарифу, та використання розумних систем енергоспоживання (Smart grid) разом з акумуляторами. На прикладі моделі еко-міста було виявлено, що застосування цих двох методів дозволить забезпечити стабільне виробництво та споживання електроенергії, використовуючи лише сонячні електростанції. Також, на додачу до оптимізації енергоспоживання та енергонезалежності, такі рішення є економічно вигідними. За результатами розрахунків, модернізація 2500 домогосподарств розумними системами

електроживлення коштуватиме приблизно 100 000 000 грн, проте заощаджені кошти з урахуванням денного та нічного тарифу окупляться вже через 4 роки.

Питання зайнятого простору фотовольтаїчними електростанціями є також важливим для сонячної енергетики. Виходячи із запропонованого прикладу екологічного міста, електростанція займатиме приблизно 6,3% території населеного пункту, що зробить цю територію зайнятою для інших сфер використання. Для оптимізованого використання території міста необхідно зменшити площу наземних сонячних масивів на 50%. Відповідно до розрахунків, інтеграція хоча б половини площі сонячних електростанцій у міський простір дозволить додатково заселити на територію, що не зайнята, 335 осіб або 3,35% від всього населення. Варто зауважити, що цей метод відіграє важливу роль при масштабуванні розміру міста або через нестачу території.

Проблема екологічності є однією з непомітних проблем фотовольтаїки. Незважаючи на те, що фотовольтаїка не генерує забруднення повітря чи залишкові продукти від згоряння палива, ця сфера має проблему постексплуатаційного існування обладнання. Після закінчення терміну служби або виходу з ладу, сонячні модулі та супутнє обладнання в більшості випадків відправляються не на переробку, а на звалище. Відповідно до моделі еко-міста, приблизно оцінена кількість відходів після закінчення терміну експлуатації сонячної електростанції становить 3515,75 тон. Для порівняння, внаслідок забезпечення електроенергією тієї ж моделі міста, але за допомогою вугільної електростанції утвориться приблизно 39 283,125 тон золи та залишкових речовин. Таким чином, об'єм забруднення навколишнього середовища виключно твердими відходами сонячної енергетики в 11 разів менше у порівнянні з вугільною енергетикою

Висновок. В результаті проведеного аналізу на основі моделі забезпечення електроенергією автономного еко-міста майбутнього зроблено висновки щодо подальших перспектив розвитку фотовольтаїчного сектору енергетики в цілому, а саме:

- графіки споживання електроенергії людством відрізняються від графіків генерації електроенергії фотовольтаїчними електростанціями, що вимагає додаткових систем розподілу та накопичення енергії для більш стабільних генерації та споживання;

- для масштабного переходу на сонячну енергетику необхідно переглянути способи розміщення та інтеграції сонячних масивів у міський простір, а вільну територію використовувати для інших потреб міста;

- упущення проблеми утилізації та переробки сонячного обладнання призведе до збільшення кількості електронних відходів вже в найближчому майбутньому, що завдасть шкоди екології і частково нівелює екологічну доцільність сонячної енергетики.

Список використаних джерел:

1. Міжнародне енергетичне агентство. Світова енергетична перспектива (2020) Франція: МЕА.
2. Руднев Є.С., Попович В.А. Післявоєнне відновлення країни, як можливість перезавантаження фотовольтаїчного сектору енергетики та бізнесу / Цілі сталого розвитку - 2022: матеріали VI Всеукраїнської наук.-практ. конф., 20 жовтня 2022 р., м. Київ. Київ: Східноукр. Нац. ун-т ім. В. Даля, 2022. С. 143-144.

References:

1. International Energy Agency. World Energy Outlook (2020) France: IEA.
2. Rudniev Ye.S., Popovych V.A. Post-war recovery of the country as an opportunity to restart the photovoltaic sector of energy and business / Goals of sustainable development - 2022: materials of the VI All-Ukrainian science and practice conf., October 20, 2022, Kyiv. Kyiv: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. P. 143-144.

ПІДСИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ТА СТАНУ ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ПРОТИАВАРІЙНОЇ АВТОМАТИКИ РЕГІОНУ

Противарійна автоматика (ПА) – це комплекс технічних засобів, основною функцією якого є запобігання виникненню і розвитку аварійних процесів в енергосистемі або її частині і прискорення відновлення нормальних режимів.

Основна мета створення системи ПА:

- підвищення надійності та ефективності роботи енергосистеми регіону;
- своєчасне надання оперативному персоналу достовірної інформації в режимі плинного часу про хід технологічного процесу, стан контролюючого енергорегіону та комплексу ПА;
- забезпечення персоналу ретроспективною технологічною інформацією (реєстрація подій, розрахунок показників) для аналізу, оптимізації та планування роботи енергорегіону та його ремонту;
- підвищення довговічності, ступеня експлуатаційної надійності обладнання.
- зменшення збитків від помилок персоналу.

Система ПА функціонує безперервно, а саме здійснює безперервний збір та обробку технологічної інформації, відображає на мнемосхемах автоматизованого робочого місця диспетчера поточний стан об'єктів, підключених до системи, і параметрів їх режимів. Робота системи ПА полягає у тому, що при отриманні на локальному рівні сигналу на відключення навантаження виконується відключення навантаження з контролем потужності вимкненого навантаження та рівнів напруги в післяаварійному режимі.

Передача значень контрольованих параметрів та команд ПА виконується по існуючих ВЧ трактах по повітряних лініях електропередачі, лініях радіорелейного зв'язку та по волоконно-оптичних каналах зв'язку. У якості резервного каналу передачі даних може використовуватися обладнання GSM модемів по стандарту 3G.

До складу системи ПА входить обладнання, яке розміщується безпосередньо на контрольованих об'єктах. До такого обладнання відносяться мікропроцесорні пристрої релейного захисту та автоматики, реєстратори аварійних подій, апаратура зв'язку, засоби синхронізації часу та мережеве обладнання.

В свою чергу надійність та безперебійність роботи системи ПА забезпечується безперервним моніторингом параметрів та стану устаткування, яке працює в складі системи ПА, а також за рахунок функції самодіагностування устаткування.

Одним з основних пристроїв, що виконує функції моніторингу параметрів та стану обладнання системи ПА є реєстратор аварійних подій, використання якого підвищує надійність як периферійних пристроїв зі складу системи ПА, так і системи в цілому.

Принцип роботи реєстратора аварійних подій в складі системи ПА полягає у фіксації та реєстрації аварійних режимів з появою ініціативних дискретних сигналів, а також виходом за межі заданих пускових уставок хоча б одного з ініціативних аналогових сигналів.

Після завершення реєстрації інформації по аварійній події реєстратор автоматично переходить в режим передачі аварійної інформації на верхній рівень. Після завершення прийому інформації верхній рівень обробляє її та передає експрес-інформацію на вищі рівні оперативного керування. При передачі інформації провадиться перевірка правильності переданої та прийнятої інформації для запобігання хибних пересилок. Повна аварійна інформація з об'єкту на вищі рівні керування може передаватись як в автоматичному, так і в діалоговому режимі, при цьому процесом передачі можна керувати як з рівня периферійного комплексу ПА, так і з вищого рівня керування.

Також обов'язковим для використання у підсистемі моніторингу параметрів та стану обладнання ПА є засоби синхронізації часу, які призначені для прив'язки із заданою похибкою за часом внутрішнього годинника мікропроцесорних пристроїв релейного захисту та автоматики, реєстраторів аварійних подій та апаратура зв'язку до єдиної глобальної шкали часу.

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ СИСТЕМ SMART-МОНІТОРИНГУ ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Вступ. Незважаючи на те, що Microgrid пропонує цілий ряд переваг, їх впровадження пов'язане з багатьма проблемами. Ці виклики можна структурувати наступним чином: двонаправлений потік електроенергії; проблеми з якістю електроенергії; низька інерційність; ізолюваний режим роботи; Скоординоване керування декількома джерелами РГ; накопичення енергії; економічна та надійна робота; виклики технологій та кібербезпеки; регуляторні бар'єри.

Враховуючи вищезазначене, вимоги до моніторингу та керування локальних систем енергозабезпечення (Microgrid) визначаються наступним. Профіль і прогнозованість залишкового навантаження є двома ключовими показниками завдань, що стоять перед іншими елементами електроенергетичної системи. ВДЕ поділяються на диспетчеризовані та недиспетчеризовані ВДЕ. Залишається незмінним завдання, на основі існуючих методів керування оптимізувати в ЛЕС електроенергетичні процеси. Завдяки сучасним комунікаційним технологіям система моніторингу та керування Microgrid системи може координувати та контролювати більш розосереджені джерела енергії.

Мета роботи. Метою даного дослідження є розробка системи Smart-моніторингу для Microgrid систем з джерелами розосередженої генерації, котра дасть змогу враховуючи особливості різнотипних джерел генерації при їх роботі.

Матеріал і результати дослідження.

Smart-моніторинг Microgrid систем це багатоцільова складна система моніторингу та контролю: розподіл потужності навантаження, регулювання напруги/частоти та якості електроенергії, участь у локальних ринках, коротко- та довгострокове планування.

Впровадження такої системи Smart-моніторингу для ЛЕС вимагає трьох основних компонентів [1]:

1) комунікаційна програмна платформа – служить основою для оператора мережі для надсилання ринкових сигналів стороннім агрегаторам, клієнтам джерел РГ або напряму власникам джерел РГ. За допомогою відповідної програмної платформи і-й ОСР або сторонній агрегатор можуть безпосередньо керувати окремими джерелами РГ, надсилати сигнали споживачам і надсилати запити на надання послуг третіми сторонами.

2) апаратна комунікаційна платформа – дає змогу власникам джерел РГ реагувати на запити ОСР, агрегаторів третьої сторони, або клієнтів джерел РГ. Якщо джерело РГ відповідає на відповідний запит, комунікаційна платформа відстежує згенеровані РГ у мережу обсяги ел.ен. та надсилає дані назад до ОСР або стороннього агрегатора. Фотоелектричні модулі та акумуляторні батареї, оснащені сучасними інверторами, сумісні з цими платформами, як і деякі пристрої, такі як інтелектуальні термостати та зарядні пристрої для електромобілів.

3) обладнання джерел РГ – Фотоелектричні системи, вітрові установки, СНЕ, електромобілі, розумна побутова техніка, дизельні генератори та ін. Тип джерела РГ, який має право брати участь в агрегації, залежить від типу комунікаційної платформи, регуляторних факторів і місця розташування (вимоги щодо розміщення, навколишнього середовища та інші вимоги для участі у процесі агрегування).

Саму процедуру агрегування для Microgrid системи можна формалізувати у вигляді відповідної ринкової моделі у рамках побудови Microgrid системи на основі моделі SGAM [2, 3].

На рис. 1 зображена архітектура системи Smart-моніторингу Microgrid системи, котра враховує усі типи джерел РГ та СНЕ та особливості їх функціонування. Дана система працює неперервно в певних часових інтервалах $t \in [1, 2, \dots, T]$, забезпечуючи обмін інформаційними потоками, які дозволяють в свою чергу керувати енергопотоками забезпечуючи оптимальне функціонування системи моніторингу на всіх трьох ринках, а відтак і оптимальну роботу Microgrid системи.

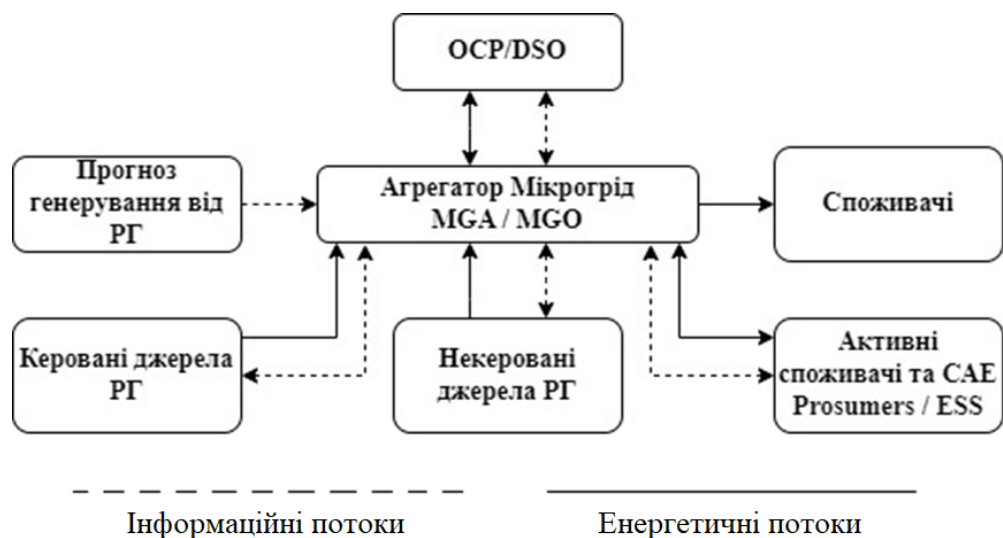


Рисунок 1 - Структура системи Smart-моніторингу Microgrid системи

Висновки: Запропонована структура системи Smart-моніторингу Microgrid системи є вигідною, оскільки: споживачі вже мають певну інфраструктуру для експорту електроенергії в мережу, тому надання допоміжних послуг для мережі є для них відносно дешевшим вигідним; моніторинг енергоспоживання генерувальних установок і зв'язок з зовнішньою енергосистемою допомагає прогнозувати можливий експорт/імпорт електроенергії оператором/агрегатором Microgrid системи до/з мережі. Також за допомогою запропонованої системи моніторингу можна отримати інформацію щодо стану заряду акумуляторів окремих СНЕ або активних споживачів (Prosumer), яка є корисною оператору Microgrid системи для оптимальної диспетчеризації; прямий контроль над ресурсами споживачів дає змогу системному оператору скористатися перевагами гнучкості попиту споживачів у режимі реального часу; агрегація різнотипних джерел РГ утворює розосереджений енергетичний ресурс для надання допоміжних послуг на ринку електричної енергії.

Список використаних джерел:

1. S. Denysiuk and D. Derevianko, "The Cost Based DSM Methods in Microgrids with DG Sources," 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), 2021, pp. 544-548, doi: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570096.
2. Kirpes, B., Mengelkamp, E., Schaal, G. & Weinhardt, C. (2019). Design of a microgrid local energy market on a blockchain-based information system. *it - Information Technology*, 61(2-3), 87-99. <https://doi.org/10.1515/itit-2019-0012>
3. Carpintero-Rentería, M., Santos-Martín, D., & Guerrero, J. M. (2019). Microgrids Literature Review through a Layers Structure. *Energies*, 12(22), 4381. doi:10.3390/en12224381

References:

1. S. Denysiuk and D. Derevianko, "The Cost Based DSM Methods in Microgrids with DG Sources," 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), 2021, pp. 544-548, doi: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570096.
2. Kirpes, B., Mengelkamp, E., Schaal, G. & Weinhardt, C. (2019). Design of a microgrid local energy market on a blockchain-based information system. *it - Information Technology*, 61(2-3), 87-99. <https://doi.org/10.1515/itit-2019-0012>
3. Carpintero-Rentería, M., Santos-Martín, D., & Guerrero, J. M. (2019). Microgrids Literature Review through a Layers Structure. *Energies*, 12(22), 4381. doi:10.3390/en12224381

ДОСВІД ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ НАВЧАЛЬНОЇ БУДІВЛІ УНІВЕРСИТЕТУ НА БАЗІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ SMART MAIC

В умовах воєнного стану надзвичайно важливим для нашої держави є питання енергетичної безпеки. Одним із першочергових завдань, які потребують термінового вирішення є ефективне управління енергозабезпеченням та енергоспоживанням, що може бути реалізовано на основі безперервного моніторингу споживання енергетичних ресурсів. У реальних умовах експлуатації будівель визначення їх поточного енергоспоживання за різними видами енергоресурсів проводиться за рахунок використання пристроїв обліку – лічильників тепла, електроенергії та води. Існуюча практика оперує лише місячними показами енергоспоживання будівель, що досить сильно утруднює процес оперативного аналізу та, відповідно, ускладнює процес прийняття рішень щодо зменшення енергоспоживання при дотриманні нормативних умов мікроклімату у приміщеннях. Таким чином, актуальним є розроблення автоматизованої системи моніторингу та управління енергозабезпеченням, що має реалізовувати завдання визначення щогодинних та добових показників енергоспоживання будівлями за різними видами енергоресурсів з фіксацією параметрів внутрішнього мікроклімату, а також здійснювати управління функціонуванням системи енергозабезпечення на основі оперативного прийнятих рішень.

Науковцями Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу проведено ґрунтовне дослідження та для побудови системи моніторингу обрано «сма́рт»-пристрої енергомонітори української компанії smart-MAIC [1]. Приклад такої системи реалізовано на базі кафедри, яка займає частину корпусу університету.

Структура пілотної системи енергетичного моніторингу для навчальної будівлі університету наведена на рисунку 1. Система енергетичного моніторингу дозволяє отримати реальні дані по споживанню електричної та теплової енергії, холодної та гарячої води для університетської будівлі. Окрім того в кожному навчальному приміщенні передбачено моніторинг основних показників мікроклімату – температури і вологості повітря, концентрації вуглекислого газу. Окремою складовою системи моніторингу є метеорологічний модуль, що дозволить відслідковувати температуру і вологість зовнішнього повітря, напрямок і швидкість вітру, атмосферний тиск, інтенсивність сонячного випромінювання (інсоляцію), значення і тренд зміни атмосферного тиску.

В навчальних аудиторіях за допомогою системи енергетичного моніторингу відслідковуються параметри мікроклімату в приміщенні (температура, вологість і рівень вуглекислого газу) для цього використовується універсальний монітор smart-MAIC D105 до якого приєднується датчик температури-вологості (DHT22) і вуглекислого газу (MH-Z41A). Для визначення рівня споживання електричної енергії в аудиторії (навчальна аудиторія обладнана електричним опаленням) використовується енергомонітор smart-MAIC D103, що забезпечує приєднання до трифазної лінії електропостачання по напрузі і по струму (за допомогою кільцевих трансформаторів струму на номінал 100А). Дані, які збираються з пристроїв, зберігаються в хмарному сховищі і доступні для перегляду та аналізу в режимі реального часу. Агрегування інформації, щодо конкретної аудиторії чи інших об'єктів моніторингу, її візуалізація та подальший аналіз здійснюється в хмарному WEB-додатку smart-MAIC Dashboard. Користувач сам налаштовує вид віджетів індикаторів, графіків та таблиць для інформаційної панелі. На рисунку 2 наведений приклад інформаційної панелі сегменту системи енергетичного моніторингу для навчальної аудиторії університету.

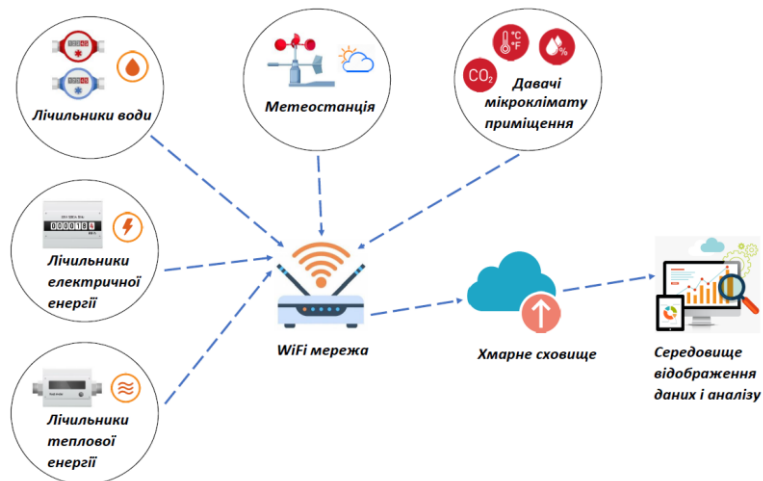


Рисунок 1 – Загальна структура пілотної системи енергетичного моніторингу для навчальної будівлі університету



Рисунок 2 – Приклад інформаційної панелі сегменту системи енергетичного моніторингу для навчальної аудиторії університету

Отримані дані по фактичному енергоспоживанню протягом календарного року дозволять зокрема оцінити питомі теплові характеристики будівлі, визначити фактичну енергопотребу для забезпечення нормативних показників мікроклімату в приміщеннях будівлі, а також оцінити раціональність і тренди споживання енергоносіїв.

Список використаних джерел:

1. Smart-MAIC. Smart meters for any kind of consumptions. URL: <https://smart-maic.com/en/>.

References

1. Smart-MAIC. Smart meters for any kind of consumptions. URL: <https://smart-maic.com/en/>.

УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ

Вступ. Електротранспорт неухильно входить у повсякденне життя, пропонуючи екологічні та економічні переваги перед традиційними видами транспорту на викопному паливі [1]. Одним з ключових аспектів цього переходу є ефективне управління життєвим циклом батарей електромобілів, які слугують як основне джерело енергії для транспортних засобів. Значення батарей у електромобілях виходить за рамки лише первинного використання у транспорті та охоплює потенціал вторинного використання у системах зберігання енергії, що може суттєво покращити стійкість та гнучкість енергосистем.

З огляду на стрімке зростання числа електромобілів та передбачуване збільшення вибуття з експлуатації частково деградованих батарей, актуальність вирішення питань вторинного використання та ефективного перероблення стає дедалі більшою. Необхідно дослідити стратегії та методи управління життєвим циклом батарей з погляду їх впливу на надійність та стійкість енергосистеми, а також з урахуванням змін у ринкових умовах та енергетичній політиці.

Матеріал та результати дослідження.

Життєвий цикл батарей електротранспорту

Батареї електротранспорту є ключовими елементами у ширшому енергетичному ландшафті майбутнього. Їх життєвий цикл починається з виробництва, де застосовуються сучасні технології та інноваційні матеріали, щоб створити продукти, які задовольняють високі вимоги до енергоємності, безпеки та довговічності. Первинне використання батарей у транспорті є критичним етапом, де вони відіграють роль визначального чинника в автономності та ефективності електромобілів [2].

Гарантійний період для батарей електротранспорту, який зазвичай складає 8–10 років, є періодом, протягом якого виробник гарантує їхню надійність та продуктивність (Рис. 1) [3]. Проте, діяльність батарей часто перевищує цей гарантійний період, і їх експлуатаційна надійність може продовжуватись значно довше, іноді досягаючи 15-20 років в залежності від умов використання та догляду. Виробники намагаються мінімізувати втрату ємності батарей, оптимізуючи процеси зарядки та розрядки, а також впроваджуючи системи терморегуляції [4].

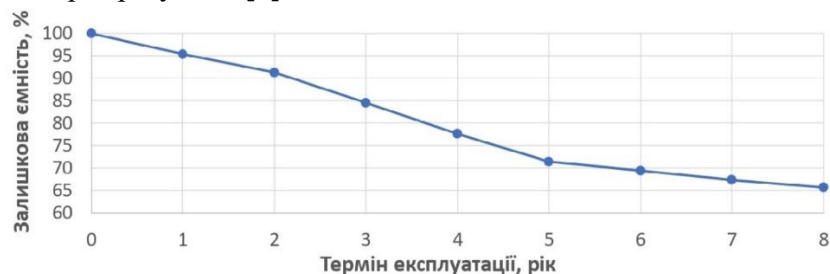


Рисунок 1 – Динаміка зниження ємності батареї електромобіля [3]

Коли батареї досягають кінця свого первинного використання в автомобілях, вони залишаються придатними для вторинного використання, наприклад, як стаціонарні системи зберігання енергії. Використання батарей електромобілів дає можливість ефективно використовувати накопичену енергію для підтримки енергомережі, особливо під час пікових навантажень або в умовах енергетичного дефіциту [4,5]. Це не тільки сприяє більш ефективному використанню ресурсів, але й відіграє важливу роль у зменшенні екологічного впливу за рахунок зниження потреби у нових батареях та зменшення відходів.

Після закінчення первинного використання в електромобілі батареї можуть бути відправлені на переробку, де цінні матеріали, такі як літій, кобальт та нікель, можуть бути відновлені та повторно використані для виробництва нових батарей (Рис.2). Такий підхід не лише забезпечує ефективне використання ресурсів, але й підтримує принципи циркулярної економіки, зменшуючи необхідність у нових матеріалах та знижуючи загальну вартість батарей для споживачів і виробників.



Рисунок 2 – Вторинне застосування батареї електромобіля

1. Моделі вторинного використання батарей електротранспорту

Моделі вторинного використання батарей електротранспорту відкривають нові можливості для ефективного використання енергетичних ресурсів та екологічності [6]. Однією з передових концепцій є "Батарея як послуга" (Battery as a Service, BaaS), що дозволяє споживачам користуватися батареєю на основі підписки без необхідності її купівлі. Це знижує первинну вартість електромобілів та усуває турботи про деградацію батарей з власників.

Лізинг батарей пропонує схожий підхід, де споживачі отримують ексклюзивне право на використання батареї протягом певного періоду за фіксовану місячну плату, в той час як сам автомобіль може бути придбаний або взятий у лізинг. Це зменшує початкові витрати та передає ризик застарівання та утилізації батарей від споживачів до виробників.

Екологічний збір за утилізацію батарей передбачає збір коштів з власників транспортних засобів при покупці нового автомобіля, які пізніше використовуються для фінансування процесу переробки батарей, коли вони виходять з експлуатації. Цей підхід спрощує процес для виробника, однак збільшує вартість нового транспортного засобу при покупці.

Модель вільного ринку базується на економічних принципах попиту та пропозиції, які визначають подальшу долю використаних батарей. Цей підхід створює конкурентне середовище, де вартість батарей, придатних для вторинного використання, збільшується, а вартість автомобілів зі старими батареями, які потребують заміни, знижується.

Комбінована модель, що поєднує "Батарею як послугу" або лізинг з екологічним збором, надає споживачам вибір між сервісом або покупкою. Якщо споживач вибирає сервіс або лізинг, виробник бере на себе відповідальність за управління життєвим циклом батареї, а якщо покупець вирішує придбати транспортний засіб, він сплачує екологічний збір за утилізацію батареї.

Ці моделі пропонують різні підходи до управління життєвим циклом батарей, кожен з яких має свої переваги та недоліки, що варто розглянути в контексті відповідального споживання та сталого розвитку енергосистеми.

2. Інтеграція батарей вторинного використання в енергосистему

Вторинно використані батареї з електротранспорту доцільно використовувати у системах зберігання енергії, сприяючи зміцненню інфраструктури відновлюваних джерел енергії. Вони ефективно виконують роль стаціонарних накопичувачів, дозволяючи зберігати надлишок енергії в періоди низького споживання та відпускати її під час пікових навантажень, тим самим вирівнюючи коливання виробітку та споживання електроенергії.

Ці батареї також грають ключову роль у балансуванні енергомережі, забезпечуючи необхідні регульовальні послуги, що допомагає підтримувати стабільність та надійність електропостачання. Здатність швидко реагувати на зміни в навантаженні енергомережі робить вторинно використані батареї цінним активом для системного оператора, особливо в умовах, коли відновлювані джерела енергії вносять зростаючий вклад у енергетичний баланс.

Важливим аспектом застосування вторинних батарей є їхня спроможність забезпечувати резервне живлення для критично важливих об'єктів інфраструктури, таких як лікарні, школи, водоочисні станції та інші заклади, що потребують неперервного електропостачання. У випадку стихійних лих або інших аварійних ситуацій ці батареї можуть стати незамінним ресурсом для підтримки життєдіяльності громад.

3. Техніко-економічний аналіз вторинного використання батарей електротранспорту.

Техніко-економічний аналіз вторинного використання батарей електротранспорту є ключовим для визначення їхньої життєздатності як стаціонарних систем зберігання енергії. Цей аналіз допомагає оцінити, чи є відновлення та використання вичерпаних батарей з економічної точки зору вигідними порівняно з інвестиціями в нові системи зберігання.

3.1. Ефективність вторинного використання полягає у визначенні продуктивності батарей після їхнього первинного життєвого циклу в автомобілях. Це включає оцінку збереженої ємності, здатності до заряду та розряду, а також загальної надійності батарей. Проведення випробувань та моніторингу батарей може виявити, наскільки ефективно вони здатні функціонувати у другорядних додатках, таких як стаціонарні системи зберігання енергії.

3.2. Оцінка вартості та прибутковості включає аналіз витрат, пов'язаних з відновленням та адаптацією батарей для нових застосувань, порівняно з потенційною вигодою від їх використання. Важливо врахувати повну економічну цінність батарей, зокрема зниження операційних витрат, підвищення енергетичної ефективності та можливість продажу енергії на ринок в періоди пікового попиту.

3.3. Аналіз ринкових умов і можливостей зосереджується на дослідженні попиту та пропозиції на ринку вторинних батарей, включаючи регуляторні рамки, інcentиви та бар'єри. Особливу увагу слід приділити динаміці цін на первинні та вторинні батареї, а також розглянути потенційні партнерства та колаборації з енергетичними компаніями, виробниками відновлювальної енергії та урядовими організаціями.

Техніко-економічний аналіз вторинного використання батарей дозволяє виробникам та енергетичним компаніям приймати обґрунтовані рішення щодо інтеграції цих систем у загальну стратегію енергетичної стійкості, що може призвести до покращення енергетичного балансу, зниження витрат та підвищення загальної стійкості енергосистеми.

Висновки. Стрімке зростання числа електромобілів та передбачуване збільшення вибуття з експлуатації частково деградованих батарей загострює актуальність вирішення питань їх вторинного використання та ефективного перероблення. Розглянуто стратегії та методи управління життєвим циклом батарей з погляду їх впливу на надійність та стійкість енергосистеми, а також з урахуванням змін у ринкових умовах та енергетичній політиці.

Первинне використання батарей у електромобілях та їх подальше вторинне застосування як стаціонарних накопичувачів енергії відкриває нові перспективи для інтеграції відновлюваних джерел енергії, стабілізації навантаження на енергомережу та забезпечення резервного електропостачання в критичних ситуаціях. Концепції "батарей як послуги" та лізингу батарей дозволяють споживачам зменшити первинні витрати на електротранспорт та подовжити використання батарей за рахунок їх вторинного застосування після завершення терміну служби в автомобілі. Також розглядається важливість впровадження екологічного збору за утилізацію батарей, що забезпечує фінансування їх відповідального перероблення або реалізації у системах зберігання енергії.

Загалом, інтеграція вторинно використаних батарей в енергосистему створює нові можливості для підвищення ефективності використання ресурсів, покращення екологічної стійкості та енергетичної безпеки.

Перелік використаних джерел:

1. Kostenko G. P. (2022). Overview of European trends in electric vehicle implementation and the influence on the power system. *System Research in Energy*, (1 (70), 62-71. <https://doi.org/10.15407/srenergy2022.01.062>
2. GP Kostenko, OV Zgurovets, MM Tovstenko. SWOT analysis of electric transport and V2G implementation for power system sustainable development in the terms of Ukraine. 2023 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1254 012030 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012030>
3. Луценко І. М., Циган П. С. Технічні та економічні аспекти використання електромобілів в електричних мережах України Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Енерго- та ресурсозберігаючі технології. 2017. № 6 (107). С. 21-30.
4. Г.П. Костенко. Ситуаційний аналіз перспектив розвитку електротранспорту та його інтеграції до енергосистеми України. «Енергетика: економіка, технології, екологія», №1 (2023). <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2023.276185>
5. Kostenko, G., Zgurovets, O. (2023). Review on Possible Impact of Mass EVs Charging on the Power System and Ways to Mitigate It. In: Zaporozhets, A. (eds) *Systems, Decision and Control in Energy V. Studies in Systems, Decision and Control*, vol 481. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35088-7_34
6. C. H. Illa Font, H. V. Siqueira, J. E. Machado Neto, J. L. F. d. Santos, S. L. Stevan Jr, A. Converti, and F. C. Corrêa, "Second life of lithium-ion batteries of electric vehicles: A short review and perspectives," *Energies*, vol. 16, no. 2, p. 953, 2023.

Кулапін О.В., аспірант
Махотіло К.В., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

УСЕРЕДНЕНА ПОВЕДІНКОВА МОДЕЛЬ НАВАНТАЖЕННЯ ПОБУТОВОГО СПОЖИВАЧА

Протягом останнього десятиліття виникла проблема ефективного управління зростаючим обсягом нестабільних відновлюваних джерел енергії, таких як фотоелектричні системи, та змінливого попиту на електроенергію від нових споживачів, таких як електромобілі та індивідуальні системи зберігання енергії. Ця проблема викликає значний інтерес у високотехнологічних дослідженнях [1]. Дослідження показують, що процеси споживання енергії домогосподарств та виробництва в житловому секторі є недостатньо дослідженими та слабо контрольованими в енергетичних системах. З'являється новий учасник у енергетичних системах - просьюмери, що означає побутових абонентів, які можуть виробляти енергію, а не лише споживати.

Класичні підходи до моделювання енергоспоживачів базуються на використанні даних про всі доступні електроприймачі чи історії загального енергоспоживання. Ці методи використовуються для розрахунку або передбачення майбутнього енергоспоживання. Вони мають свої переваги та недоліки, але всі вони вимагають значної кількості точних і докладних даних про споживачів. У випадку домогосподарств, збір таких даних ускладнюється як великою обсяговістю, так і конфіденційними вимогами.

З появою нових видів споживачів, таких як електромобілі та домашні системи зберігання енергії, виникають проблеми з недостатністю глибоких фонових даних про їхні навантаження. У зв'язку з цим виникає потреба в розробці методів моделювання навантаження побутових споживачів і просьюмерів, що зможуть точно відтворювати особливості графіків навантаження як існуючих споживачів, так і нових, що нещодавно приєдналися до енергосистеми.

Методи моделювання енергоспоживання домогосподарств можна поділити на дві основні категорії: "зверху-вниз" і "знизу-вгору". Моделі "зверху-вниз" оцінюють загальне енергоспоживання житлового сектору енергосистеми країни або регіону, а потім конвертують ці загальні дані в інформацію про енергоспоживання конкретного побутового споживача. Ці моделі можуть відносно легко враховувати зміни макроекономічних показників, таких як ціни на енергоносії та рівень доходів, а також темпи розвитку технологій та зміни клімату. З іншого боку, моделі "знизу-вгору" описують споживання енергії окремими споживачами або будинками, а потім екстраполюють ці результати на рівень міста, регіону або країни.

Яскравим прикладом моделей «зверху-вниз» є типові графіки електричних навантажень. Зазвичай вони будуються на основі даних режимного дня або на усереднених даних репрезентативних споживачів. Об'єктом дослідження є моделі побутового навантаження, придатні для вирішення завдань управління роботою вузла розумної мережі котеджного селища просьюмерів. Для досягнення цієї мети використовувалися типові графіки навантаження середньостатистичної сім'ї, яка включає двох працюючих дорослих і двох дітей. Однак ці графіки мають занадто плавний характер, що може ускладнити алгоритми управління при зіткненні з різкими змінами в реальних профілях навантаження. Оскільки відсутні архівні дані щодо енергоспоживання конкретного споживача, для вирішення цієї проблеми пропонується використовувати модель поведінкового навантаження.

Аналізуючи режими споживання нового абонента, для якого відсутня історія даних щодо його навантаження, складно використовувати традиційні регресійні моделі. В цьому випадку, ефективним видається підхід, представлений у роботі [3]. Зокрема, це множинна регресія, яка враховує поведінкові патерни використання електроприладів у побуті. У цій моделі кожен мешканець домогосподарства розглядається як незалежний агент, який керується власними бажаннями та типовими моделями поведінки. Згідно з психологічною моделлю поведінки, люди приймають рішення, включаючи використання електроприладів, враховуючи свої поточні бажання та обираючи оптимальні дії з наявних варіантів. Модель поведінкового навантаження використовує спрощені моделі бажань

побутового споживача електроенергії. Наприклад, кожні 5 годин виникає бажання поїсти, а вранці робочого дня появляється бажання вийти на роботу. Вибір доступних дій для людини, яка споживає енергію та прагне задовольнити свої бажання, залежить від наявних в домогосподарстві пристроїв, таких як мікрохвильова піч, електрочайник, лампи, водонагрівачі тощо. Зрозуміло, що момент виникнення бажань і вибір способів їх задоволення є випадковими величинами з певними законами розподілу ймовірностей.

На основі проведених досліджень виявлено, що вказаний підхід ефективно використовується для створення реалістичних профілів навантажень різних домогосподарств, які точно відтворюють особливості їх реальних графіків навантажень. Ці особливості включають розташування і форму максимумів і мінімумів навантажень, кількість і величину стрибків навантаження, а також коефіцієнти форми і заповнення графіків.

Однак використання графіків, отриманих за допомогою такого підходу, також не відповідає вихідному завданню для подальшого моделювання розумної мережі. Кожен створений графік є випадковим та унікальним, і може значно відрізнятись від інших реалізацій щодо наповнення, розміру та часу максимумів і мінімумів вторинного навантаження (рис. 1). Такі відхилення можуть виникати, наприклад, через хаотично розподілені рішення членів сім'ї щодо готування їжі, прання або виходу з дому. Вони є необхідною складовою поведінкової моделі.

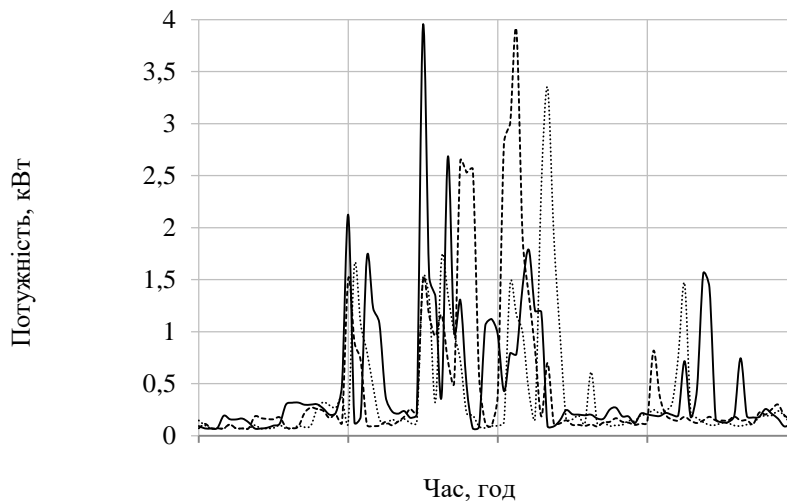


Рисунок 1 - Різні реалізації графіків випадкового навантаження

Для налаштування алгоритму управління розумним вузлом мережі необхідний графік навантаження, який повторюється та відображає специфіку реального споживання, але при цьому відсутні нетипові відхилення. З метою отримання такого графіка пропонується усереднити випадкові профілі навантажень в певні інтервали часу. Для побудови моделі навантаження введено кілька рівнів розбиття даних на часові інтервали. На першому рівні весь рік поділяється на тимчасові проміжки, коли тривалість світлового дня не змінюється більше ніж на 15 хвилин. Можна припустити, що в межах кожного інтервалу режими використання освітлювальних приладів залишаються незмінними. Для широти Харкова налічується 24 таких інтервали тривалістю 10-26 днів.

В кожному інтервалі поділяються на робочі дні та вихідні. Для аналізу побутових споживачів, їх графіка навантаження вихідного дня вирізняється наявністю ранкових і денних максимумів, які за розміром схожі на вечірню максимальну завантаженість робочих днів. Навіть при певних різницях це дослідження не враховує вихідні, святкові дні, суботу та неділю, щоб уникнути зайвих деталей.

Усереднений графік навантаження розташовується між типовим графіком навантаження та випадковим графіком. Його характеристики включають безліч вторинних піків, що зосереджені в області ранкових та вечірніх максимумів, а також піки в інший час доби, характерні для графіків навантаження домогосподарств. Це важливо при використанні моделі для налаштування управління індивідуальною системою накопичення енергії просьюмера. Усереднений графік має сталу добову норму споживання енергії і залишається незмінним. З іншого боку, в порівнянні з випадково

згенерованим графіком, усереднений графік має менший діапазон коливань потужності навантаження (в 2-3 рази), що означає відсутність різких піків навантаження, пов'язаних з одночасним використанням потужної побутової техніки. Недолік такого графіка компенсується енергетичним буфером, який підключений паралельно до основної літій-іонної батареї в системі накопичення енергії просьюмера. Ця модель навантаження використовується для вибору алгоритму управління основними акумуляторами і передає всі особливості енергоспоживання просьюмера в рамках визначеної задачі. Запропонований підхід до моделювання навантаження споживачів-просьюмерів відповідає вимогам задачі управління розумною мережею.

Список використаних джерел:

1 Кулапін О. В., Підходи до визначення та стан розвитку концепцій інтелектуальних енергосистем і віртуальних електростанцій/ О. В. Кулапін, К. В. Махотіло // Вісник Національного технічного університету «ХПІ», Серія: Енергетика надійність та енергоефективність, № 29 (1354) 2019. - С. 91-96.

2 Кулапін О. В., Моделювання смарт-мережі споживачів-просьюмерів з фотоелектричними системами / О. В. Кулапін, К. В. Махотіло // Вісник Національного технічного університету «ХПІ», № 14 (1339), 2019. – С. 61-66.

3 Pflugradt, N.; Platzer, V. Behavior based load profile generator for domestic hot water and electricity use // Innostock 12th International Conference on Energy Storage, Lleida, 2012.

РОЗДІЛ 2: СУЧАСНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ

УДК 621.311

Попов В.В., канд. техн. наук, доцент
Заболотний А.П., канд. техн. наук, доцент
Дяченко В.В., канд. техн. наук, доцент
Федоша Д.В., канд. техн. наук, доцент
Прихно В.Л., ст. викладач

Національний університет «Запорізька політехніка»

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ У ЦЕХОВИХ МЕРЕЖАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Вступ. Ефективність цехових мереж електропостачання в значній мірі обумовлює ефективність функціонування системи електропостачання промислового підприємства в цілому і визначається за допомогою мінімізації зведених витрат, які мають дві складові, обумовлені капітальними витратами і витратами від втрат електроенергії у цехових мережах. Розрахунок зведених витрат при техніко-економічному порівнянні варіантів є трудомісткою задачею, оскільки існує велика варіативність вибору схемного рішення, вибору перерізів провідників живлячої і розподільної цехової мережі, а також врахування конструктивних особливостей цехової мережі.

Мета роботи: формалізація процесу розрахунку зведених витрат на цехову мережу та процедури оцінки ефективності електропостачання у цехових мережах промислових підприємств, що дозволить знаходити ближчі до оптимальних схемні рішення при врахуванні конструктивних особливостей виконання цехової мережі.

Основний зміст. Вибір оптимальної схеми цехового електропостачання є важливим питанням, оскільки втрати потужності і електроенергії у цехових мережах становлять від 30% до 70% від загальних втрат в залежності від виду виробництва.

Показано, що ефективність цехових мереж електропостачання в значній мірі обумовлює ефективність функціонування системи електропостачання промислового підприємства в цілому і визначається за допомогою мінімізації зведених витрат, які мають дві складові, обумовлені капітальними витратами і витратами від втрат електроенергії у цехових мережах. Розрахунок зведених витрат при техніко-економічному порівнянні варіантів є трудомісткою задачею, оскільки існує велика варіативність вибору схемного рішення, вибору перерізів провідників живлячої і розподільної цехової мережі, а також врахування конструктивних особливостей цехової мережі.

Здійснено аналіз особливостей факторів ефективності цехового електропостачання. Виділено базові складові ефективного функціонування схеми цехового електропостачання, а саме: дискретність електротехнічного обладнання; його розміщення у цеху; режими роботи електроприймачів (ЕП); графік навантаження; співвідношення вартості електроенергії і питомої вартості елементів цехової мережі. Визначено, що у будь-якій схемі цехового електропостачання тривалість включення ЕП (ЕП з постійним та ЕП зі змінним режимом роботи), а також форми графіку навантаження в значній мірі обумовлює ефективність її функціонування.

Отримані результати чисельного експерименту, при виконанні робіт з проектування цехових мереж в проектній установі ДІПРОПРОМ (м. Запоріжжя), показали свою ефективність (3-7%) при визначенні експлуатаційних характеристик цехових мереж у порівнянні з існуючими інженерними методиками.

Висновки. Запропонований підхід розрахунку зведених витрат на спорудження цехової мережі дозволяє формалізувати процес розрахунку при врахуванні конструктивних особливостей виконання цехової мережі, підвищити точність розрахунку при врахуванні режиму електроспоживання електроприймачів, а також дозволяє визначити як зміняться зведені витрати при зміні співвідношення питомих витрат на спорудження цехових мереж і тарифу на електроенергію.

Попов В.В., канд. техн. наук, доцент
Заболотний А.П., канд. техн. наук, доцент
Дяченко В.В., канд. техн. наук, доцент
Федоша Д.В., канд. техн. наук, доцент
Прихно В.Л., ст. викладач
Національний університет «Запорізька політехніка»

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕДУРИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ У ЦЕХОВИХ МЕРЕЖАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Вступ. Ефективність цехових мереж електропостачання обумовлює ефективність функціонування системи електропостачання промислового підприємства в цілому і визначається за допомогою мінімізації зведених витрат, які мають дві складові, обумовлені капітальними витратами і витратами від втрат електроенергії у цехових мережах. Розрахунок зведених витрат при техніко-економічному порівнянні варіантів є трудомісткою задачею, оскільки існує велика варіативність вибору схемного рішення, вибору перерізів провідників живлячої і розподільної цехової мережі, а також врахування конструктивних особливостей цехової мережі [1-5]. Оптимальність обраного рішення зрештою значною мірою залежить від суб'єктивізму проектувальника, його кваліфікації та особистого досвіду вирішення подібних багатокритеріальних завдань [2]. Тому актуальним питанням є формалізація процесу розрахунку зведених витрат на цехову мережу та процедурі оцінки ефективності електропостачання у цехових мережах промислових підприємств, що дозволить знаходити ближчі до оптимальних схемні рішення при врахуванні конструктивних особливостей виконання цехової мережі [3].

Мета роботи: формалізація процесу розрахунку зведених витрат на цехову мережу та процедурі оцінки ефективності електропостачання у цехових мережах промислових підприємств, що дозволить знаходити ближчі до оптимальних схемні рішення при врахуванні конструктивних особливостей виконання цехової мережі.

Основний зміст. Вибір оптимальної схеми цехового електропостачання є важливим питанням, оскільки втрати потужності і електроенергії у цехових мережах становлять від 30% до 70% від загальних втрат в залежності від виду виробництва [4].

Показано, що зведені витрати мають дві складові, які відповідно залежать від величини капітальних витрат і експлуатаційних витрат, обумовлених втратами активної електроенергії. Капітальні витрати складаються з витрат на провідниковий матеріал живлячої і розподільної цехової мережі і витрат на розподільні пристрої (розподільні шафи, розподільні або магістральні шинопроводи, шафи розподільного пристрою 0,4 кВ комплектної трансформаторної підстанції). Капітальні витрати визначаються прийнятою схемою цехової мережі, а також залежать від вартості провідникового матеріалу і розподільних пристроїв цехової мережі. В свою чергу експлуатаційні витрати визначаються величиною втрат активної електроенергії і вартості активної електроенергії [5].

Здійснено аналіз особливостей факторів ефективності цехового електропостачання. Виділено базові складові ефективного функціонування схеми цехового електропостачання, а саме: дискретність електротехнічного обладнання; його розміщення у цеху; режими роботи електроприймачів (ЕП); графік навантаження; співвідношення вартості електроенергії і питомої вартості елементів цехової мережі.

Визначено, що у будь-якій схемі цехового електропостачання тривалість включення ЕП (ЕП з постійним та ЕП зі змінним режимом роботи), а також форми графіку навантаження в значній мірі обумовлює ефективність її функціонування.

Доведено, що вираз для визначення зведених витрат на спорудження цехової мережі в загальному випадку (для радіальної схеми з використанням розподільних шаф у якості силових пунктів та при використанні у якості вузлів навантаження розподільних шинопроводів) набуває вигляду:

$$Z = \left(E_n + \frac{(K_a + K_o)_{pp}}{100} \right) \sum K_{pp} + \left(E_n + \frac{(K_a + K_o)_{pp}}{100} \right) \sum K_{pp} + 8760 C_w \sum_{j=1}^m (\Delta W_{арmj} + \Delta W_{апсмj} + \Delta W_{шрj}) \cdot 10^{-3}$$

де $\Delta W_{арmj}$, $\Delta W_{апсмj}$, $\Delta W_{шрj}$ – втрати активної електроенергії відповідно у розподільній, живлячій мережі та у розподільних шинопроводах.

Такий підхід був апробований при виконанні робіт з проектування цехових мереж в проектній установі ДППРОПРОМ (м. Запоріжжя). Отримані результати чисельного експерименту показали свою ефективність (3-7%) при визначенні експлуатаційних характеристик цехових мереж у порівнянні з існуючими інженерними методиками.

Висновки. Запропонована методика розрахунку зведених витрат на спорудження цехової мережі дозволяє формалізувати процес розрахунку при врахуванні конструктивних особливостей виконання цехової мережі, підвищити точність розрахунку при врахуванні режиму електроспоживання ЕП, а також дозволяє визначити як зміняться зведені витрати при зміні співвідношення питомих витрат на спорудження цехових мереж і тарифу на електроенергію.

Список використаних джерел:

1. ГКД 340.000.002-97. Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику./ Методика. Енергосистеми й електричні мережі. Затверджені наказом Міністерства України від 20.01.97 №1ПС та введені в дію з 01.01.97.
2. V. Dyachenko, D. Fedosha and A. Zabolotnyi, "Algorithm for the Program of Energy Saving for Power Supply System," 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2019, pp. 420-425, doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879915.
3. V. Dyachenko, D. Fedosha and A. Zabolotnyi, "Algorithm of synthesizing energy effective power supply system of industrial enterprises," 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), 2020, pp. 320-325, doi: 10.1109/ESS50319.2020.9160288.
4. Шестеренко Е. В. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Вінниця : Нова книга, 2004. 655 с.
5. V. Popov, D. Prikchno, V. Prikchno, "Development of the method of determining the power and electricity losses in distribution network of shop electrical supply", 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2019, pp. 148-156, doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879915.

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВИМОГИ ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ МЕРЕЖІ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В КОНТЕКСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Вступ. Питання типу, структури та енергоефективності електроприводу насосних агрегатів, в основному розглядаються в працях зарубіжних вчених, і вони стосуються здебільшого роботи насосних агрегатів в системах водопостачання. На практиці, більшу частину часу відцентрові насосні установки експлуатуються при низьких або середніх навантаженнях, що відбувається через зміну термодинамічних параметрів: температури, тиску та об'єму теплоносія, при цьому насоси проектується таким чином, щоб задовольняти максимальні навантаження[1]. Аналіз відчизняних та зарубіжних публікацій показує, що питанням роботи електроприводу насосних агрегатів систем централізованого теплопостачання не приділяється належної уваги, не тільки в працях вітчизняних, але і зарубіжних науковців.

У цьому дослідженні розглядається обґрунтування підходів до вибору типу та синтезу структури електроприводу насосних агрегатів мережі централізованого теплопостачання. У зв'язку з цим висувається робоча гіпотеза, що термодинамічні параметри є визначальним чинником вимог до побудови енергоефективних систем електроприводу насосних агрегатів мережі централізованого теплопостачання.

Метою роботи є: обґрунтувати вплив термодинамічних та гідравлічних параметрів та визначити підходи до вибору типу та синтезу структури електроприводу насосних агрегатів для підвищення його енергоефективності та якості надання послуг з теплопостачання.

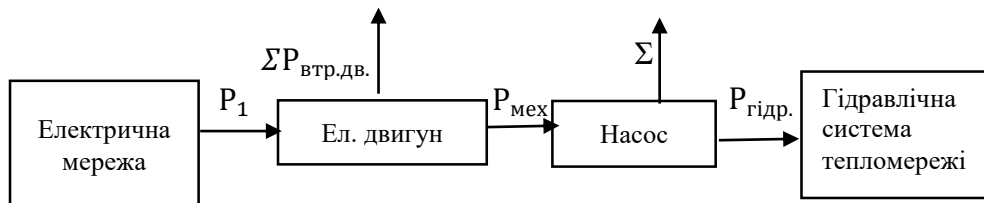


Рисунок 1 Структура типового насосного агрегату мережі централізованого теплопостачання

Гідравлічна потужність визначається витратою Q та напором насоса $H_{\text{нас}}$. Напір насоса залежить від витрати відповідно до характеристики Q – H насоса при заданій частоті обертання насоса n . Отже, необхідна електрична потужність електроприводу P_1 залежить від витрати теплоносія Q та напору насоса H [2]:

$$P_1 = \rho g Q H_{\text{нас}} + \Sigma P_{\text{втр.нас}} + \Sigma P_{\text{втр.дв}} \quad (1)$$

де ρ – щільність теплоносія, g – прискорення вільного падіння.

Отже для визначення споживання електроенергії електроприводом насосного агрегату необхідно розрахувати такі параметри, як напір та подачу теплоносія. За умови, що частота обертання насоса не регулюється, його продуктивність та напір змінюються дроселюванням, наслідком чого є значні втрати електроенергії в електроприводі. Зміна частоти обертання робочого колеса насоса призводить до зміни всіх його характеристик і, в першу чергу його продуктивності та напору. Перерахунок характеристик насоса на іншу частоту обертання здійснюється за допомогою формул приведення.

Як об'єкт дослідження в даній роботі обрано реальну найбільш типову мережу централізованої системи теплопостачання підприємства комунальної теплоенергетики, де має місце кількісно-якісний

метод регулювання температурного режиму. При цьому подача теплоносія регулюється за допомогою засувки, тобто має місце дросельне регулювання продуктивності насосного агрегату. Обстеження реальної теплової мережі показали, що фактичні витрати та подача теплоносія складає $1063 \text{ м}^3/\text{год.}$, максимальна подача (витрата) теплоносія $1200 \text{ м}^3/\text{год.}$, перепад тиску на насосі $12/4.8$ атмосфер.

В мережі встановлено насосний агрегат, де в якості насоса використовується насос ЦН-400-105. При цьому для забезпечення режиму роботи має місце паралельна робота трьох насосних агрегатів.

Робота насосного агрегату розглядається в режимах, де витрата теплоносія протягом циклу роботи насосного агрегату змінюється відповідно до зміни термодинамічних параметрів та відповідного їм гідравлічного режиму, характерного для HVAC додатків. Типовий цикл роботи насоса, визначений регламентом Євросоюзу [3] і поділений на 4 режими. Особливістю циклу є те, що більшу частину часу насос працює з витратою набагато меншою за номінальну. Наприклад, з витратою 25 % від номінального значення насос працює відносний час $t_i/t_\Sigma = 44 \%$, де t_Σ – сумарний час роботи, прийнятий рівним 24 годинам, t_i – час роботи насоса в даному режимі. Цей профіль навантаження є типовим для насосних систем із потребою у зміні витрати в широких межах. Дослідження проведені в теплових мережах підприємств комунальної теплоенергетики в середньостатистичному вимірі підтверджують такий профіль навантаження мережевих насосних агрегатів.

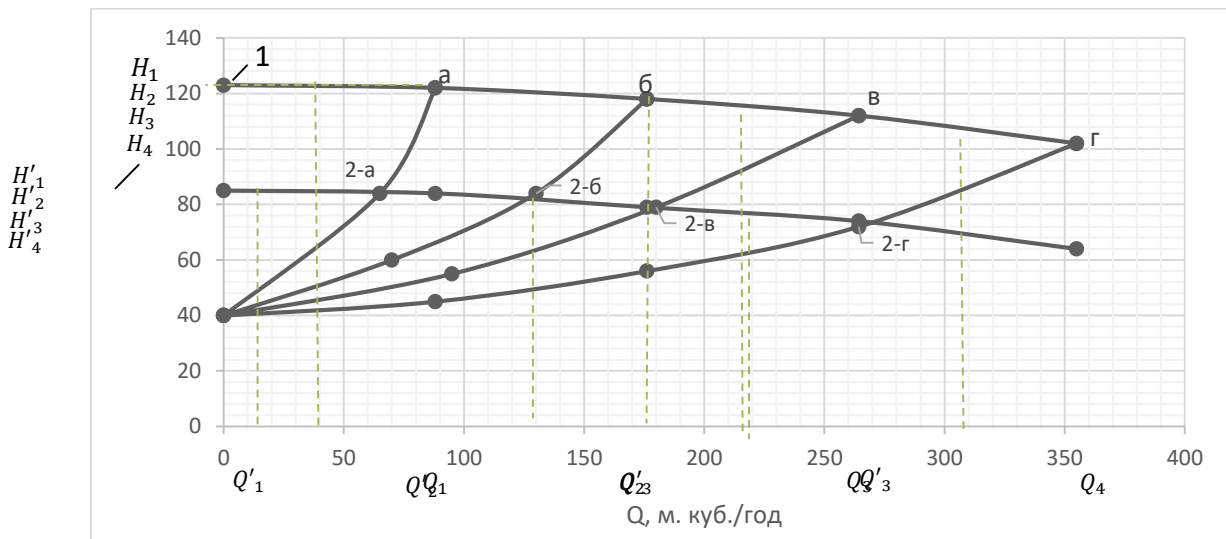


Рис 1. Напірні характеристики насоса: (1) – при частоті обертання n_1 ; (1-а) - при частоті обертання n_2 ; $n_2 < n_1$; Гідравлічні характеристики мережі системи централізованого теплопостачання при різних теплових навантаженнях: 2-а; 2-б; 2-в; 2-с.

З рис.1 видно, що при змінній частоті обертання насоса, його напірна характеристика переміщається по гідравлічних характеристиках трубопроводу мережі централізованого теплопостачання, що призводить до зменшення його продуктивності та напору, а отже до зменшення споживаної електроприводом електричної потужності. Таким чином регульований тип електроприводу, в контексті енергоефективності, має переваги перед не регульованим.

Синтез структури регульованого електроприводу здійснюється за декількома критеріями, а саме: технологічними вимогами, у цьому дослідженні, вимогою до паралельної роботи трьох насосних агрегатів; за терміном окупності; вимогою до надійності в експлуатації, тощо.

Висновки: Дослідження проведені в реальній типовій мережі централізованого теплопостачання, підтверджують гіпотезу про те, що термодинамічні параметри, а саме температурний графік, параметри зовнішнього середовища, технологічні особливості функціонування мережі, мають визначальний вплив на гідравлічний режим роботи насосного агрегату, а отже на обсяг споживаної його електроприводом електроенергії, тобто на загальну енергоефективність системи централізованого теплопостачання та якість надання послуг. Відповідно до цього формуються вимоги

до типу регульованого електроприводу та синтезу його автоматизованої системи управління. Подальші дослідження мають бути спрямованні на визначенні впливу окремих складових систем електроприводу на його відповідність технологічним вимогам та вимогам щодо енергоефективності.

Список використаних джерел:

1. Gevorgov L. Simulation and Experimental Study on Energy Management of Circulating Centrifugal Pumping Plants with Variable Speed Drives. PhD Thesys, Tallinn University of Technology, 2017.
2. Лезнов Б. С. Л 41 Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. — М.: Машиностроение, 2013. — 176 с., ил..
3. *Commission Regulation (EC) No 641/2009* of July 22, 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for glandless standalone circulators and glandless circulators integrated in products, amended by Commission Regulation (EU) No 622/2012 of July 11, 2012 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32009R0641>

References:

1. Gevorgov L. Simulation and Experimental Study on Energy Management of Circulating Centrifugal Pumping Plants with Variable Speed Drives. PhD Thesys, Tallinn University of Technology, 2017.
2. Leznov B. S. L 41 Frequency-regulated electric drive of pumping units. — М.: Mashinostroenie, 2013. — 176 p., illustrations.
3. *Commission Regulation (EC) No 641/2009* of July 22, 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for glandless standalone circulators and glandless circulators integrated in products, amended by Commission Regulation (EU) No 622/2012 of July 11, 2012 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32009R0641>

ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ РЕЖИМОМ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПО СТРУКТУРНИХ РІВНЯХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Ефективна робота електроенергетичної системи можлива лише за умови перманентного підтримання балансу попиту-пропозиції на ринку електричної енергії (ЕЕ) у режимі реального часу шляхом одночасного застосування комплексу керуючих дій, спрямованих на всі структурні ланки електроенергетичної системи (ЕЕС). При цьому, потребує дослідження селективність та ступінь впливовості того чи іншого методу для кожної структурної ланки.

Виокремимо в електроенергетичній системі наступні рівні (рис. 1):

- за 1-й рівень пропонуємо обрати елементарну виробничу операцію, яка інтегрує потужність електроустановки, що працює на певному відрізку часу;
- за 2-й рівень доцільно прийняти технологічний процес, який підсумовує потужності, спожиті окремими виробничими операціями;
- 3-й рівень становить споживач з комерційним обліком ЕЕ, як автономна ринкова одиниця;

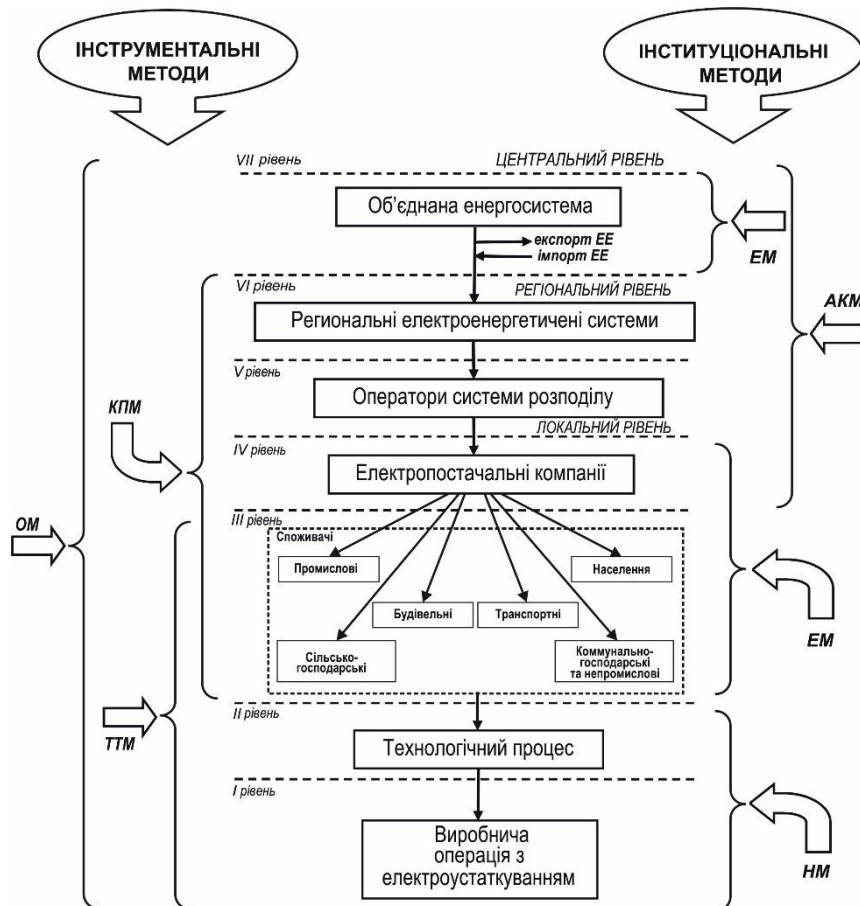


Рисунок 1 – Використання методів управління режимом структурних рівнів ЕЕС

- 4-й рівень посідають електропостачальні компанії, які мають ліцензію на постачання електроенергії кінцевим споживачам;
- 5-й рівень складають обласні оператори систем розподілу, сформовані за територіально-адміністративним принципом, що займаються передачею та розподілом ЕЕ;

– 6-й рівень формують регіональні електроенергетичні системи, з'єднані системо утворюючими та міждержавними лініями електропередачі;

– найвищий 7-й рівень утворює об'єднана енергосистема держави – сукупність електростанцій, електромереж та інших елементів електроенергетики під централізованим управлінням єдиним технологічним процесом виробництва, передачі та розподілу ЕЕ.

Керувати електроспоживанням раціонально комплексно за допомогою інструментальних методів прямого впливу (техніко-технологічних, командно-примусових, організаційних тощо) та інституційних методів опосередкованого впливу, що заохочують до регулювання попиту (економічних, нормувальних, агітаційно-комунікативних та інших).

З рис. 1 видно, що техніко-технологічні методи (ТТМ), які використовують технологічний ресурс, застосовні на 1...3 рівнях, але найбільш – на 2-му.

Організаційний метод (ОМ) вирівнювання ГЕС, в результаті взаємного зсуву його складових, доцільно реалізовувати на 1...7 структурному рівні ЕЕС, – однак найбільш доступним і дієвим є його застосування на 1...3 рівнях.

Коли ринкові важелі та економічні засоби регулювання попиту виявляються неефективними або діють надто повільно, то на 3-7 рівнях можуть бути використані командно-примусові методи (КПМ); наприклад, – корекція сезонного відліку часу, примусове відімкнення споживачів 2 і 3 категорій, обмеження добового електроспоживання тощо.

Економічний метод (ЕМ) застосовує комплекс фінансово-економічних важелів, що цілеспрямовано змінюють обсяги і режими енергоспоживання; головним регулятором попиту є цінова політика. Найефективніше ЕМ може бути використаний на 3-5 рівнях.

Нормувальний метод (НМ) базується на строгому обґрунтуванні питомих витрат енергії та контролі за їх дотриманням. НМ може використовуватись на 1-5 рівнях; при цьому потрібно зазначити, що нормування електроспоживання в більшій мірі ефективно застосовувати при енергоощадженні.

Агітаційно-комунікативні методи (АКМ) містять заходи з популяризації ідей щодо керування попитом (наприклад, – досягнення енергетичної незалежності України, використання відновлювальних джерел енергії, можливість оплати ЕЕ за дифтарифом, енергетичне маркування продукції тощо). АКМ найбільш дієві на 1...3 рівнях, оскільки розраховані на людський фактор.

Важливим є визначення пріоритету застосування основних методів впливу та селективної чутливості структурних рівнів ЕЕС до кожного з них, яка визначається ступенем економічної, технічної, екологічної, соціальної або іншої доцільності. Результати оцінювання та стимулююча попит цінова система представлені у [1].

Отримані результати свідчать, що ранжування методів по пріоритетності на основні і допоміжні за впливом на режим кожного рівня, при комплексному їх використанні, дозволить істотно посилити ефективність формування оптимального графіка навантаження ЕЕС.

Список використаних джерел:

1. Serebrennikov B., Petrova K., Serebrennikov S. Comprehensive Management of Electricity Demand Distribution in Time // Problemele Energeticii Regionale. – 2023. – №: 2(58). – С. 26–41.

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Вступ. Автономна суднова енергетична система використовується для застосування в якості джерела живлення споживачів трифазним струмом напруги 400 V частоти 50 Hz при роботі від основного і резервного дизель – генераторів або від стороннього джерела напруги 380 V частотою 50 Hz (трансформаторна підстанція потужністю не менше 63 kVA, обладнана елементами грозозахисту, з глухо заземленою нейтраллю. Наприклад в разі стоянки в порту, доках, живленні від рятівних суден).

Виносний дизель – генератор призначений для виконання техобслуговування, ремонтних робіт, побутових потреб.

Суднова дизель-генераторна енергетична система має надійно працювати в наступних умовах, відповідно до вимог MARPOL та [1]:

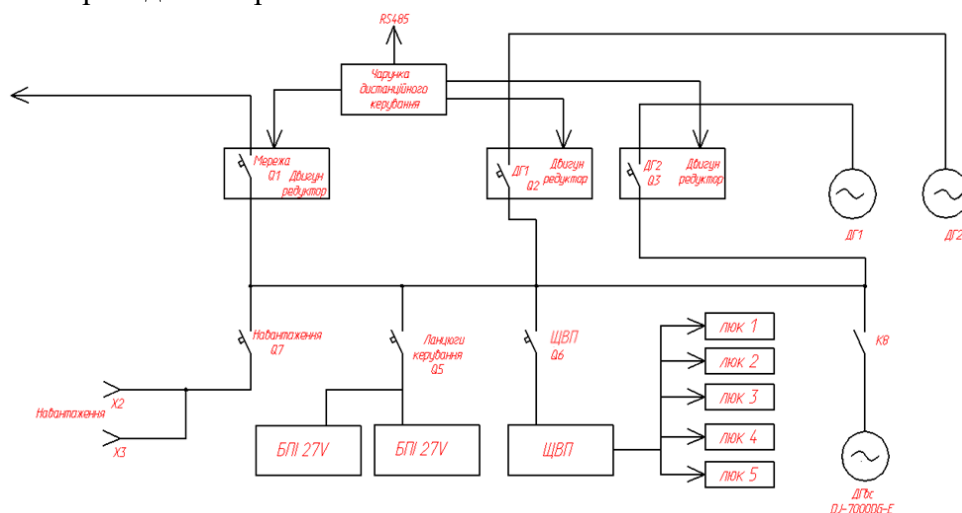
- робоча температура навколишнього повітря від мінус 45°C до плюс 60°C ;
- відносна вологість повітря до 98 % при температурі (25 ± 5) °C;
- висота над рівнем моря до 3000 м;
- запиленість повітря до 0,5 g/m³;
- швидкість вітру біля поверхні землі до 30 m/s ;
- вплив атмосферних опадів (дощ, сніг, туман, іній і роса).

Номінальна потужність електростанції забезпечується при:

- температурі навколишнього повітря плюс 60 °C;
- висоті над рівнем моря до 1000 м;
- відносній вологості 98% при температурі плюс 25 °C..

Мета роботи. Метою даного дослідження є огляд особливостей технічної експлуатації суднових електричних мереж.

Матеріал і результати дослідження. Функціональна схема суднової дизель-генераторної енергетичної системи приведена на рис. 1.



X2, X3 – клеми роз'єму навантаження; Q1 – Q6 – автоматичні вимикачі, ДГ – дизель – генератор;
 ЩВП – щит власних потреб; БПІ – блок живлення

Рисунок 1 - Функціональна схема суднової дизель-генераторної енергетичної системи

Система забезпечує надійний пуск дизельних двигунів, електростартер не більше ніж з трьох спроб при температурі навколишнього повітря плюс 5°C і вище, без застосування спеціальних нагрівальних пристроїв, при ємності акумуляторних батарей не менш 75% від номінальної, до прийому 100% навантаження за час не більше 65 с.

При подачі на блок напруги мережі живлення 220 V 50 Hz або 220 V 400 Hz всі елементи блоку,

крім вихідного випрямляча (A2), знаходяться під потенціалом мережі.

Напруга живильної мережі через схему захисту і заводопридушуючого фільтру надходить на мережевий випрямляч. Мережевий випрямляч виконує функції випрямлення напруги і згладжування пульсацій і забезпечує режим плавного заряду конденсаторів фільтру при включенні джерела і безперебійність подачі енергії на навантаження, при короткочасних провалах напруги мережі нижче допустимого рівня 176 V, зменшує рівень перешкод за рахунок застосування заводопридушуючого фільтру. На виході мережевого випрямляча формується напруга постійного струму, яка знаходиться в межах значень 250 – 370 V.

За допомогою регульованого інвертора постійна напруга мережевого випрямляча перетворюється в змінну прямокутної форми підвищеної частоти 70 – 80 kHz і через понижуючий високочастотний трансформатор, що забезпечує гальванічну розв'язку мережі з навантаженням, надходить на вихідний випрямляч.

Випрямлена і відфільтрована високочастотним фільтром вихідна напруга надходить на вихідний роз'єм для живлення апаратури стабілізованою напругою.

Стабілізація вихідної напруги здійснюється за рахунок зміни тривалості імпульсів в межах 2 – 5 μ s.

При зменшенні вхідної напруги або збільшенні навантаження, які сприяють зменшенню вихідного напруги, тривалість імпульсів збільшується, повертаючи величину вихідної напруги до встановленого значення. Аналогічно при збільшенні вхідної напруги або зменшенні величини навантаження тривалість імпульсів зменшується, зберігаючи вихідну напругу стабільним. Формування імпульсів і зміна їх тривалості забезпечується платою широтно – імпульсного модулятора A1.1. Зміна тривалості імпульсів відбувається під дією напруги зворотного зв'язку, що надходить з вихідного випрямляча.

Висновки: показано особливості технічної експлуатації суднових електричних мереж, зокрема на прикладі автономної суднової енергетичної системи, яка використовується в якості джерела живлення суднових споживачів трифазним струмом при роботі від основного і резервного дизель – генераторів або від стороннього джерела напруги.

Список використаних джерел:

1. Прадюх В. І., Капліна А. А. Морехідні якості суден: навчальний посібник. Херсон : ХДМА, 2021. 108 с.
2. Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року : Конвенція Міжнар. мор. орг. від 07.07.1978 р. : станом на 25 черв. 2010 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_053#Text.
3. Peretyatko Yu., Spinul L., Shcherba M. Theoretical fundamentals of electrical engineering / ed. by T. Anoshkova, A. Shcherba. Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2021. 136 p.
4. Carlton J.S. Marine Propellers and Propulsion. London: Butterworth-Heinemann, 2018, 585 с.

References:

1. Pradyukh V. I., Kaplina A. A. Seaworthiness of ships: a textbook. Kherson: KHERSON STATE MARITIME ACADEMY, 2021. 108 p.
2. International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978: Convention of the International Maritime Organization of 07.07.1978 : as of 25 June. 2010 p.
3. Peretyatko Yu., Spinul L., Shcherba M. Theoretical fundamentals of electrical engineering / ed. by T. Anoshkova, A. Shcherba. Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2021. 136 p.
4. Carlton J.S. Marine Propellers and Propulsion. London: Butterworth-Heinemann, 2018, 585 p.

АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ МОДЕРНІЗАЦІЇ АВТОНОМНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК РЕЙКОВОГО ТРАНСПОРТУ

Вступ. Оновлення та модернізація залізничного парку є основою виконання завдань «Державної цільової програми реформування залізничного транспорту». Особливу увагу в даній програмі відведено неелектрифікованим коліям, що складають в процентному відношенні до всієї довжини головних колій 55,9 %. Завдання оновлення та модернізації рухомого складу для таких колій потрібно вирішувати на основі вітчизняних виробничих потужностей з використанням українських тягових агрегатів.

Більша частина дизель-поїздів, що експлуатуються на залізницях України, потребує списання та термінової заміни як таких, що відпрацювали свій термін експлуатації. Утримання даних тягових одиниць призводить до перевищення нормативних ремонтних витрат і негативно позначається на рентабельності залізничних перевезень.

Закупівля та подальше обслуговування імпортованих дизель-поїздів потребує вкладання значних коштів. Тому для комплексного оновлення парку дизель-поїздів було розроблено та випущено українські дизель-поїзди ДЕЛ-02, котрі показали ефективну експлуатацію на залізничних магістралях України.

Накопичений досвід експлуатації цих дизель-поїздів вказав на необхідність удосконалення системи тягової електропередачі, підвищення ефективності роботи (підвищення динамічних параметрів руху дизель-поїзда, отримання стабільних перехідних характеристик роботи енергетичних контурів та систем керування ними в умовах зовнішніх та параметричних збурень, тощо).

Мета роботи. Метою даного дослідження є огляд актуальності та перспектив модернізації автономних енергетичних установок рейкового транспорту.

Матеріал і результати дослідження. Українськими вченими досліджуються питання проведення модернізації дизель-поїздів, зокрема загальнотеоретичні питання побудови інформаційних систем керування на основі нейронних мереж та штучного інтелекту, оптимізації руху та режимів роботи поїзда, побудови математичних моделей складових системи керування тяговою електропередачею. Дані дослідження сприяють значному покращенню якостей руху дизель-поїздів, допомогли вирішити значну кількість технічних задач, що існували на початкових стадіях впровадження у виробництво дослідних екземплярів дизель-поїздів.

Проаналізувавши досвід використання дизель-поїздів ДЕЛ-02 та роботи з попередньої модернізації [1-4] зроблено висновок про високу надійність даної вітчизняної розробки та перспективність використання дизель-поїздів. Проте, цей досвід свідчить і про низку невирішених технічних проблем тягової електропередачі дизель-поїздів:

- незадовільні показники регулювання та підтримки сталого значення струму системи тягової електропередачі, що пояснюється структурою побудови системи керування тяговою електропередачею, відсутністю ефективного регулятора струму і чутливістю до варіації параметрів елементів тягової електропередачі;
- завищені значення робочих та максимальних струмів елементів діючої тягової електропередачі дизель-поїзда через відсутність в системі електропередачі швидкодіючого струмообмеження і нормованих перехідних характеристик струмового контуру;
- необхідність підвищення динаміки розгону, усталеного руху та гальмування з контролем зміни швидкості, прискорення та ривка за рахунок створення комбінованого задатчика цих величин;
- низька швидкість передачі даних в системі керування по каналу CAN;
- системою керування не враховується пружність елементів екіпажної частини дизель-поїзда.

Вказані проблеми залишилися нерозв'язаними запропонованими засобами.

Мінімальне прискорення повинно бути не менше $0,4 \text{ м/с}^2$, а максимальне прискорення повинно знаходитися в межах $0,8-1 \text{ м/с}^2$. Існуюча тягова електропередача дозволила отримати прискорення на рівні $0,38 \text{ м/с}^2$.

Вирішення вказаних технічних проблем шляхом комплексної модернізації на основі досвіду синтезу та використання загальнопромислових та транспортних електроприводів дає змогу підвищити ефективність роботи тягової електропередачі дизель-поїздів.

В тягових електропередачах окремо необхідно вирішувати питання розробки задатчика інтенсивності системи автоматичного керування, який буде враховувати конкретні особливості функціонування даної тягової одиниці.

Висновки: показано актуальність підвищення ефективності роботи автономних енергетичних установок рейкового транспорту шляхом модернізації системи керування тяговою електропередачею. Для досягнення вказаної мети необхідно вирішувати такі основні задачі:

- розробка модернізованої структурної схеми тягової електропередачі дизель-поїзда;
- розробка математичної моделі тягової електропередачі для використання в якості інструмента при дослідженні електромеханічних процесів модернізованої тягової електропередачі;
- синтез системи керування;
- розробка комбінованого задатчика руху поїзда;
- кількісна і якісна оцінка електромеханічних процесів при використанні розроблених елементів системи керування тяговою електропередачею.

Список використаних джерел:

1. Андрієнко П. Д. Порівняльний аналіз регуляторів системи керування струмом тягового частотно-керованого електропривода дизель-поїзда ДЕЛ-02 / Андрієнко П. Д., Кулагін Д. О., Качур О. С. // Електромашинобудування та електрообладнання. – 2010. – № 75. – С. 32–36.
2. Кулагін Д. О. Двобічне квазівекторне регулювання швидкості обертання тягового двигуна дизель-поїзда ДЕЛ-02 / Кулагін Д. О., Качур О. С., Андрієнко П. Д. // Вісник КДУ ім. М. Остроградського. – 2010. – № 4 (63). – С. 15–18.
3. Кулагін Д. О. Дослідження режиму гальмування дизель-поїзда ДЕЛ-02 / Кулагін Д. О. // Вісник НТУ «ХПІ». – 2010. – № 28. – С. 408–409.
4. Кулагін Д. О. Моделювання квазівекторної системи частотно-регульованого електроприводу асинхронного двигуна без датчика швидкості / Кулагін Д. О., Качур О. С., Андрієнко П. Д. // Вісник НТУ «ХПІ». – 2008. – № 30. – С. 168–170.

References:

1. Comparative analysis of the regulators of the current control system of the traction frequency-controlled electric drive of the diesel train DEL-02 / Andrienko P. D., Kulagin D. O., Kachur O. S. // Electromachinery and Electrical Equipment. - 2010. - No. 75. - P. 32-36.
2. Kulagin D. O. Two-zone quasi-electronic control of the speed of rotation of the traction engine of the diesel train DEL-02 / Kulagin D. O., Kachur O. S., Andrienko P. D. // Bulletin of the Ostrohradsky Kyiv State University. - 2010. - No. 4 (63). - P. 15-18.
3. Kulagin D.O. Study of the braking mode of the diesel train DEL-02 / Kulagin D.O. // Bulletin of NTU "KhPI". - 2010. - No. 28. - P. 408-409.
4. Kulagin D.O. Modelling of the quasi-vector system of a variable-frequency electric drive of an induction motor without a speed sensor / Kulagin D.O., Kachur O.S., Andrienko P.D. // Bulletin of NTU "KhPI". - 2008. - No. 30. - P. 168-170.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ В УМОВАХ ЇХ РЕЗЕРВУВАННЯ

Розглядається спосіб підвищення пропускної спроможності ліній електропередавання в режимі резервування за допомогою модернізованого пункту автоматичного вмикання резерву (АВР). В режимі резервування ліній електропередавання (ЛЕП) наявність ділянок ліній з меншими перерізами проводів обмежує пропускну спроможність електропередавання, котра оцінюється додатковими втратами активної потужності і напруги, і, як наслідок, недопустимим відхиленням напруги у наступних, після пункту АВР, вузлах навантаження. Для покращення параметрів такого режиму пропонується застосування в схемі АВР поздовжньої ємнісної компенсації (ПЄК) і компенсації реактивної потужності (КРП).

Місце встановлення АВР вибирається із умов мінімальних втрат електроенергії в нормальному режимі роботи двох радіальних ЛЕП: для цього визначається точка поділу потужностей [1].

Метою дослідження є визначення впливу поздовжньої ємнісної компенсації на пропускну спроможність електропередавання в післяаварійному режимі та впливу компенсації реактивної потужності на економічність режиму резервування ЛЕП.

Особливо ефективно застосування ПЄК на перевантажених мережах надмірної довжини, в мережах з різкозмінним навантаженням та таких, що мають низький $\cos\phi$. Перевагою пристроїв ПЄК є автоматичність та безінерційність регулювання напруги: при однаковому регулюючому ефекті потужність конденсаторів ПЄК в 4-5 разів менша, ніж потужність конденсаторів паралельного вмикання КУ, вибраних виключно для регулювання напруги.

Покращення режиму ПЄК досягається застосуванням ОПНів, котрі шунтують батарею ПЄК при появи на ній високих напруг при надструмах, а також застосуванням конденсаторів, котрі допускають короточасні п'ятикратні перенапруги. В нормальному режимі роботи мережі ПЄК може використовуватись для КРП самостійно або спільно з конденсаторними установками паралельного включення (КУ), а після АВР працювати в режимі ПЄК.

Ефективність цього пристрою досліджувалась в повітряних ЛЕП (ПЛ) 10 кВ, котрі відходять від однойменних РТП-1 і РТП-2 (рис.1). Результати розрахунку проводів за допустимою втратою напруги показують, що пропускну здатність може забезпечити провід перерізом $67,9 \text{ мм}^2$ (прийmemo 70 мм^2), в той час як існуючий провід на ділянках обох ліній має переріз від 70 мм^2 (на головних ділянках) до 25 мм^2 (в кінці кожної з радіальних ліній).

При живленні ліній від двох РТП в точці між ділянками 6 і 7 змінюється напрямок передавання потужностей, тому на суміжній до цієї точки ділянці 6 (з меншим активним і реактивним навантаженням) доцільно встановлювати АВР з ПЄК та КУ, що дозволяє покращити режими напруги на наступних за ним ділянках лінії 10 кВ.

Як видно з рис.2, напруга в кінці резервованої лінії 10 кВ зменшується до 90% номінальної, що є негативним наслідком резервування, тому застосувавши ПЄК в схемі пункту АВР, напруга у вузлах навантаження двох ліній 10 кВ при живленні їх від РТП-1, визначена згідно (1), отримає «добавку» і зросте у вузлах навантаження після місця встановлення ПЄК (суцільна лінія) [2].

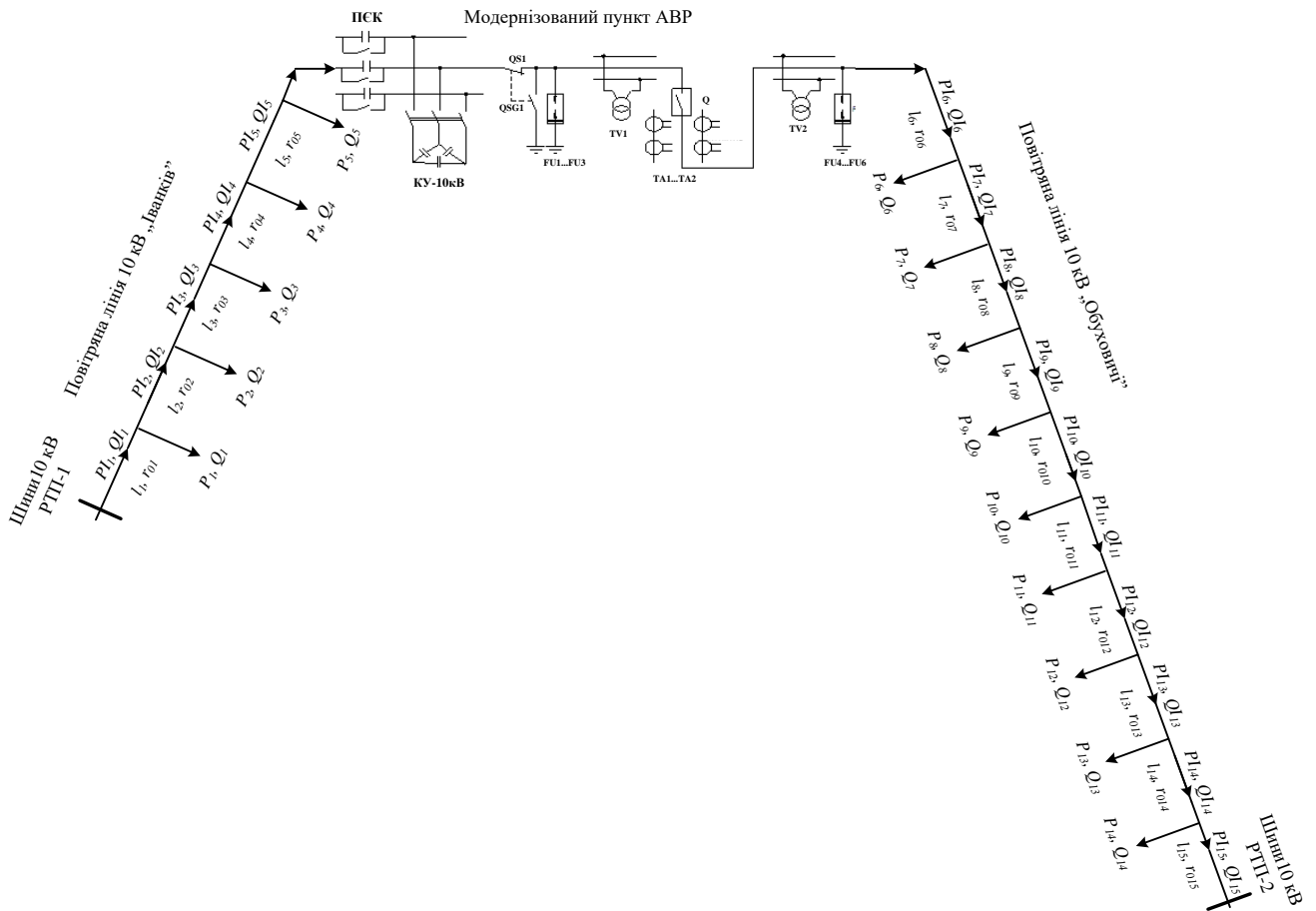


Рисунок 1 - Пояснювальна схема ЛЕП в режимі резервування

$$U_k = U_n - \left[\sum_i \left(P_{i_i} \cdot \frac{R_i \cdot 10^{-3}}{U_n} \right) + \sum_i \left(Q_{i_i} \cdot \frac{X_i \cdot 10^{-3}}{U_n} \right) \right] - \frac{Q_{I6} \cdot X_{пск} \cdot 10^{-3}}{U_n}, \quad (1)$$

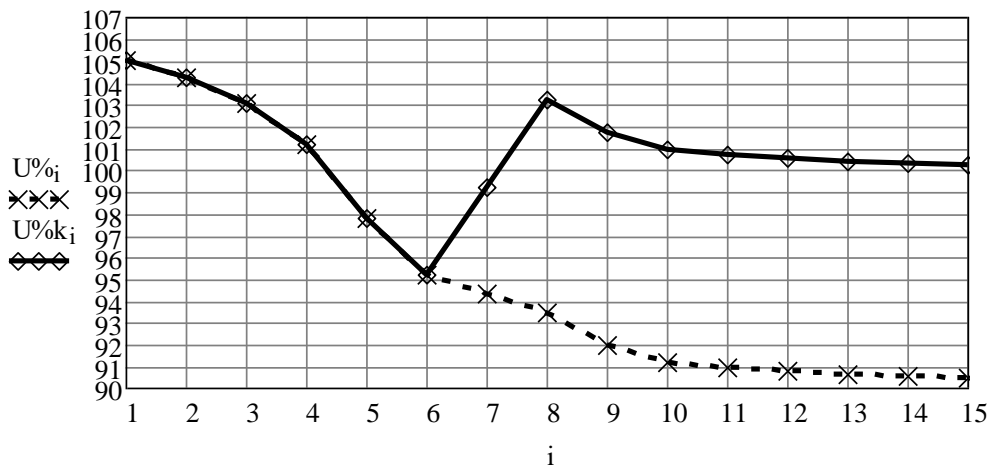


Рисунок 2 - Відхилення напруги у вузлах навантаження після аварійного режиму (дві ЛЕП включені через пункт АВР) без ПСК $U^0\%$ (пунктирна лінія) і при включенні ПСК $U^k\%$ (суцільна лінія); i – номер ділянки ЛЕП

Ємнісний опір ПСК залежить від реактивної потужності навантаження ділянки її вмикання та параметрів режиму навантаження обох ліній 10 кВ (2) [3]:

$$X_{\text{пек}} = \left[U_{\text{к}} - U_{\text{н}} + \sum_i \left(P_{I_i} \cdot \frac{R_i \cdot 10^{-3}}{U_{\text{н}}} \right) + \sum_i \left(Q_{I_i} \cdot \frac{X_i \cdot 10^{-3}}{U_{\text{н}}} \right) \right] \cdot \frac{U_{\text{н}}}{Q_{I_6} \cdot 10^{-3}}, \quad (2)$$

Втрати активної потужності в обох лініях в режимі резервування без застосування ПЕК і КУ і при їх застосуванні, наведені на рис.3.

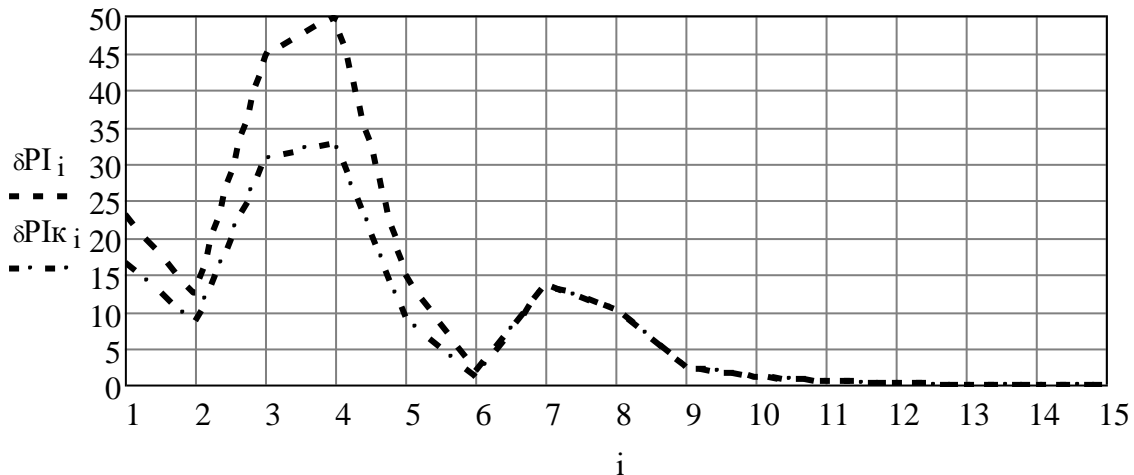


Рисунок 3 - Втрати активної потужності на ділянках з'єднаної лінії без КУ δP_I (кВт) і при застосуванні КУ δP_{Ik} (кВт): i – номер ділянки ЛЕП

Висновки. Як видно з результатів, відображених на рис.2, в режимі резервування напруга в кінці резервованих ліній знизиться до 90 % номінальної, що негативно впливатиме на роботу електроприймачів і можливого їх відключення задля уникнення пошкоджень та порушень технологічних процесів виробництва.

Для підвищення пропускної спроможності резервованих ліній і покращення рівнів напруги у вузлах електричного навантаження доцільно в режимі АВР застосовувати ПЕК, що забезпечить «добавку» напруги на ємності ПЕК і підвищення напруги у наступних вузлах навантаження: напруга в кінці резервованих ліній наблизиться до номінальної [3].

Список використаних джерел:

1. Правила улаштування електроустановок. - Х.: Форт, 2017. - 760 с.
2. Омельчук А.О. Енергозберігаючі режими в системах електропостачання: Навч. посібник / А.О.Омельчук. - К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2016. - 257 с.
3. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності: ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT). - К.: Держстандарт України, 2014. - 27 с.

References:

1. Pravyly ulashtuvannya elektroustanovok [Rules for arranging electrical installations]. - Kh.: Fort, 2017, 760.
2. Omel'chuk, A.O.(2016) Enerhozberihayuchi rezhymy v systemakh elektropostachannya: Navch. posibnyk [Energy-saving modes in power supply systems: Study. Manual] / A.O. Omelchuk. - K.: CP "COMPRINT", 257.
3. Kharakterystyky napruhy elektropostachannya v elektrychnykh merezhakh zahal'noyi pryznachenosti [Characteristics of power supply voltage in general purpose electrical networks]: DSTU EN 50160:2014.- K.: Derzhstandard of Ukraine, 2014, 27.

Островерхов М.Я., д-р техн. наук, професор
 Коломійчук Д.С., магістрант, Фальченко М.Ю., аспірант
 Большаков Г.Г., аспірант, Вещиков Г.В., аспірант
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ СИНХРОННОГО ДВИГУНА С ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ У КОВЗНОМУ РЕЖИМІ

Вступ. Синхронні двигуни з постійними магнітами мають широке застосування в електроприводах та електромеханічних системах різного призначення [1-2]. Внаслідок нагрівання обмоток двигуна або зміни кінематики механізму параметри електропривода можуть змінюватися або можуть бути неточно визначені на основі існуючих методик. На локальні контури керування електропривода діють координатні збурення внаслідок внутрішніх електромеханічних взаємозв'язків електродвигуна.

Вирішити задачу синтезу алгоритмів керування в таких умовах параметричних та координатних збурень можна методами теорії систем із змінною структурою у ковзному режимі. У ковзних режимах системи володіють властивостями, які недосяжні при застосуванні неперервних алгоритмів керування. Синтез алгоритмів керування у ковзних режимах класичними методами пов'язано з труднощами при визначенні рівняння та практичній реалізації гіперповерхні переключення [1]. Зменшити труднощі синтезу можливо при застосуванні ідей методу зворотних задач динаміки у поєднанні з мінімізацією локальних функціоналів миттєвих значень енергії [3].

Мета та завдання. Метою роботи є розробка та дослідження алгоритмів керування швидкістю синхронного двигуна з постійними магнітами у ковзному режимі на основі концепції зворотних задач динаміки у поєднанні з мінімізацією локальних функціоналів миттєвих значень енергії, які забезпечують астатизм першого, другого та третього порядку.

Матеріал і результати досліджень. В основу концепції покладено ідею зворотності прямого методу Ляпунова з дослідження стійкості. Метод дозволяє знаходити закон керування, у якому замкнутий контур має наперед задану функцію Ляпунова, в якості якої виступає миттєве значення енергії. Характерною особливістю оптимізації є знаходження не абсолютного мінімуму функціоналу якості, як у класичних системах, а деякого мінімального значення, що забезпечує допустиму за технічними умовами динамічну похибку системи.

Функціональна схема системи векторного керування швидкістю з орієнтацією за полем ротора містить замкнутий контур регулювання струму i_d по осі d , замкнутий контур регулювання струму i_q по осі q та зовнішній до нього замкнутий контур регулювання швидкості ротора ω_r .

Бажана якість будь-якого замкнутого контуру керування згідно з концепцією зворотної задачі динаміки [3] задається звичайним диференціальним рівнянням наступного вигляду:

$$\frac{d^r y}{dt^r} + \dots + \alpha_i \frac{d^i y}{dt^i} + \dots + \alpha_0 y = \beta_l \frac{d^l x^*}{dt^l} + \dots + \beta_j \frac{d^j x^*}{dt^j} + \dots + \beta_0 x^*. \quad (1)$$

За допомогою коефіцієнтів рівняння α_i та β_j задається бажаний характер і тривалість перехідного процесу вихідної координати у під час руху по заданій траєкторії x^* , де: x^* – диференційована за часом необхідну кількість разів функція, причому $l < r$. Порядок r рівняння (1) може бути різним для кожного замкнутого контуру керування згідно з вимогами до якості керування. Типово порядок r дорівнює або більше порядку об'єкта керування.

Ступінь наближення реального процесу керування струмом до бажаного оцінюється локальним функціоналом, який характеризує нормовану за індуктивністю миттєву енергію першої похідної магнітного поля, яка виступає функцією Ляпунова

$$G(u_d) = \frac{1}{2} [\dot{y}_d(t) - \dot{i}_d(t, u_d)]^2. \quad (2)$$

Мінімізація функціоналу (2) здійснюється за градієнтним законом першого порядку

$$\frac{du_d(t)}{dt} = -\lambda_d \frac{dG(u_d)}{du_d}, \quad (3)$$

де $\lambda_d > 0$ – константа.

Висновки. Запропоновано метод синтезу алгоритмів керування швидкістю синхронного двигуна з постійними магнітами у ковзному режимі на основі концепції зворотної задачі динаміки у поєднанні з мінімізацією локальних функціоналів миттєвих значень енергії. Сигнали на виході регуляторів складових струму статора та швидкості змінюються стрибком від максимального до мінімального значення. Особливістю регуляторів є відсутність в них параметрів синхронного двигуна, що характерно для класичних регуляторів. Параметри регуляторів містять тільки коефіцієнти, за допомогою яких задається бажана тривалість та вид перехідних процесів струму і швидкості електродвигуна.

Результати моделювання показали працездатність алгоритмів керування, які забезпечують високі показники якості керування. Алгоритм керування швидкістю з астатизмом 1-го порядку забезпечує нульову похибку регулювання тільки при незмінному сигналі завдання. При лінійнозростаючому сигналі завдання усталена відносна похибка регулювання становить 2,5 %, а при параболічному сигналі завдання похибка змінюється в межах від нулю до 2,5 %. Алгоритм керування швидкістю з астатизмом 2-го порядку забезпечує нульову усталену похибку регулювання при незмінному та лінійнозростаючому сигналі завдання, а при параболічному сигналі завдання усталена відносна похибка регулювання дорівнює 0,125 %. Алгоритм керування швидкістю з астатизмом 3-го порядку забезпечує нульову усталену похибку регулювання при незмінному, лінійнозростаючому та параболічному сигналі завдання.

Список використаних джерел:

1. R. Zhang, Y. Xia, P. Zhu, G. Huang, Y. Zhang and X. Mi, "Speed control of Permanent Magnet Synchronous Motor system using quick-power reaching law based on sliding mode control," *2023 CAA Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes (SAFEPROCESS)*, Yibin, China, 2023, pp. 1-7, doi: 10.1109/SAFEPROCESS58597.2023.10295830.
2. M. Ostroverkhov, V. Chumack and E. Monakhov, "Synchronous Axial-Flux Generator with Hybrid Excitation in Stand Alone Mode", *2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, Lviv, Ukraine, 2019, pp. 455-459. doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879849.
3. N. Ostroverkhov and N. Buryk, "Control System with Field Weakening of Synchronous Motor Drive," *2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)*, Kremenchuk, Ukraine, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/PAEP49887.2020.9240903.

References:

1. R. Zhang, Y. Xia, P. Zhu, G. Huang, Y. Zhang and X. Mi, "Speed control of Permanent Magnet Synchronous Motor system using quick-power reaching law based on sliding mode control," *2023 CAA Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes (SAFEPROCESS)*, Yibin, China, 2023, pp. 1-7, doi: 10.1109/SAFEPROCESS58597.2023.10295830.
2. M. Ostroverkhov, V. Chumack and E. Monakhov, "Synchronous Axial-Flux Generator with Hybrid Excitation in Stand Alone Mode", *2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, Lviv, Ukraine, 2019, pp. 455-459. doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879849.
3. N. Ostroverkhov and N. Buryk, "Control System with Field Weakening of Synchronous Motor Drive," *2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)*, Kremenchuk, Ukraine, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/PAEP49887.2020.9240903.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ В ЕНЕРГОМЕРЕЖАХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

В епоху швидкого росту використання електроенергії, проблеми з несиметричною фазою напруги стають дедалі більш актуальними для житлових будинків. Несиметрія фаз може призвести до численних проблем, включаючи збої в роботі електрообладнання, втрати енергії та збільшення витрат споживачів. Нерівномірне пофазне навантаження у житлових багатоповерхових будівлях виникає через різні потреби в енергоспоживанні, які неможливо врахувати при розподілі фаз на етапі проектування. Тому актуальною є розробка алгоритму для керування несиметрією напруги в енергомережах житлових будинків з використанням сучасних методик та технологій.

Зазвичай несиметрія напруг виникає через різне завантаження окремих фаз [1].

Несиметрію напруг характеризують такими показниками:

- коефіцієнтом несиметрії напруги за зворотною послідовністю;
- коефіцієнтом несиметрії напруги за нульовою послідовністю;

Нормально допустимі і гранично допустимі значення коефіцієнтів несиметричності напруг рівні 2,0 і 4,0%.

Коефіцієнт несиметричності напруги за нульової послідовності (K_{0U}) одного 9-и поверхового житлового будинку може становити 20%. Згідно з дослідженнями [2] 60% досліджуваних об'єктів на час вимірювань не відповідають вимогам якості електроенергії за коефіцієнтом несиметрії напруги зворотної послідовності.

Якщо порахувати втрати потужності із врахуванням коефіцієнта несиметрії маємо:

$$\Delta P = P \cdot K_U \quad (1)$$

де ΔP – втрати активної потужності, кВт·год; K_U – коефіцієнт несиметрії, %.

Якщо коефіцієнт несиметрії матиме значення 10%, це означатиме, що втрати загальної потужності складатимуть так само, не враховуючи втрати у проводі.

Проведемо приблизний розрахунок втрат у дев'ятиповерховому житловому будинку, де на поверх 4 квартири із приблизним споживанням 150 кВт·год і коефіцієнтом несиметрії 10%.

$$\Delta P = 150 \cdot 9 \cdot 4 \cdot 0,1 = 540 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Таким чином, при тарифі 2,64 грн за кВт·год компанія постачальник за місяць в одному будинку втрачає:

$$Ц = 540 \cdot 2,64 = 1425,6 \text{ грн}$$

Ця сума не є великою в межах одної будівлі, але враховуючи те, що одна компанія-постачальник електроенергії обслуговує велику кількість будівель, ці втрати можуть бути 712,8 тис грн на 500 будинків. Тому вирішення проблеми несиметрії напруги є корисним.

Для вирішення цих проблем пропонується розробити новий спосіб, який полягає у використанні приладу на основі штучного інтелекту, який буде встановлюватися на кожному з поверхів багатоквартирного будинку. У нього будуть заходити три фази, земля і нуль, а до кожної з декількох квартир на поверсі будуть іти вже тільки одна фаза, нуль і земля. Прилад має розподіляти по усіх квартирах фази так, щоб навантаження було рівномірне. Прилад буде використовувати такі алгоритми штучного інтелекту [3]:

- алгоритм виявлення тимчасового та постійного навантаження. Цей алгоритм буде аналізувати дані про навантаження в кожній квартирі протягом певного періоду часу. Якщо навантаження в квартирі буде змінюватися протягом короткого періоду часу, то це буде вважатися тимчасовим навантаженням. Якщо навантаження в квартирі буде залишатися незмінним протягом тривалого періоду часу, то це буде вважатися постійним навантаженням. Дані про навантаження в кожній

квартирі можна взяти з лічильників. Для цього прилад буде використовувати протоколи передачі даних, які підтримуються лічильниками.

- алгоритм розподілу фаз. Цей алгоритм буде використовувати дані про тимчасове та постійне навантаження в кожній квартирі для розподілу фаз таким чином, щоб навантаження було рівномірним.

Для навчання алгоритму розподілу фаз можна використовувати наступний алгоритм:

1. Зібрати дані про навантаження в реальних умовах. Дані можуть бути зібрані з лічильників в житлових будинках.

2. Розділити дані на навчальний та тестовий набори. Навчальний набір буде використовуватися для навчання алгоритму, а тестовий - для оцінки точності алгоритму.

3. Натренувати алгоритм на навчальному наборі.

4. Оцінити алгоритм на тестовому наборі.

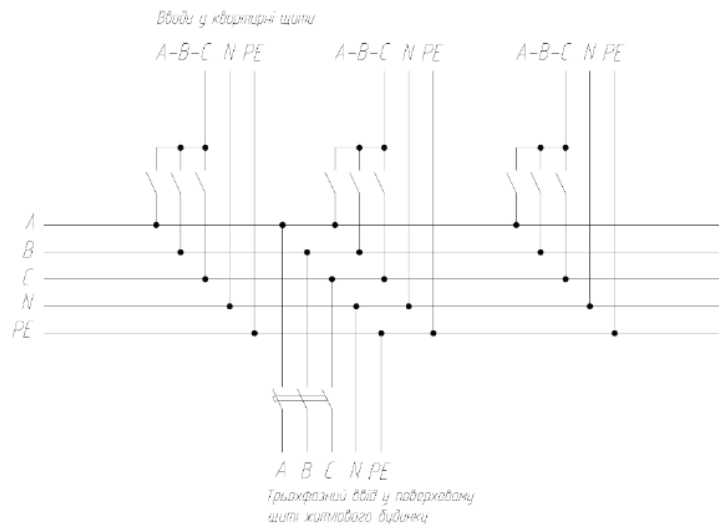


Рисунок 1 - Схема підключення приладу для зменшення несиметрії напруги

Отже, на сьогодні залишається актуальною проблема несиметричного навантаження енергомереж у житлових багатоповерхових будинках. Наразі не знайдено оптимальний спосіб розв'язання цієї задачі, тому розробка запропонованого приладу може вирішити поставлену задачу.

Список використаних джерел:

1 Мірошник О.О. Шляхи вирішення проблеми несиметрії напруги в сільських енергомережах. URL: http://nauka.tsatu.edu.ua/print-journals-tdatu/11-3/11_3/6.PDF (дата звернення 09.10.2023 року).

2 Городжа А.Д., Ковалишин Б.М. Якість електропостачання, енергозбереження та електромагнітна сумісність в електроенергетичних системах та електротехнічних комплексах. URL: <https://org2.knuba.edu.ua/mod/book/view.php?id=30898> (дата звернення 09.10.2023 року)

3 Бурлаков А.В., Вовк О.Ю. Аналіз несиметрії напруг та струмів мережі та методів боротьби з нею . URL: http://www.tsatu.edu.ua/etm/wp-content/uploads/sites/60/burlakov_vovk-nk-analiz-nesymetriyi-napruh-ta-strumiv-merezhi-ta-metodiv-borotby-z-neju.pdf (дата звернення 09.10.2023 року)

References:

1 Miroshnyk O. Ways to solve the problem of voltage asymmetry in rural power grids. [Online]. Available: http://nauka.tsatu.edu.ua/print-journals-tdatu/11-3/11_3/6.PDF

2 Horodzha A., Kovalyshyn B. Power supply quality, energy saving and electromagnetic compatibility in electric power systems and electrotechnical complexes. [Online]. Available: <https://org2.knuba.edu.ua/mod/book/view.php?id=30898>

3 Burlakov A., Vovk O. Analysis of asymmetry of network voltages and currents and methods of combating it. [Online]. Available: http://www.tsatu.edu.ua/etm/wp-content/uploads/sites/60/burlakov_vovk-nk-analiz-nesymetriyi-napruh-ta-strumiv-merezhi-ta-metodiv-borotby-z-neju.pdf

ОЦІНКА СТАНУ ЛОКАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ: СИСТЕМИ ЗМІННОГО, ПОСТІЙНОГО ЧИ ПОСТІЙНО-ЗМІННОГО ТИПУ

Вступ. У сучасному електроенергетичному виробництві та споживанні актуальною є тема оптимізації та покращення функціональності мікромереж/локальних енергетичних систем. Ці системи представляють собою різновид сучасних електроенергетичних мереж, які поділяються на кілька типів залежно від характеристик напруги, зокрема мікромережі змінного струму, мікромережі постійного струму та постійно-змінного струму[1-3].

Мікромережі змінного струму виявилися найбільш поширеними та популярними, здатними спростувати процес підключення до розподільної мережі та ефективно використовувати наявні навантаження. Однак при значному обсязі відновлюваної генерації можуть виникати проблеми із стабільністю та ефективністю[7]. Мікромережі постійного струму, хоча і мають свої переваги, стикаються із викликами, пов'язаними із додатковими етапами перетворення електроенергії. Нові цінові ставки тарифів на електроенергію додають ще один аспект, який впливає на розвиток та оцінку локальних систем електропостачання, особливо для мікромереж змінного та постійного струму[17].

Відповідно до виявлених викликів, одним із шляхів розв'язання є використання гібридних мікромереж, які об'єднують у собі переваги обох типів. Це дозволяє забезпечити баланс між мікромережами змінного та постійного струму, гарантуючи ефективне функціонування системи[7].

Основний зміст. Мікромережа (МГ) являє собою складову розподілених генеруючих установок і взаємопов'язаних навантажень, обмежених визначеними електричними межами [1]. Мікромережі за функціональністю можна поділити на три типи: змінного струму, постійного постійно-змінного типу [2]. МГ змінного струму є найбільш популярним та розповсюдженим типом в енергосистемі [3]. Із зростанням відновлюваної генерації у мережі відбуваються дослідження можливих методів для для об'єднання централізованих систем електропостачання на основі змінного струму з мікромережами на основі постійного струму [4,5,6].

Розглянута схеми мікромережі змінного струму, яка виявляє значимість передачі електроенергії від розподільної мережі із змінним струмом. На тлі переваг цього підходу вказується, що наявність потужних джерел генерації може негативно впливати на стабільність та коефіцієнт потужності мікромережі, знижуючи ефективність системи перетворення електроенергії.

Схеми мікромережі постійного струму, яка, відмінно від розподільної системи змінного струму, не потребує врахування реактивної потужності та інших параметрів. Зазначено, що цей підхід погіршує підвищення ефективності генерації електроенергії, але вимагає додаткових перетворювачів для використання змінного навантаження.

У зв'язку з обмеженнями обох типів мікромереж, розглядається гібридний підхід, представлений, який об'єднує переваги мікромережі змінного та постійного струму. Такий підхід відкриває нові можливості для оптимізації ефективності та стабільності енергетичних систем, розв'язуючи проблеми змінного типу навантаження та генерації.

Режими функціонування ЛЕС визначаються графіками роботи генераторів та споживачів, представленими у відповідних навантаженнях. Основний графік, що охоплює добу, відрізняється значною нерівномірністю споживання з характерними зонами активності. Електроспоживання упродовж доби характеризується різкими змінами протягом коротких періодів, представленими годинними або навіть хвилинними інтервалами. Робота електроенергетичної системи за таким нерівномірним графіком призводить до додаткових витрат, таких як перевитрати палива та наявність надлишкового генеруючого обладнання з супутніми ресурсами. Ці аспекти враховуються в тарифі на електроенергію з метою збереження економічності ЛЕС в цілому, що впливає на зростання витрат споживачів.

Оновлені цінові ставки тарифу на електроенергію, які набудуть чинності з 30 листопада в Україні, можуть вплинути на оцінку стану локальних систем електропостачання, зокрема в контексті висновків із проведеного аналізу схеми мікромереж[17].

Однією з ключових переваг локальної енергетичної систем є їх надійність, яка забезпечує безперебійне електропостачання енергопостачальним компаніям, так і їх клієнтів. У випадку відмови основної електромережі локальні енергетичні системи можуть залишитися активними, забезпечуючи підтримку споживачів, від'єднавшись або ізолюючись від центральної мережі. Будучи автономними суб'єктами, з точки зору локальної генерації та зберігання електроенергії, ЛЕС можуть обслуговувати споживачів, поки не буде відновлено постачання з основної мережі. Надійність ЛЕС забезпечує здатність енергопостачальної компанії забезпечувати стійке електропостачання для своїх клієнтів, тоді як стійкість ЛЕС включає в себе здатність уникати перебоїв в електропостачанні та/або швидко відновлюватися після втрати генерації в непередбачуваних умовах, таких як аварії чи стихійні лиха. ЛЕС спеціально спроектовані та автоматизовані для швидкого відновлення основних послуг, навіть за раптових руйнівних обставин [19].

Для ЛЕС повинна бути передбачена відповідна система захисту, яка реагує на несправності всередині самої ЛЕС та на несправності у живильній мережі, до якої вона приєднана. Якщо несправності виникають всередині системи, то відповідна несправність повинна бути ізольована, що може призвести до утворення декількох субмікромереж. Якщо пошкодження сталося на живильному пристрої, то система захисту повинна ізолювати ЛЕС від мережі за короткий час спрацьовування, щоб захистити компоненти ЛЕС. Чутливість системи захисту повинна забезпечувати відсутність невиявлених пошкоджень або запізнилих відключень.

Висновки:

1. З проведеного аналізу схем зроблено висновок, що мікромережі є сучасною електроенергетичною системою, яка розділена на різні типи незалежно від характеристик напруги, таких як мікромережі змінного струму та мікромережі постійного струму, постійно-змінного струму. Мікромережі змінного струму є найбільш поширеними і популярними типами. Вони володіють перевагою у спрощенні підключення до розподільної мережі змінного струму, а також у використанні наявних навантажень. Однак при великому обсязі відновлюваної генерації можуть виникати проблеми зі стабільністю та ефективністю. Мікромережі постійного струму, незважаючи на свої переваги, стикаються з викликами додаткового перетворення електроенергії.

2. Нові цінові ставки тарифу на електроенергію створюють додаткові фактори, які повинні вплинути на оцінку та розвиток локальних систем електропостачання, зокрема для мікромереж змінного та постійного струму. Один із способів розв'язання цих проблем - використання гібридних мікромереж, які об'єднують у собі як мікромережі змінного струму, так і мікромережі постійного струму. Це дозволяє збалансувати переваги обох типів мікромереж і забезпечити ефективну роботу системи.

3. Стабільність локальної енергосистеми (ЛЕС) є ключовим аспектом, особливо в умовах її підключення до центральної мережі та автономної роботи. Підключення до центральної мережі має вигоди для стабільності, але автономний режим з відновлюваною генерацією може створювати виклики. Технічні проблеми в автономному режимі, такі як компенсація реактивної потужності та управління напругою, вимагають уваги для забезпечення стабільності. Ефективна система управління важлива для оптимального використання ресурсів, але вибір типу управління залишиться відкритим питанням. Система захисту ЛЕС є обов'язковою умовою, при реагуванні на несправності та забезпечуючи ізоляцію у разі потреби

У впровадженні ЛЕС є багато викликів, а дослідження та впровадження нових технологій є успіхом для досягнення оптимальної ефективності та стабільності в майбутньому.

Список використаних джерел:

- [1] A. López-González, B. Domenech, L. Ferrer-Martí, "Sustainability and design assessment of rural hybrid microgrids in Venezuela", *Energy*, Volume 159, pp. 229-242, 2018.
- [2] B. Papari, R. Cox, N. Sockeel, "Supervisory Energy Management in Hybrid AC-DC Microgrids Based on a Hybrid Distributed Algorithm". In 2020 IEEE Clemson University Power Systems Conference (PSC), pp.1-6, 2020
- [3] B. Papari, CS Edrington і T. Vu, "Stochastic operation of interconnected microgrids", 2017 IEEE Power & Energy Society General Meeting , стор. 1-5, 2017.
- [4] Li, X.; Song, Y.J.; Han, S.B. Study on Power Quality Control in Multiple Renewable Energy Hybrid Micro Grid System. In Proceedings of the 2007 IEEE Lausanne Power Tech, Lausanne, Switzerland, 1–5 July 2007; pp. 2000–2005.
- [5] Prabhala VA, K.; Baddipadiga, B.P.; Ferdowsi, M. DC distribution systems-An overview. In Proceedings of the 2014 International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA), Milwaukee, WI, USA, 19–22 October 2014;

pp. 307–312.

4. [6] Abbasi, M.; Abbasi, E.; Li, L.; Aguilera, R.P.; Lu, D.; Wang, F. Review on the Microgrid Concept, Structures, Components, Communication Systems, and Control Methods. *Energies* 2023, 16, 484.

5. [7] B. Papari, CS Edrington, I Bhattacharya and G Radman, "Effective Energy Management of Hybrid AC-DC Microgrids with Storage Devices", *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 13, pp. 15-36, 2017.

[8] Navas-Fonseca, A.; Burgos-Mellado, C.; Gomez, J.S.; Donoso, F.; Tarisciotti, L.; Saez, D.; Cardenas, R.; Sumner, M. Distributed Predictive Secondary Control for Imbalance Sharing in AC Microgrids. *IEEE Trans. Smart Grid* 2021, 13, 20–37.

[9] Dragicevic, T.; Lu, X.; Vasquez, J.C.; Guerrero, J.M. DC microgrids—Part II: A review of power architectures, applications, and standardization issues. *IEEE Trans. Power Electron.* 2015, 31, 3528–3549.

6. [10] Ali, S.; Zheng, Z.; Aillerie, M.; Sawicki, J.-P.; Péra, M.-C.; Hissel, D. A Review of DC Microgrid Energy Management Systems Dedicated to Residential Applications. *Energies* 2021, 14, 4308.

7. [11] Nejabatkhah, F.; Li, Y.W. Overview of Power Management Strategies of Hybrid AC/DC Microgrid. *IEEE Trans. Power Electron.* 2014, 30, 7072–7089.

8. [12] Espina, E.; Llanos, J.; Burgos-Mellado, C.; Cardenas-Dobson, R.; Martinez-Gomez, M.; Saez, D. Distributed Control Strategies for Microgrids: An Overview. *IEEE Access* 2020, 8, 193412–193448.

9. [13] Gao, F.; Wang, X.; Yang, P.; Kou, S.; Sun, M. Research and Simulation of Hybrid AC/DC Microgrid. In *Proceedings of the 2020 4th International Conference on HVDC (HVDC)*, Xi'an, China, 6–9 November 2020; pp. 1276–1280.

10. [14] Wang, L.; Fu, X.; Wong, M.-C.W. Operation and Control of a Hybrid Coupled Interlinking Converter for Hybrid AC/Low Voltage DC Microgrids. *IEEE Trans. Ind. Electron.* 2020, 68, 7104–7114.

11. [15] Li, X.; Guo, L.; Li, Y.; Guo, Z.; Hong, C.; Zhang, Y.; Wang, C. A Unified Control for the DC–AC Interlinking Converters in Hybrid AC/DC Microgrids. *IEEE Trans. Smart Grid* 2017, 9, 6540–6553.

12. [16] An, C.-G.; Choi, B.-Y.; Lee, H.; Kim, T.-G.; Kang, K.-M.; Kim, M.; Lee, Y.-S.; Yi, J.; Won, C.-Y. Space Vector Pulse-Width Modulation Control Strategy for Four-Leg Inverters Under Single Line-to-Ground Faults in Islanded Microgrids. *IEEE Access* 2022, 10, 18557–18569.

13. [17] НКРЕКП встановлення граничної ціни на електричну енергію [Електронний ресурс]: Постанова «Про встановлення граничних цін на ринку «на добу наперед», внутрішньодобовому ринку та балансуєчому ринку». /. – Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/news/nkrekp-vstanovila-granichni-cini-na-elektrichnu-energiyu>

14. [18] S. Denysiuk, V. Opryshko, B. Basok: Optimization of Energy Processes in Local Power Supply Systems with Variable Operating Modes. *Power Systems Research and Operation Studies in Systems, Decision and Control*, 2022, p. 133-157

15. [19] Benefits and Challenges of Microgrids [Електронний ресурс] /. – Режим доступу: https://ebrary.net/207467/computer_science/benefits_challenges_microgrids

РОЗДІЛ 3: ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ТА СТАЛІЙ РОЗВИТОК

УДК 621.311

Костенко Г.П., мол. науков. співробітник
Запорожець А.О., д-р техн. наук, пров. наук. співробітник
Інститут загальної енергетики НАН України

SWOT-АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ВТОРИННОГО ЗАСТОСУВАННЯ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ В СИСТЕМАХ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

Вступ. Однією з головних світових тенденцій останніх десяти років стала поступова заміна транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння на електромобілі з метою зменшення викидів вуглекислого газу (CO₂) [1]. За останні 10 років в Україні спостерігається значний прогрес у впровадженні електромобілів [2, 3] загальна кількість яких вже перевищила 70 тис. од. Збільшення парку електромобілів створює необхідність стратегічних інновацій для управління літій-іонними батареями з вичерпаним терміном служби з дотриманням принципів та засад циркулярної економіки. Модель циркулярної економіки зосереджена на створенні системи, де відходи та ресурси постійно повертаються в цикл виробництва, а не викидаються після одноразового використання. Для батарей електромобілів це особливо актуально через велику кількість цінних та рідкісних матеріалів, які входять у їхній склад.

Метою даного дослідження є виконання аналізу перспектив та передумов вторинного застосування літій-іонних батарей електротранспорту для систем стаціонарного зберігання енергії в Україні.

Матеріал та результати дослідження. Електромобілі (ЕМ) вважаються більш екологічно сталими порівняно з автомобілями на основі двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), особливо якщо вони заряджаються енергією, виробленою відновлюваними джерелами енергії. Батареї ЕМ після використання в автомобілях можуть мати додаткові цикли використання. Гарантований термін служби батареї ЕМ становить 8 років, але може служити і до 15 років з поступовою втратою ємності. Втрата ємності батареї ЕМ відбувається через численні цикли заряджання-розряджання, але навіть після 200 000 км вони повинні зберігати не менше 70% ємності. Технологічний прогрес постійно вдосконалює ці показники.

Після втрати ефективності для використання в автомобілях (зазвичай 70% початкової ємності), батареї можуть бути використані як стаціонарні системи зберігання енергії, сполучені з відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячні або вітрові станції. Це дозволяє очікувати зниження сумарних викидів CO₂ і зниження витрат в енергосистемі.

На завершальній стадії, коли батареї вже не придатні для зберігання, вони підлягають остаточній переробці або рециклінгу (Рис.1). Рециклінг літій-іонних батарей дозволяє вилучити та повторно використовувати такі матеріали, як катодні метали, алюміній та мідь, сприяючи стійкості виробництва нових батарей і зменшуючи залежність від імпорту мінеральних ресурсів.



Рисунок 1 – Стадії життєвого циклу батарей електромобілів

З огляду на стрімкий розвиток електротранспорту та зростаючу важливість сталого використання енергетичних ресурсів, необхідність у комплексному аналізі вторинного застосування батарей електротранспорту стає особливо актуальною. В такому контексті SWOT-аналіз виступає як інструмент, що дозволяє всебічно оцінити сильні та слабкі сторони, визначити потенційні можливості та загрози, пов'язані з цією ініціативою. Застосування SWOT-аналізу допоможе в розробці стратегій, які враховують як технічні аспекти переробки та використання відпрацьованих батарей, так і ширший соціальний, економічний та екологічний контекст. Такий підхід забезпечує глибоке розуміння існуючої ситуації та прокладає шлях для впровадження інноваційних та ефективних рішень у сфері вторинного використання батарей, сприяючи сталому розвитку енергетичної галузі.

SWOT-аналіз сприятиме кращому розумінню ринкового потенціалу вторинного використання батарей, допомагаючи визначити напрямки для інвестицій, розвитку технологічних інновацій, а також стратегії ефективного реагування на зміни в регуляторному середовищі та енергетичному ринку. За результатами SWOT-аналізу визначають, чи наявні внутрішні ресурси, щоб реалізувати наявні можливості і протистояти загрозам інноваційного проекту, а також які внутрішні недоліки вимагають якнайшвидшого усунення.

Результати виконання SWOT-аналізу наведено в табл.1.

Таблиця 2. SWOT-аналіз перспектив розвитку електротранспорту в Україні

S	Weaknesses / Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> • Зниження витрат: Використання відпрацьованих батарей може знизити вартість систем зберігання енергії порівняно з новими батареями. • Рециклінг ресурсів: Вторинне використання дозволяє зберегти цінні матеріали, зменшуючи потребу в нових сировинних ресурсах. • Екологічна відповідальність: Перевикористання батарей сприяє зниженню відходів та підтримці концепції циркулярної економіки. • Покращення стабільності енергосистеми: Використання цих батарей у системах зберігання допомагає вирівнювати пікові навантаження та забезпечувати більш стабільне електропостачання. 	<ul style="list-style-type: none"> • Обмежена ємність та продуктивність: Відпрацьовані батареї мають меншу ємність та ефективність порівняно з новими. • Проблеми зі стандартизацією: Відсутність уніфікованих стандартів може ускладнювати інтеграцію різних типів відпрацьованих батарей у системи зберігання. • Витрати на обслуговування та переоснащення: Може знадобитися додаткове обладнання чи модифікація для ефективного використання старих батарей. • Непевність щодо тривалості служби: Відпрацьовані батареї потенційно можуть мати непередбачуваний термін служби.
Opportunities / Можливості	Threats / Загрози
<ul style="list-style-type: none"> • Розширення ринку зберігання енергії: Зростання попиту на рішення для зберігання енергії, особливо в контексті зростання частки відновлюваних джерел енергії. • Інновації у технологіях переробки та вторинного використання: Розвиток нових технологій може підвищити ефективність використання відпрацьованих батарей. • Підтримка уряду та нормативно-правова база: Стимули та субсидії для заохочення вторинного використання батарей. • Партнерства з виробниками електромобілів: Співпраця з компаніями-виробниками для розробки програм повторного використання. 	<ul style="list-style-type: none"> • Технологічний прогрес у виробництві нових батарей: Розвиток нових, більш ефективних та дешевих батарей може зменшити потребу в відпрацьованих. • Регуляторні обмеження: Потенційні нормативні перешкоди або обмеження щодо використання та утилізації відпрацьованих батарей. • Ризики безпеки: Потенційні небезпеки, пов'язані зі старими батареями, особливо щодо пожежної безпеки та хімічного витоку. • Екологічні ризики: Питання пов'язані з впливом на довкілля відпрацьованих батарей, їх зберігання та утилізації.

Висновки. На основі проведеного SWOT-аналізу перспектив вторинного використання батарей електротранспорту в енергосистемі можна зробити висновки про те, що застосування батарей електротранспорту у системах зберігання енергії має значний потенціал та містить потенційні вигоди (зниження вартості систем зберігання енергії, підвищення екологічної ефективності, можливість ефективного використання ресурсів, підвищення стабільності енергосистеми), але потребує уважного розгляду викликів та розвитку відповідних стратегій для максимізації переваг та мінімізації ризиків.

Список використаних джерел:

1. Kostenko G. P. (2022). Overview of European trends in electric vehicle implementation and the influence on the power system. *System Research in Energy*, (1 (70), 62-71. <https://doi.org/10.15407/srenergy2022.01.062>
2. GP Kostenko, OV Zgurovets, MM Tovstenko. SWOT analysis of electric transport and V2G implementation for power system sustainable development in the terms of Ukraine. 2023 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1254 012030 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012030>
3. Г.П. Костенко. Ситуаційний аналіз перспектив розвитку електротранспорту та його інтеграції до енергосистеми України. «Енергетика: економіка, технології, екологія», №1 (2023). <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2023.276185>

ІНДЕКС ПРОЗОРОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ

Індекс прозорості енергетики розроблено з метою кількісного оцінювання рівня доступності та якості інформації в енергетичному секторі України шляхом здійснення багатовимірного аналізу прозорості за окремими індикаторами, категоріями, критеріями і ринками, діагностики прогалів та відстеження прогресу.

Головною особливістю Індексу-2022 є його розроблення під час воєнного стану (ВС) в Україні. Запровадження правового режиму ВС спричинило відчутне обмеження публічності інформації та даних в країні з міркувань забезпечення національної безпеки. Також через війну були частково втрачені можливості для повноцінного збору, систематизації та публікації розпорядниками інформативних показників внаслідок виникнення низки обмежень. Одним з першорядних завдань воєнного випуску Індексу є аналіз впливу війни і режиму ВС на ступінь об'єктивності відображення інформаційної відкритості енергетичного сектору.

Індекс-2022 охоплює комплекс з 228 індикаторів, об'єднаних у 8 категорій [1] і базованих на конкретних нормативних вимогах та кращих світових практиках. Індекс доповнений новими індикаторами, сформованими на основі положень Clean Energy Package – поточних рамкових правил для енергоринків у ЄС. Зокрема, були додані індикатори з енергетичної безпеки та надійності постачання, ціноутворення, захисту споживачів, ефективності державного енергоменеджменту тощо. Також були оновлені зміст і підстави всіх індикаторів Індексу на основі сучасного законодавства ЄС, кращих європейських й світових практик розкриття інформації та звітування. Оцінювання Індексу є результатом опрацювання даних з відкритих джерел щодо функціонування енергетичного сектору по всіх ланках ланцюга «від виробника до споживача».

Остаточна оцінка енергетичного сектору в 2022 році склала 39 балів із 100 можливих і виявилась найнижчою за останні п'ять років (табл. 1).

Таблиця 1 – Динаміка індексу прозорості енергетики за останні п'ять років

Рік	2018	2019	2020	2021	2022
Індекс прозорості	43	48	58	63	39

Видно, що війна та запровадження режиму ВС в Україні спричинили стрімке падіння інформаційної відкритості енергетичного сектору – показник упав на 24 пункти (або -38,1%) порівняно з результатом оцінювання 2021 року і за шкалою Індексу опустився до зони «неприйнятної» прозорості. При цьому, кількість "чорних скриньок" в енергетиці зросла більш ніж удвічі – із 16% до 34%. Отже, більш ніж за третину індикаторів інформація є закритою або повністю відсутньою.

За результатами аналізу виокремлено три ключові фактори втрати прозорості:

- 1) директивна заборона оприлюднювати дані;
- 2) ініціативне рішення розпорядників даних чи суб'єктів звітування обмежити обсяг публічних даних або припинити їхню публікацію під час ВС;
- 3) «туман» війни.

Перші два фактори мають законодавчу природу і викликані відповідними змінами до законодавства та регулювання, через які держава заборонила публікувати конкретні дані або дозволила обмежити їх оприлюднення. Третій фактор має синтетичний характер, що прямо не пов'язаний із законодавчими змінами. Він об'єднує сукупність дестабілізуючих зрушень, викликаних війною, які спричинили втрату спроможності розпорядників даних (органів влади, суб'єктів господарювання тощо) оприлюднювати інформацію.

Оцінювання виявило, що по 75-ти із 228-ми індикаторів Індексу-2022 було застосоване законодавче обмеження публічності. Зокрема, по 27-ми індикаторам (11,8%) – директивна заборона, а по 48-ми (21,1%) – ініціативне рішення розпорядників. У падінні загального рівня прозорості сектору

на 24 пункти ці два чинники відіграли визначальну роль – обумовили її зменшення на 18 пунктів, тобто 75% регресу.

Вплив множини інших факторів («туман» війни) спричинив скорочення прозорості на 6 пунктів, або 25%. Отже, ключовим елементом відновлення інформаційної відкритості енергетичного сектору по завершенню і навіть під час дії режиму ВС буде саме законодавчий і регуляторний фактори.

Внаслідок закриття даних під час ВС оцінка прозорості енергетики скоротилася за всіма 8-ма категоріями Індексу. Найменше падіння (-10 пунктів) спостерігалось у категорії «Політика», а найбільше (-37 пунктів) – «Баланси». У решті категорій [1] зниження також було значним і коливалось у межах 20...29 пунктів. У результаті всі категорії опинилися в двох нижніх зонах із найгіршою прозорістю за шкалою Індексу: 3 категорії – у зоні «недостатньої» та 5 – «неприйнятною» прозорості. Також інформаційна відкритість знизилася за 22-ма із 24-х підкатегорій Індексу і лише у двох – залишилася на минулорічному рівні.

Індекс оцінює прозорість в розрізі п'яти енергетичних ринків та крос-секторальних питань. Після поступового кількарічного покращення, обумовленого, головним чином, розвитком нормативно-правової бази та ступенем регулювання, інформаційна відкритість енергетичних ринків в умовах війни продемонструвала значний регрес, спричинений тими ж факторами (табл. 2). Зокрема, серед 75-ти індикаторів, по яких відбулося законодавче обмеження публічності, 52 індикатори (або 69%) мають секторальний характер. В результаті, ринки електричної та теплової енергії, природного газу, які за результатами оцінювання у 2021 році мали кращі стартові позиції, потрапили у зону «недостатньої» прозорості, а нафти й рідкого палива та енергетичного вугілля – у зону «неприйнятною» прозорості.

Таблиця 2 – Оцінки Індексу прозорості за енергетичними ринками

Енергетичні ринки	Електрична енергія	Природний газ	Нафта й рідке паливо	Енергетичне вугілля	Теплова енергія
Секторальні індекси-2022	41	47	14	26	43
Регрес до Індексу-2021	-33	-25	-9	-34	-26

Висновки. У процесі повоєнної відбудови економіки України особливу роль відіграватиме прозорість енергетичного сектору, яка визначатиме рівень залучення інвестицій і новітніх технологій, якість моніторингу та регулювання енергетичних ринків, ефективність енергоменеджменту та реалізації енергетичної політики, енергетичну безпеку та набуття Україною членства в ЄС і НАТО.

Список використаних джерел:

1. Індекс прозорості енергетики - 2022. Аналітичний продукт ГО "DiXi Group", 2023. – 31 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://index.ua-energy.org/assets/files/dixi_index_2022_final.pdf.

СУЧАСНІ ІННОВАЦІЙНІ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ

Вступ. Електрична енергія була і залишається найбільш розповсюдженим видом енергії, що застосовується в багатьох галузях промислового виробництва. Проте разом з притаманними їй перевагами (відносна легкість отримання, простота передачі на далекі відстані, легкість безпосереднього перетворення в інші потрібні види енергії тощо) вона має і певні недоліки. Недотримання вимог безпеки під час її використання і експлуатації електричного обладнання може становити небезпеку як для обслуговуючого персоналу, так і для оточуючого середовища. Так, у разі порушення діючих правил з електробезпеки, електричний струм може створювати цілу низку шкідливих і небезпечних фізичних факторів, які становлять безпосередню загрозу отримання працівниками електричних травм і, за певних умов, можуть призвести навіть до летальних наслідків[1].

Мета роботи – визначення основних особливостей функціонування та застосування сучасних інноваційних систем безпеки, які дозволяють значно зменшити існуючі ризики в сфері промислової та екологічної безпеки при експлуатації розподільних електромереж і гарантовано мінімізують можливий негативний вплив на обслуговуючий персонал та оточуюче середовище, забезпечують високу надійність їх роботи.

Основний матеріал. Існуючі тенденції у сфері подальшого розвитку електроенергетичної галузі свідчать про нагальну необхідність вирішувати питання безпеки комплексно з урахуванням вимог усіх трьох взаємозв'язаних між собою основних складових: охорони здоров'я та безпеки праці, менеджменту якості і екологічної безпеки. Такий комплексний підхід може бути забезпечений лише у разі детального вивчення вже існуючого світового досвіду та останніх інноваційних досягнень науки і техніки в цих напрямках, а також, і це головне, лише за умови максимально ефективного співробітництва з провідними виробниками спеціалізованого електроенергетичного устаткування та обладнання для реалізації високоефективних систем захисту, автоматизації і управління у сфері безпеки з урахуванням вимог діючих міжнародних стандартів.

Безумовним лідером у цій галузі є міжнародна корпорація "EATON CORPORATION", до складу якої входить більш ніж 500 провідних компаній у світі. Основний підрозділ цієї корпорації, електротехнічна група «EATON», є світовим лідером щодо управління електропостачанням та розподілення електроенергії, забезпечення безпеки, автоматизації та контролю, якості електроенергетичних послуг тощо. Завдяки впровадженню електротехнічною групою «EATON» сучасних інноваційних технологій при розробці та експлуатації розподільного та генеруючого електроенергетичного обладнання, систем автоматизації та управління безпекою, комунікаційного обладнання, інжинірингових послуг вирішені проблеми електробезпеки при експлуатації цього обладнання [1-7].

Діючі енергетичні системи в процесі їх модернізації можуть забезпечити не лише більш високий рівень безпеки та надійності, а й підвищення ефективності експлуатаційних витрат та менші екологічні ризики. Електротехнічна група «EATON» має в Україні своє представництво, а саме ДП «Ітон Електрик», яке успішно та ефективно працює на ринку України вже багато років і пропонує широкий спектр інноваційного спеціалізованого обладнання та технологій для реалізації сучасних систем автоматизації та управління у сфері безпеки: щитове обладнання контактори, запобіжні пристрої, вимикачі навантаження, головні та сервісні вимикачі, перемикачі, промислові вимикачі, роз'єднувачі, компактні автоматичні вимикачі з функцією діагностики, перетворювачі частоти, системи гасіння дуги, різноманітні пристрої для систем енергопостачання; безконтактні емнісні, індуктивні та фотоелектричні датчики; датчики тиску; вібраційні датчики; механічні кінцеві вимикачі; системи релейного захисту, силові та розподільні щити керування; інтелектуальну систему управління підключенням обладнання до щитових панелей для спрощення з'єднань та комутацій; системи та пристрої управління і сигналізації (пульти керування, пристрої для керування рукою/ногою, кнопки аварійного відключення, світлові та звукові колони, компактні акустичні сигнальні пристрої тощо); компоненти систем автоматизації виробничих процесів (промислові персональні комп'ютери, компактні програмовані логічні контролери, реле безпеки, програмовані керуючі реле для кіл безпеки), вимірювальні реле, реле часу, реле перевантаження, пристрої

плавного пуску електродвигунів; спеціалізоване обладнання, призначене для використання в потенційно вибухонебезпечних середовищах; програмне забезпечення з моделювання систем автоматизації з урахуванням існуючих ризиків і багато іншого.



Висновки. Використання переліченого обладнання та новітніх сучасних інноваційних технологій електротехнічної групи «EATON» дозволяє значно розширити функціональні можливості систем управління та автоматизації розподільних електромереж, а також значно зменшити існуючі ризики у сфері промислової та екологічної безпеки, що гарантує високу надійність їх роботи, мінімізує негативний вплив на оточуюче середовище та забезпечує максимально високий рівень протипожежного захисту і мінімальні ризики отримання електротравм.

Список використаних джерел:

1. Електробезпека в енергетиці: навч. посіб. для студ. спеціальностей у галузі енергетики / О.Г. Левченко, С.П. Денисюк, С.Ф. Каштанов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: Видавець ФО-П Піча Ю.В., 2022. – 280 с.
2. О.Г. Левченко, С.Ф. Каштанов (2021). Сучасні вимоги безпеки до систем управління промисловим обладнанням (Частина І. Показники безпеки систем управління). Проблеми охорони праці в Україні, 37(2), 9-15.
3. О.Г. Левченко, С.Ф. Каштанов (2021). Сучасні вимоги безпеки до систем управління промисловим обладнанням (Частина 2. Функціональна безпека систем управління). Проблеми охорони праці в Україні, 37(4), 8-18
4. ДСТУ EN 61140:2015 «Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання (EN 61140:2002, IDT)».
5. IEC 60364-4-42:2014 «Low-voltage electrical installations. Part 4-42. Protection for safety. Protection against thermal effects».
6. Каштанов С.Ф., Демчук Г.В., Олійник А.П. Функціональні можливості реле безпеки серії ESR5 та особливості їх застосування в системах управління виробничим обладнанням // Науково-технічний збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми енергозбереження як вимога безпеки життєдіяльності», м. Київ, 4 червня 2019 р. – К.: НТУУ «КПІ», 2019.- С. 140-146.
7. Serhii F. Kashtanov, Yury O. Polukarov, Oleksiy I. Polukarov, Liudmyla O. Mitiuk, Nataliia F. Kachynska. Specifics of modern security requirements for software of electronic machine control systems. *Incas Bulletin*, volume 13, special issue/ 2021, pp. 87 – 97.

References:

1. Elektrobezpeka v energhetyci: navch. posib. dlja stud. specialnostej u ghaluzi energhetyky / O.G. Levchenko, S.P. Denysjuk, S.F. Kashtanov; KPI im. Ighorja Sikorsjkogho. – Kyjiv: Vydavecj FO-P Picha Ju.V., 2022. – 280 s.
2. O.G. Levchenko, S.F. Kashtanov (2021). Suchasni vymoghy bezpeky do system upravlinnja promyslovym obladdannjam (Chastyna I. Pokaznyky bezpeky system upravlinnja). Problemy okhorony praci v Ukrajinі, 37(2), 9-15.
3. O.G. Levchenko, S.F. Kashtanov (2021). Suchasni vymoghy bezpeky do system upravlinnja promyslovym obladdannjam (Chastyna 2. Funkcionaljna bezpeka system upravlinnja). Problemy okhorony praci v Ukrajinі, 37(4), 8-18
4. DSTU EN 61140:2015 «Zakhyst proty urazhennja elektrychnym strumom. Zaghaljni aspekty shhodo ustanovok ta obladdannja (EN 61140:2002, IDT)».
5. IEC 60364-4-42:2014 «Low-voltage electrical installations. Part 4-42. Protection for safety. Protection against thermal effects».
6. Kashtanov S.F., Demchuk Gh.V., Olijnyk A.P. Funkcionaljtni mozhlyvosti rele bezpeky seriji ESR5 ta osoblyvosti jikh zastosuvannja v systemakh upravlinnja vyrobnychym obladdannjam // Naukovo-tekhnichnyj zbirnyk materialiv mizhnarodnoji naukovo-praktychnoji konferenciji «Aktualjni problemy energhozberezhenja jak vymogha bezpeky zhyttjedijalnosti», m. Kyjiv, 4 chervnja 2019 r. – K.: NTUU «KPI», 2019.- С. 140-146.
7. Serhii F. Kashtanov, Yury O. Polukarov, Oleksiy I. Polukarov, Liudmyla O. Mitiuk, Nataliia F. Kachynska. Specifics of modern security requirements for software of electronic machine control systems. *Incas Bulletin*, volume 13, special issue/ 2021, pp. 87 – 97.

РОЗВИТОК СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В МУНІЦИПАЛІТЕТАХ

Вступ. Підвищення вартості енергетичних ресурсів, адаптація законодавства до стандартів сталих технологій Європейського союзу, забезпечення екологічної стійкості, незалежність в енергетичних питаннях при наявності геополітичної нестійкості та складних економічних умов, зростання соціальної відповідальності та бажання підприємств та організацій досягти сталого розвитку, мотивують до активного впровадження систем енергетичного менеджменту в Україні.

Мета та завдання полягає в розкритті впливу муніципалітетів на формування загальнодержавної стратегії розвитку системи енергетичного менеджменту.

Основні результати дослідження. Енергетичний менеджмент - це процес управління енергетичними ресурсами, що включає в себе планування, координацію, контроль та моніторинг споживання енергії з метою забезпечення ефективного використання ресурсів та оптимізації витрат на енергію [1].

В Україні сфера енергетичного менеджменту регулюється законодавчо:

1. Закон України «Про енергетичну ефективність» від 21.10.2022 № 1818-ІХ, який визначає правові, економічні та організаційні засади відносин, що виникають у сфері забезпечення енергетичної ефективності під час виробництва, транспортування, передачі, розподілу, постачання та споживання енергії [2].

2. Постанова Кабінету Міністрів України «Про впровадження систем енергетичного менеджменту» від 23.12.2021 (редакція від 18.02.2023), яка визначає механізми та принципи впровадження систем енергетичного менеджменту та встановлює вимоги до організаційної структури [3].

Значним досягненням можна вважати затвердження «Методики визначення базового річного рівня споживання паливно-енергетичних ресурсів та житлово-комунальних послуг» (наказ Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України від 06.07.2023 № 578).

Але на громадському обговоренні «зависли» не менш важливі документи: проект постанови Кабінету Міністрів України «Деякі питання функціонування систем енергетичного менеджменту» та проект наказу «Про затвердження складу, змісту, порядку розроблення та оновлення місцевих енергетичних планів».

Починаючи з 2022 року, в Україні відбувається широкомасштабне використання систем енергоменеджменту в установах державної влади та військових адміністраціях, а також в підпорядкованих їм підприємствах, установах та організаціях відповідно до вимог Закону України "Про енергетичну ефективність". У 2022 році загальна кількість органів влади, які розпочали впровадження енергоменеджменту, зросла майже в полтора рази, з 45 (станом на кінець 1-го півріччя 2021 року) до 76 (станом на кінець 2022 року)[4].

Незважаючи на труднощі, пов'язані з введенням режиму воєнного стану, органи місцевого самоврядування активно долучаються до ініціативи з впровадження системи енергетичного управління в муніципалітетах. Важливо відзначити, що законодавство лише надає рекомендації в цьому питанні. Однак на практиці видно, що успішність впровадження таких систем переважно залежить від політичної волі місцевої влади. Зазвичай в муніципалітетах передбачається посада енергоменеджера у складі конкретного департаменту, який відповідає за економіку чи комунальне господарство. Важливо враховувати, що енергоменеджер обмежений адміністративним контролем над керівниками інших департаментів, від яких залежать основні споживачі енергоресурсів у місті, такі як комунальні підприємства, навчальні заклади та медичні установи. Наразі все частіше обговорюється ідея підпорядкування енергоменеджера безпосередньо міському голові (у невеликих містах) або профільному заступнику (у середніх і великих містах).

В Україні муніципальні енергоменеджери вже досягли значущих результатів, включаючи:

- проведення енергомоніторингу в комунальних установах;
- координацію, підтримку та виконання енергосервісних контрактів для опалювальних систем

бюджетних установ та міського освітлення;

- пошук грантових можливостей та встановлення взаємовідносин з інвесторами.

Важливо відзначити, що розвиток систем енергетичного управління в Україні також підтримується рядом організацій із західної Європи, які ставлять перед собою завдання зменшення викидів парникових газів та пристосування до змін клімату.

Висновки. Основні виклики, що виникають при впровадженні систем енергетичного менеджменту в муніципалітетах, охоплюють наступне:

1. Низький рівень кваліфікації персоналу: Успішне впровадження енергетичного менеджменту потребує наявності кваліфікованих фахівців, які вміють проводити енергомоніторинг та розробляти стратегії енергоефективності.

2. Фінансові виклики: Витрати на впровадження енергетичного менеджменту є значущими, однак муніципалітети мають обмежені бюджетні ресурси для таких ініціатив.

3. Невизначеність відповідальності: Не у всіх муніципалітетах чітко визначено ролі та відповідальність за впровадження енергетичного менеджменту. Це призводить до відсутності конкретного контролю та відповідальності за результати та виконання завдань.

4. Системні проблеми: Відсутність відповідних нормативно-правових актів, застарілі інфраструктури, відсутність відповідних технологій та стандартів ускладнюють впровадження систем енергетичного менеджменту.

5. Відсутність підтримки громадськості: Без активної участі та розуміння ролі місцевої громадськості, впровадження енергетичного менеджменту може стикатися з труднощами. Громадськість може не розуміти важливості внесення змін в енергосистему та її позитивного впливу на загальний добробут.

Список використаних джерел:

1. "ChatGPT by OpenAI" [Online chatbot]. Available: <https://chat.openai.com/chat>

2. Закон України «Про енергетичну ефективність» від 21.10.2022 № 1818-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20>.

3. Постанова Кабінету Міністрів України «Про впровадження систем енергетичного менеджменту» від 23.12.2021, Офіційний вісник України, № 103, стор. 12-15.

4. Кабінет Міністрів України. (2022, 21 квітня). Держенергоефективності: все більше органів влади в Україні впроваджується систему енергетичного менеджменту [Прес-реліз]. Офіційний веб-сайт Кабінету Міністрів України. <https://www.kmu.gov.ua/news/derzhenerhoefektyvnosti-vse-bilshe-orhaniv-vlady-v-ukraini-vprovadzhuut-systemu-enerhetychnoho-menedzhmentu>

References:

1. OpenAI. "ChatGPT by OpenAI" [Online chatbot]. Available: <https://chat.openai.com/chat>

2. Verkhovna Rada of Ukraine. (2022). "Law of Ukraine on Energy Efficiency" dated 21.10.2022, No. 1818-IX. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20>

3. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2021). "Resolution on the Implementation of Energy Management Systems" dated 23.12.2021, Official Gazette of Ukraine, No. 103, pp. 12-15.

4. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2022, April 21). "State Energy Efficiency: More Government Bodies in Ukraine Implementing Energy Management System" [Press Release]. Official website of the Cabinet of Ministers of Ukraine. Available: <https://www.kmu.gov.ua/news/derzhenerhoefektyvnosti-vse-bilshe-orhaniv-vlady-v-ukraini-vprovadzhuut-systemu-enerhetychnoho-menedzhmentu>

СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТА ПІДПРИЄМСТВА

Забезпечення енергетичної ефективності під час виробництва, це одна із важливих цілей кожного підприємства, яка включає в себе ефективне використання енергоресурсів, зниження витрат, а також скорочення викидів в атмосферу парникових газів, інших впливів на довкілля. Ці цілі можуть бути досягнуті за допомогою впровадження та функціонування на підприємстві системи енергетичного менеджменту.

Система енергетичного менеджменту може бути розроблена та впроваджена на будь-якому підприємстві, незалежно від його обсягів та галузевої приналежності, яке прагне відповідати правилам енергетичної політики, показати цю відповідність бізнес-партнерам і придбати документальне підтвердження відповідності (сертифікат відповідності) власної системи вимогам ДСТУ 50001:2020 "Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання" [1]. Основне призначення стандарту – допомогти підприємствам об'єднати енергоефективність та енергозбереження у їхній управлінській діяльності.

Система енергетичного менеджменту (СЕНМ), це система управління, що визначає енергетичну політику та цілі, енергетичні завдання, плани дій та процеси для досягнення цілей та енергетичних завдань [2].

Після визначення керівництвом підприємства енергетичної політики та прийняття рішення про розробку СЕНМ проводиться енергетичне обстеження, аналіз діяльності підприємства та процесів які можуть впливати на енергетичну результативність.

Енергетичне обстеження - це збирання та обробка даних про застосування енергетичних ресурсів з метою вилучення точної інформації про обсяг застосовуваного енергетичного обладнання, показники енергетичної ефективності, розкриття можливостей енергозбереження, а також збільшення енергетичної ефективності з відображенням отриманих результатів в енергетичному документі.

Головними питаннями енергетичного обстеження вважаються:

- отримання достовірних даних про розмір використовуваних енергетичних ресурсів;
- встановлення характеристик енергетичної продуктивності;
- визначення виробничих критерій прийнятності, що стосуються сфер суттєвого використання енергії;
- створення списку стандартних, доступних заходів відповідно до енергозбереження та збільшення енергетичної ефективності та здійснення їх вартісної оцінки.

Потім визначаються ризики («можливі події») при виникненні яких проявляються негативні наслідки по досягненню намічених результатів по поліпшенню енергетичної ефективності. Підприємство повинно планувати дії з реагування на ці ризики та можливості для забезпечення запобіганню небажаних впливів на СЕНМ.

Зазвичай, невеликі підприємства процес «управління ризиками» оформляють за такими підпунктами:

- ризики і можливості;
- можливості наслідків – оцінка ризиків;
- дії з реагування, планування дій;
- документ що ідентифікує процес;
- відповідальний.

Особливо в сучасних умовах війни, коли агресія РФ збільшила кількість ризиків енергетичної результативності підприємств та додала такі ризики з якими раніше підприємства не стикались, необхідно постійно аналізувати ризики і реагувати на них – плануючі відповідні дії. Так, наприклад, з'явилися ризики з можливими наслідками:

- погіршення енергетичної ефективності обладнання в процесі його «жорстких» умов експлуатації під час військового стану, старіння;

- перебої або зупинка постачання енергоресурсів, які залежні від зовнішніх (для підприємства) чинників.

Ці ризики вимагають кардинальних коригувань СЕнМ. Підприємства планують відповідні дії такі як: пристосування до «плаваючого» графіку отримання енергоресурсів; пошуків постачання альтернативних видів енергоресурсів; придбання дизель-генераторів; пошук безпечних місць збереження резервних дизель-генераторів та енергообладнання (наприклад в прикордонних державах) та інше.

Такі умови вимагають частіше проводити внутрішній аудит та аналізування з боку керівництва.

Підприємство повинно періодично оцінювати відповідність системи правовим та іншим вимогам, пов'язаним з її енергетичною ефективністю, використанням енергії. Так наприклад, у разі надання суб'єктам господарювання державної допомоги на здійснення енергоефективних заходів, згідно з Законом «Про енергетичну ефективність» надавач такої допомоги може визначити однією з умов державної допомоги обов'язкову наявність сертифікованої системи енергетичного менеджменту.

Водночас створення системи та помітні результати від її діяльності значною мірою залежать від ставлення до неї керівних органів підприємства, їхньої зацікавленості та ініціативи.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ 50001:2020 "Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання".
2. Закон України «Про енергетичну ефективність» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2022, № 2, ст.8)

ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ Й ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ

Вступ. Енергетика і паливно-енергетичний комплекс, що реалізує її призначення, є підґрунтям існування і розвитку нашого суспільства. Концентруючи величезні матеріальні ресурси, переробляючи колосальні об'єми нафти та природного газу, активно втручаючись у гідро-, літо- й атмосферне середовище, енергетика годна змінити і вже змінює його природне становище. Пізнаючи закони природи і створюючи дедалі потужнішу техніку, людство, яке швидко зростає, за масштабами свого втручання в природу зрівнялося з планетарними силами. Спровоковані діяльністю людини екологічні катастрофи за масштабом свого руйнівного потенціалу не поступаються ядерній загрози [1]. Отже, на сучасному етапі розвитку енергетики вже недостатньо розглядати її взаємодію з екологією на рівні окремих локальних впливів.

Мета роботи. Метою даного дослідження є постановка проблем, які стоять перед людством в енергетичному секторі й їх вплив на екологію довкілля.

Матеріал і результати дослідження

Нині перед суспільством особливо гостро стоять три головні взаємозв'язані проблеми: забезпечення харчами, енергією та екологічна безпека. Вони актуальні для будь-якої країни нашої планети. У розв'язанні цих проблем особливе місце належить енергетиці, від рівня розвитку котрої неабияк залежить доля економіки, а отже, занепад або процвітання суспільства і, з другого боку, – стан довкілля.

Таблиця 1 – Використання енергоресурсів у світі:

Показник	1900	1950	1970	1990	2000
Сумарне енергосп-ня, млрд т умовн. палива (т у.п.*)	0,95	2,86	7,3	17,0	25
Населення, млрд осіб	1,62	2,5	3,2	4,6	5,2
Питомі енерговитрати (т у.п. на 1 особу на рік)	0,59	1,16	2,03	3,7	4,8

* Теплота згорання умовного палива $Q_{рн} = 29300$ кДж/кг.

Проблеми пошуку й використання відповідних ґатунків енергії, які завжди цікавили людей, набули особливої актуальності. І це не дивно, адже світове споживання енергії стало сумірним із запасами горючих копалин – базою сучасної енергетики. Те, що створювалося природою впродовж геологічних епох (мільйонів років), тепер витрачається протягом кількох десятиліть.

Але значні об'єми енергоспоживання, що чекають на нас у недалекому майбутньому, зумовлюють подальше інтенсивне зростання різноманітних впливів на всі компоненти довкілля у глобальному масштабі. Нові сторони проблеми взаємодії енергетики і довкілля пов'язані з розвитком ядерної енергетики, а також з розширенням практичних заходів щодо запобігання негативним діям на довкілля як в енергетиці, так і у всіх інших галузях економіки [2]. При цьому центр ваги проблем охорони довкілля переноситься на енергетику, що, природно, спричинює зміну техніко-економічних показників енергопостачання.

Висновки: В ході дослідження в рамках обраної теми стає зрозумілим і необхідним вибір математичної моделі, яка б включала в себе багатоланкові процеси, що визначають систему «енергетика-довкілля». Потрібен ретельний аналіз комплексу питань, пов'язаних зі станом і розвитком усього паливно-енергетичного комплексу, його окремих складових частин (ресурсів, джерел і споживачів), їхньої взаємодії та впливу на довкілля.

Список використаних джерел:

1. Маляренко В. А. Енергетичні установки. Загальний курс: Навчальний посібник.–Х.:ХНАМГ, 2007.–267 с.
2. Закон України «Про енергетичну ефективність» №1818-ІХ, ред. від 27.07.2023, 3220-ІХ. Режим доступу:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ЕМІСІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН НА ТЕС

Вступ. Теплові електростанції (ТЕС) чинять негативний вплив на навколишнє середовище. Для оцінювання цього впливу потрібно мати спеціалізовані математичні моделі, що дають можливість визначати інтенсивність та розмір зон пилового та хімічного забруднення довкілля при різних метеоумовах. Актуальною задачею є розробка багатофакторних математичних моделей, що дозволяють визначати рівень забруднення довкілля для різних умов емісії домішки на території ТЕС.

Мета роботи. Розробка 2D та 3D чисельних моделей для оцінювання рівня забруднення атмосферного повітря та підстильної поверхні при емісії хімічно небезпечних речовин на промислових майданчиках ТЕС.

Матеріал і результати дослідження. Для прогнозування інтенсивності та розмірів зон пилового та хімічного забруднення, що формуються в атмосфері внаслідок викидів на промислових майданчиках ТЕС використовуються 2D та 3D рівняння масопереносу, що описують конвективний та дифузійний рух домішки в суцільному середовищі [1]. Для моделювання стану штилю та інверсії використовується модель М. Берлянда для розрахунку вертикального коефіцієнту атмосферної дифузії. Чисельне інтегрування рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки здійснюється за допомогою різницевих схем та методу розщеплення [2, 3]. Розроблені чисельні моделі були використані для розрахунку областей небезпеки на промисловому майданчику Придніпровської ТЕС для умов штилю, інверсії та конвекції. Наведені результати комп'ютерного моделювання забруднення повітря при емісії пилу від штабелів вугілля та емісії пилу від хвостосховищ при використанні водяної системи пилопригнічення, а також при використанні перешкод, що зменшують процес пилоутворення.

Висновки: розроблені чисельні моделі, що дають можливість визначати динаміку забруднення навколишнього середовища при емісії забруднюючої речовини при викидах на промислових майданчиках ТЕС. Розроблені чисельні моделі будуть корисні для науково обґрунтованої оцінки негативного впливу ТЕС на довкілля та визначення екологічних збитків.

Список використаних джерел:

1. Біляєв М. М. Математичне моделювання в задачах промислової безпеки та охорони праці : монографія / М. М. Біляєв, О. В. Берлов, П. С. Кіриченко. – Кривий Ріг : Видавець Р.А. Козлов : 2017. – 130 с.
2. Біляєв М. М. CFD моделювання в аналізі ефективності систем захисту довкілля та працівників на робочих місцях : монографія / М. М. Біляєв, В. В. Біляєва, О. В. Берлов, В. А. Козачина. – Дніпро : Журфонд, 2022. – 268 с.
3. Пшинько А. Н. Моделирование загрязнения атмосферы при техногенных авариях: монография / А. Н. Пшинько, Н. Н. Беляев, П. Б. Машихина. – Днепропетровск : Нова ідеологія, 2011. – 166 с.

References:

1. Biliaiev M. M., Berlov O. V. & Kirichenko P. S. (2017). *Matematychnye modelyuvannya v zadachakh promyslovoi bezpeky ta oxorony praci* [Mathematical modeling in industrial safety and occupational health problems]. *Monografiya* [Monograph]. Kryvyj Rig: Vydavets R.A. Kozlov.
2. Biliaiev M. M., Biliaieva V. V., Berlov O. V. & Kozachyna V.A. (2022). *CFD-modelyuvannya v analizi efektyvnosti system захystu dovkillya ta pracivnykiv na robochyx misyax* [CFD modeling in the analysis of the effectiveness of environmental protection systems and workers at workplaces]. *Monografiya* [Monograph]. Dnipro : Zhurfond.
3. Pshinko A. N., Belyayev N. N. & Mashihina P. B. (2011). *Modelirovanie zagryazneniya atmosfery pri tekhnogennykh aviariyah* [Modeling of atmospheric pollution during technogenic accidents]. *Monografiya* [Monograph]. Dnepropetrovsk: «Nova ideologiya».

АНАЛІТИЧНЕ РОЗВ'ЯЗАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ДЛЯ ПОШКОДЖЕНОЇ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ТРУБОПРОВІДІВ

Вступ. Однією з характерних проблем у системах тепlopостачання України є визначення та прогнозування втрат теплової енергії при транспортуванні теплоносія. Більшість трубопроводів теплових мереж та їх ізоляція у багатьох населених пунктах України пошкоджена (див. рис.1). Довжина ділянок теплотрас і магістралей великого діаметра є значною і може досягати 10 км і більше. Без встановлення приладів обліку теплової енергії на всіх джерелах та у всіх споживачів (тобто будівель) без винятку визначити та прогнозувати реальні теплові втрати у тепловій мережі є складною задачею. Ця задача є також актуальною для систем енергоменеджменту систем тепlopостачання, підприємств енергетики та промисловості.

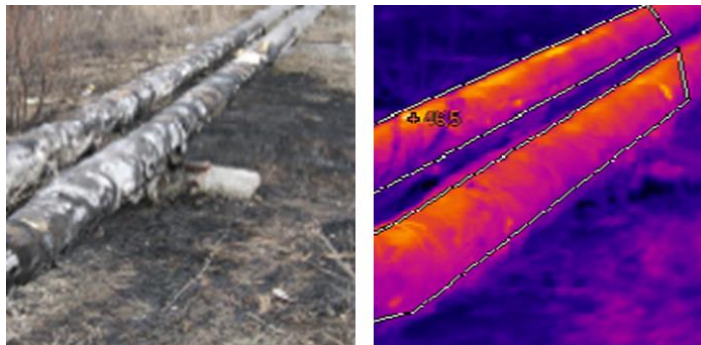


Рисунок 1 - Фактичний стан ізоляції трубопроводів теплотраси та термограма

Метою даної роботи є розробка методики визначення теплових втрат трубопроводами з урахуванням пошкодження їх ізоляції та розподілу характерних пошкоджень за довжиною. Характер пошкодження теплової ізоляції можна визначити під час проведення натурних обстежень трубопроводів (особливо теплотрас, прокладених на свіжому повітрі). Отже можна побудувати геометричну модель ділянки з характерним для цієї мережі ізоляції. Для розв'язання задачі проводиться окреме математичне моделювання температурного стану ділянки пошкодженого ізоляційного шару з визначенням теплового потоку через нього. Вирішення задачі запропоновано зробити методом аналітичного розв'язання диференціального рівняння теплопровідності з граничними умовами третього роду. Далі знаходяться коефіцієнти збільшення теплового потоку по відношенню до вихідної непошкодженої ділянки. При рівномірному розподілі характерних пошкоджень за загальною довжиною трубопроводу знаючи межі впливу пошкодження, частку пошкодження ізоляції та кількість пошкоджень на трубопроводі можна визначити реальний тепловий потік із зовнішньої поверхні трубопроводів у т.ч. та коефіцієнт збільшення теплових втрат на ділянці теплотраси по відношенню до тих, що визначені нормативними документами в залежності від року побудови.

Виходячи з вищевикладеного, основні завдання цієї роботи: аналітичне розв'язання математичної моделі з метою визначення фактичних теплових втрат характерних пошкоджених ділянок. Далі математичне моделювання теплового стану для виявлення характеристик списку характерних ушкоджень ізоляції (теплові потоки та коефіцієнти їх збільшення, зони впливу ушкодження) для різних типорозмірів труб. Ці дані будуть використовуватися для визначення, прогнозування та експертної оцінки теплових втрат ділянок теплотрас, що зазнали натурального обстеження та огляду.

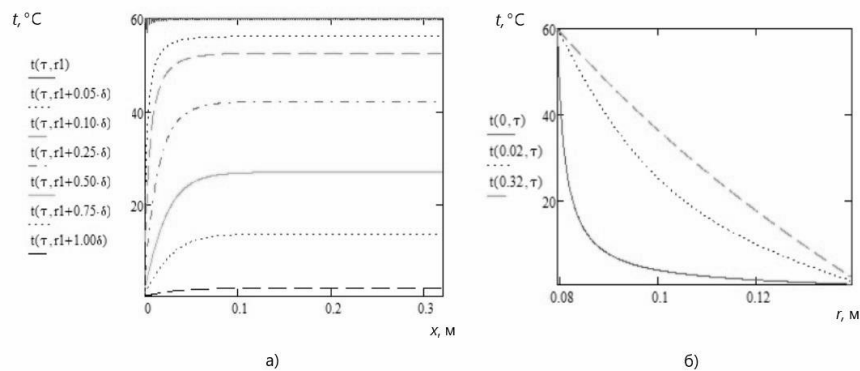
Запропоновано рішення шукати аналітичним шляхом у вигляді суми частинних аналітичних рішень [1] із урахуванням граничних умов 3 роду:

$$v = \sum_{k=1}^n a_k \cdot v_k, \quad v_k = \left(c_k \cdot I_0\left(\frac{k \cdot \pi}{l} \cdot r\right) + K_0\left(\frac{k \cdot \pi}{l} \cdot r\right) \right) \cdot \left(\sin\left(\frac{k \cdot \pi}{l} \cdot x\right) + b_k \cdot \cos\left(\frac{k \cdot \pi}{l} \cdot x\right) \right), \quad (1)$$

де k – поточний індекс (ціле позитивне число); n – кількість частинних рішень (тобто членів нескінченного ряду, що визначається збіжністю); a_k – ваговий коефіцієнт рішення; b_k та c_k – коефіцієнти, що виходять з граничних умов (4) та (2); I_0 та K_0 – модифіковані функції Бесселя (першого роду) та Неймана (другого роду, або Макдональда), тобто від уявного аргументу та нульового порядку [2, 3]; l – довжина ділянки розкладання рішення.

Щоб отримати вагові коефіцієнти a_k використовується неоднорідна гранична умова теплообміну усередині труби та запропоновано розкладання її правої частини до ряду Фур'є.

На рис. 2 наведено приклад розв'язання задачі знаходження поля температур для ділянки трубопроводу $\varnothing 159$ мм та товщиною шару ізоляції $\delta=60$ мм. (на довжині від вільної ділянки). Температура оточуючого повітря $0,2^\circ\text{C}$, теплоносія – 60°C . Як видно із рис. 2 поле температур у зоні ушкодження неоднорідне. Вплив пошкодження поширюється на довжину $\approx 0,32$ м від ушкодження. Поза цією довжиною поле температур є одномірним і можна вважати теплопередачу як для неушкодженої ізоляції. Подібні дослідження були проведені за різних граничних умов та інших діаметрів трубопроводу.



а) - по довжині труби на різних радіусах; б) – за радіусом на різній довжині
Рисунок 2 - Приклад поля температур шару ізоляції у розрізі пошкодженої ділянки

Проведені експериментальні та чисельні дослідження методом кінцевих різниць в комбінації з методом прогонки змінних напрямлень [4] для аналогічних моделей підтвердили збіг аналітичного рішення запропонованої моделі та кінцеворізницевої моделі [5] у межах допустимої погрішності.

Розроблені математичні моделі та методи дозволяють оцінити та прогнозувати реальні теплові втрати через ізоляцію трубопроводів при передачі теплоносія з урахуванням фактичного стану ізоляції під час експлуатації трубопроводів теплових мереж. Їх досить легко використовувати для інших умов роботи мережі, дослідити вплив найвагоміших факторів на теплові втрати, а також для вибору раціональних параметрів роботи теплової мережі та нормування теплових втрат.

Список використаних джерел:

1. Корн Г. Справочник по математике/Г. Корн, Т. Корн; под общ. ред. И. Г. Арамановича. – М.: Наука, 1978.–832 с.
2. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. - изд.13-е.-М. : Наука, 1986. - 544 с.
3. И.С. Градштейн, И.М.Рыжик. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. - изд. 4-е перераб. - М. : Физматгиз, 1963. - 1100 с.
4. Самарский А. А. Теория разностных схем / Самарский А. А. – М.: Наука, 1989. – 616 с.
5. Підкопай В. М. Математичне моделювання та ідентифікація фактичних теплових втрат через пошкоджену ізоляцію трубопроводів теплотрас / В. М. Підкопай, А. М. Ганжа, Н. А. Марченко // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Темат. вип. : Енергетичні та теплотехнічні процеси та устаткування. – Харків: НТУ "ХПІ", 2014.–№ 12 (1055).–С. 83-89.

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ІНТЕГРАЦІЇ ПОПИТУ ТА ПРОПОЗИЦІЇ В ЛОКАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Вступ. Енергетика - це одна з найважливіших та найдинамічніших галузей сучасної економіки, яка впливає на розвиток всіх сфер життя. Енергетичні ресурси є обмеженими та дорогими, тому їх ефективне використання є пріоритетним завданням для багатьох країн та компаній. Одним з ключових факторів, що визначають ефективність енергетичної діяльності, є попит та пропозиція на енергетичні послуги та продукти. Попит та пропозиція - це дві сторони однієї медалі, які взаємодіють між собою та формують ринкову рівновагу. Однак, попит та пропозиція не є статичними та однорідними, а залежать від багатьох зовнішніх та внутрішніх факторів, таких як технологічні зміни, конкуренція, регулювання, споживчі уподобання, сезонність, кліматичні умови тощо. Тому, для досягнення оптимальної рівноваги між попитом та пропозицією, необхідно мати гнучкі та адаптивні механізми, які дозволяють враховувати всі ці фактори та реагувати на їх зміни [1],[2],[3].

Метою цієї статті є дослідити концептуальну основу створення цінності за допомогою управління знаннями в енергетиці, а також проаналізувати різні аспекти інтеграції попиту та пропозиції в цій галузі.

Аспекти інтеграції попиту та пропозиції в енергетиці. Інтеграція попиту та пропозиції в енергетиці означає забезпечення балансу між виробництвом, передачею, розподілом та споживанням енергії, з урахуванням потреб та можливостей різних учасників ринку. Це вимагає використання різних інструментів та технологій, таких як смарт-грід, смарт-метеринг, відновлювані джерела енергії, енергоефективність, деманд-респонс, енергетичне сховище, електромобільність тощо .

Інтеграція попиту та пропозиції в енергетиці має ряд переваг, таких як:

1. Зменшення витрат на енергію та зменшення залежності від імпорту енергоресурсів.
2. Підвищення надійності та якості енергопостачання, а також зменшення витрат енергії.
3. Зниження викидів парникових газів та інших забруднювачів, а також підвищення екологічної безпеки.
4. Стимулювання інновацій та конкуренції в енергетичній галузі, а також підвищення соціальної справедливості та включеності [4],[5],[6],[7].

Однак, інтеграція попиту та пропозиції в енергетиці також стикається з рядом викликів, таких як:

5. Складність та нестабільність енергетичних систем, які вимагають високого рівня координації та адаптації.
6. Недостатність та неоднорідність даних та інформації про енергетичний попит та пропозицію, які ускладнюють прийняття рішень та прогнозування.
7. Низька готовність та мотивація споживачів та інших зацікавлених сторін до участі в інтеграції попиту та пропозиції, а також відсутність відповідних стимулів та регуляторних механізмів.
8. Недостатність та несумісність існуючих технологій та інфраструктури, а також високі витрати на їх розробку та впровадження.

Управління знаннями є процесом створення, зберігання, поширення та використання знань, які додають цінність до організації та її зацікавлених сторін. У контексті інтеграції попиту та пропозиції в енергетиці, управління знаннями може сприяти:

1. Підвищенню ефективності та якості енергетичних послуг, шляхом використання знань про потреби та поведінку споживачів, а також про характеристики та доступність енергетичних ресурсів.
2. Підвищенню інноваційності та конкурентоспроможності енергетичних компаній, шляхом використання знань про нові технології та ринкові можливості, а також про найкращі практики та уроки з досвіду.
3. Підвищенню співпраці та довіри між різними учасниками енергетичного ринку, шляхом використання знань про цілі та інтереси кожної сторони, а також про правила та норми взаємодії.

4. Підвищенню соціальної відповідальності та сталості енергетичної галузі, шляхом використання знань про вплив енергетичної діяльності на навколишнє середовище та суспільство, а також про способи його мінімізації та компенсації[1],[8],[9],[10].

Для успішного управління знаннями в інтеграції попиту та пропозиції в енергетиці

Глобалізація та цифрова трансформація є двома ключовими тенденціями, які впливають на розвиток енергетичної галузі в сучасному світі. Глобалізація означає зростання міжнародної торгівлі, інвестицій, міграції, комунікації та кооперації, а також зменшення бар'єрів та відстаней між країнами та регіонами. Цифрова трансформація означає застосування нових цифрових технологій, таких як штучний інтелект, інтернет речей, блокчейн, хмарні обчислення, великі дані, аналітика, робототехніка, дрони тощо, для підвищення продуктивності, якості, безпеки та зручності різних сфер життя.

Глобалізація та цифрова трансформація створюють нові можливості та виклики для енергетичної галузі:

1. Можливість розширення ринків та підвищення конкуренції, шляхом входження на нові географічні та сегментні ринки, а також використання нових бізнес-моделей та стратегій.

2. Можливість підвищення ефективності та інноваційності, шляхом використання нових технологій та даних, а також співпраці з різними партнерами та стейкхолдерами.

3. Можливість підвищення сталості та відповідальності, шляхом використання відновлюваних джерел енергії, зменшення викидів та відходів, а також залучення споживачів та громадськості до енергетичних питань.

4. Виклик адаптації до змінюваних умов та вимог, шляхом постійного навчання, розвитку, оновлення та трансформації енергетичних систем, процесів, продуктів та послуг.

5. Виклик забезпечення безпеки та захисту, шляхом запобігання та протидії різним загрозам та ризикам, таким як кібератаки, тероризм, природні катастрофи, політичні конфлікти, економічні кризи тощо.

Висновок. У цій статті розглянуто тему інтеграції попиту та пропозиції в енергетиці, а також роль управління знаннями в цьому процесі. Висвітлено різні аспекти, проблеми та перспективи розвитку енергетичної галузі в умовах глобалізації та цифрової трансформації.

Список використаних джерел:

1. https://www.unido.org/sites/default/files/201711/IEE_EnMS_Practical_Guide.pdf- «Практичний посібник з впровадження системи енергетичного управління – ЮНІДО».
2. «Energy management in industry: a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework» Mike Schulze, Henrik Nehler, Mikael Ottosson and Patrik Thollander. <https://www.divaportal.org/smash/get/diva2:882953/FULLTEXT01.pdf>.
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_management «Енергетичне управління - Вікіпедія».
4. Modeling Energy Demand—A Systematic Literature Review. <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/23/7859>
5. “A comprehensive overview on demand side energy management towards smart grids: challenges, solutions, and future direction”. Mutiu Shola Bakare, Abubakar Abdulkarim, Mohammad Zeeshan & Aliyu Nuhu Shuaibu.
6. “Demand Response and Energy Storage Integration Study”. <https://www.energy.gov/eere/analysis/demand-response-and-energy-storage-integration-study>.
7. “Energy supply and demand: trends and prospects”. <https://www.fao.org/3/i0139e/i0139e03.pdf>.
8. “The role of knowledge management in innovation”. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/13673270710762684/full/html>.
9. “Demand and supply integration: a conceptual framework of value creation through knowledge management”. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11747-009-0135-3>.
- 10 “Exploring the role of knowledge management in contexts of crisis: a synthesis and way forward”. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJOA-02-2022-3156/full/html>.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ У ТОВ «НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА «ЗОНД»

Вступ. Організації та підприємства витрачають значні фінансові ресурси на оплату споживаної енергії. Дефіцит енергетичних ресурсів, разом із нестабільністю цін на них, став основною труднощами для всіх сфер промисловості. Останнім часом управління та ефективне використання енергії привертає все більше уваги в сфері бізнесу. Компетентний менеджмент завжди розглядає можливості енергозбереження з мінімальними витратами. Впровадження системи енергоменеджменту може забезпечити правильний підхід до виявлення можливостей і підтримки покращень.

Виклад матеріалу. У ТОВ «НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА «ЗОНД» впроваджено систему енергетичного менеджменту, яка ефективно функціонує та постійно поліпшується. Керівництво фірми несе відповідальність за підтримання функціонування системи енергетичного менеджменту та виділяє необхідні ресурси. Підвищення рівня енергоефективності фірми є одним з головних завдань.

Для спостереження за тенденцією використання паливно-енергетичних ресурсів фірмою проводиться аналізування споживання паливно-енергетичних ресурсів з розбивкою по місяцях як в натуральних одиницях, так і у грошовому вираженні. Крім того, важливим при проведенні аналізування є знання структури енергоспоживання – частки кожного з видів енергоресурсів в загальних витратах.

Для встановлення ефективності прийнятих рішень з впровадження заходів щодо підвищення енергоефективності на даному підприємстві проаналізовано споживання енергії за останні п'ять років. Станом на кінець 2018 року баланс енергоспоживання в натуральних одиницях (рисунок 1) показував, що більшу частку займає споживання природного газу, а саме 70%. Споживання електроенергії займає 30%. Тому заходи з енергоефективності потрібно спрямовувати на зменшення споживання природного газу в першу чергу.



Рисунок 1 - Баланс енергоспоживання в натуральних одиницях

З іншого боку, проаналізувавши дані в грошовому вираженні (рисунок 2), стало зрозумілим, що з метою економії коштів доцільно впроваджувати заходи для зменшення споживання електроенергії. Адже, як видно з балансу енергоспоживання за 2018 р. в гривнях, 38% припадають на оплату за спожитий природний газ, 61% на оплату за спожиту електроенергію та лише 1% на оплату за холодне водопостачання.

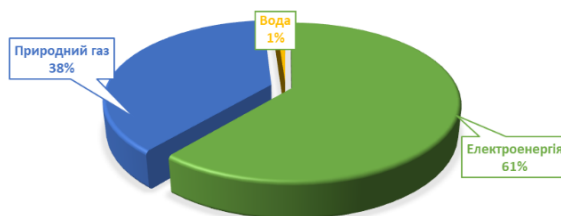


Рисунок 2 - Баланс енергоспоживання в грошовому вираженні

Загальний висновок полягає в тому, що ефективно управління енергоефективністю на фірмі вимагає комплексного підходу, зорієнтованого на конкретні дані щодо витрат та енергоспоживання. Обидва аспекти, тобто витрати в грошах та зменшення споживання, є важливими і взаємопов'язаними. Належне розуміння цих критеріїв дозволяє встановлювати першочерговість заходів з енергоефективності, спрямованих на покращення економічної та екологічної стійкості.

На фірмі природний газ використовується для опалення. Специфіка діяльності фірми полягає в частих відрядженнях персоналу, тому з метою раціонального споживання природного газу було прийнято

рішення підтримувати теплових режим на зниженому рівні, а у кабінетах, де залишались працівники догрівати за допомогою електричних обігрівачів.

Шляхом аналізування різних заходів з підвищення енергоефективності саме утеплення будівлі фірми стало найоптимальнішим із варіантів, адже це дозволяло шляхом зменшення тепловтрат зовнішніми огорожувальними конструкціями відразу отримати економії природного газу та електроенергії. Крім того, проведений техніко-економічний аналіз запропонованих заходів підтвердив його ефективність та окупність. Захід щодо утеплення реалізовано в 2020 році.

Для підтвердження ефективності розглянемо динаміку зміни споживання електроенергії та природного газу за останні 5 років. Результати подано на рис. 3-4.

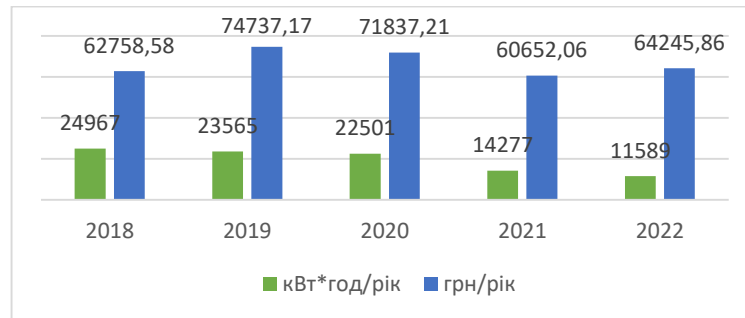


Рисунок 3 – Динаміка споживання електроенергії

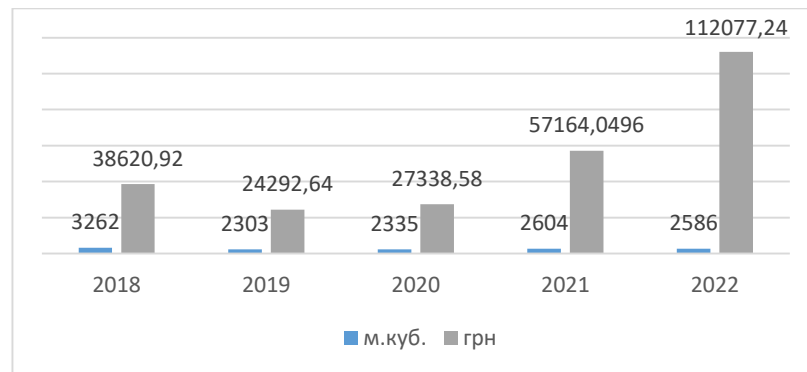


Рисунок 4 – Динаміка споживання природного газу

Аналізуючи динаміку споживання бачимо, що утеплення будівлі дало позитивний ефект для зниження споживання електроенергії за рахунок відмови від догріву приміщень електричними нагрівачами. Однак, як показує динаміка в грошовому вираженні значний вплив мають тарифи на ті чи інші енергоносії. Зростання тарифу на природний газ дало значне збільшення оплати. Що ще раз підтвердило ефективність заходу щодо економії природного газу та доцільність комплексного підходу до встановлення першочерговості впровадження заходів з енергоефективності.

Висновки. Проведений аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів з розбивкою за місяцями та в грошовому вираженні надає детальний огляд та визначає структуру енергоспоживання, що є важливим кроком для розробки ефективних стратегій управління. Комплексний підхід до встановлення пріоритетності заходів з енергоефективності є ключовим для досягнення успішних результатів. Динаміка зміни споживання енергії підтверджує, що ефективність заходів не обмежується лише економією ресурсів, але також допомагає вирішувати проблеми економічної стійкості та сталого розвитку. Важливо враховувати вплив тарифів на рішення з енергоефективності, оскільки зміни в цінах на енергоносії можуть суттєво впливати на економічні вигоди від заходів.

Отже, впроваджена система енергетичного менеджменту у ТОВ "НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА «ЗОНД» продемонструвала свою ефективність та постійне поліпшення, що свідчить про високий рівень управління енергоефективністю на підприємстві.

ACTIVE THREE-PHASE CURRENT AND VOLTAGE RECTIFIERS FOR CHARGING STATION

Over the last decade, the number of electric vehicles in Europe has increased more than 20 times. This is due to the fact that electric vehicles are an environmentally friendly form of transport, and it is much cheaper to drive 100 km in an electric car than in a car with an internal combustion engine [1, 2].

Charging stations are an important component of electric vehicle infrastructure. Further development and improvement of power converters for charging stations of electric vehicles with lithium-ion, lithium-iron-phosphate and other types of batteries will lead to an increase in the energy efficiency of charging stations, better electromagnetic compatibility between charging stations and the power network, lower emissions of harmonics and components of reactive power [3, 4].

The power circuit with fast charging consists of three stages, namely: an input filter to reduce input harmonics and optimize the power factor, a rectifier for cyclic DC currents, and a DC-DC converter to transfer energy to the battery for fast DC charging from a hybrid electric vehicle [5, 6].

Traditional charging stations for electric vehicles include a two-stage energy conversion and consist of an input AC/DC rectifier and an output DC/DC converter. In this topology, an input rectifier is used to create a DC voltage circuit. Then the DC/DC converter regulates the voltage and charging current of electric vehicles in a certain range. DC/DC converters are also used for galvanic isolation of electric vehicles from the network.

At the same time, the main requirements of charging station systems are regulation and stabilization of charging current and voltage. In addition, it is also important to ensure the requirements for increasing the efficiency of the converter, and to ensure the requirements for electromagnetic compatibility.

Promising topologies that can provide the listed requirements for charge-discharge modes of powerful storage devices are an active three-phase current rectifier and an active three-phase voltage rectifier, the circuits of which are shown in Fig. 5, 6.

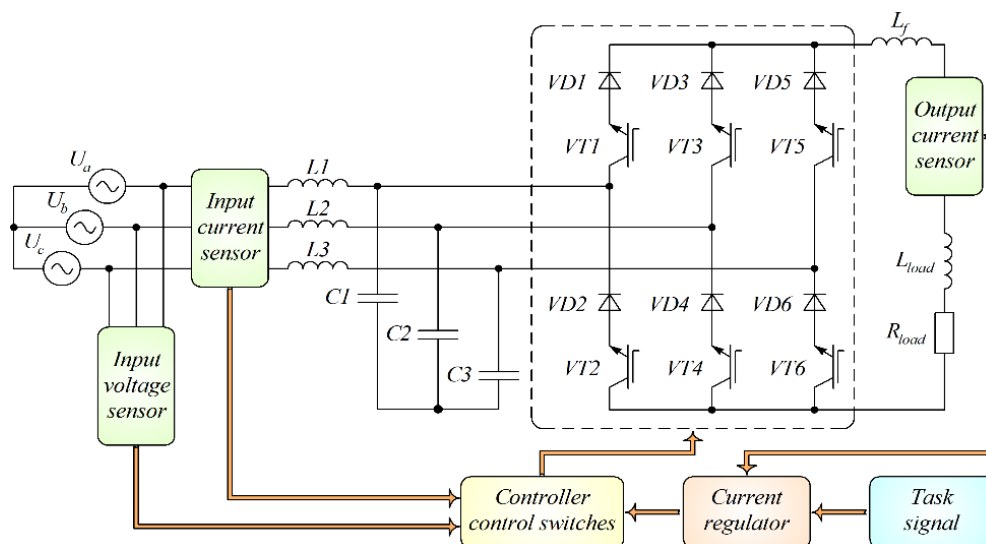


Figure 1 – Topology of an active three-phase current rectifier

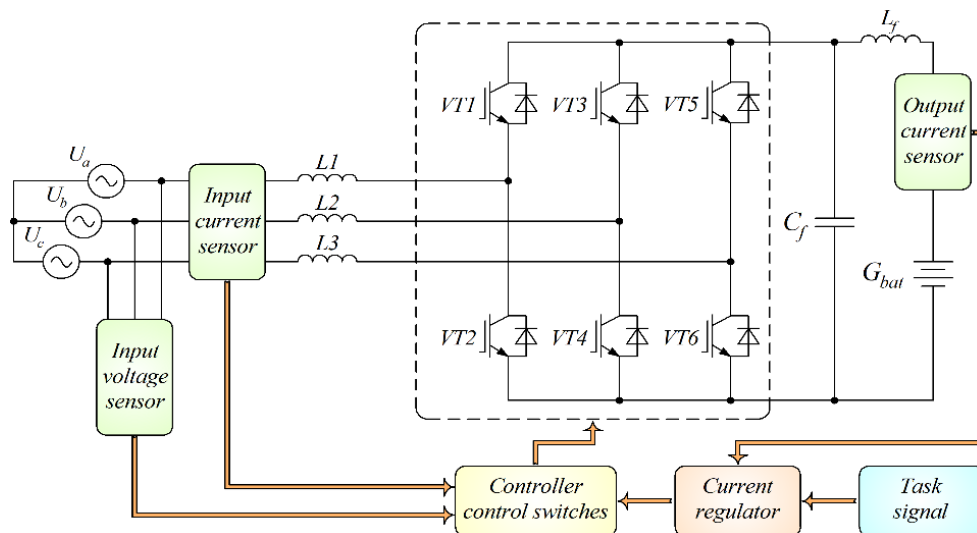


Figure 2 – Topology of an active three-phase voltage rectifier

These topologies have significant advantages over conventional diode and thyristor rectifiers. These advantages are threefold: the ability to operate in near-unity power factor mode, the ability to generate a sinusoidal form of current drawn from the network, and the ability to provide power factor correction.

Based on the recommended charge modes of lithium-ion storage devices, there are requirements for regulation and feedback of the output current and output voltage to the converters implementing the charge. In addition, in the case of power supply from the general industrial electrical network, electromagnetic compatibility requirements are imposed on them, namely the limitation of the harmonic spectrum of higher harmonics of currents that are consumed from the electrical network or generated to it.

Based on the conducted research, it can be seen that the efficiency of the proposed structure of the charging station is quite high. The dynamics of the fact that the higher the charge current, the lower the efficiency is clearly visible. With different parameters of the charge current and switching frequency, the efficiency of the charging station, taking into account the power losses in the battery of the electric vehicle, ranges from 91.3 % to 95.6 %.

Conducted studies of the energy indicators of the charging station based on a three-level active rectifier showed that the power factor of the charging station lies in the range from 0.985 to 0.993. The coefficient of harmonic distortion in the charging process ranges is 2.5...11.8 %.

References

1. Dell'Amico M., Hadjidimitriou N. S., Renzi G. Assessing the Impact of Shared L-Category Electric Vehicles in six European cities. *2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*. 2020. P. 1–5 DOI: 10.1109/ITSC45102.2020.9294355.
2. Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Tugay D. V., Hordiienko D. A. Method for optimization of switching frequency in frequency converters. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2021. Vol. 1, No. 181. P. 103–110. DOI: 10.33271/nvngu/2021-1/103.
3. Pareek S., Sujil A., Ratra S., Kumar R. Electric Vehicle Charging Station Challenges and Opportunities: A Future Perspective. *2020 International Conference on Emerging Trends in Communication, Control and Computing (ICONC3)*. 2020. P. 1–6. DOI: 10.1109/ICONC345789.2020.9117473.
4. Plakhtii O., Nerubatskyi V., Hordiienko D. Efficiency analysis of DC-DC converter with pulse-width and pulse-frequency modulation. *2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*. 2022. P. 571–575. DOI: 10.1109/ELNANO54667.2022.9926762.
5. Oliinyk M., Dzmura J., Pal D. The impact of a electric vehicle charging on the distribution system. *2020 21st International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE)*. 2020. P. 1–5. DOI: 10.1109/EPE51172.2020.9269213.
6. Plakhtii O., Nerubatskyi V., Hordiienko D. Efficiency analysis of DC-DC converter with pulse-width and pulse-frequency modulation. *2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*. 2022. P. 571–575. DOI: 10.1109/ELNANO54667.2022.9926762.

ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ-ЕНЕРГЕТИКІВ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Вступ. Наукова гурткова робота - це одна з форм навчально-виховного процесу, яка дозволяє розкрити інтелектуальний потенціал молоді, яка зорієнтована на створення такого середовища, в якому здобувачі не лише опановують професію, стають гарними, досвідченими фахівцями, оволодівають знаннями про самоосвіту, саморозвиток та формують свою дослідницьку компетентність. Наукова-дослідницька робота здобувачів - один з основних напрямів в процесі навчання, який сприяє розвитку професійних якостей здобувача [1]. Автор наголошує, що науковий гурток – самий перший шаг у дослідницькій роботі здобувачів, і цілі перед його учасниками ставлять нескладні: підготовка доповідей, рефератів, які заслуховуються на засіданнях гуртку або наукових конференціях [1].

Для залучення здобувачів до наукових гуртків викладачами кафедри проводиться цілеспрямована робота: регулярні зустрічі здобувачів різних курсів з завідувачем кафедри, провідними викладачами-науковцями кафедри і ведучими фахівцями виробництва; участь у засіданнях гуртків здобувачів молодших курсів, тому не випадково, що на 3-4 курсах освітнього ступеню «Бакалавр» гуртки вже остаточно сформовані найбільше активними учасниками [2].

Мета та завдання. Метою статті є дослідити роль науково-дослідницької роботи здобувача для формування їхньої дослідницької компетентності.

Матеріали і результати досліджень. Наукові гуртки здобувачів об'єднують здобувачів, які виявили бажання опанувати навичками проведення наукових досліджень і успішно поєднують таку діяльність із навчанням. Кількість гуртків і їхня тематика затверджується наказом ректора терміном на один рік за поданням декана факультету та завідувача кафедри. До цілей роботи наукового гуртка здобувачів слід віднести: сприяння у підвищенні рівня наукової підготовки здобувачів; формування у здобувачів інтересу й потреби до наукової творчості; розвиток творчого мислення, наукової самостійності, підвищення внутрішньої організованості, свідомого відношення до навчання, поглиблення й закріплення отриманих знань [3].

Основними завданнями наукових гуртків здобувачів є: забезпечення участі здобувачів у проведенні наукових конференцій, конкурсів на кращу наукову роботу; формування у здобувачів інтересу до наукової творчості, навчання методиці і способам самостійного вирішення наукових завдань у професійній сфері і навичок роботи у наукових колективах; допомога здобувачам в оволодінні методикою і навичками проведення самостійних наукових досліджень і розробка наукових проблем; обмін досвідом організації і проведення наукової роботи серед членів наукових гуртків; сприяння поглибленому вивченню навчального матеріалу; виявлення найбільш обдарованих і талановитих здобувачів, використання їх творчого та інтелектуального потенціалу для вирішення актуальних наукових завдань.

Наукова гурткова робота складає значну частину всієї позааудиторної роботи у закладі вищої освіти. Робота здобувачів у наукових гуртках включає участь: у наукових семінарах кафедри, факультету, університету; у науково-практичних конференціях, у вузівських і республіканських конкурсах; у виконанні держбюджетних і договірних тематик кафедр.

Засідання наукових гуртків проводяться двома методами: традиційним наочним (доклад гуртківця, лекція керівника гуртка, демонстрація або проведення експерименту) або інтерактивним (метод мозкової атаки, дискусії, ситуаційний аналіз, аналіз конкретних ситуацій). Чергування різних форм організації занять гуртку сприяє зацікавленості здобувачів в роботі гуртка [3]. Дуже вдалим в роботі керівника гуртку є вміння аналізувати проведені засідання, визначити його сильні і слабкі моменти: що було вдалим, а що пройшло не так, як планувалося; чим це було викликано, як запобігти таких мінусів в майбутньому. Науковий керівник відбирає кращі науково-дослідницькі роботи для

участі в конкурсах і представляє їх на кафедральному та університетському рівні. Оцінюючи наукову роботу, враховуючи актуальність теми, обсяг самостійності в проведеному дослідженні. Крім того, важливими критеріями є якість подання матеріалу, тобто наскільки вільно доповідач-гуртківець оперує науковими термінами, грамотно викладає матеріал, якість оформлення роботи, чи добре наукова робота ілюстрована.

Членами наукового гуртку, як правило, є здобувачі різних курсів: здобувачі 2-3 курсів вчать писати тези доповідей на наукові конференції, що публікуються у неперіодичних збірниках матеріалів конференцій, а матеріалом для тез слугують результати доповідей на тематичних заняттях гуртка. Здобувачі 4 курсу ОС «Бакалавр» та 1-2 курсів ОС «Магістр» - статті і подають їх у збірники наукових праць або наукові журнали.

Керівник наукового гуртка повинен володіти основами патентознавства, сучасними методами та прийоми ефективного вирішення технічних завдань і правилами складання формул та заявок на видачу патентів на винаходи [3]. Мета справжнього керівника наукового гуртка - навчити гуртківців орієнтуватися у різноманітні патентної літератури та виконувати патентний пошук, навчити їх постановці та вирішенню технічних завдань на рівні винаходів, ознайомити їх із сучасними правилами оформлення заявок на видачу патентів.

Висновки. Наукова робота здобувача у гуртку сприяє розвитку творчих здібностей особистості, його самоорганізації, вмінню бачити проблеми, знаходити шляхи їх вирішення, збагачує інтелект здобувача, підвищує його дослідницьку компетентність, що покращує ефективність навчально-виховного процесу у закладі вищої освіти.

Список використаної літератури

1. Корбутяк В. І. Методологія системного підходу та наукових досліджень: навч. посіб. [Текст]. Рівне : НУВГП, 2010. 176 с.
2. Попова І. О., Квітка С. О., Чаусов С. В. Наукова діяльність студентів-енергетиків для покращення підготовки до професійної діяльності. *Modern ways of solving the latest problems in science: The XXXVII International Scientific and Practical Conference «Modern ways of solving the latest problems in science»*, September 20 - 23, 2022, Varna, Bulgaria. С. 281-287.
3. Попова І. О., Квітка С. О. Взаємодія викладача і здобувача на основі партнерства у сучасній професійній освіті. *Удосконалення навчально-виховного процесу в закладах вищої освіти: Зб. наук.-метод. праць ТДАТУ. Мелітополь : ТДАТУ, 2021. Вип. 24. С. 222-229.*

References

1. Korbutyak V. I. Methodology of the system approach and scientific research: textbook. manual. [Text]. Rovno: NUVGP publ., 2010, 176 P.
2. Popova I. O., Kvitka S. O., Chausov S. V. Scientific activity of energy students to improve preparation for professional activity. *Modern ways of solving the latest problems in science: The XXXVII International Scientific and Practical Conference "Modern ways of solving the latest problems in science"*, September 20 - 23, 2022, Varna, Bulgaria. PP. 281-287.
3. Popova I. A., Kvitka S. A. Interaction of the teacher and the applicant on the basis of partnership in modern professional education. *Improvement of the educational process in institutions of Higher Education: Sat. science-method. works of TDATU. Melitopol: TDATU publ., 2021, Issue 24, pp. 222-229.*

Лазуренко О.П.¹, канд. техн. наук, професор
 Черкашин М.С.¹, магістрант
 Черкашина Г.І.², канд. техн. наук, доцент
 Чернишук І.С.², аспірант

¹Національний технічний університет
 «Харківський політехнічний інститут»

²Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЩОДО УЛАШТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ БУДІВЕЛЬ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Вступ. В основу подальшого розвитку енергетики України покладено повсюдне використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), що закріплено в Енергетичній стратегії України на 2050 рік в частині досягнення максимального рівня кліматичної нейтральності, оновлення та модернізації енергетичної інфраструктури, розвиток альтернативних джерел енергії, нових продуктів та інноваційних рішень в енергетичному секторі [1].

Даний аспект є обумовленим з огляду на:

- розвиток країни у контексті світових трендів стратегії сталого розвитку;
- позитивний світовий досвід (США, Європа, Китай та ін.);
- обмеженість та скінченність власних викопних палив;
- відсутність (на даний момент) альтернативних екологічних, доступних джерел енергії,

що дійшли до стадії широкого практичного застосування;

- необхідність енергетичної незалежності як складової незалежності країни в цілому.

Держава веде активну популяризацію та створює стимули для заохочення споживачів усіх форм власності щодо побудови установок, які виробляють енергію з використанням ВДЕ:

- зелений тариф;
- зелені єврооблігації;
- Міністерство енергетики України почало розглядати можливість та навіть готувати

відповідну законодавчу базу щодо впровадження різних ринкових механізмів стимулювання розвитку ВДЕ, як наприклад, контракти на різницю (Contract for difference), корпоративні РРА, гарантії походження тощо[2];

- впровадженням Системи керування обмеженнями ВДЕ, в якій прописано право виробникам на компенсацію за невідпущену в результаті диспетчерського обмеження електроенергію з ВДЕ

- підтримка закордонних грантових програм [3];
- формування та організація легкого доступу до інформаційних матеріалів [4].

Наслідками такої політики стало впевнена інтеграція генеруючих енергетичних установок в енергетичну систему України з стабільним збільшенням їх кількості рис. 1

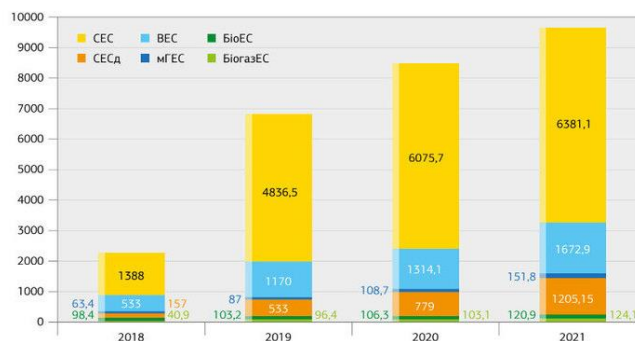


Рисунок 1 - Динаміка збільшення встановленої потужності об'єктів ВДЕ

Особливого розвитку набули Сонячні електричні станції, зокрема встановлені в домогосподарствах України - на кінець 2021 року встановлена потужність складала 1 205,1 МВт.

Таким чином, треба розуміти, що частка відновлювальної енергетики буде стабільно зростати, зокрема на об'єктах побуту. За якийсь час кожна будівля буде таким чи інакшим способом заживлена від ВДЕ. Постає **проблема** відсутності типових рішень, затверджених норм, вимог, критеріїв для улаштування систем електропостачання будівель з ВДЕ, відсутність нормативних документів, що регламентують ці питання [ДБН]. Питання розробки та проектування схем електропостачання таких об'єктів практично не розглядається.

Метою даної роботи є опрацювати вітчизняний та закордонний досвід улаштування систем електропостачання будівель з ВДЕ, існуючі нормативні документи щодо цього, сформулювати вимоги, критерії вибору елементів, схемних рішень, та системи електропостачання з ВДЕ вцілому.

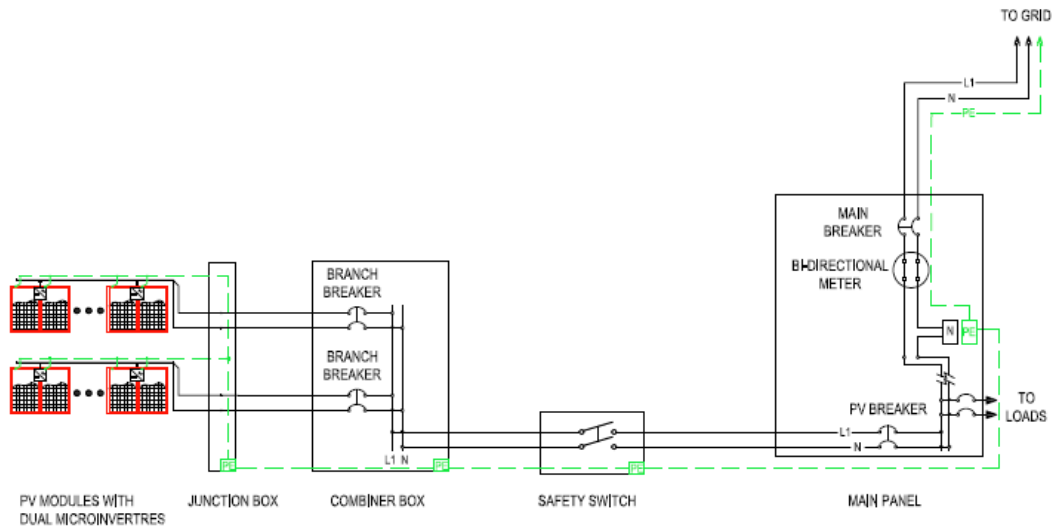


Рисунок 1 – Фотоелектрична система будинку з підключенням до розподільної мережі будівлі

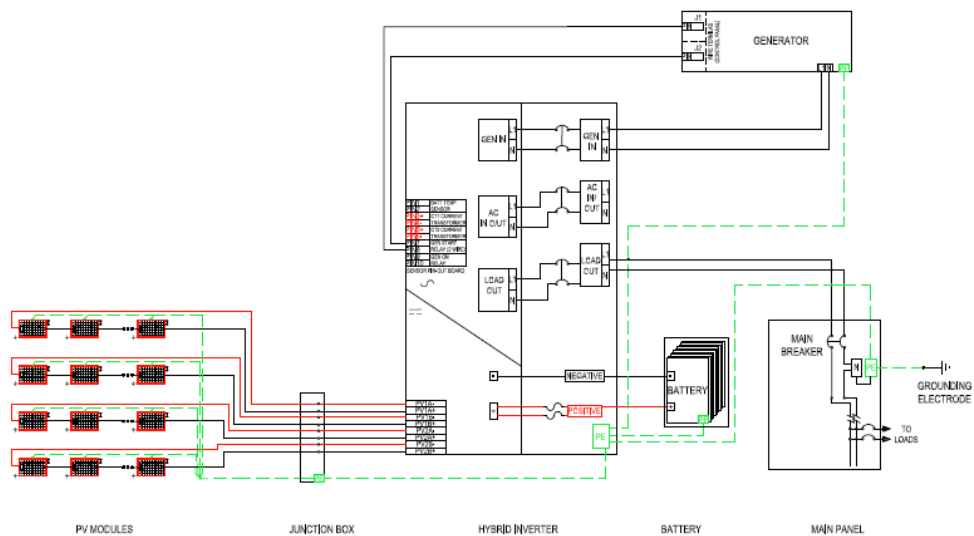


Рисунок 2 – Автономна фотоелектрична система будинку

Список використаних джерел:

1. Енергетична стратегія України/ Режим доступу <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya>
2. В. Омельченко Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни/ Режим доступу https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny#_ftn9
3. Енергія сонця для діточок/ Режим доступу <https://saec.gov.ua/uk/events/previews/5089>
4. Відновлювані джерела енергії для домогосподарств/ Режим доступу: <https://saec.gov.ua/uk/content/renewables>
5. IEC 62548 Photovoltaic (PV) arrays – Design requirements

СУЧАСНІ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГІЄЮ З ВИКОРИСТАННЯМ АКУМУЛЯТОРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Вступ. Управління енергією є важливим завданням для будь-якої країни чи організації. Воно дозволяє ефективно використовувати наявні енергетичні ресурси та забезпечити надійність та стабільність енергопостачання. Розвиток акумуляторних технологій та автоматизації управління енергією відкриває нові можливості для підвищення ефективності та надійності систем управління енергією.

Метою роботи є розробка інтегрованих стратегій управління системами накопичення енергії, які враховують всі аспекти виробництва, зберігання та розподілу електроенергії в розумних мережах, сприяючи сталому та ефективному використанню ресурсів.

Матеріал і результати дослідження. Системи силової електроніки відіграють ключову роль у регулюванні енергії від систем накопичення енергії (ESS) і підключення до електричної мережі. Використання різних видів відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) та механізмів управління попитом споживачів перекриває аспекти сторони управління попитом (Demand-Side Management, DSM) в середовищі енергетично самодостатніх систем (ESC), що базуються на технічних концепціях Microgrid або віртуальних електростанцій (VPP) [1].

Сучасні системи накопичення є універсальними технологіями, оскільки вони дозволяють одночасне їх застосування для енергетичного арбітражу, при якому здійснюється закупівля е/е на ринку по низькій вартості та продаж її по високій; забезпечення достатності – перенесення виробленої е/е з часу піку сонячного регулювання частоти та активної потужності чи надання інших допоміжних послуг на ринку електроенергії [2].

Система зберігання енергії, яка найбільше цікавить виробників сонячної фотоелектричної енергії, - це система зберігання енергії в батареях (Battery Energy Storage System, BESS), що вимагає ефективного керування та контролю [3]. Основні характеристики BESS включають: номінальну потужність; номінальну енергоємність; глибину розряду (depth of discharge, dod); тривалість зберігання; життєвий цикл; стан заряду (state of charge, soc).

Базова система керування акумулятором (BMS) дозволяє безпечно заряджати/розряджати акумулятори та живити навантаження. Батареї захищені, щоб уникнути швидкої деградації: мінімальний і максимальний рівень заряду (SOC) не перевищуються, а швидкі цикли заряджання/розряджання заборонені. Досконаліша BMS, підключена до фотоелектричного (PV) генератора, також може працювати з подвійною метою — захистити сховище та зменшити пікове споживання [4]. На рисунку 1 наведена стратегія управління сховищем.

Якщо виробництво PV та зберігання можуть задовольнити навантаження $E_{PV_1day-ahead} + E_{batt,disch} \geq E_{load,TDT}$ у вибраному загальному часі розряду (TDT), розширене керування батареями не потрібне (стратегія BMS №1).

Якщо навантаження занадто високі $E_{PV_1day-ahead} + E_{batt,disch} < E_{load,TDT}$, приймається стратегія зменшення піку (стратегія BMS №2) або відповідні профілі розряду (стратегія BMS №3).

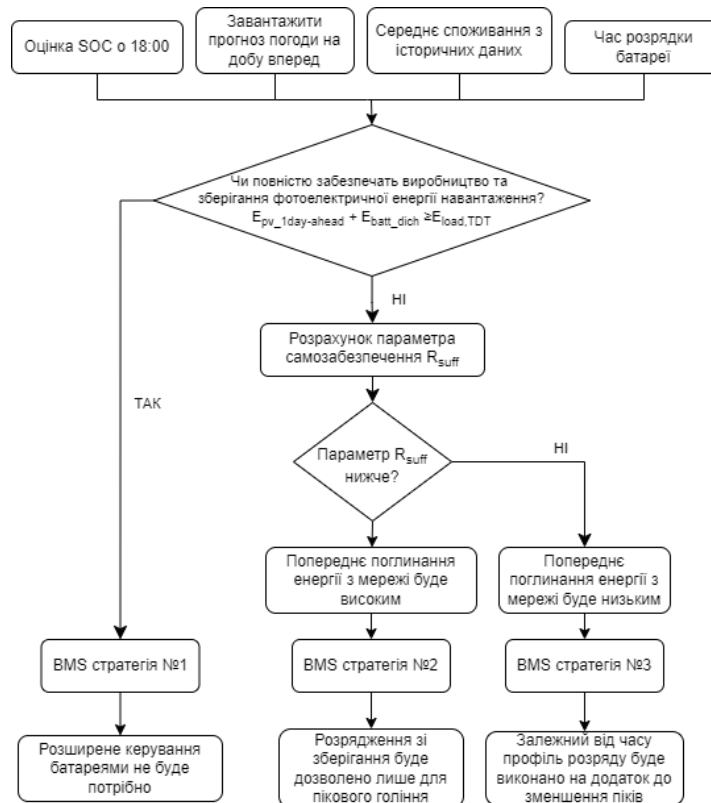


Рисунок 1 – Визначення стратегії управління сховищем

Коли коефіцієнт R_{suff} нижчий за визначене користувачем порогове значення R_{thres} , приймається стратегія BMS №2: місцеві генератори та накопичувачі забезпечуватимуть низьку кількість енергії для навантажень, які в основному постачатимуться з мережі. Стратегія BMS №3 приймається, коли відношення R_{suff} вище визначеного користувачем порогового значення R_{thres} і нижче одиничного значення.

Висновки. За результатами дослідження розглянуто питання стратегії управління системами накопичення енергії (ESS), визначено ключові елементи та структуру систем накопичення енергії. Основною проблемою в тому, що електроенергія, вироблена за допомогою ВДЕ змінюється в часі і залежить від багатьох факторів. Проведено порівняльний аналіз стратегій ESS.

Список використаної літератури

1. Денисюк С.П., Стржелецьки Р. Формування складових інтелектуальної платформи керування енергетичними системами та мережами // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2019. – № 3. – С. 7–22.
2. Денисюк С.П., Стржелецьки Р., Богойко І.І., Стржелецька Н. Аналіз особливостей ефективного впровадження сонячних електростанцій в локальних системах енергозабезпечення // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2023. № 2. С. 7–25.
3. Денисюк С.П., Мельничук Г.В., Чернечук І.С., Лисий В.В. Техніко-економічні механізми розвитку локальних систем енергозабезпечення (microgrid) // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2021. № 4. С. 7–22.
4. BESS BASICS: BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEMS FOR PV-SOLAR [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://blog.norcalcontrols.net/bess-battery-energy-storage-systems-pv-solar>

References

1. Denysiuk S.P., Strzheletsky R. Formation of components of an intelligent platform for managing energy systems and networks // Energy: economics, technologies, ecology. – 2019. – No. 3. – P. 7–22.
2. Denysiuk S.P., Strzeletsky R., Bohoiko I.I., Strzeletska N. Analysis of the features of the effective implementation of solar power plants in local energy supply systems // Energy: economics, technologies, ecology. 2023. No. 2. P. 7–25.
3. Denysiuk S.P., Melnychuk G.V., Cherneshchuk I.S., Lysyy V.V. Technical and economic mechanisms of development of local energy supply systems (microgrid) // Energy: economics, technologies, ecology. 2021. No. 4. P. 7–22.
4. BESS BASICS: BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEMS FOR PV-SOLAR [Electronic resource]. – 2021. – Resource access mode: <https://blog.norcalcontrols.net/bess-battery-energy-storage-systems-pv-solar>

Басок Б.І.¹, чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, професор
Лисенко О.М.¹, канд. техн. наук
Гончарук С.М.¹, канд. техн. наук
Божко І.К.¹, канд. техн. наук
Опришко В.П.², канд. техн. наук
Мороз М.П.¹

¹Інститут технічної теплофізики НАН України

²Національного технічного університету України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ТА КІЛЬКІСНИХ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПАЛЮВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ

Вступ. Для досягнення цілей Енергетичної стратегії, яка передбачає основні напрямки розвитку української енергетики до 2050 року, одним із пунктів є доцільність заміни традиційного опалення з використанням газу або вугілля на електроопалення. Для опалення приміщень будівель і споруд можна застосувати компактні опалювальні прилади малої потужності, які придатні як для оперативного встановлення, так і швидкого демонтування та перевезення до подальшого встановлення в інших приміщеннях. Це прилади прямого електроопалення. Також ефективною є система акумуляційного електроопалення, перевага якої полягає у використанні електроенергії, яка виробляється в години провалу енергоспоживання, тобто вночі, а вдень, в години нестачі потужностей електроенергетики відбувається тепловіддача в приміщення.

Метою роботи є розроблення способів та засобів для забезпечення енергоефективного опалення приміщень при використанні електричних опалювальних приладів різного типу.

Результати досліджень. Електричними опалювальними приладами можуть бути панельні металеві настінні або підлогові обігрівачі з різними робочими тілами (вуглекислий газ, олива), керамічні обігрівачі, твердотільні акумуляційні опалювальні прилади на магнетитній кераміці, а також мобільні теплові насоси малої теплопродуктивності. Для дослідження якісних теплових характеристик були визначені температурні розподіли опалювального приладу в реальних умовах експлуатації шляхом тепловізного обстеження, на прикладі електричного конвектора з робочим тілом вуглекислим газом, при опаленні окремого приміщення будівлі. В результаті були отримані термограми, з яких видно, що на початку нагріву середнє значення температури поверхні становило 27,3 °С, а через деякий час температура досягла максимального значення 72,5 °С (рис. 1).

Для кількісного оцінювання теплових характеристик проводились експериментальні вимірювання температур та теплових потоків. З використанням термоанемометру, що був розташований безпосередньо над обігрівачем, проводились вимірювання температури та швидкості конвекції повітря по відстані від стіни будівлі. Торець термоанемометра, в якому розташовані чутливі елементи для вимірювання температури та швидкості, встановлено в глибину стіни будівлі. Чутливий елемент для вимірювання температури знаходиться на відстані 11 мм в глибину стіни, а для швидкості – на 45 мм. Поверхня стіни будівлі є нульовою точкою відліку для даного експерименту. Вимірювання проводились з кроком 5 мм. З графіка (рис. 2) видно, що максимальна температура повітря дорівнює 55,0 °С на відстані 60 мм від поверхні стіни будівлі. Було також визначено, що максимальна швидкість повітря становила 1,5 м/с на відстані 23 мм від стіни будівлі.

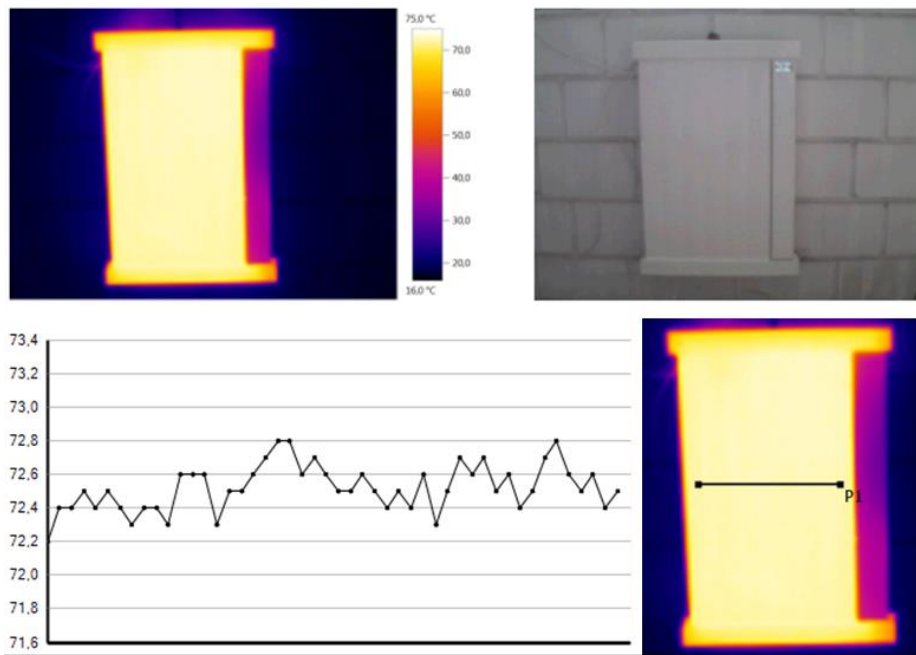


Рисунок 1 – Термограми та розподіл температури (зліва направо по лінії P1): мінімум – 72,2 °С, максимум – 72,8 °С, середнє значення – 72,5 °С

За рахунок високої швидкості конвекції опалювальний прилад забезпечує швидкий і рівномірний обігрів приміщення, а тепловий потік, направлений в сторону приміщення, в декілька разів перевищує тепловий потік, направлений в сторону стіни будівлі.

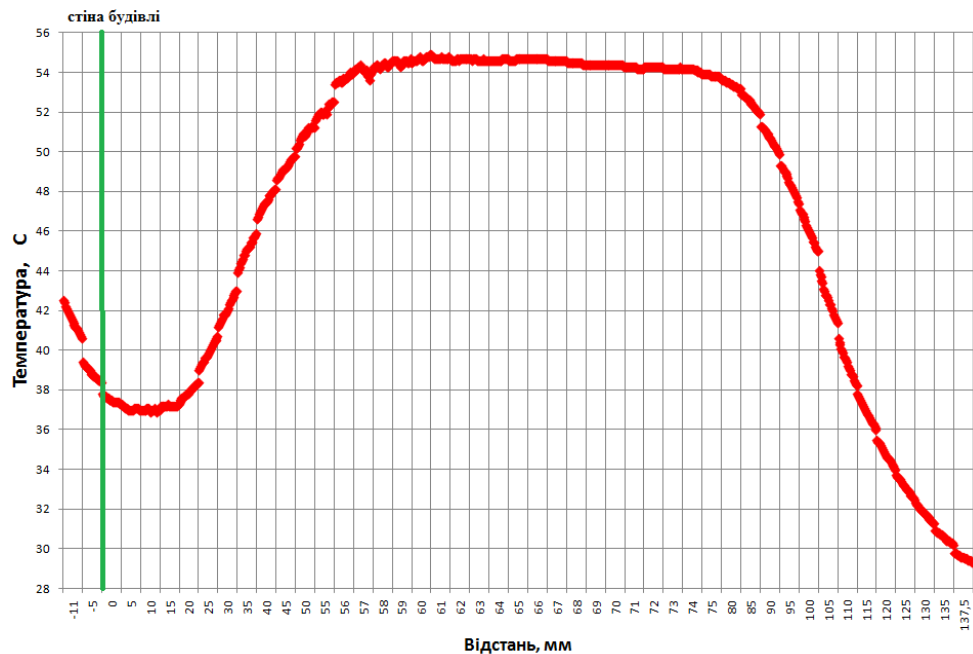


Рисунок 2 – Залежності температури повітря по відстані від стіни будівлі

Висновок. На основі проведеного тепловізійного обстеження та експериментальних досліджень роботи електричного опалювального приладу встановлено, що при достатньо малій його потужності (270 Вт) він показав ефективну роботу при опаленні приміщення будівлі.

РОЗДІЛ 4: ХІММОТОЛОГІЧНА НАДІЙНІСТЬ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЕНЕРГООЩАДНОСТІ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ТРАНСПОРТІ

УДК 620.92

Карпаш М.О., д-р. техн. наук, професор
Університет Короля Данила, Україна
Яворський А.В., канд. техн. наук, доцент
Сорока Н.-А.Ю., аспірант
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу

ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ВОДНЕВИХ ХАБІВ У ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Водень розглядають в сценаріях досягнення кліматичної нейтральності як один з ключових елементів декарбонізації, поруч з підвищенням енергоефективності, споживанням біогазу та інших відновлюваних газів. З цієї причини Європейський Союз проводить активну політику щодо введення водневих технологій в повсякдення та стимулює наукові дослідження. Водень як паливо допоможе не лише досягнути кліматичної нейтральності, а й створити до одного мільйона нових робочих місць. [1]. Основні зусилля спрямовані на виробництво та споживання «зеленого» водню, виробленого шляхом електролізу води. Даний спосіб виробництва дозволить не лише декарбонізувати наявне виробництво водню, а й виробництво цементу та металургію.

Карпатському регіону, до якого належить Івано-Франківська область, притаманні деякі особливості розвитку транспорту, промисловості та енергетики. Вони зумовлені складністю гірського рельєфу і, як наслідок, необхідністю значно вищих інвестицій для електрифікації залізничного транспорту та розвитку промисловості. Тому у регіоні відсутні значні виробничі потужності, та продовжують використовуватися дизельні потяги. Водночас, Карпатський регіон має великий туристичний потенціал, який необхідно зберегти, зменшивши антропогенний вплив на довкілля.

Перспективами для створення водневих хабів у Івано-Франківській області є:

- Постійне здешевлення вартості електроенергії від відновлюваних джерел енергії (ВДЕ);
- Наявність потенційного споживання у різноманітних секторах;
- Наявність розвиненої газотранспортної трубопровідної інфраструктури;
- Потреба в балансуванні графіків генерації та споживання електричної енергії при зростаючій частці ВДЕ.

Згідно з правилом Свенсона, вартість фотоелектричних модулів падає на 20% з кожним подвоєнням встановленої потужності. Розвиток технологій вітрової енергетики також приводить до зменшення ціни генерації електроенергії, однак в значно меншій мірі, ніж це притаманно сонячній енергетиці. Рисунок 1 відображає зміну ціни електроенергії, виробленої сонячними та наземними вітровими електростанціями протягом 2010-2020 років, базуючись на базі даних IRENA. Тенденція здешевлення ВДЕ дозволяє припустити, що потенційна нормована вартість «зеленого» водню може знизитися до 1,62 USD/кг, створюючи конкуренцію традиційному виробництву водню паровим риформінгом метану з встановленими засобами уловлювання та зберігання CO₂. [2]

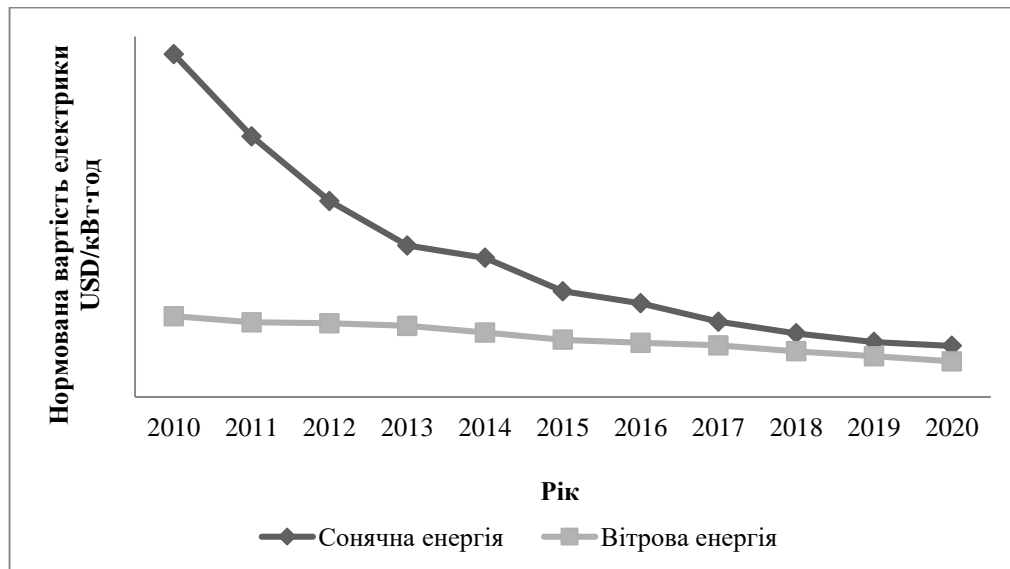


Рисунок 1 – Зміна нормованої вартості сонячної та вітрової електроенергії [2]

Водень є одним з рішень актуального питання забезпечення енергетичної безпеки та підвищення надійності енергосистеми загалом. Це зумовлене зменшенням залежності від імпорту енергоносіїв, а також можливістю розподіленої генерації поблизу центрів споживання. Важливу роль в забезпеченні енергетичної безпеки та балансуванні генерації та споживання електроенергії відіграє здатність водню зберігати значні обсяги енергії протягом тривалого періоду, тож «зелений» водень є чудовим рішенням проблеми надлишкової генерації СЕС та ВЕС при недостатньому рівні споживання електроенергії.

Наявність надзвичайно розвинутої газотранспортної системи зі значними за обсягами газовими сховищами дозволить транспортувати та зберігати значні обсяги водню на великі відстані. Більшість компонентів газотранспортної мережі придатні для транспортування до 20% об'ємної концентрації водню в газоводневій суміші без значних модифікацій.

Створення водневих хабів у Івано-Франківській області повинне локалізуватися поблизу центрів споживання. Оскільки, з допомогою водню можна декарбонізувати залізничний, громадський та персональний транспорт, є сенс створювати хаби поблизу більших населених пунктів з активним залізничним сполученням та розвиненим громадським транспортом. Також наявність промислових підприємств, які можуть бути споживачами водню є важливим елементом. Це можуть бути нафтохімічні чи цементні підприємства, чи ті, які споживатимуть газоводневі суміші для опалення будівель.

Список використаних джерел:

1. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels: European Commission, 2020. 23 p.
2. Renewable Power Generation Costs in 2020. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2021. URL: <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020> (дата звернення: 12.11.2023).

References:

1. European Commission, "A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions," Brussels, 2020, 23 p.
2. International Renewable Energy Agency, "Renewable Power Generation Costs in 2020," Abu Dhabi, 2021. Accessed: Nov., 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020>.

Бойченко С.В., д-р техн. наук, професор
Куберський І.О., аспірант; Шкільнюк І.О., канд. техн. наук
Olufemi Olaulava Babatunde
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний університет імені Ігоря Сікорського»

ПРОКОНДЕНСАТ – ДЖЕРЕЛО ВИСОКООКТАНОВИХ КОМПОНЕНТІВ

Полімери та пластмаси є незамінними матеріалами у багатьох галузях економіки – від упаковки, текстилю та електроніки до деталей машин і обладнання, а також різних конструкцій. Основний шлях для вирішення проблеми утилізації відходів полімерної продукції – це вторинна переробка, яка дає можливість отримати додаткову кількість корисних речовин для різних галузей промисловості [1]. Не усі пластмаси підлягають вторинній переробці. Основними пластмасами, що підлягають вторинній переробці, є поліетилен (ПЕ), поліпропілен (ПП), полістирол (ПС), полівинилхлорид (ПВХ). Поліолефіни (поліетилен ПЕ та поліпропілен ПП) є найбільш поширеними полімерами. Причинами такої популярності цих матеріалів є такі властивості, як гнучкість, прозорість, низька щільність, легкість формування і фарбування, низька паропроникність, низька хімічна реактивність, термопластичність, висока механічна міцність і низька ціна [2].

Піроліз полімерних відходів дає можливість отримувати високооктанові компоненти до автомобільного бензину [3]. Багато дослідників розглядають процес піролізу як добре організований, чистий та оперативний спосіб не тільки видалення пластикових відходів з навколишнього середовища, але й пошуку інноваційних шляхів перетворення відходів у цінні продукти, такі як бензин, дизельне паливо, газ, мазут [3-5].

Експлуатаційні характеристики бензинів повинні забезпечувати нормальну роботу двигунів в різних режимах. Основним показником якості автомобільних палив є детонаційна стійкість, яка оцінюється за допомогою показника октанового числа (ОЧ). Октанове число залежить від молекулярної маси та будови вуглеводнів.

Алкани нормальної будови з числом вуглецевих атомів до 4 мають високі октанові числа (від 80 до 100), пентан та вищі вуглеводні цього класу мають низьке значення ОЧ. Розгалужені алкани – ізоалкани – мають вищі значення ОЧ, ніж алкани нормальної будови. Найвищі значення ОЧ мають ізоалкани з парними метильними групами в одного вуглецевого атома (неогексан, ізооктан). ОЧ алкенів вище ніж відповідних алканів. Наближення подвійного зв'язку до центру молекули сприяє збільшенню ОЧ. Алкени з розгалуженою будовою, в свою чергу, мають більш високі октанові числа, ніж алкени нормальної будови. Арени бензольного ряду характеризуються високими октановими числами (до 100). Нижчі представники циклоалканів (циклопентан, циклогексан) мають добрі детонаційні властивості. Розгалуження бічних ланцюгів та збільшення їх кількості сприяє підвищенню ОЧ [6].

ОЧ вуглеводнів зменшується у наступному порядку: ароматичні вуглеводні → ізоалкани → циклоалкани → алкени → нормальні алкани. Збільшення ступеня розгалуженості та зниження молекулярної маси підвищує детонаційну стійкість вуглеводнів.

Проведені аналітичні та хроматографічні дослідження свідчать про наявність високооктанових вуглеводнів у складі піроконденсату полімерних відходів (табл. 1).

Таблиця 1 - Продукти піролізу полімерних відходів

Первинні продукти	Кількість, мас. %	Склад	Високооктанові компоненти
Газ	15-25	Водень, CO ₂ , CO, метан, етан, пропан, пропен, бутан тощо	Водень, етан, метан, пропан
Рідина	50-70	Алкани, алкени, ізоалкани, ароматичні вуглеводні	Ізооктан, ізопентан, бензол, ксилол, тетрабутилбензол, ізопропилбензол
Твердий залишок	10-15	Зола, сірка	-

Таким чином, максимальне «втягнення» корисних компонентів із застосування технологій, каталізаторів та реагентів, які унеможливають утворення шкідливих викидів і відходів, дає можливість забезпечити безвідходність нафтопереробної галузі, що стала особливо гострою у зв'язку

зі зростаючим негативним впливом діяльності людини на навколишнє середовище, передбачає повну утилізацію всіх матеріальних потоків.

Список використаної літератури

1. Матушевська А., Гандерек А., Пачускі М., Бірнат К. Вуглеводневі фракції термолізу відходів пластмас як компоненти моторних палив. *Енергетика* 2021, 14, 7245.
2. Палос Р., Гуттерес А., Вела Ф., Олазар М., Арандес Джей., Більбао Джей Переробка відходів: Валоризація відходів пластмас та відпрацьованих шин на нафтопереробних заводах. Огляд. *Енергетичні палива*. 2021 Mar 4;35(5):3529-3557.
3. Пратібха Негі, Панкадж Кумар Дубей, Санат Кумар, Авінаш В. Палодкар, Аджай Кумар, Експериментальне дослідження термічної конверсії відходів поліолефінів у нафтопродукти, *Паливо*, Том 348, 2023, 128466.
4. Б.С.Фанішанкар, Н. Васудева Рао, Дж. Маніканта, Перетворення відходів пластику в паливні продукти, *Матеріали сьогодні: Збірник наукових праць*, том 33, частина 8, 2020, С. 5190-5195.
5. Верма А., Праманік Х. Отримання ароматичних бензолу, толуолу та етилбензолу, що підвищують октанове число бензину, з багатофазного каталітичного піролізу змішаних відходів пінополістиролу та поліетилену високої щільності. *Поступ у галузі технології гуми, пластмас і вторинної переробки*. 2023;0(0).

References

1. Matuszewska, A.; Hańderek, A.; Paczuski, M.; Biernat, K. Hydrocarbon Fractions from Thermolysis of Waste Plastics as Components of Engine Fuels. *Energies* 2021, 14, 7245.
2. Palos R, Gutiérrez A, Vela FJ, Olazar M, Arandes JM, Bilbao J. Waste Refinery: The Valorization of Waste Plastics and End-of-Life Tires in Refinery Units. A Review. *Energy Fuels*. 2021 Mar 4;35(5):3529-3557.
3. Pratibha Negi, Pankaj Kumar Dubey, Sanat Kumar, Avinash V. Palodkar, Ajay Kumar, Experimental investigation of waste polyolefin composition on thermal conversion into petroleum-derived products, *Fuel*, Volume 348, 2023, 128466.
4. B.S.S. Phanisankar, N. Vasudeva Rao, J.E. Manikanta, Conversion of waste plastic to fuel products, *Materials Today: Proceedings*, Volume 33, Part 8, 2020, P. 5190-5195.
5. Verma A, Pramanik H. Production of gasoline octane booster aromatics benzene, toluene and ethylbenzene from multiphase catalytic pyrolysis of mixed waste expanded polystyrene and high density polyethylene. *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology*. 2023;0(0).

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ТЕМПЕРАТУРОПРОВІДНОСТІ СИПКОГО ПАЛИВА

Перевагою твердої біомаси є її поновлюваний характер і відносна дешевизна в порівнянні з традиційними паливами. На сьогодні близько половини річного обсягу утвореної біомаси спалюється в котлах для виробництва теплової енергії. Близько 20 % використовується для виробництва гранул і брикетів. Велика їх частина продається в європейські країни, де на них є досить великий попит. Решта вивозиться на смітники, певна кількість продається сільськогосподарським підприємствам і населенню для господарських потреб [1, 41].

При розробці, проектуванні та експлуатації обладнання, що працює на переробці сільгосппродукції часто виникають труднощі, пов'язані з відсутністю достовірної інформації про властивості сипких біоматеріалів. Наявна в літературі інформація про властивості обмежена і не дозволяє інтерпретувати отримані закономірності на інші системи.

Сипкі матеріали до сих пір є об'єктом дослідження який являє собою зростаючий інтерес як сам по собі, так і в зв'язку з наявністю великої кількості задач, в яких сипуча середовище є одним з елементів досліджуваної гетерогенної системи. Показники якості цих матеріалів і виробів з них часто визначаються режимами теплопереносу, які залежать від температуропровідності, теплопровідності та тепловіддачі.

Наявність надійних експериментальних даних о властивостях сипкої середовища твердої біомаси дасть змогу будувати моделі, максимально наближеної до своїх реальних прототипів.

Для визначення коефіцієнту температуропровідності сипкого палива було створено експериментальну установку, яка реалізує метод регулярного режиму, що включає попереднє нагрівання тіла.

Основним елементом установки є а-калориметр у вигляді циліндрового тонкостінного металевого стакану всередині якого розміщувався дослідний зразок. Метод визначення коефіцієнта температуропровідності полягає у охолодженні а-калориметру у середовищі з постійною температурою. За цих умов теплообміну, згідно другої теореми Кондратьєва, темп охолодження стає прямо пропорційним коефіцієнту температуропровідності тіла.

Експериментально визначено коефіцієнт температуропровідності сипкого палива рослинного походження: лущиння соняшника, лузги гречки, лузги ячменю і лузги спельти. Отримані результати можна використовувати при оцінці ефективності використання котельних агрегатів і вироблення пеллет з відходів сільськогосподарської продукції.

Список використаних джерел:

1. Дульнев, Г. Н. Процессы переноса в неоднородных средах [Текст] / Г. Н. Дульнев, В. В. Новиков. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 248 с.
2. F. P. Incropera, D. P. Dewitt, T. L. Bergman, and A. S. Lavine, Fundamentals of heat and mass transfer. Danvers: John Wiley & Sons, Inc, 2011, 997 p.

References:

1. Dulnev, G. N. Transfer processes in inhomogeneous media [Text] / G. N. Dulnev, V. V. Novikov. – L.: Energoatomizdat, 1991. – 248 p.
2. F. P. Incropera, D. P. Dewitt, T. L. Bergman, and A. S. Lavine, Fundamentals of heat and mass transfer. Danvers: John Wiley & Sons, Inc, 2011, 997 p.

ОСОБЛИВОСТІ ЦИФРОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

В роботі представлено аналіз загальної концепції створення безпечних цифрових систем передачі електроенергії з використанням комунікаційних мереж. В результаті аналітичного дослідження встановлено, що технологія Digital Electricity створена для адресного передавання електроенергії через вже наявні електричні мережі.

Вступ. Цифрова електроенергія може бути охарактеризована як будь-який формат передачі електроенергії, яка розподіляється в її дискретних контрольованих одиницях з використанням пакетної передачі Packet Energy Transfer (PET) та складає новий цифровий протокол передачі електроенергії. Англійська компанія VoltServer створила мережі передачі енергії в імпульсному вигляді з використанням стандартних комунікаційних кабелів типу кручена пара. Технологія Digital Electricity надає набагато більше можливостей, ніж конкурентна технологія Power over Ethernet (PoE), яка дозволяє передавати віддаленому пристрою електричну енергію разом із даними через стандартну кручену пару в мережі Ethernet на відстань до 100 м з обмеженням потужності кількома десятками Ват[1, 2].

Мета та завдання. Дослідження особливостей побудови цифрових систем передачі електричної потужності, їх склад та основні вузли, можливі конфігурації для застосування.

Матеріал і результати досліджень. В роботах [4-8] приведені основні використані матеріали. Спрощена схема для одного каналу, яка пояснює технологію Digital Electricity показана на рис. 1. Використовується вхідне джерело постійного струму. Основні вузли складають контролери передавача та приймача та електронні ключі Sw1 та Sw2, які забезпечують алгоритм цифрової передачі електричної потужності для навантаження R_n .

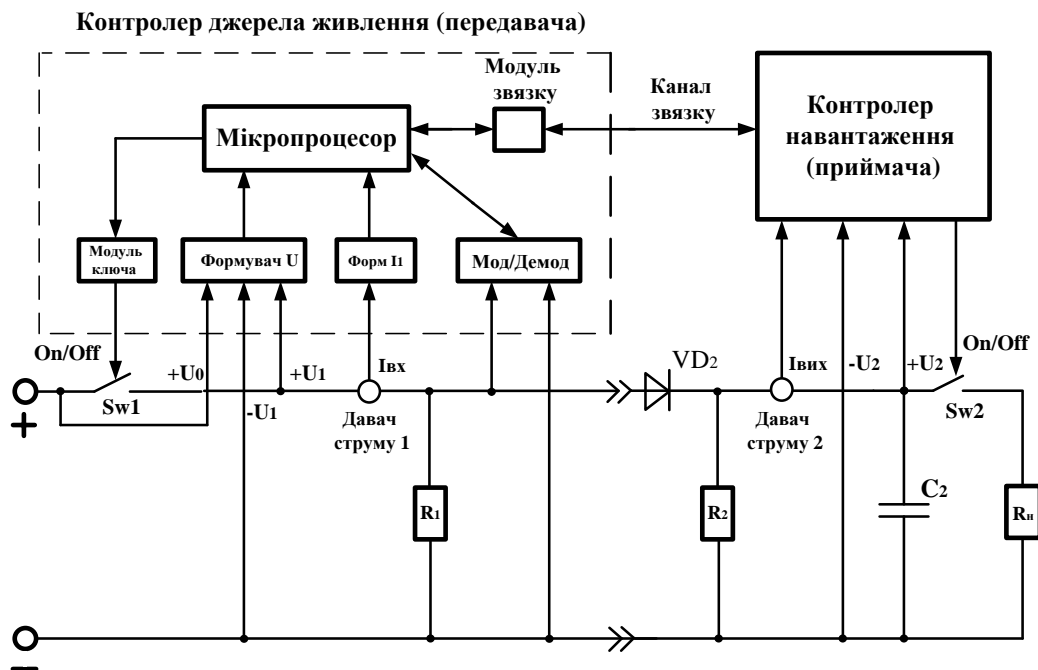


Рисунок 1 – Схема вузлів системи цифрової передачі потужності для одного каналу

Періодично контролер джерела живлення відкриває ключ Sw1 та активує відкриття ключа Sw2 через контролер навантаження на заздалегідь визначений період часу, відомий як період передачі. Напруга на конденсаторі C_2 , який електрично підключений до клем навантаження зростає до вхідної

U1. Далі ключі Sw1 та Sw2 розмикаються на період контролю напруги U2, рис. 2. В випадку несанкціонованого підключення до лінії опір лінії зменшиться і час розряду C2 зменшиться, а в випадку пошкодження лінії цей час збільшиться. Якщо напруга ΔV на C2 падає надто швидко або надто повільно, реєструється несправність і тоді Sw1 та Sw2 не повертаються в закриті положення і таким чином ізолюється несправність від джерела живлення та від навантаження.

Напруга та струм вимірюються майже одночасно протягом періоду передачі енергії. Потім ключ Sw1 розмикається і контролер джерела живлення проводить ще одне вимірювання в точці +U відразу після розмикання Sw1. Різниця в значеннях між першим і другим вимірюванням напруги пропорційна опорі лінії. Це дозволяє оцінити стан лінії та навантаження. Метод вимірювання внутрішнього опору без лінії зв'язку з навантаженням полягає в тому, що контролер джерела живлення вимірює напругу в точці +U та електричний струм I_{vx} , що проходить через клема джерела за допомогою датчика струму 1.

Висновки.

1. Було проаналізовано та встановлено основні відмінні фактори в цифровій системі передачі електроенергії порівняно з традиційними аналоговими системами. А саме те, що електрична енергія розділена на дискретні одиниці енергії (можна назвати «цифровою потужністю»), які можуть при її передачі бути пов'язані з аналоговою та/або цифровою інформацією, яка може використовуватися з метою оптимізації, безпеки, ефективності, стійкості, контролю або маршрутизації.

2. Технологія Digital Electricity включає в себе «інтелектуальну» схему, яка може визначити, коли припиняється передача електроенергії, а потім негайно встановити її. Це захищає від високого рівня струму, замикання на землю, дугового розряду та небезпечного пошкодження.

3. За даними компанії VoltServer, її обладнання вже встановлено на сотнях об'єктів - на стадіонах, в аеропортах, конференц-центрах, теплицях, висотних офісних будівлях і готелях. Цифрові системи передачі електроенергії можна застосувати до загального розподілу електроенергії, а точніше для зарядки електричних транспортних засобів, телекомунікацій або систем альтернативної енергетики.

Список використаних джерел:

1. U.S. Patent №US8781637 B2. Safe exposed conductor power distribution system. Applicant: VoltServer, Inc., Charlestown, RI (US). Inventor: Stephen Spencer Eaves, Charlestown, RI (US), Assignee: VoltServer, Inc., Charlestown, RI (US). Publication Classification: G05B 11/01; H02H 3/00. Jul. 15, 2014.
2. U.S. Patent №US8068937 B2. Power distribution system with fault protection using energy packet confirmation. Assignee: Stephen Spencer Eaves, Charlestown, RI (US), Inventor: Stephen Spencer Eaves, Charlestown, RI (US), Publication Classification: G05D 5/00; H02 1/04. Nov. 29, 2011.
3. U.S. Patent №US9853689 B2. Packet energy transfer power control elements. Applicant: VoltServer, Inc., Charlestown, RI (US). Inventor: Stephen Spencer Eaves, Charlestown, RI (US), Publication Classification: H04B 3/54. Dec. 26, 2017.
4. Maurizio Di Paolo Emilio. Digital Electricity Brings Intelligence and Safety into Power Transmission. URL: <https://www.powerelectronicsnews.com/digital-electricity-brings-intelligence-and-safety-into-power-transmission/> (дата звернення 11.10.2023).
5. U.S. Patent Application Publication №US2009/0204268 A1. Power distribution system with fault protection using energy packet confirmation. Inventor: Stephen Spencer Eaves, Charlestown, RI (US), Publication Classification: G06F 1/26; G06F 1/28. Aug. 13, 2009.
6. U.S. Patent Application Publication №2015/0215001 A1. Packet energy transfer in-line. Applicant: VoltServer, Inc., Charlestown, RI (US). Inventor: Stephen Spencer Eaves, Charlestown, RI (US), Publication Classification: H04B 3/542; H04L 1/0033; G01R 29/027. Jul. 30, 2015.
7. U.S. Patent №9419436 B2. Digital power receiver system. Applicant: VoltServer, Inc., East Greenwich, RI (US). Inventor: Stephen Spencer Eaves, Charlestown, RI (US); Harry Daniel Lowe, Providence, RI (US), Publication Classification: H04B 3/54; H04L 27/00; H02 3/4. Aug. 16, 2016.
8. European patent specification EP 3 215 906 B1. Packet energy transfer power control elements. Inventor: Eaves, Stephen East Greenwich, Rhode Island 02818 (US), Proprietor: Voltserver, Inc. East Greenwich, Rhode Island 02818 (US). Publication Classification: G06F 1/26; H04B 3/54. Date of publication of application 13.09.2017, Bulletin 2017/37.

Когтін А.А., аспірант
Мірошниченко Д.В., докт. техн. наук, професор
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ЕКОЛОГІЧНІ ПИТАННЯ ЕНЕРГЕТИКИ ТА КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ У ПРОЦЕСІ СУХОГО ГАСІННЯ КОКСУ

В наш час на коксохімічних виробництвах (КХВ) все більше уваги приділяється максимально повному використанню наявних та пошуку нових потенційних вторинних паливно-енергетичних ресурсів (ВЕР), що дозволяє окрім економії природних енергоресурсів, знизити витрати на сировину, первинне паливо, електроенергію та інші ресурси, що в значній мірі впливають на собівартість основних продуктів, а отже і на економічну ефективність в цілому. Сухе гасіння коксу є яскравим прикладом ефективного використання ВЕР на КХВ. Ця технологія окрім, такого важливого фактора як покращення якості коксу та виробництва пари енергетичних параметрів також суттєво зменшує викиди шкідливих речовин у довкілля (у порівнянні з мокрим гасінням) [1, 2]. Подальший розвиток цієї технології відкриває нові можливості в підвищенні якості коксу сухого гасіння, енергоефективності та зменшенні шкідливого впливу на довкілля. Процес сухого гасіння, як правило, реалізується використанням установок сухого гасіння коксу (УСГК).

Науково-технічна установа, головне підприємство по проектуванню підприємств коксохімічної промисловості України ДП «ГИПРОКОКС» є родоначальником сучасного сухого гасіння коксу з використанням УСГК. За період після 1965 р. до теперішнього часу побудовано 28 установок сухого гасіння коксу конструкції ГИПРОКОКСу загальною кількістю 91 блок. Реалізовано ліцензії на технологію ГИПРОКОКСу з сухого гасіння коксу до Японії, Німеччини, Польщі, Італії та інших країн. Широке застосування сухе гасіння коксу отримало в Японії та Китаї, Індії. Згідно з [4], у Китаї в 2009 р. перебували в експлуатації або будувалися 128 блоків УСГК. Для КХВ Індії сухе гасіння коксу є обов'язковим при будівництві нових коксових батарей.

Однак окрім вищенаведених позитивних моментів використання УСГК необхідно враховувати, що процес сухого гасіння коксу з використанням сучасних УСГК супроводжується утворенням надлишкового теплоносія (циркулюючого газу), який зазвичай скидається в атмосферу. Газ, що скидається, має температуру 130–180 °С, містить у своєму складі компоненти (H₂, CO, CH₄). Об'єм циркулюючого газу, що скидається, та його компонентний склад залежить від потужності та режиму роботи УСГК. За сталого технологічного режиму циркулюючий газ має наступний склад: CO – 10÷12% , H₂ – 2÷3% , CH₄ – 0,5% , O₂ – 0,4÷1,0% , CO₂ – 12÷13% , N₂ – 70÷75%; витрата може становити від 2000 до 15 000 нм³/ч. Через високий вміст CO в надлишковому циркулюючому газі УСГК є основними джерелами його викиду не тільки в коксохімічному виробництві, а й в усьому металургійному циклі. В атмосферне повітря окрім CO надходить також ряд забруднюючих речовин: CO₂, SO₂, H₂S, NH₃ та інші. Але все ж таки максимальний внесок (до 99%) робить саме оксид вуглецю, який надходить зі свічки скидання надлишкового циркулюючого газу. Також важливим моментом є те, що завдяки вмісту горючих компонентів у циркулюючому газі УСГК він може розглядатися як додаткове потенційне джерело ВЕР [3]. При вмісті горючих компонентів у циркулюючому газі УСГК CO=10,4%, H₂=2,8%, CH₄=0,6% його калорійність (Q_{нр}) становить ~437ккал/нм³.

Тож очевидним є те що скидання надлишкового теплоносія в атмосферу призводить не тільки до забруднення навколишнього середовища а ще й виключає можливість використання хімічного тепла надлишкових циркулюючих газів. Нажаль питанню утилізації до теперішнього часу не приділялося уваги. У наш час задача широкого використання УСГК на коксохімічних виробництвах повинна розглядатися комплексно з обов'язковим рішенням питань направлених на зменшення негативного впливу викидів шкідливих речовин на навколишнє середовище. Проблема утилізації або можливого використання та знешкодження надлишкового циркулюючого газу УСГК наразі є актуальною проблемою над якою працює ДП «ГИПРОКОКС». Наразі при реалізації проектів УСГК ДП «ГИПРОКОКС», виходячи з власного досвіду застосування на практиці, пропонує потенційним Замовникам утилізацію CO в надлишковому циркулюючому газі УСГК одним з наступних способів [3, 4]:

1. Використання надлишкового газу УСГК як паливного для подальшого використання у металургійному циклі - передача попередньо охолодженого та очищеного (від коксового пилу)

надлишкового циркулюючого газу в газопровід доменного газу. Технологія передбачає підвищення калорійності надлишкового циркулюючого газу в результаті його змішування з газом більш високої калорійності (наприклад, з природним);

2. Використання надлишкового газу УСГК як палива - передача попередньо очищеного (від коксового пилу) надлишкового циркулюючого газу для спалювання в спеціальному котлі-утилізаторі з отриманням пари енергетичних параметрів або гарячої води;

3. Застосування каталітичного розкладення оксиду вуглецю для очищення від СО методом поглинання.

Основне обладнання, яке використовується в залежності від способу утилізації наведено у табл. 1.

Таблиця 1 - Основне обладнання для утилізації надлишкового циркулюючого газу УСГК

№ з/п	Спосіб 1	Спосіб 2	Спосіб 3
1	Рукавний фільтр	Інерційний пиловловлювач	Рукавний фільтр
2	Теплообмінник-охолоджувач	Котел-утилізатор	Реактор-поглинач
3	Димососи	Димосос, вентилятор	Димосос
4	Система газопроводів	Система газопроводів	Система газопроводів
5	Газоаналітична система	Газоаналітична система	Газоаналітична система

Перші два способи успішно реалізовані ГИПРОКОКСом у вигляді установок утилізації надлишкового циркулюючого газу УСГК (далі Установки) в проектах для закордонних КХВ. Третій спосіб знаходиться на стадії розробки технічного проекту.

Реалізація першого способу дозволяє повністю виключити викиди надлишкового циркулюючого газу УСГК в атмосферу. Реалізація другого способу дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин до допустимих показників та отримати додаткові енергоресурси у вигляді пари енергетичних параметрів або гарячої води [4]. Перший спосіб може бути використано для КХВ що входять у склад металургійних підприємств (використовуються інфраструктура, така як газопровід доменного газу, та засоби виробництва металургійного підприємства – азот та інші), тоді як другий і третій можуть бути реалізовані і на відокремлених КХВ. Також способи 1 та 3 (у порівнянні з другим способом) вимагають більш глибокого очищення надлишкового газу від коксового пилу. У процесі пуско-налагоджувальних робіт спеціалістами ГИПРОКОКСа в конструкцію Установок було внесено зміни, що дозволило покращити їх роботу, екологічні показники та безпеку експлуатації. Досвід впровадження доводить, що запровадження Установок дозволяє ефективно утилізувати надлишкові циркулюючі гази УСГК: забезпечити виключення викидів СО та пилу через «холодні свічки» УСГК та реалізувати ефективне використання хімічного тепла, що міститься в надлишкових циркулюючих газах.

Висновки. Наявний позитивний досвід експлуатації згаданих Установок дозволяє рекомендувати утилізацію надлишкового циркулюючого газу для застосування на існуючих УСГК та в нових проектах.

Список використаних джерел:

1. Теплицкий М.Г. Сухое тушение кокса / М.Г. Теплицкий, И.З. Гордон, Н.А. Кудрявая [та ін.]. – М.:Металлургия, 1971. – 264 с.
2. Давидзон Р.И. Мастер установки сухого тушения кокса / Р.И. Давидзон. – М.: Металлургия, 1980. –124 с.
3. Кравченко С.О., Мирошниченко Д.В. Утилізація надлишкового газу УСГК // Вуглехімічний журнал. – 2023. - №2.
4. Справочник коксохимика. В 6-ти томах. Том 2. Производство кокса / Под общ. ред. В.И. Рудьки, Ю.Е. Зингермана. – Харьков: издательский дом «ИНЖЕК», 2014. – 728 с.

References:

1. Teplitsky M.G. Dry quenching of coke / M.G. Teplitsky, I.Z. Gordon. – M.: Metallurgy, 1971. – 264 p.
2. Davidzon R.I. Master of dry coke quenching plant / R.I. Davidson. – M.: Metallurgy, 1980. –124 p.
3. Kravchenko S.A., Miroshnichenko D.V. Coke dry cooling plant excess gas utilization // Journal of Coal Chemistry. – 2023. - №2.
4. Directory of coke chemist. In 6 volumes. Volume 2. Coke production / Ed. ed.. V.I. Rudyka, Yu.E. Zingerman. – Kharkov: publishing house “INZHEK”, 2014. – 728 p.

UDC 621.31

Trachuk A.R., Ph.D student
National Technical University of Ukraine
"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ANALYSIS OF THE POTENTIAL AND PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF BIOMASS TECHNOLOGIES IN UKRAINE

The trust of domestic and international investors helped Ukraine get closer to changing the strategic balance of the energy market in the direction of renewable energy. Local and foreign investors from Austria, Belgium, Canada, China, Great Britain, Norway, Spain, Switzerland, Turkey and the United States, in particular, to attract funds for the Ukrainian renewable energy sector within the framework of a fair and stable regulatory framework. To date, our Government has positive experience of cooperation with the European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), the US Foreign Private Investment Corporation and leading international financial institutions and banks from France, Denmark, Finland, Sweden, the Netherlands and other countries that provided long-term financing for renewable energy projects in Ukraine.

European experience shows that energy produced from biomass and other renewable sources plays an increasingly important role in the overall energy balance. According to the experts of the Ukrainian Bioenergy Association, the share of renewable energy in the EU has now reached 15%. Meanwhile, biomass accounts for 62% of the total renewable energy contribution. In European countries with the most developed agro-industrial complexes, such as Hungary, Poland, Finland, and the Baltic states, thanks to huge reserves of bioenergy raw materials, energy production from biomass reaches 95%. Taking into account the potential opportunities of Ukraine regarding the volumes of raw materials for the production of biomass, our country has every opportunity to take a leading position in the field of bioenergy.

The energy strategy of Ukraine until 2035 describes a positive and promising vision of the development of renewable energy. Experts predict that clean biomass, widely used around the world, will grow rapidly. Although currently the share of biomass in renewable energy sources is only about 2%, today it has a huge potential and is one of the most promising ecologically clean energy sources in Ukraine [1].

In the conditions of Ukraine's transition to the basis of a market economy, the issue of the use of biofuels becomes especially relevant, since Ukraine is an energy-deficit country that can meet its primary energy needs only at the expense of its own production. 45%; the fuel and energy balance of Ukraine is dominated by natural gas, which is 41%, which is significantly higher than the corresponding indicators of the USA, Great Britain and other countries. Reducing the consumption of natural gas, developing energy saving and solving urgent environmental problems are priorities. The country's energy security largely depends on the degree of energy diversification that meets its energy needs, therefore there is an urgent need to find and implement renewable energy sources (RES) and energy-saving technologies.

Among all renewable energy sources, biomass is the most promising alternative to natural gas and other fossil fuels in Ukraine. Biomass is a carbonaceous organic substance of plant and animal origin (wood, straw, plant residues of agricultural production, manure, organic part of solid household waste, sometimes peat). Solid biomass is mainly used for energy production, as well as liquid and gaseous fuels obtained from it - biogas, biodiesel, bioethanol.

However, insufficient attention is paid to the problem of effective use of the bioenergy potential of agribusiness, and the production of biofuel, its technological, ecological, organizational and economic, legislative aspects are becoming the focus of attention of many scientists and experts of various organizations. In this regard, it is necessary to develop indicators to assess the potential of alternative use of bioenergy from the point of view of food security, energy supply and maintenance of ecological balance. [2]. Biomass is an affordable local fuel that can be efficiently used for heating and electricity generation. The cost per unit of energy (GJ) of biomass as a fuel is significantly lower than the cost of natural gas.

The most common types of biomass in Ukraine include: straw, corn, sunflower; wood waste; crop production waste and their processing products; peat; fruit biomass. Total plant biomass has changed significantly in recent years, and increases in total crop yields have greatly increased the biomass available for energy use. The current total volume of grain production is 50 million tons, and the available energy of straw reaches 24 million tons. If the total collection increases to 80 million tons, this number will increase to 40 million tons, and if you consider that the mass of this plant is equivalent to 5 and 8 million tons of conventional fuel, respectively, then the value of this biofuel is difficult to overestimate.

Thus, the energy that can be obtained when using such a quantity of fuel exceeds the capacity of all heating boilers operated in rural areas. The use of straw in such volumes would save from 4.5 to 14 billion cubic meters. natural gas.

Despite the huge potential of biogas for electricity production in Ukraine, the market is not yet

sufficiently developed. Currently, there are large biogas plants producing electricity in Ukraine with a total installed capacity of 85 MW. [3].

In Ukraine, there are more smaller biogas plants belonging to small and medium-sized livestock farms and about 10 smaller biogas plants related to the production of biogas from municipal waste in different regions. Small biogas plants in Ukraine, as well as in other countries, quickly produce heat for the farm where they are installed.

Conclusion. Based on conservative considerations, there is potential for about 5,000 biogas plants in the agricultural sector alone in Ukraine with an average installed capacity of 3 MW per plant. These installations can provide 5.7% of Ukraine's energy consumption. Technically, Ukraine has the potential to produce only 10% of the consumed energy with the help of biogas. The Ukrainian government is working hard to attract foreign investment in biogas production. The huge potential of biogas production in Ukraine has attracted the interest of international biogas design and construction companies and investors.

References

1. Lysenko, V.V. (2020). Biomass technologies in the modern energy complex of Ukraine: analysis and development prospects. *Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture named after P. Vasylenko*, (201), 39-46.
2. State Statistics Service of Ukraine (2021). Statistical data on the production of biomass energy in Ukraine. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
3. European Biomass Association (AEBIOM). (2019). Biomass in Ukraine: A chance for sustainable energy. Available at: <http://www.aebiom.org>.
4. Dmitriev, M.V. (2018). Biomass as a source of renewable energy: world experience and opportunities in Ukraine. *Energy of Ukraine*, (5), 22-29.
5. Shevchenko, O.M. (2022). Development of the field of biomass use in Ukraine: problems and prospects. *Scientific Bulletin of the National Forestry University of Ukraine*, (32), 46-52.

ЕНЕРГООЩАДНИЙ АСПЕКТ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ТРАДИЦІЙНИХ І АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ

Авіація – це транспортна галузь, яка вимагає відповідності встановленим вимогам усіх її складових компонентів та процесів. Авіапаливозабезпечення – це багатокомпонентна система в авіаційній галузі, де задіяні машини, механізми, пристрої, люди та багаточисельні процеси. Витрата авіаційних палив становить менше 6% від загального річного обсягу нафти, що видобувається у світі, проте на виробництво авіапалива йдуть найбільш якісні її сорти. Паливна ефективність та безпека польотів стає найважливішим чинником розвитку авіаційної галузі.

Удосконалення льотної експлуатації літаків з метою енергозбереження може проводитися за декількома напрямками, серед яких важливе місце займають паливна ефективність (кондиційність палива), яка забезпечується контролем якості палива на всіх етапах його життєвого циклу. Кондиційність палива залежить від багатьох факторів, які можуть призвести до зміни його якісних показників. Таким чином, в сфері авіапаливозабезпечення енергоощадність (енергозбереження), безпека польотів та кондиційність взаємопов'язані поняття (рис. 1.).



Рисунок 1 - Взаємопов'язаність понять енергоощадності, безпека польотів та кондиційності палива в сфері авіапаливозабезпечення

Чистота – одна з важливих характеристик авіаційного палива – це допустимий рівень присутності сторонніх домішок різного походження у складі палив, за якого робота паливорегулюючих та паливостачальних пристроїв здійснюється безперебійно. Чистоту палива характеризує наявність домішок неорганічної, органічної чи біологічної природи.

Забруднення біологічної природи – це специфічний вид забруднення, представлений мікроорганізмами. Це гриби, бактерії та дріжджі, здатні до деструкції вуглеводнів. Мікроорганізми, на відміну від твердих частинок або води, мають здатність до розмноження, створення стійких колоній та біоплівок, до поширення паливних ємностей або систем [1, 2].

Мікроорганізми, як правило, краще споживають низькомолекулярні (до C18) аліфатичні вуглеводні з прямими ланцюгами. Здатність нафтопродуктів до біодеструкції має тенденцію збільшуватися обернено пропорційно вмісту ароматичних сполук та температурі дистиляції. Тобто, середньодистилятні палива та бензини особливо схильні до мікробіологічного ураження і мають низький рівень мікробіологічної стійкості відповідно [3].

Встановлено, що природно-кліматичні умови визначають чисельний та якісний склад мікроорганізмів та їх діяльність в середовищі існування. Мікроорганізмам для розвитку потрібна вільна вода, органічне джерело харчування, неорганічні поживні речовини, відповідна температура та відповідний рН для розвитку.

Результати досліджень свідчать про негативний вплив мікробіологічного забруднення на якість сучасних моторних палив традиційного та альтернативного походження (табл. 1).

Таблиця 1. Зміна показників якості під впливом мікробіологічного забруднення у реформульованого палива для ПРД марки ТС-1 (з додаванням етиловиз естерів жирних кислот)

№	Найменування показника	ТС-1		ТС-1 + 10% ЕЕЖК		ТС-1 + 20% ЕЕЖК		ТС-1 + 30% ЕЕЖК	
		До ураж.	Після випр.	До ураж.	Після випр.	До ураж.	Після випр.	До ураж.	Після випр.
1	Кислотність, мг КОН на 100 см ³	0,2	6,8	0,2	8,1	0,18	10,6	0,15	15,3
2	Концентрація фактичних смол, мг/100 см ³	2,5	8,7	2,5	9,2	2,8	11,8	3,4	14,5
3	Випробування на мідній пластинці, бали	1	2а	1	2с	1	36	1	4а
4	Температура початку кристалізації, °С	мінус 61	мінус 58	мінус 59	мінус 55	мінус 57	мінус 54	мінус 55	мінус 51
5	Густина за температури 20 °С, кг/м ³	793	791	801	798	816	814	816	811
6	Кінематична в'язкість за температури 20 °С, мм ² /с	1,3	1,35	1,58	1,64	1,82	2,1	2,25	2,32
7	Нижча теплота згорання, кДж/кг	43313	43004	43082	42657	42048	41292	41463	39354

Результати випробувань свідчать про незворотну зміну показників якості авіаційних палив унаслідок їх мікробіологічного ураження

Біологічні ризики для авіаційного палива виникають з появою мікроорганізмів у його складі. Взаємопов'язаність мікроорганізмів-деструкторів та наслідків, які викликає їх поява для палива та засобів експлуатації, транспортування та зберігання свідчить про комплексний вплив мікробіологічного забруднення та обґрунтовує важливість забезпечення мікробіологічної стабільності палив на кожному етапі їх життєвого циклу.

Список використаних джерел:

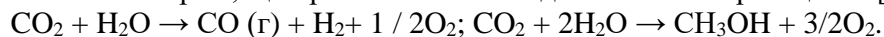
1. Козлова І.П., Радченко О.С., Степура Л.Г., Кондратюк Т.О.: Геохімічна діяльність мікроорганізмів та її прикладні аспекти: навч. посібник. К.: Наук. Думка. 2008.
2. Бойченко С. В., Шкільнюк І. О., Новак А. О. Систематизація видового складу мікробіологічної фази у складі авіаційних палив / Наукоємні технології. –Том 21. № 1. – 2014. – С.: 5–9.
3. Шкільнюк І., Бойченко С. (2020) Біологічні ризики під час постачання авіаційного палива. In: Babak V., Isaenko V., Zaporozhets A. (red.) Системи, прийняття рішень та управління в енергетиці І. Дослідження в галузі систем, прийняття рішень та управління, том 298. Springer, Cham. P. 179-199.

References:

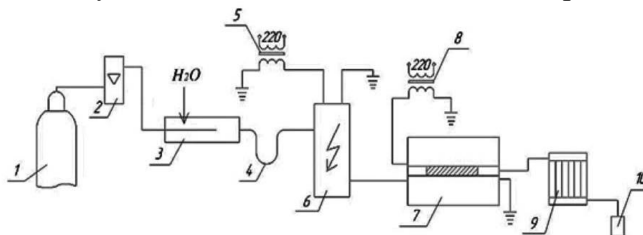
1. Kozlova I.P., Radchenko O.S., Stepura L.G., Kondratiuk T.O.: Geochemical activity of microorganisms and its applied aspects: a textbook. K.: Nauk. Dumka. 2008.
2. Systematisation of the species composition of the microbiological phase in the composition of aviation fuels / Science-intensive technologies. 2014, Vol. 21, No. 1, pp. 5-9.
3. Shkilniuk I., Boichenko S. (2020) Biological Risk of Aviation Fuel Supply. In: Babak V., Isaenko V., Zaporozhets A. (eds) Systems, Decision and Control in Energy I. Studies in Systems, Decision and Control, vol 298. Springer, Cham. P. 179–199.

КОНВЕРСИЯ CO₂ З ОТРИМАННЯМ МОТОРНИХ ПАЛИВ

Проблема накопичення вуглекислого газу набула глобальних масштабів. У даний час вчені розробили низку способів вилучення, утилізації та переробки вуглекислого газу. Зважаючи на постійне зменшення запасів нафти, яка є основною сировиною для виготовлення моторних палив, проблема нестачі останніх вже стає досить поширеною. Зокрема, для України в умовах війни спостерігається підвищений попит на моторні палива. Тому вивчення та розроблення технології конверсії вуглекислого газу з утворенням органічних речовин, що можуть бути попередниками моторних палив є досить перспективним науковим напрямом. В основному даним методом отримують метанол, етанол, формальдегід і диметилловий етер [1]. Каталітична конверсія є найпоширенішим і найбільш вивченим методом конверсії вуглекислого газу в органічні сполуки. Найчастіше даним способом отримують метанол і діетиловий етер. Спочатку метанол потрібно перетворити в діетиловий етер, потім в легкі олефіни C₅+ і далі в парафіни, нафтени і ацени, суміш яких і являє собою бензин. В іншому випадку CO₂ також може перетворюватися на олефіни, що, у свою чергу, полімеризуються до циклопарафінів та аценів. Розроблено низку методів фотохімічної конверсії вуглекислого газу до органічних речовин, зокрема штучний фотосинтез сонячна термохімічна та фотохімічна конверсія, що протікають за наведеними нижче реакціями [2].



Одним із перспективних методів перетворення вуглекислого газу є плазмо-каталітична конверсія. В даному способі поєднуються два способи – плазмо-хімічний та каталітичний. Для зазначеного методу відомий низка експериментальних установок, одна з яких наведена на рис. 1.



1 – балон з CO₂; 2 – ротаметр; 3 – зволожувач; 4 – відвід конденсату; джерело живлення; 6 – газорозрядник; 7 – піч з каталізатором; 8 – джерело живлення; 9 – холодильник; 10 – пробовідбірник

Рисунок 1 - Установа конверсії CO₂ в органічні сполуки [3]

Такі типи технологічних установок дозволяють отримувати органічні речовини, зокрема метанол, з досить високим виходом та селективністю, що може дозволити їх використання як складової частини технології отримання моторних палив конверсією вуглекислого газу.

Список використаних джерел:

1. Данхуа Мей, Хін Ту "Перетворення CO₂ в циліндричному діелектричному бар'єрному розрядному реакторі: Вплив параметрів плазмової обробки та конструкції реактора", Журнал утилізації CO₂, т. 19, 2017, с. 68-78.
2. Возняк В. М., Починок В. В., Шинкаренко Д. Ю. Класифікація технологій утилізації CO₂ в умовах економіки замкнутого циклу. <https://www.academia.edu>
3. Каменський А. О. Вязовик В. М. Конверсія CO₂ в органічні сполуки в зоні низькотемпературної плазми на гетерогенному каталізаторі. Збірник тез IX Міжнародної конференції «Хімія сучасні технології», том 1, 24-26 квітня Дніпро 2019.

References:

1. Danhua Mei, and Xin Tu, "Conversion of CO₂ in a cylindrical dielectric barrier discharge reactor: Effects of plasma processing parameters and reactor design", Journal of CO₂ Utilization, vol. 19, 2017, pp. 68- 78.
2. Voznyak V.M., Pochinok V.V., Shynkarenko D.Y. Classification of CO₂ utilisation technologies in the conditions of a closed-loop economy. <https://www.academia.edu>.
3. Conversion of CO₂ into organic compounds in the low-temperature plasma zone on a heterogeneous catalyst. Collection of abstracts of the IX International Conference "Chemistry of Modern Technologies", volume 1, 24-26 April 2019.

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ОЩАДНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА ВОДИ У СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ

У роботі розглядається зоноване водопостачання, як енергоефективний ощадний підхід для створення систем постачання води, в першу чергу, для висотних будівель. Підхід базується на зменшенні надлишкових тисків у споживачів системи водопостачання для зменшення втрат електричної енергії і витрат води. Застосований комплексний підхід забезпечує, за результатами імітаційного моделювання, розробку заходів ощадного використання ресурсів із варіюванням структури і режиму електромеханічної системи водопостачання, інтегрованої конструкції насосного агрегату. За даними досліджень [1] населення планети зростає і буде зростати: до 2050 року у містах буде проживати 7 з кожних 10 жителів планети. Разом з населенням будуть зростати і міста: кількість та висотність житлових будинків. Системи водопостачання міст є потужними споживачами електричної енергії. При цьому, третина від загальної витраченої на перекачування води енергії, витрачається на її підйом, і із збільшенням висотності забудови ця частка зростає [2].

Підходи для зменшення енергоспоживання варіюються: від дроселювання до застосування частотно-регульованих електроприводів. Одним з ефективних способів зменшення енергоспоживання системами водопостачання є застосування зонованого водопостачання. Суть цього підходу полягає в тому, що вода на поверхні будівлі подається не по одному стояку (по одній трубі), а через декілька стояків, включених паралельно із селекцією за поверхами.

В дослідженні [3] виконано порівняння енергоефективності двох систем водопостачання: з одним стояком і з двома стояками, включеними паралельно. За результатами дослідження система з паралельним зонуванням має на 30% більшу енергоефективність за систему з одним стояком. Показник енергоефективності досягається за рахунок зменшення надлишкових тисків у системі водопостачання та зменшення втрат у електродвигуні.

Здебільшого у системах водопостачання з одним стояком, алгоритм регулювання роботи насосного агрегату полягає у забезпеченні оптимального тиску на останньому поверсі будівлі. Незважаючи на забезпечення оптимального тиску на останньому поверсі, на нижніх поверхах мають місце надлишкові тиски, і чим вища будівля, тим більшими будуть ці тиски. В цій ситуації для збільшення енергоефективності системи водопостачання, разом з регулюванням можна використати паралельне зонування, яке допоможе знизити надлишкові тиски.

За даними [4] та [5], збільшення тисків у системі водопостачання, впливає на споживання води мешканцями будинку. Відповідно до [5] підвищення тиску на одну атмосферу призводить до збільшення споживання води на 5-8%. Урахування даного чинника підвищує доцільність зонування системи. Отже, зоноване водопостачання є енергоефективним та сприяє зменшенню споживання водних ресурсів. Додатково, зменшення тисків у системах водопостачання знижує втрати через витоки та зменшує вірогідність виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних з високими тисками.

Список використаних джерел:

1. Urban Development. Overview, 2023 <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview>
2. Yang Zhou, Eric Wai Ming Lee, Ling-Tim Wong, Kwok-Wai Mui. Modeling Study of Design Flow Rates for Cascade Water Supply Systems in Residential Skyscrapers. Water. 2019. Vol. 11(12). 2580. DOI: <https://doi.org/10.3390/w11122580>
3. Попович О.М., Яшин Р. В. Дослідження енергоефективності електромеханічної системи водопостачання багатоповерхового будинку із дворівневими стояками, Технічна електродинаміка, 2023 №1, DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2023.01.042>
4. Suchacek T., Tuhovcak L., Rucka J., Sensitivity analysis of water consumption in an office building, E3S Web of Conferences 30, 01002 (2018) Water, Wastewater and Energy in Smart Cities, DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183001002>
5. Эгильский, И. С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами подачи и распределения воды / И. С. Эгильский. – Л.: Стройиздат, Л. отд-ние, 1988. – 216 с.

КЛАСТЕРНІ ЦЕНТРОЇДИ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ ЗА ХАРАКТЕРОМ ОПАЛЕННЯ

Вступ. За оцінками моніторингового звіту індикаторів сталого розвитку в Україні 2021 року, навіть у період до масштабного вторгнення 2022 року, 7 з 14 цілей індикаторів сталого розвитку, що стосувались енергоефективності, не були досягнуті. Енергетична стратегія України змінювались тричі впродовж 11 років, причому, у Першій та Другій стратегіях застосовувався підхід прогнозування попиту на енергоносії за трьома сценаріями економічного зростання (середньорічного зростання ВВП), у Третій стратегії застосовувався метод складання алгоритмів заради досягнення бажаних результатів. Ключовими орієнтирами у напрямку розвитку енергетики України є зниження імпортозалежності нафтопродуктів, газу та атомних продуктів, поліпшення екологічної ситуації, що можуть бути досягнуті шляхом впровадження енергоефективних заходів модернізації систем виробітку та розподілу енергії, будівель, Євроінтеграції та розвитку відновлювальних джерел енергії та альтернативних видів палива. Остання Енергетична стратегія, що була затверджена у липні цього року, стосується концепції «Зеленого переходу», цілі ЄС стати нейтральним до викидів CO₂ континентом до 2050 року. Часті зміни Енергетичних стратегій потребують посилення енергетичної стратегії нашої країни за допомогою регіональної оцінки. Світова практика застосовує секторальні підходи до оцінювання рівня енергоефективності країн, причому, в середині кожного сектору може бути виділена оцінка підсектора. Саме тому, у даному дослідженні було виділено оцінювання енергоефективності регіонів України, а саме підсектору споживання на опалення сектору домогосподарств, оскільки він є найбільшим з підсекторів споживання домогосподарств та має найбільші перспективи до модернізації.

Метою даного дослідження є підвищення рівня енергоефективності України шляхом виявлення особливостей кластерних груп схожих регіонів та вироблення відповідних енергетичних стратегій для цих груп.

Оцінювання здійснювалось за критеріями наявності централізованого ресурсопостачання, споживання різних видів ресурсів, фінансових складових та кількості населення. Кластерний поділ регіонів виконувався чотирма методами, два з них з попереднім зазначенням кількості кластерів (к-середніх, ієрархічна кластеризація), два – без попереднього зазначення кількості кластерів (кластеризація за щільністю (DBSCAN), афініативна кластеризація (affinity clustering)). Додатково, було застосовано метод лінійного дискримінантного аналізу, метод головних компонент та метод критерія Акаїке (AIC – Akaike information criterion). Найкращою моделлю для цього набору даних виявилась ієрархічна кластеризація із виключенням м. Київ з переліку регіонів, оскільки, даний регіон відобразив найбільшу несхожість серед інших, тому він має розглядатися як окрема одиниця при виробленні енергетичних стратегій. Для інших регіонів було сформовано кластерні групи, описано їх кластерні центроїди та сформовані стратегії для цих груп.

Висновки:

Кластер 0. Переважно найнижчий рівень центрального теплопостачання, що утримується в середньому на відмітці до 30%. Наявність центрального газопостачання у даному кластері має найнижчий рівень серед інших, та утримується у діапазоні 73-77%, споживання газу при цьому здебільшого на низькому рівні, у діапазоні 320-560 м³/житло, що відповідає рівню центрального газопостачання. Середня температура опалювального періоду переважно знаходиться на середньому рівні. Споживання теплоенергії різниться крізь роки, проте здебільшого має найвищий рівень серед регіонів, що може вказувати на не зовсім енергоефективне використання теплової енергії. Використання електроенергії знаходиться на низькому рівні, в середньому діапазоні 32-65 кВт·год/житло, що може вказувати на переваги іншим ресурсам енергії. Споживання вугілля також на низькому рівні та становить від 1 до 5 тонн/житло. Середньомісячна зарплата у цих регіонах також найменша, при чому, ВРП/особу має середній рівень, що може вказувати на благополуччя населення,

а загальний ВРП знаходиться на низькому рівні. Населення у цих регіонах також найменше серед інших регіонів, що може вказувати на кореляцію із рівнями споживання, окрім неенергоєфективного використання теплової енергії. **Доцільно застосувати для даних регіонів заходи з модернізації центрального теплопостачання з переходом на розсосереджені джерела енергії та розглядом альтернативних джерел енергії (оскільки температура середня серед інших регіонів – можливий розгляд біогазових установок та вітрогенераторів).** Регіони-представники: Вінницька обл., Волинська обл., Житомирська обл., Запорізька обл., Івано-Франківська обл., Кіровоградська обл., Львівська обл., Миколаївська обл., Одеська обл., Рівненська обл., Сумська обл., Харківська обл., Херсонська обл., Хмельницька обл., Черкаська обл., Чернігівська обл.

Кластер 1. Найвищий рівень центрального теплопостачання, що утримується у діапазоні 35-43%, при цьому здебільшого найменший рівень теплоспоживання, що утримується у середньому діапазоні 5,5-7 Гкал/житло. Наявність централізованого газопостачання на високому рівні, та утримується у діапазоні 92-93%, при цьому споживання газу природного також переважно на найвищому рівні серед інших регіонів та утримується від 450 до 670 м³/житло. Найнижчий рівень середньої температури опалювального періоду. Найвищий рівень споживання електроенергії серед інших регіонів. Рівень середньої зарплатні, ВРП регіону та ВРП/особу знаходиться на найвищій відмітці серед регіонів, що вказує на благополуччя населення. Кількість населення на середньому рівні. Споживання вугілля на середньому рівні. Тобто, у даній групі регіонів достатньо ефективно використовується центральне теплопостачання, проте спостерігається найбільший попит електроспоживання. **Доцільно у даних регіонах розглянути проектні рішення щодо переходу до розсосереджених джерел електричної енергії, оскільки температура найменша – доцільно встановлювати вітрогенератори у комбінації з водневими установками.** Споживання газу відображає баланс між централізованим газопостачанням. Регіони-представники: Дніпропетровська обл., Київська обл., Полтавська обл.

Кластер 2. Переважно середній рівень центрального теплопостачання та середньо-високий рівень теплоспоживання. Наявність центрального газопостачання на середньому рівні, при чому, споживання газу на житло переважно на середньо-низькому рівні, що відповідає балансу між наявністю центрального газопостачання та ефективністю споживання. Середня температура опалювального періоду найвища серед інших регіонів. Використання електроенергії має середній рівень, проте використання вугілля для опалення одиниці житла має найвищий рівень. Середній рівень заробітної плати має середній рівень, при цьому, ВРП/особу на низькому рівні, а ВРП переважно на середньому рівні. У даному кластері спостерігається найбільший рівень населення. Тобто, рівень благополуччя у даному регіоні середній, разом з низькою економічною активністю. У даному кластері спостерігається неенергоєфективне використання вугілля для опалення одиниці житла, що також погано впливає на довкілля. Оскільки, це регіони із сприятливим кліматом, варто розглянути проекти з опаленням від комбінованих установок з вітрогенераторами, сонячними панелями та водневими установками. Регіони-представники: Донецька обл., Луганська обл.

Індивідуальна система опалення практично в усіх регіонах однакова та становить в середньому від 48 до 56%. Для всіх регіонів доцільно розглянути перехід від опалювальних установок з використанням газу до установок з використанням альтернативних видів палива (як паливо з пластикових та гумових відходів та біогазу). Кластерну нестабільність мають 3 регіони: Закарпатська, Тернопільська та Чернівецька області. Вони або знаходяться у 2му, або у 0му кластерах. Дані зміни могли бути спричинені змінами рівнів центрального газопостачання у Закарпатській та Тернопільській областях, зміна рівня споживання електроенергії у Чернівецькій області та температурні коливання в усіх областях. Причини зміни рівнів центрального газопостачання потребують детальнішого аналізу.

ГІДРОАКУМУЛЮЮЧІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ: ПЕРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

У статті розглянуто гідроакумулюючі електростанції, як ключовий елемент ланцюга електропостачання. Необхідність зберігання енергії виникла на початку створення мереж, а при їх активному розвитку, необхідність тільки зростає.

З початком подій 2022-го року, енергосистема України переживає досить складні часи, коли в мережі не вистачає генеруючих та балансуєчих потужностей, гідроенергетика досить сильно допомогла втримувати енергосистему на «плаву».

Результати, отримані в статті, дозволять показати, що гідроенергетика, зокрема гідроакумулюючі електростанції є досить ефективним джерелом балансує потужності, яка забезпечує надійність та стабільність енергосистеми.

Вступ. Для стабільного та надійного постачання електроенергії споживачам, необхідно забезпечити енергосистему не тільки необхідною кількістю генеруючих потужностей, а і певним обсягом балансуєчої потужності. Адже обсяги виробництва та споживання електроенергії змінюються протягом доби і не співпадають. Також активний розвиток сонячної та вітрової енергетики збільшує ризики порушення балансової надійності енергосистеми, так як дані об'єкти мають нестабільне генерування електроенергії протягом доби, та суттєві сезонні коливання обсягів виробництва [1].

Зазвичай попит електроенергії можна передбачити, вранці відбувається зростання споживання, вдень стабілізується, під вечір знову зростає, а вночі відбувається суттєве зниження, виходячи з цього, вранці та ввечері необхідно збільшувати обсяги виробництва електроенергії, щоб уникнути періодичних відключень.

На сьогоднішній день найефективнішим та найбільш розповсюдженим регулятором енергії в енергосистемі є гідроакумулюючі електростанції [2]. Забезпечує стабільність в пікові години завдяки миттєвому реагуванню на дефіцит потужності.

Мета та завдання. Метою роботи є аналіз переваг та перспектив розвитку гідроакумулюючих електростанцій та їх роль в енергосистемі.

Відповідно до поставленої мети, повинні бути вирішені наступні задачі:

1. Типізувати інформацію про гідроакумулюючі електростанції;
2. Визначення переваг та перспектив розвитку гідроакумулюючих електростанцій.

Матеріал і результати досліджень. Гідроакумулююча електростанція (ГАЕС) – це гідроелектрична станція, яка використовується для вирівнювання добового графіка навантаження енергосистеми. В залежності від поточної ситуації в енергосистемі, може бути як споживачем (накопичення) так і виробником (генератор) електроенергії. Наявність декількох таких станцій в країні робить енергосистему стабільною та стійкою до різного роду аварій та пікових навантажень [3]. Схему гідроакумулюючої електростанції вказано на рис.1.



Рисунок 1 – Схема гідроакumuлюючої електростанції [3]

Гідротехнічні споруди ГАЕС складаються з двох басейнів, розташованих на різних рівнях та які сполучені водоводами. Принцип роботи гідроакumuлюючої електростанції полягає в перетворенні електричної енергії, що отримується від інших джерел енергії, в потенційну енергію води., при зворотному перетворенні накопичена енергія віддається в енергосистему головним чином для покриття піків навантаження [3].

У порівнянні з більшістю альтернативних варіантів ГАЕС має суттєві екологічні переваги:

- експлуатація станцій відбувається без забруднення атмосферного середовища, більш того, ГАЕС допомагає в підтримці відновлювальних джерел енергії та зменшенні залежності від викопного палива;
- станції не скидають забруднюючих речовин у водне середовище (виняток, Каховська ГЕС, яка була знищена 6 червня 2023 року, в результаті чого, стався вилів мастильних матеріалів в русло річки);
- під час експлуатації не утворюються небезпечні види відходів;
- при побудові на існуючих водосховищах, не відбувається додаткових змін в руслі річки, оскільки ГАЕС його не перегороджує та не створюються перешкоди для міграційної системи водойми;
- підвищення рухливості водних мас, завдяки цьому відбувається покращення стану водойми [4].

В Україні налічується 3 діючих ГАЕС, четверта, Канівська ГАЕС – не збудована, після оприлюднення планів на відновлення будівництва, було виявлено ряд серйозних проблем, за якими будівництво в даній місцевості ненадійне і може спричинити непередбачувані наслідки.

Інші 3 діючих ГАЕС, це Київська з встановленою потужністю 235,5 МВт, Дністровська з встановленою потужністю в 1296 МВт та Ташлицька з встановленою потужністю 302 МВт. Дністровська та Ташлицька ГАЕС ще в процесі будувannya, наразі введено в роботу половину від проектної потужності.

З метою інтеграції ОЕС України з ENTSO-E для забезпечення достатнього рівня резервів і надійного електропостачання споживачам «дешевої» електроенергії, враховуючи тенденції, викладені в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року, та керуючись Програмою розвитку гідроенергетики на період до 2026 року, ПрАТ «Укргідроенерго» визначено необхідність реалізації інвестиційних проектів стосовно ГЕС і ГАЕС.

ПрАТ «Укргідроенерго» має на меті добудувати Дністровську ГАЕС, яка скрадатиметься із 7-ми гідроагрегатів загальною потужністю 2 268 МВт в генераторному режимі та 2 947 МВт в насосному, що дозволить збільшити частку маневрових потужностей енергомережі [5].

Міжнародна гідроенергетична асоціація опублікувала мапу (рис.2) потужностей ГЕС та ГАЕС країн світу. Україна представлена на мапі з показником загальної встановленої потужності гідроенергетичних об'єктів – 6.23 ГВт за даними на 2019 рік, наразі це значення менше, оскільки зруйнована Каховська ГЕС.

Загалом по мапі видно, що світ розділений по зонам, в кожній зоні певний діапазон, Україна знаходиться в діапазоні від 2000 МВт до 9999 МВт. Топ 5 країн, які досить сильно розвинули свою гідроенергетику, це Китай, США, Канада, Бразилія, Індія. Загальним показником встановлених

потужностей ГЕС та ГАЕС світу становить 1308 ГВт, 158 ГВт з яких це ГАЕС [5].



Рисунок 2 – Карта потужностей ГЕС та ГАЕС світу [5]

Висновки: Гідроакумуючі електростанції забезпечують та підвищують стабільність енергосистеми, створюють маневрові потужності, які унеможливають періодичні відключення електроенергії в пікові години, дають можливості до інтеграції відновлювальних джерел енергії (СЕС, ВЕС), виступають як регулятор потужності для них. Також в ГАЕС немає необхідності в використанні викопних ресурсів, що позитивно впливає на екологічність акумулювання енергії.

Подальший розвиток гідроакумуючих електростанцій дозволить наростити маневрові потужності, більше ефективно їх використовувати в енергосистемі, тим самим створюючи надійну та безаварійну енергосистему, яка зможе швидко відреагувати на зміни попиту в системі та забезпечити необхідну пропозицію.

Список використаних джерел:

1. International Forum on Pumped Storage Hydropower – Executive Summary [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://www.hydropower.org/publications/international-forum-on-pumped-storage-hydropower-executive-summary-september-2021>
2. Pumped Storage Hydropower - Publications [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://pumped-storage-forum.hydropower.org/resources/publications>
3. Pumped-storage hydroelectricity [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Pumped-storage_hydroelectricity
4. Гідроенергетика України, 2021 [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: https://uhe.gov.ua/media_tsentr/zhurnal_hidroenerhetyka_ukrayiny/gidroenergetika-ukraini-2021-no3-4
5. Укргідроенерго - Проекти [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://uhe.gov.ua/diyalnist/proekti>

References:

1. International Forum on Pumped Storage Hydropower – Executive Summary [Electronic resource]. – 2022. – Access mode: <https://www.hydropower.org/publications/international-forum-on-pumped-storage-hydropower-executive-summary-september-2021>
2. Pumped Storage Hydropower - Publications [Electronic resource]. – 2022. – Access mode: <https://pumped-storage-forum.hydropower.org/resources/publications>
3. Pumped-storage hydroelectricity [Electronic resource]. – 2022. – Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Pumped-storage_hydroelectricity
4. Hydropower of Ukraine, 2021 [Electronic resource]. – 2022. – Access mode: https://uhe.gov.ua/media_tsentr/zhurnal_hidroenerhetyka_ukrayiny/gidroenergetika-ukraini-2021-no3-4
5. Ukrhydroenergo - Projects [Electronic resource]. – 2022. – Access mode: <https://uhe.gov.ua/diyalnist/proekti>

АДАПТИВНИЙ ГЕНЕРАТОР ІМПУЛЬСІВ ДЛЯ ВПЛИВУ НА ПЛАСТОВУ СИСТЕМУ БЕЗ ЗУПИНКИ ВИДОБУТКУ ВУГЛЕВОДНІВ

Актуальність роботи пов'язана з дослідженням адаптивного генератора імпульсів для дії з поверхні по затрубному простру на пластову систему в процесі видобутку вуглеводнів. Це дозволяє забезпечити підтримання процесу видобутку вуглеводнів без зупинки виробництва, або з нетривалою зупинкою, яка за часом значно менша ніж поточний ремонт, і впливати на процес підвищення продуктивності видобутку. Прямий доступ до обладнання генератора, який розташований на поверхні, сприяє ефективній і надійній його роботі.

На основі аналізу існуючих засобів для підвищення видобутку нафти систематизовано ряд ефективних пристроїв, які використовують ефект імпульсного гідроудару з можливістю передачі імпульсу з поверхні до рівня перфораційних отворів в обсадній колоні нафтової свердловини [1]. Виявлено основні недоліки таких пристроїв, а саме – необхідність, значної за часом, зупинки видобутку вуглеводнів для проведення поточних ремонтних робіт або капітального ремонту свердловини.

Актуальним є дослідження механізму генерації імпульсів з застосуванням автономного електрогідролічного приводу з можливістю підключення до різних технологічних схем проведення видобутку: з використанням штангових або відцентрових насосів або засобів ерліфту чи газліфту.

Метою роботи є розроблення структури та обґрунтування параметрів адаптивного генератора імпульсів (АГІ) з автономним електрогідролічним приводом, що керується програмованим логічним контролером (ПЛК).

Система з (АГІ) (рис.1) включає сам генератор, та автономний електрогідролічний привод (ЕГП) з керуванням від ПЛК за показником датчика тиску, який контролює поточний тиск в затруб'ї. Для підтримання, необхідного для роботи АГІ, тиску в затруб'ї можливе застосування насосного агрегату, наприклад, ЦА-320, який захищений від дії імпульсів зворотним клапаном (КЗ). При досягненні тиску в затруб'ї заданої величини, спрацьовує електрогідролічний розподільувач (Р), який керує плунжером АГІ, який швидко відкриває вилив рідини з свердловини в імпульсну камеру (КІ), яка розташована в ємності (Б2), генеруючи імпульсний потік, з наступним раптовим перекриттям потоку рідини, створюючи прямий гідроудар з генерацією хвилі репресій через затруб колоні обсадних труб в зону перфорації.

Швидкість руху рідини в процесі наближеному до імпульсного в залежності від довжини $x=0...l_k$ імпульсної камери (КІ) визначається залежністю [2]:

$$w(x) = \varphi \sqrt{\frac{2p_0 d}{\rho \lambda (x + 0,000001)} \left[1 - \exp\left(-\frac{\lambda (x-l_0)}{d}\right) \right]}, \quad (1)$$

де φ – коефіцієнт швидкості, прийнятий для даної конструкції $\varphi=0,71$; p_0 – тиск в свердловині, $p_0 = 10 \text{ МПа}$; ρ – густина рідини, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$; d – внутрішній діаметр імпульсної камери, $d=0,059 \text{ м}$; λ – коефіцієнт гідравлічного опору тертя, $\lambda = 0,02$; l – оптимальна довжина імпульсної камери, приймається $l = 1,3 \text{ м}$, надалі поточне значення $x=0, \dots, 1,3 \text{ м}$; l_0 – розмір, який характеризує втрати довжини імпульсної камери через розташування механізму різкого перекриття, $l_0 = 0$.

Підвищення тиску від різкого перекриття руху рідини визначається за відомою формулою Жуковського:

$$\Delta p(x) = \rho \cdot c \cdot w(x), \quad (2)$$

де c – швидкість звуку в рідині, $c=1400 \text{ м/с}$.

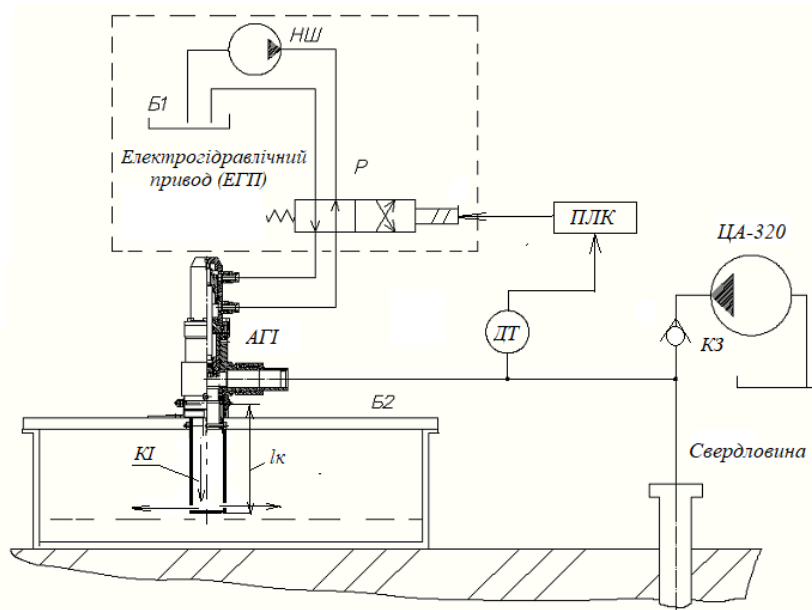


Рисунок 1 – Схема функціонування адаптивного генератора імпульсів (АГІ) розташованого на поверхні

За залежностями (1) та (2) встановлені раціональні характеристики генерації імпульсів АГІ з тиском гідроудару в межах 10,..., 25 МПа за умови адаптації до умов робочого середовища без зупинки видобутку вуглеводнів.

Список використаних джерел:

1 Сліденко В.М., Лістовщик Л.К., Бут В.О. Адаптивна мехатронна система імпульсно-хвильової дії на гірський масив //Електромеханічні та енергетичні системи. Методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XVI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів (м. Кременчук 12–13 квітня 2018 р.) Кременчук, КрНУ, 2018. С. 27-28.

2. Сліденко В.М. Статистична оцінка ефективності імпульсного генератора для активізації видобутку вуглеводнів/В.М. Сліденко, Л.Р. Марчук// Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Випуск 3/2023 (140). С. 132-138

Reference:

1 Slidenko V.M., Listovshchik L.K., But V.O. Adaptive mechatronic system of pulse-wave action on a mountain massif // Electromechanical and energy systems. Methods of modeling and optimization. Collection of scientific works of the XVI International Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Specialists (Kremenchuk, April 12–13, 2018) Kremenchuk, KrNU, 2018. С. 27-28.

2. Slidenko V.M. Statistical evaluation of the effectiveness of the implosion generator for the activation of hydrocarbon production/V.M. Slidenko, L.R. Marchuk// Bulletin of Mykhailo Ostrogradsky National University of Kremenchug. Issue 3/2023 (140). P. 132-138

Торопова Л., асистентка
Дін Ч., магістрант
Басалкевич С., магістрант
Зозуля Р., магістрант
Гостило А., магістрант
Зелінський В., магістрант

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СПРОЩЕНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ТРАНСПОРТІ

Вступ. Використання в електромеханічних комплексах систем електроприводу типу «перетворювач частоти - асинхронний двигун» є досить частим. Такі системи забезпечують високі енергетичні характеристики електротехнічних комплексів у різних процесах, таких як транспортування сировини на конвеєрах, стабілізація тиску в системах водопостачання, забезпечення належних кліматичних умов в приміщеннях. При цьому для дослідження процесів регулювання технологічних параметрів, таких як температура, тиск, завантаження, використання повної математичної моделі на основі системи рівнянь Парка – Горева не є доцільним [1]. Отже виникає необхідність аналізу можливості більш простих математичних моделей, порядку, що є співрозмірним із математичною моделлю технологічного процесу.

Мета роботи. Дослідження можливості використання спрощених моделей асинхронного двигуна для аналізу динамічних характеристик технологічних процесів із використанням системи «перетворювач частоти – асинхронний двигун».

Основна частина. Для досягнення мети роботи в першу чергу необхідно визначити, який максимальний порядок допустимий для опису технологічного процесу при аналізі працездатності системи взагалі та корекції параметрів регулятора вихідної координати. Найпростішим варіантом є опис технологічного процесу позиціонування та переміщення, який прив'язаний до вихідної швидкості двигуна в якості інтегруючої ланки. Більш складний формат взаємозв'язку має місце для технологічних процесів тиску та завантаження, що може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки. Найбільш складним форматом взаємозалежності є технологічні процеси за температурою та завантаженням конвеєрів великої довжини. При цьому до аперіодичної ланки додається ланка чистого запізнювання. Отже максимальний порядок математичної моделі технологічного процесу при використанні розкладання в ряд Тейлора і нехтуванні несуттєвими змінними є другий порядок. Отже для опису електромеханічної системи «перетворювач частоти – асинхронний двигун» теж доцільно використовувати не більше другого порядку. Одним з варіантів є використання спрощеної математичної моделі [2] на основі двоконтурної системи регулювання технологічних параметрів. Проте недоліком такої моделі є наявність регуляторів струму і швидкості, що в реальних системах наразі майже не використовуються. Перспективним підходом при цьому є використання математичної моделі на основі лінеаризованої механічної характеристики. Така модель має дві суттєві переваги, а саме порядок моделі не перевищує двох, а також відсутні регулятори електричних та механічних координат електропривода. При цьому для опису механічної частини використовується модель одномасового рухомого вузла на основі узагальненого рівняння руху електропривода. Відмінність полягає у формуванні опису електромагнітної частини, яка описується на основі залежності, аналогічної двигунам постійного струму, представленої в [3]. Для асинхронного двигуна така залежність є справедливою лише за умови роботи із навантаженням, що не перевищує номінальне. При цьому допускається розглядати залежність швидкості від навантаження двигуна як лінійну, тобто модель електромагнітної частини будується на основі лінеаризованої механічної характеристики. В той же час формування високих показників систем електроприводу в енергетиці та транспорті саме й можливе для цього діапазону, отже використання запропонованого спрощення є доцільним і актуальним.

Висновки:

1. Використання математичної моделі «перетворювач частоти – асинхронний двигун» з використанням регуляторів струму і швидкості в системах регулювання технологічних параметрів не є вірним, оскільки дуже рідко така система використовується із зворотним зв'язком за швидкістю двигуна.

2. Доцільним є використання спрощеної математичної моделі на основі лінеаризованої механічної характеристики при дослідженні динамічних характеристик контурів регулювання технологічних параметрів, що враховує інерційність процесу електромагнітного перетворення в якості аперіодичного перехідного процесу.

References:

1. Bimal K. Bose, Power electronics and motor drives. The University of Tennessee, Knoxville: Condra Chair of Excellence in Power Electronics, 2006 – 938p.

2. Автоматизований електропривод машин та установок: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / О. В. Чермалих, О. В. Данілін, А. В. Босак, Л. В. Торопова; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,17 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 60 с.

3. Основи електромехатроніки. Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / А. В. Торопов, В. М. Пермяков, А. В. Босак, Л. В. Торопова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 691 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 32 с.

ПЕРСПЕКТИВНИЙ РОЗВИТОК СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Сонячна енергетика в Україні – це перспективна та швидко розвиваюча галузь, яка відіграє важливу роль у забезпеченні стійкого енергетичного балансу країни. За даними на 2021 рік, внесок сонячної енергії у загальне виробництво електроенергії в Україні перевищує 5%, що свідчить про її велике значення для енергетичної системи країни.

Україна має великий потенціал для розвитку сонячної енергетики завдяки своїм природним ресурсам та географічному розташуванню. Практично вся територія країни підходить для розміщення сонячних електростанцій, що робить її однією з найбільш сприятливих для такого виду альтернативної енергетики.[1]

Найбільш вигідними для встановлення сонячних електростанцій є південні регіони України, зокрема Одеська, Миколаївська, Херсонська та Запорізька області, а також частина Донецької області. Саме в цих регіонах зосереджено понад 60% промислових сонячних електростанцій в Україні. Загальна потужність сонячних електростанцій на кінець 2021 року становила 6320 МВт, і ця цифра продовжує зростати. В експлуатації 15 665 (875 промислові та 14 790 СЕС домогосподарств) об'єктів відновлюваної електроенергетики, яким встановлено «зелений» тариф. Наша держава входить в десятку країн Європи за темпами розвитку сонячної енергетики. Важливо відзначити, що ця статистика не включає сонячні електростанції, що розташовані на тимчасово окупованих територіях.[2]

У 2 кварталі цього року 3480 домогосподарств встановили сонячні електростанції загальною потужністю 98 МВт. Це у 1,7 разів більше, ніж у 1 кварталі", – підкреслили у повідомленні. Загальна потужність домашніх СЕС – 933 МВт. За даними Держенергоефективності, у сонячні електростанції домогосподарства інвестували близько 730 млн євро. Однак поки що СЕС встановили лише 0,5% від загальної кількості домогосподарств, яких в Україні налічується понад 6,5 млн. При цьому лідерами зі встановлення таких домашніх електростанцій є три області: Дніпропетровська – 5706 станцій загальною потужністю 141 МВт; Тернопільська – 2788 станцій загальною потужністю 79 МВт; Закарпатська – 2718 станцій загальною потужністю 78 МВт [3]

Розвиток сонячної енергетики в Україні свідчить про стратегічне значення цієї галузі для забезпечення стійкості та ефективності енергетичної системи країни. Можливості для подальшого росту та вдосконалення сонячної енергетики залишаються значними, особливо в умовах стремління до зменшення викидів та переходу до чистих та відновлюваних джерел енергії.

За підсумками останніх років наша держава мала одні з найвищих темпів розвитку сонячної енергетики в Європі. Однак вторгнення агресора завдало значних збитків галузі. Дві третини СЕС в Україні розташовані на півдні, де сьогодні йдуть активні бойові дії. За різними оцінками, понад 30% сонячних електростанцій на окупованих територіях, а це приблизно 1120-1500 МВт встановленої потужності, зазнали руйнувань. Крім того, зруйновано більше 25% непромислових (приватних) СЕС.[4]

За даними Міненерго, на кінець 2021 року в Україні налічувалось 44 888 сонячних установок приватних домогосподарств, працюючих за моделлю "зеленого" тарифу. У вересні 2022 року їх кількість сягнула 51 414.

Затверджена урядом Національна економічна стратегія передбачає збільшення до 2030 року потужностей з виробництва електроенергії з ВДЕ вдвічі порівняно з 2021 роком – до 19,5 ГВт. Для цього потрібно побудувати приблизно 10 ГВт нових потужностей "зеленої" генерації, які будуть коштувати близько 10 млрд доларів. При цьому за планом побудувати домашніх СЕС потужністю 3,3 ГВт. [5]

Список використаної літератури

1. Tek.energy. (Дата звернення: 13.11.2023). "Структура електрогенерації в Україні та її зв'язок із тарифами на електроенергію." Доступно за посиланням: <https://tek.energy/news/struktura-elektrogeneratsii-v-ukraini-ta-ii-zvyazok-iz-tarifami-na-elektroenergiyu>

2. Ukrinform. (Дата звернення: 13.11.2023). "Найпотужніші сонячні електростанції України - інфографіка." Доступно за посиланням: https://www.ukrinform.ua/rubric-other_news/2887951-najpotuznisi-sonacni-elektrostantsii-ukraini-infografika.html
3. Ecopolitic.com.ua. (Дата звернення: 13.11.2023). "Де в Україні встановлюють найбільше домашніх СЕС - інфографіка." Доступно за посиланням: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/de-v-ukraini-vstanovljujut-najbilshe-domashnih-ses-infografika/>
4. Ueex.com.ua. (Дата звернення: 13.11.2023). "Галузь сонячної енергетики в Україні." Доступно за посиланням: <https://www.ueex.com.ua/presscenter/news/galuz-sonyachnoi-energetiki-v-ukraini/>
5. Міністерство енергетики та захисту довкілля України. (Дата звернення: 13.11.2023). "Презентація для ЗУ." Доступно за посиланням: <https://mev.gov.ua/sites/default/files/2022-07/%D0%9F%D0%A0%D0%95%D0%97%D0%95%D0%9D%D0%A2%D0%90%D0%A6%D0%86%D0%AF%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%97%D0%A3.pdf>

Reference

1. Tek.energy. (Accessed on: 13.11.2023). "Structure of Electricity Generation in Ukraine and Its Connection to Electricity Tariffs." Available at: <https://tek.energy/news/struktura-elektrogeneratsii-v-ukraini-ta-ii-zvyazok-iz-tarifami-na-elektroenergiyu>
2. Ukrinform. (Accessed on: 13.11.2023). "Most Powerful Solar Power Plants in Ukraine - Infographic." Available at: https://www.ukrinform.ua/rubric-other_news/2887951-najpotuznisi-sonacni-elektrostantsii-ukraini-infografika.html
3. Ecopolitic.com.ua. (Accessed on: 13.11.2023). "Where the Most Domestic Solar Power Plants Are Installed in Ukraine - Infographic." Available at: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/de-v-ukraini-vstanovljujut-najbilshe-domashnih-ses-infografika/>
4. Ueex.com.ua. (Accessed on: 13.11.2023). "Solar Energy Industry in Ukraine." Available at: <https://www.ueex.com.ua/presscenter/news/galuz-sonyachnoi-energetiki-v-ukraini/>
5. Ministry of Energy and Environmental Protection of Ukraine. (Accessed on: 13.11.2023). "Presentation for the Verkhovna Rada." Available at: <https://mev.gov.ua/sites/default/files/2022-07/%D0%9F%D0%A0%D0%95%D0%97%D0%95%D0%9D%D0%A2%D0%90%D0%A6%D0%86%D0%AF%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%97%D0%A3.pdf>

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНИХ УМОВ НА РОБОТУ СУХОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Метою дослідження є встановлення чинників які визначають тепловий стан сухого трансформатора. Об'єктом дослідження є сухий трансформатор. Предметом дослідження є чинники, які впливають на технічні характеристики трансформатора.

Сухий трансформатор є основним обладнанням системи розподілу, який широко використовується в умовах коли використання масляного є неможливим або недоцільним. Також важливим фактором при виборі сухого трансформатора є те, що він безпечніший за масляні розподільні трансформатори, оскільки використовує вогнестійкі тверді ізоляційні матеріали та повітря як ізоляційне середовище [1]. В сухому трансформаторі не використовується масло або інша рідина як діелектрик замість цього вони захищені від перенапруги та перевантаження за допомогою твердого діелектрика, такого як епоксидна смола або поліефірна смола.

Потужність, що може передаватись через трансформатор визначається його номінальною потужністю та умовами охолодження. При нижчих температурах оточуючого середовища трансформатор може довше працювати з деяким перевантаженням, проте перевантаження негативно впливатимуть на стан ізоляції його обмоток. Тому доцільно встановити залежності між умовами охолодження та навантаженням на трансформатор.

Теплопровідність смоляного ізоляційного матеріалу обмотки сухого трансформатора є низькою, що призводить до його поганій тепловіддачі, і це може легко спричинити несправність [2]. Це прискорить старіння ізоляції і навіть призведе до аварійних ситуацій, пов'язаних з горінням. Для уникнення таких ситуацій є важливим математично розрахувати розсіювання тепла в сухих трансформаторах. Під час роботи сухого трансформатора основним джерелом тепла є тепло, що утворюється ефектом Джоуля на обмотках під дією струму, і тепла, що утворюється втратами на гістерезис і вихровими струмами залізного сердечника під дією змінного магнітного поля. Потік повітря приводиться в рух тепловою силою або вентилятором. При протіканні повітря через поверхню обмотки трансформатора та залізного сердечника, відбувається конвекційний теплообмін, а потім тепло передається зовнішньому середовищу [3]. Тому розрахунок розсіювання тепла сухого трансформатора включає розв'язок рівняння теплопровідності в твердій області та розв'язання рівнянь конвекційного теплообміну. Розглянемо втрати навантаження трансформатора. Втрати навантаження в обмотках трансформатора складаються з втрат опору, втрат на вихрові струми та блукаючі втрати. Оскільки тепло, що генерується сухим трансформатором, розсіюється через потік повітря, блукаючі втрати не враховуються, тому втрати навантаження можуть бути отримані за допомогою наступного рівняння (1):

$$P = I^2 * R_0(1 + \alpha(T - T_0))(1 + \beta \frac{235+T_0}{235+T}) \quad (1)$$

де, P - втрати напруги в обмотках трансформатора, В; I - струм в обмотках трансформатора, А; R_0 - питомий опір обмоток трансформатора, Ом / см; α - температурний коефіцієнт опору обмоток трансформатора, $1/^\circ\text{C}$; T - температура обмоток трансформатора, $^\circ\text{C}$; T_0 - температура навколишнього середовища, $^\circ\text{C}$; β - коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього середовища на опір обмоток трансформатора [4]. Величина α залежить від матеріалу обмоток трансформатора. Для мідної обмотки $\alpha = 0,0042$. Величина β залежить від конструкції трансформатора і умов його експлуатації. Зазвичай $\beta = 0,002$.

Також для визначення втрат в трансформаторі важливо розрахувати кількість тепла яке віддає трансформатор в навколишнє середовище. Теплообмін в трансформаторі відбувається в двох основних напрямках:

- випромінювання - це перенесення тепла за допомогою електромагнітних хвиль;
- конвекція - це перенесення тепла за допомогою руху рідини або газу.

У трансформаторах теплообмін випромінюванням становить близько 10% від загального теплообміну. Конвекція є основним механізмом теплообміну в трансформаторах. Формула теплообміну конвекцією в трансформаторі визначається наступним чином:

$$Q = h * A * (T1 - T2)$$

де, Q - кількість теплоти, що передається конвекцією, Вт; h - коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К); A - площа поверхні теплообміну, м²; T1 - температура на нагрітій поверхні, К; T0 - температура на охолоджуваній поверхні, К. Температура на охолоджуваній поверхні трансформатора зазвичай визначається як температура навколишнього середовища. Вплив температури навколишнього середовища на втрати потужності в трансформаторі визначається наступним чином:

1. збільшення температури навколишнього середовища призводить до зниження різниці температур на нагрітій і охолоджуваній поверхнях;
2. зменшення різниці температур призводить до зменшення кількості теплоти, що передається конвекцією;
3. зменшення кількості теплоти, що передається конвекцією, призводить до збільшення втрат потужності в трансформаторі.

Висновки: Втрати потужності в трансформаторі зростають зі збільшенням температури навколишнього середовища. Це пов'язано з тим, що при підвищенні температури навколишнього середовища зменшується різниця температур на нагрітій і охолоджуваній поверхнях, що призводить до зменшення кількості теплоти, що передається конвекцією. Зменшення втрат потужності в трансформаторі є важливою задачею, яка дозволяє підвищити його ефективність і зменшити енергоспоживання. Досягти зниження втрат потужності можна за рахунок застосування систем примусового охолодження. При цьому можливе збільшення потужності, що передається через трансформатор на величину до 20 %.

Список використаних джерел:

1. Бублик М.Ф., Горбач В.П., Кірюхін К.А. Трансформатори. – К.: Техніка, 2009. – 480 с.
2. Вітренко В.В. Електротехніка. Підручник для вищих навчальних закладів. – К.: Вища школа, 2017. – 672 с.
3. Вітренко В.І. Втрати потужності в трансформаторах. Теорія і практика. – К.: Вища школа, 2008. – 336 с.
4. Кібіш С.В. Втрати потужності в трансформаторах. – К.: Техніка, 2010. – 320 с.

References:

1. Bublik, M. F., Gorbach, V. P., & Kiryukhin, K. A. (2009). Transformers. Kyiv: Technika.
2. Viterenko, V. I., & Viterenko, V. V. (2017). Electrical engineering: textbook for higher educational institutions. Kyiv: Vyshcha shkola.
3. Viterenko, V. I. (2008). Power losses in transformers: theory and practice. Kyiv: Vyshcha shkola.
4. Kibis, S. V. (2010). Power losses in transformers. Kyiv: Technika.

АДАПТИВНИЙ ТЕРМОПОДАТЧИК З ЕФЕКТОМ ПАМ'ЯТІ ФОРМИ

Актуальність роботи пов'язана зі створенням пристрою адаптивної подачі гідромолота на гірський масив в залежності від змінних технологічних характеристик гірських порід. Це дозволяє забезпечити ефективну і надійну роботу гідромолота та мінімальну реакцію віддачі, яка діє на базову машину та оператора, оскільки подача гідромолота на вибій впливає на ефективність передачі енергії удару гідромолота гірському масиву та впливає на ефективність його руйнування [1].

Одним з ефективних напрямків зниження енергоємності технологічних процесів є застосування спеціальних матеріалів з ефектом пам'яті форми [2].

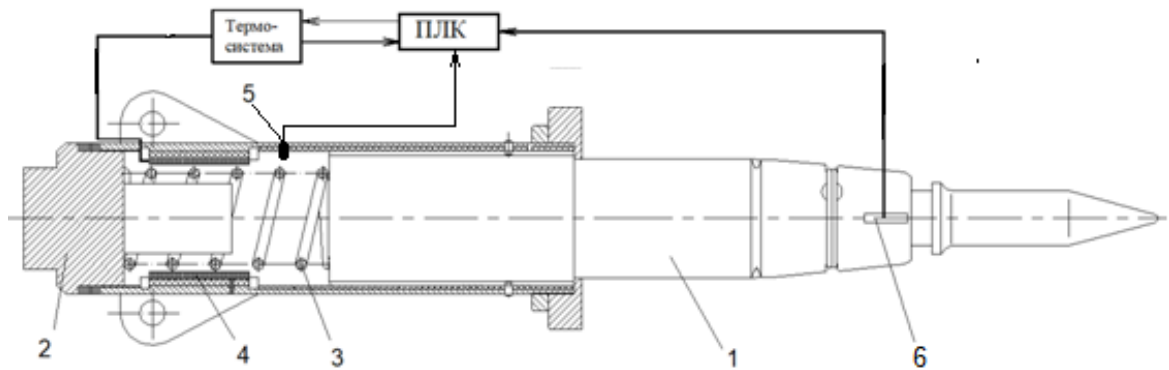
Метою даної роботи є розробка та обґрунтування параметрів термодатчика гідромолота з використанням пружини податчика з матеріалу, який реалізує ефект пам'яті форми в залежності від температури нагрівання. Такий податчик доцільно використовувати для адаптивної подачі гідромолота при розробці вибою, як допоміжного пристрою до гідроприводу. При цьому, регулювання зусилля подачі здійснюється без участі гідравлічних циліндрів внаслідок лише однієї дії манжетного нагрівача, що ефективно при складності проходки вибою у випадку зміни коефіцієнта міцності гірської породи і необхідності миттєвого пристосування робочого органу під конкретні умови будь-якого вибою.

Матеріал виготовлення пружини податчика – нікелід титану (нітінол) [3], складається із 50 % нікелю та 50% титану. Сплав NiTi має найбільшу серед сплавів відновлювану деформацію (до 10%), невисоку температуру фазового переходу (до +100 °С), високу корозійну стійкість, завдяки утворенню на поверхні плівки із діоксиду титану TiO₂, а також невелику електропровідність (0,5...0,6·10⁻⁶) Ом – в мартенситному стані та (0,82...1,16·10⁻⁶) Ом – у первинній фазі, що дозволяє їх використовувати в безпосередній близькості до електричного нагрівача.

Конструкція термодатчика (рис.1) дозволяє гідромолоту вільно переміщуватись в циліндричному корпусі податчика по чотирьох фторопластовим направляючим, які мають форму типу «ластівкін хвіст» для запобігання випаданням. Гідромолот 1 входить в корпус податчика 2 і опирається на пружину 3, виготовлену із сплаву нікеліду титану, що має властивість ефекту пам'яті форми. Навколо пружини розташований манжетний нагрівач 4, який впритул прилягає до стінок корпусу податчика та кріпиться на двох стопорних кільцях. Температура в корпусі податчика контролюється термопарою 5 і дані передаються на програмований логічний контролер (ПЛК), який, враховуючи показання датчика переміщення 6, передає керуючу інформацію в термосистему, яка регулює температуру нагрівача 4 і, відповідно подачу гідромолота 1. При відсутності подачі електричного струму до нагрівача (температура в камері термодатчика дорівнює температурі навколишнього середовища) виконується звичайна робота маніпулятора, на якому кріпиться податчик з гідромолотом. Пружина дезактивована, сплав нікеліду титану перебуває в мартенситному стані. При подачі струму до манжетного нагрівача температура в камері термодатчика починає збільшуватись і при потужності нагрівача 905 Вт пружина нагрівається до температури +105°C за 90-120 с. Оскільки верхня границя первинної фази сплаву нікеліду титану знаходиться на межі +100°C, то пружина почне самостійно видовжуватись на 10% від своєї довжини і тиснути на гідромолот, тим самим забезпечуючи, наприклад, необхідну силу подачі гідромолота 2069 Н. Сплав набуває властивостей початкової або «батьківської» фази. При припиненні подачі електричного струму пружина охолоджується і при досягненні температури нижньої границі мартенситної фази (+20°C) пружина повертається у своє первинне положення. При повторному нагріванні цикл повторюється. Охолодження спроектованого пристрою здійснюється через контактування пристрою із навколишнім середовищем через паз в корпусі податчика.

Отже, адаптивна функція податчика реалізується через передачу інформації на ПЛК від датчика переміщення 6. ПЛК обробляє інформацію і передає керуючий сигнал в термосистему, в якій формується визначений контрольний рівень температури за показником термопари 5 і формуються

зворотній зв'язок з ПЛК, де визначається потрібний температурний режим, а отже і необхідна сила подачі для забезпечення ефективного руйнування гірської породи.



1 – гідромолот, 2 – корпус податчика, 3 – датчик переміщення інструмента, 3 – пружний елемент з ефектом пам'яті, 4 – манжетний нагрівач, 5 – термопара, 6 – датчик контролю переміщення інструмента

Рисунок 1 – Конструктивна схема адаптивного податчика гідромолота з системою керування

Розрахунками визначено значення потужності нагрівача 905 Вт, а також значення річних енерговитрат на нагрів пружини 4751,25 кВт·год/рік для забезпечення функціонування гідромолота з енергією удара 0,142 кДж.

Список використаної літератури

1. Сліденко В.М. Шевчук С.П. Стабілізація функціонування гірничої машини з імпульсним виконавчим органом: монографія. Київ: НТУУ "КПІ", 2010. 192с.
2. Коваль Ю. Н. Эффект памяти формы // Физика твердого тела. Энциклопедический словарь. – К.: "Наукова думка", 1998, с. 11–12
3. Сплавы з ефектом пам'яті форми – потужний клас функціональних матеріалів / Ю.М. Коваль // Науково-практичний журнал "Наука та інновації" НАН України. 2005. Т. 1, № 2., С. 80-95.

Reference

1. Slidenko V.M. S.P. Shevchuk Stabilization of the operation of a mining machine with an impulse executive body: a monograph. Kyiv: NTUU "KPI", 2010. 192p.
2. Yu. N. Koval, "The shape memory effect," Physics of a solid body. Encyclopedic dictionary. - K.: "Scientific opinion", 1998, p. 11–12
3. Shape memory alloys – a powerful class of functional materials / Yu.M. Koval // Scientific and practical journal "Science and Innovation" of the National Academy of Sciences of Ukraine. 2005. Vol. 1, No. 2, pp. 80-95.

Сліденко В.М., д-р. техн. наук, професор
Зарудний А.Б., магістрант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ГЕНЕРАТОР ВИХРОВИХ ПРОЦЕСІВ РЕПРЕСІЙНОЇ ДІЇ НА КОЛЕКТОР НАФТОВОЇ СВЕРДЛОВИНИ

Актуальність роботи пов'язана зі створенням пристрою репресивної дії пульсуючим потоком рідини на привибійну зону нафтової свердловини з мінімальною кількістю рухомих деталей. Це дозволяє забезпечити ефективну і надійну роботу пристрою за умови прокачування через нього робочу рідину, в процесі проведення обробки свердловини, яка включає різноманітні хімічні реагенти та частинки кольматантів, які знаходяться в робочій рідині.

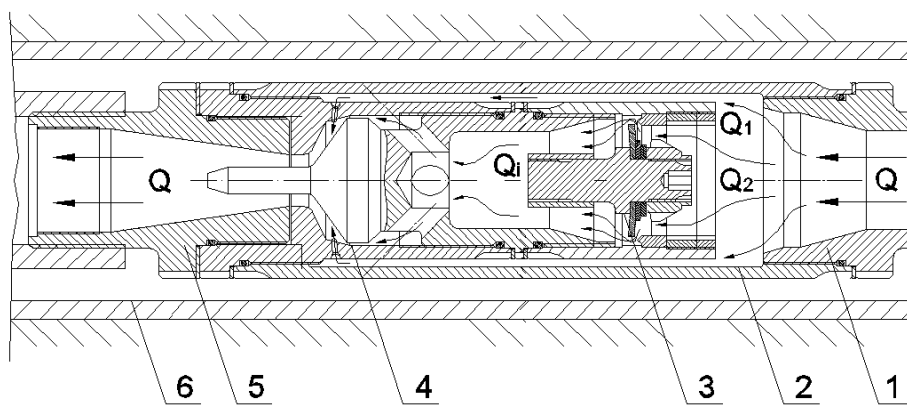
На основі аналізу існуючих засобів для підвищення видобутку нафти [1, 2] систематизовано ряд ефективних пристроїв, які використовують енергію потоку робочої рідини. Виявлено основні недоліки таких пристроїв, а саме - низьку продуктивність, обмежену спроможність регулювання параметрів пристроїв за умови змінних характеристик процесів в привибійній зоні свердловини, а також застосування значної кількості рухомих деталей, що за умов достатньо агресивного середовища призводить до зниження надійності та ефективності пристроїв.

Актуальним є дослідження механізму генерації коливань пульсуючої рідини, який працює за рахунок використання вихрової закрутки потоку робочої рідини з формуванням регульованого пульсуючого потоку зі стабілізацією його частоти та з підвищенням амплітуди тиску за допомогою гармонізатора коливань [3].

Метою роботи є обґрунтування параметрів генератора з конструктивним елементом, який виконує функції гармонізатора коливань, шляхом періодичної взаємодії прямого та завихреного потоку.

Генератор пульсуючих вихрових процесів (рис. 1) містить вхідну муфту 1, корпус 2, в якому вмонтовані гармонізатор коливань 3, завихрювач 4 та вихідна муфта 5. Генератор опускають в свердловину на задану глибину до рівня перфораційних отворів в обсадній колоні 6. На поверхні встановлюються насосний агрегат, наприклад, ЦА-320, з баком, фільтром та зворотним клапаном. Після установки генератора в привибійній зоні, підключають насосний агрегат і робоча рідина подається по насосно-компресорним трубам на вхідну муфту 1 генератора, після якої потік робочої рідини Q розподіляються на два потоки. Один потік з них Q_1 подається на завихрювач 4, а інший Q_2 на мембранний гармонізатор 3 клапанного типу. В основу роботи генератора коливань покладено взаємодію цих двох потоків робочої рідини. Потік, який подається на завихрювач 4, через тангенціальні отвори потрапляє у вихрову камеру, в результаті чого у вихровій камері формується закручений потік робочої рідини. У закрученому потоці, через збільшення швидкості, виникає область падіння тиску.

Область падіння тиску поширюється в область установки мембрани гармонізатора, а з іншого боку на мембрану діє тиск, який визначається процесом дроселювання проходження рідини через тангенціальні отвори завихрювача 4. На перепаді тисків мембрана деформується, інжектований потік рідини Q_i потрапляє до вихрової камери. При зустрічі закрученого і інжекційного потоків вихор розпадається, швидкість рідини падає і, відповідно до закону Бернуллі, тиск у вихровій камері підвищується, рідина виштовхується через вихідну муфту 5 в зону перфораційних отворів в обсадній колоні 6 і далі через перфораційні отвори в пластову систему. Далі кількість рідини у вихровій камері зменшується, що призводить до нового вихроутворення, цикл повторюється, створюючи періодичний процес коливань тиску.



Q – потік від насосного агрегату, Q_1 , Q_2 – розподілені потоки відповідно до вихрової камери та гармонізатора коливань

Рисунок 1 – Схема функціонування вихрового генератора репресивної дії

Обґрунтовано раціональні параметри мембрани, виходячи з моментної теорії розрахунку мембрани, як оболонки. Зокрема, визначені товщина, зовнішній та внутрішній діаметри, які впливають на налаштування частоти коливання мембрани в діапазоні 63...74 Гц.

Запропонована конструкція та визначені параметри генератора вихрових процесів репресивної дії забезпечують стабільний режим коливань тиску в рідині з генерацією імпульсної дії на колектор привибійної зони, знеміцнюючи його, що сприяє підвищенню продуктивності нафтової свердловини.

Список використаних джерел:

1. Яремійчук Р. С. Основи гірничого виробництва: видобування нафти, газу та твердих корисних копалин: підручник / Р. С. Яремійчук, В. Р. Возний. – К.: «Кондор», 2006. – 376 с
2. Пат. на корисну модель 63072, Україна, МПК (2011.01), E21B 43/25, E21B 28/00, Генератор коливань резонансної дії на нафтову свердловину / Сліденко В. М., Калюш М. П., Бараняк М. М., Смашний В. А., власник Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». – № u201102540; заявл. 03.03.2011, опубл. 26.09.2011 року, Бюл. № 18. – 4 с.
3. Патент на винахід 106805 Україна, МПК E21B 43/25. Генератор коливань/ В.М. Сліденко, С.П. Шевчук, Л.К. Лістовщик та ін.]. – заявник і патентовласник НТУУ «КПІ». № a201301238; заявл. 01.02.13; опубл. 10.10.14; Бюл. № 19.

Reference:

1. Yaremichuk R. S. Basics of mining production: extraction of oil, gas and solid minerals: textbook / R. S. Yaremichuk, V. R. Vozniy. - K.: "Condor", 2006. - 376 p
2. Pat. on utility model 63072, Ukraine, IPC (2011.01), E21B 43/25, E21B 28/00, Oscillation generator of resonant action on an oil well / V. M. Slidenko, M. P. Kalyush, M. M. Baranyak, V. Smashny A., owner National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute". – No. u201102540; statement 03.03.2011, publ. September 26, 2011, Bull. No. 18. - 4 p.
3. Patent for the invention 106805 Ukraine, IPC E21B 43/25. Oscillation generator/ V.M. Slidenko, S.P. Shevchuk, L.K. Listovshchik, etc.]. - applicant and patent holder of NTUU "KPI". No. a201301238; statement 01.02.13; published 10.10.14; Bul. No. 19.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

Вступ. В умовах стрімкого розвитку технологій та нестримного зростання вимог до ефективності та енергоефективності в промисловості, автоматизація насосних станцій визначається не лише як технологічний прорив, але й як ключовий фактор економічного успіху в галузі нафтогазовидобування та водопостачання. Зниження витрат на електроенергію, подовження терміну служби обладнання та поліпшення умов праці персоналу стають необхідними завданнями, які визначають стратегічний курс розвитку в цьому напрямку. У цьому контексті дослідження економічного ефекту від автоматизації насосних станцій стає актуальним та важливим завданням для підвищення конкурентоспроможності та сталого розвитку відповідних промислових секторів.

Метою даного дослідження є системне вивчення та оцінка економічного вигаду, який надає автоматизація насосних станцій у контексті галузей нафтогазовидобування та водопостачання.

Завдання:

- Оцінити вплив автоматизації насосних станцій на витрати електроенергії.
- Проаналізувати вплив автоматизації на тривалість служби насосного обладнання.
- Проаналізувати покращення умов праці персоналу через автоматизацію.

Основна частина. Автоматизація насосних станцій є ключовим елементом сучасних технологій, який вносить значний вклад у підвищення ефективності та оптимізацію витрат у галузі нафтогазовидобувної та водопостачальної промисловості. Значний економічний вигад від автоматизації насосних станцій проявляється в кількох ключових аспектах, впливаючи на витрати електроенергії, термін служби обладнання та умови праці персоналу.

По-перше, автоматизація сприяє зниженню витрат на електроенергію, що вкрай важливо в умовах сучасної енергетичної ефективності. Це досягається завдяки оптимізації роботи насосів за допомогою автоматичного управління, яке гарантує максимальну продуктивність при одночасному зменшенні енергетичних витрат. Це особливо важливо в умовах постійного зростання цін на електроенергію та спрямованості галузі на зменшення викидів CO₂ [1].

Другий важливий економічний аспект полягає в подовженні терміну служби насосного обладнання. Автоматизовані насосні станції працюють стабільніше та ефективніше, що безпосередньо впливає на зменшення ризику поломок та передчасного зносу насосів. Це забезпечує експлуатаційну стійкість та позитивно впливає на фінансовий бюджет підприємства, оскільки ремонт та заміна обладнання вимагають суттєвих капіталовкладень.

Третій аспект, пов'язаний з покращенням умов праці персоналу, визначається зменшенням потреби в ручній праці завдяки автоматизації. Це не лише підвищує продуктивність робочого процесу, але і впливає на безпеку праці та створює сприятливіші умови для персоналу. Робота з автоматизованими системами зводить до мінімуму ризику, пов'язані з ручною експлуатацією, та дозволяє працівникам зосередитися на вищорівневих завданнях, що вимагають високого рівня експертизи [5].

У важливому контексті стоїть розрахунок витрат електроенергії та терміну служби насосів.

$$Q = N * P * t$$

де Q - витрати електроенергії; N - потужність насосів; P - коефіцієнт продуктивності насосів; t - час роботи насосів, є інструментом для точного визначення енергетичних витрат в системі.

Наприклад, при застосуванні цієї формули до насосної станції з потужністю 100 кВт та коефіцієнтом продуктивності 0,7 при 8 годинах роботи насосів, витрати електроенергії становлять 560 кВт·год.

Термін служби насосів, розрахований за формулою:

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

де L - ресурс насосів; K - коефіцієнт запасу міцності.

Наприклад, при ресурсі насосів 10 000 годин та коефіцієнті запасу міцності 1,2 термін служби становить 8333,33 години. Використання частотних перетворювачів дозволяє керувати насосами набагато ефективніше та раціональніше. Правильний підбір цього пристрою визначається за такими характеристиками двигуна: швидкість та момент.

Швидкість двигуна розраховується за формулою:

$$n = \frac{60 * f}{P}$$

де n - швидкість двигуна (об./хв); 60 – секунди; f - частота мережі (Гц); P - пари полюсів двигуна.

Момент двигуна розраховується за формулою:

$$W = \frac{2 * \pi * M * n}{60}$$

де W – потужність; π - Pi , математична константа; M - крутний момент; n - швидкість двигуна

Не менш важливим є збільшення безпеки насосних станцій через використання автоматичних відрожувачів та систем контролю тиску та температури. Уникаючи сухого ходу насосів та вчасно реагуючи на зміни у робочих параметрах, автоматизовані системи мінімізують ризики аварій та значно підвищують рівень безпеки в експлуатації насосних станцій [2].

Отже, автоматизація насосних станцій визначається величезним економічним вигодом, який охоплює різноманітні аспекти, починаючи від оптимізації енергоспоживання та закінчуючи збільшенням безпеки та тривалості служби обладнання. Ця технологічна тенденція є не тільки стратегічним кроком у напрямку сталого розвитку, але й ключовим чинником ефективного управління ресурсами в сучасній індустрії.

Висновок. Автоматизація насосних станцій виявляється економічно вигідною, забезпечуючи зниження витрат електроенергії, подовження терміну служби обладнання та покращення умов праці. Впровадження автоматизованих систем не лише оптимізує ресурсозбереження, але і підвищує безпеку та стійкість промислових процесів. Враховуючи ці аспекти, автоматизація насосних станцій є ключовим стратегічним кроком у напрямку сталого розвитку та підвищення продуктивності промисловості.

Список використаних джерел:

1. Brown, A., & White, L. (2020). "Efficiency Optimization in Pumping Systems Through Automation." International Conference on Water Systems Engineering, 157-165.
2. Smith, J. (2019). "Modern Approaches to Pump Station Automation." Journal of Water Management, 25(3), 112-128.
3. Вещицький, Ілля Андрійович. Автоматизація насосної станції для системи тепlopостачання приватних приміщень. BS thesis. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023.
4. Макаренко, С.С. Автоматизація насосної станції з насосними агрегатами МНА 2500-230 [Текст]: кваліфікаційна робота на здобуття освітнього рівня бакалавра; спец.: 151 – автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / С.С. Макаренко; наук. кер. О.Ю. Журавльов. – Суми: СумДУ, 2021. – 58 с.
5. Плешков, П. Г., Н. Ю. Гарасьова, and Т. В. Величко. "Побудова системи автоматизованого управління і моніторинга енергетичних параметрів насосної станції." (2010).
6. РОЗМЕТА, Є. О. Автоматизація насосних агрегатів дотискної насосної станції нафтопромислу. 2022.
7. Твердохліб, Ярослав Андрійович. Автоматизація насосної станції водопостачання каскадного типу з частотно-регульованим електроприводом. BS thesis. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023.

References:

1. Brown, A., & White, L. (2020). "Efficiency Optimization in Pumping Systems Through Automation." International Conference on Water Systems Engineering, 157-165.
2. Hard bread, Yaroslav Andreyovych. Automation of the cascade-type water supply pumping station with a frequency-regulated electric drive. BS thesis. KPI named after Igor Sikorskyi, 2023.
3. Makarenko, S.S. Automation of a pumping station with pumping units MNA 2500-230 [Text]: qualifying work for obtaining a bachelor's degree; spec.: 151 - automation and computer-integrated technologies / S.S. Makarenko; of science driver O. Yu. Zhuravlev. – Sumy: Sumy State University, 2021. – 58 p.
4. Pleshkov, P. G., N. Yu. Harasyova, and T. V. Velichko. "Building a system of automated control and monitoring of energy parameters of the pumping station." (2010).
5. ROZMETA, E. O. Automation of pumping units of the pressure pumping station of the oil industry. 2022.
6. Smith, J.(2019). "Modern Approaches to Pump Station Automation." Journal of Water Management, 25(3), 112-128.
7. Veshchytskyi, Ilya Andriyovych. Automation of the pumping station for the heat supply system of private premises. BS thesis. KPI named after Igor Sikorskyi, 2023.

АДАПТИВНИЙ ГІДРОМОЛОТ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА СТАНЦІЇ МЕТРОПОЛІТЕНУ ВІДКРИТИМ СПОСОБОМ

Вступ. Актуальність роботи пов'язана з розробленням та визначенням раціональних параметрів гідромолота для будівництва станції метрополітену за технологією «стіна в ґрунті», з відповідною реакцією на змінні технологічні характеристики вибою. Це дозволяє забезпечити ефективну і надійну роботу гідромолота, мінімальну реакцію віддачі, яка діє на базову машину та оператора, підвищити ефективність руйнування міцних ґрунтів при будівництві станції метрополітену відкритим способом [1].

Одним з ефективних напрямків забезпечення адаптивності гідромолота є керування початковим тиском зарядки в камері пневмоакумулятора зміною об'єму камери [2].

Метою даної роботи є розробка та обґрунтування параметрів гідромолота з пневмоакумулятором змінного об'єму.

Пневмоакумулятор змінного об'єму (рис.1) складається з корпусу 1, поршня 2, циліндра поршня 3, поршня блоку адаптації 4, плунжера 5, зарядного пристрою 6, основної 7 та допоміжної 8 камер акумулятора, керуючої гідравлічної лінії 9.

Величина вкорінення інструменту залежить від міцності гірської породи [1]. При зменшенні міцності, збільшується переміщення інструменту, яке реєструється датчиком переміщення, що встановлюється в корпусі гідромолота в зоні розташування інструмента. Інформація від датчика передається на програмований логічний контролер (ПЛК), обробляється, генерується керуючий сигнал і передається на пілотний електромагнітний клапан, який перемикає потік з-під торця штока 5 блоку адаптації на злив через гідравлічну лінію 9. В результаті, поршень 4 під дією газу в акумуляторі переміщується, що призводить до збільшення об'єму камери акумулятора і, відповідно, до зменшення ступеню стиснення в ньому газу, а отже і енергії зарядки акумулятора, яка визначається залежністю (1). З врахуванням переміщень поршня 2 в процесі зведення на величину x в діапазоні $0 \dots l_{зв}$, а також від переміщення x_1 поршня 4 в межах $0 \dots l_1$, енергія зарядки, ступінь стиснення газу, та поточне значення тиску в акумуляторі відповідно запишуться:

$$L(x) = \frac{p_{ак0} V_{ак0}}{n-1} \left(e(x)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right), \quad (1)$$

де $p_{ак0}$ - початковий тиск зарядки, Па; $V_{ак0}$ - об'єм акумулятора, м³; n - показник політропи; $e(x)$ - ступінь стиснення газу в акумуляторі:

$$e(x) = p_a(x) / p_{a0} = \left(\frac{V_{a0}}{V_{a0} - S_n \cdot x} \right)^n, \quad (2)$$

$$p_a(x) = p_{a0} \cdot \left(\frac{V_{a0}}{V_{a0} - S_n \cdot x} \right)^n, \quad (3)$$

$p_a(x)$ – поточне значення тиску в акумуляторі, Па; S_n – площа торця поршня 2, м².

Тоді енергія удару, яка відповідає енергії зарядки акумулятора змінного об'єму можна записати в іншому вигляді

$$L(x) = \frac{p_{ак0} \cdot V_{ак0}}{n-1} \left[\left(\frac{V_{ак0}}{(V_{ак0} \pm S_{n1} \cdot x_1) - S_n x} \right)^{n-1} - 1 \right], \quad (4)$$

де S_{n1} – площа торця поршня 4, x_1 – переміщення поршня в межах $0 \dots l_x$.

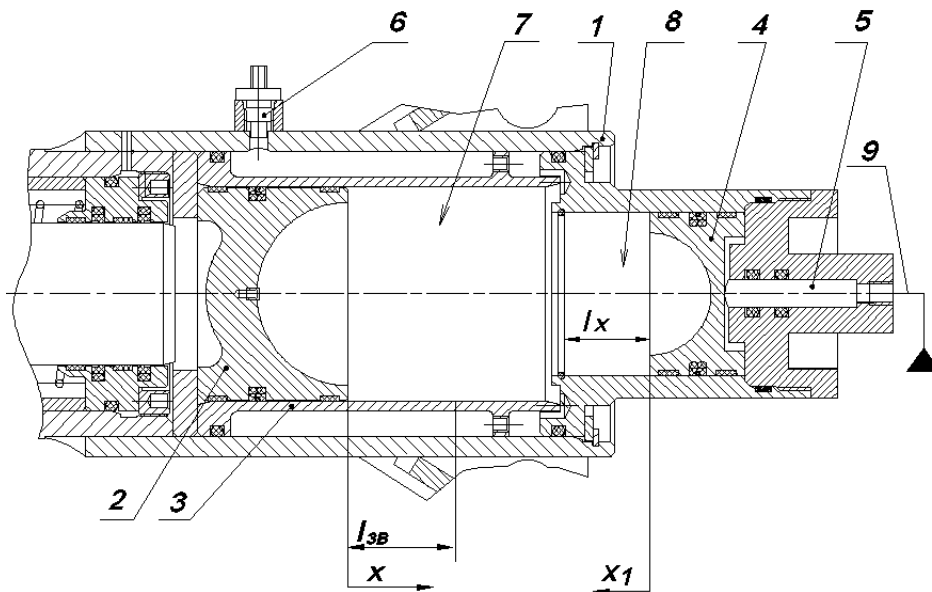


Рисунок 1 Конструктивна схема пневмоакумулятора гідромолоту змінного об'єму

За результатами моделювання процес адаптації до технологічних характеристик вибою встановлюється в часових межах 10...15 с функціонування гідромолота.

Розрахунками за формулами (1...4) встановлено, що діапазон адаптивного регулювання енергії зарядки пневмоакумулятора характеризується степеневими залежностями для гідромолота типу ГПМ-35А в межах 0,29...0,35 кДж ($\approx 17\%$) – від зміни об'єму камери пневмоакумулятора.

Список використаних джерел:

1. Сліденко В.М. Шевчук С.П. Стабілізація функціонування гірничої машини з імпульсним виконавчим органом: монографія. Київ: НТУУ "КПІ", 2010. 192с.
2. Сліденко В.М., Шевчук С.П., Замараєва О.В., Лістовщик Л.К. Адаптивне функціонування імпульсних виконавчих органів гірничих машин: монографія. Київ: НТУУ "КПІ", 2013. 180 с .

Reference:

1. Slidenko V.M. S.P. Shevchuk Stabilization of the operation of a mining machine with an impulse executive body: a monograph. Kyiv: NTUU "KPI", 2010. 192p.
2. Slidenko V.M., Shevchuk S.P., Zamaraeva O.V., Listovshchik L.K. Adaptive functioning of impulse executive bodies of mining machines: monograph. Kyiv: NTUU "KPI", 2013. 180 p.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ РОЗРОБКИ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ СИСТЕМИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ІНСПЕКЦІЇ НАФТОПРОВОДУ

Для вирішення задачі локалізації пристрою для інспекції нафтопроводу (pipe inspection gadget, скорочено - PIG) традиційно використовуються два підходи: застосування електромагнітного сигналу та застосування ультразвуку. Традиційні електромагнітні підходи до бездротової передачі потужності та сигналів пригнічуються через сильний екрануючий ефект Фарадея, представлений товстими металевими бар'єрами, що робить їх недостатньо ефективними. Як альтернатива, в останні роки все більше уваги приділяється передачі акустичної енергії за допомогою ультразвукової хвилі через металевий бар'єр.

Ультразвукові сенсорні технології широко застосовуються в різних галузях промисловості. Зокрема, вони використовуються для інспекції нафто- і газопроводів. Приклади такого застосування наведені на рис. 1. Важливою перевагою такого підходу, серед інших, є неінвазивне отримання інформації через стінку трубопроводу.

Можна отримати багато варіацій застосування таких систем.

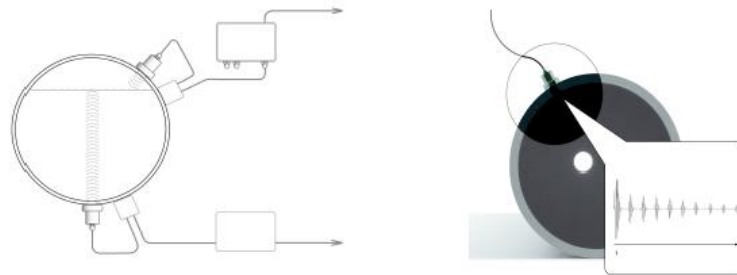


Рисунок 1 - Вимірювання через стінку - типова перевага ультразвукових вимірювань. Зліва: контроль рівня рідин (час проходження та інтенсивність використовуються для оцінки висоти заповнення або для контролю визначеного рівня заповнення), справа: вимірювання товщини стінки (час проходження та інтенсивність використовуються для оцінки висоти заповнення або для контролю заданих рівнів заповнення, праворуч: вимірювання товщини стінки (час проходження ехосигналу переданого імпульсу)

Компанія SONOTEC розробила метод ультразвукової передачі інформації щодо стану пристроїв для інспекції нафтопроводу [1]. Метод працює як система на основі фотоелектричного датчика. Ультразвуковий сигнал постійно надсилається трубопроводом. Частина сигналу відбивається від протилежної (відносно встановленого датчика) стінки трубопроводу, а потім приймається. Це можливо для комбінації сталевих стінок і нафти. Коли пристрій для інспекції нафтопроводу проходить повз позицію зонда, відбита частка сигналу розсіюється. Принцип роботи пояснюється за допомогою рис.2. Ця система дозволяє розпізнавати різні продукти, якщо коефіцієнт відбиття звукової хвилі цих продуктів відрізняється. Завдяки описаним вище фізичним принципам, деякі комерційні та експлуатаційні переваги використання ультразвукової технології є очевидними. При цьому датчик такої системи може бути легко встановлений за технологією спрощеного кріплення, яка не вимагає переривання технологічного процесу. Трубопровід не буде пошкоджений через безконтактний характер вимірювання. Такий підхід був застосований і для газопроводів. Відомо, що проходження ультразвуку через стінку в газ може бути успішним при високому тиску. Однак, певний мінімальний тиск повинен бути гарантований. [2]

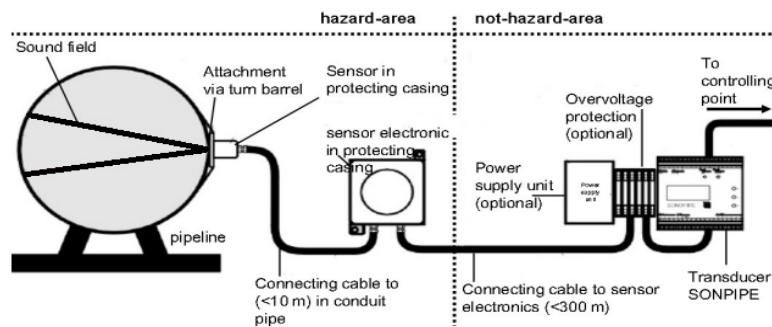


Рисунок 2 - Стандартна конфігурація передавального ультразвукового зонду для застосування на нафтопроводах

Тому для розгляду пропонується ідея розробки системи пошуку очисного пристрою, яка передбачає встановлення випромінювача ультразвукових сигналів безпосередньо на самому пристрої. Такий підхід дає можливість уникнути складнощів впровадження вищеописаної системи, а саме: вартість, необхідність розміщення датчиків через певну відстань на трубопроводі та великі обчислювальні потужності для обробки результатів, отриманих від ультразвукових сенсорів.

В системі, що пропонується, передбачається, що генератор ультразвукових сигналів буде вмикатись лише після того, як система дасть сповіщення що очисний пристрій застряг в трубопроводі. Пошук пристрою очистки може відбуватись за допомогою детектора ультразвукових коливань, який буде синхронізовано з випромінювачем. Детектор можна розмістити на будь-якій пересувній платформі, будь то дрон, невеликий підводний батискаф, або ж детектор може використовуватись безпосередньо оператором в ручному режимі для більш точного пошуку в зоні трубопровода, що вже локалізована. Спрощена структура системи зображена на рис. 3

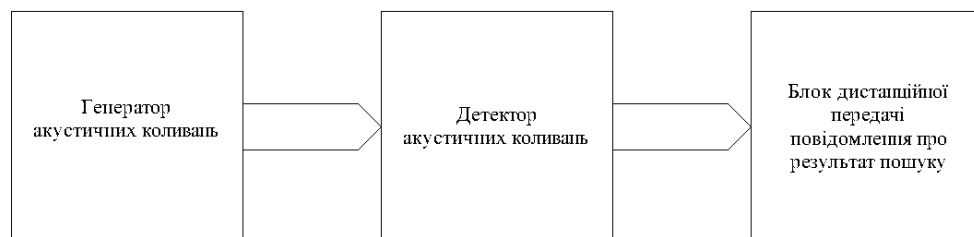


Рисунок 3 – Структурна схема системи пошуку пристроїв для інспекції нафтопроводу

Висновки. Запропонований метод дозволяє з високою надійністю локалізувати місце знаходження очисника в умовах його несанкціонованої зупинки. Прогрес у розробці датчиків і методів вимірювання, збільшення потужності бортових обчислень і новий алгоритм стане джерелом вдосконалених і розширених акустичних і ультразвукових методів.

На основі цього система пошуку може бути зібрана з готових компонентів та оснащена додатковими модулями, що дозволяють, наприклад, використання GPS для передачі координат знайденого пристрою через мобільну мережу. При цьому не потрібно встановлювати спеціальні прилади вздовж всієї протяжності трубопроводу.

References:

1. H.-J. Münch, S. D. T. Horst Meyer, T. D. Fritsche, and S. Kobitsch-Meyer, "Newt detection device and newt detection method", German Patent EP2075594A3.
2. W. K. Brown, V. Diatschenko, J. R. Stoy, "Passive Acoustic Detection of Pipeline Pigs", US Patent 5,549,000.

РЕЖИМИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ НАСОСНОЇ УСТАНОВКИ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ

Із розширенням приватного сектору та збільшенням кількості житлових кварталів зростає зацікавленість у економному (за рахунок розв'язання пов'язаних проблем водо- і енергозбереження) водопостачанні квартир, що може бути досягнуто використанням індивідуального енерго- і ресурсозберігаючого насосного обладнання для окремих будинків. Сучасна тенденція розвитку електроприводу, у тому числі для об'єктів ЖКГ, полягає у активному використанні регульованого приводу замість традиційно нерегульованого, що дозволяє покращити його енергетичні характеристики.

Ефективність НУ оцінюють із визначенням:

ККД перетворення електричної енергії у гідравлічну або енергоефективності, яка є співвідношенням витраченої електроенергії і отриманої корисної дії.

Насосна установка багатоповерхового житлового будинку забезпечує підвищення напору у його трубопроводі для гарантованого підйому води на останній поверх у режимі максимальних витрат води. Відповідно до умов даного режиму здійснюється вибір насосу та приводного двигуна.

Мета роботи полягає у визначенні можливостей підвищення енергоефективності електромеханічної системи (ЕМС) НУ багатоповерхового будинку.

Припущення та умови дослідження:

- Стабільні режими за зміни подачі, частоти обертання, напруги та частоти живлення.
- Одночасні часові закономірності водоспоживання за поверхами.
- З'єднання АД з насосом виконується пружною муфтою.
- Математична модель призначена для дослідження будинків довільної поверховості.

Енергоефективні режими роботи ЕМС НУ багатоповерхового будинку відповідають сталим режимам за зміни подачі, частоти обертання, напруги та частоти живлення, однаковим часовим закономірностям водоспоживання за поверхами, при цьому з'єднання АД з насосом виконується пружною муфтою.

Характеристика водопровідної мережі будинку визначає зв'язок витрат напору у ній із витратами. Особливості водопровідної мережі будинку обумовлені зміною її гідравлічного опору при зміні величини напору насосу. Зміна опору залежить від стану кінцевих дроселів – вентилів.

Критерії оцінки енергоефективності:

- ККД перетворення електричної енергії у гідравлічну.
- Енергозбереження.

Плюси вирішення проблеми енергоефективності режимів електромеханічної системи насосної установки багатоповерхового будинку:

- Зниження споживання електроенергії. Це призводить до зменшення витрат на оплату електроенергії, а також до зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.
- Збереження ресурсів. Завдяки зменшенню споживання електроенергії відбувається збереження природних ресурсів, необхідних для її виробництва.
- Покращення надійності роботи насосної установки. Ефективне регулювання режимів роботи насосної установки дозволяє поліпшити її роботу та збільшити термін служби.
- Підвищення комфорту водопостачання. Ефективне регулювання режимів роботи насосної установки дозволяє забезпечити стабільний тиск води у водопровідній мережі, що позитивно впливає на комфорт водопостачання мешканців будинку.
- Збільшення терміну служби насосної установки. Ефективне регулювання режимів роботи насосної установки дозволяє зменшити навантаження на насос, що позитивно впливає на його термін служби.

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПРИПЛИВНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЛАВ

Вступ. У сучасному світі, де адміністративні будівлі стають все більш енергоефективними та зручними для користувачів, важливо розглядати нові технології для забезпечення комфорту та оптимального використання енергії. Системи припливної вентиляції відіграють одну з ключових ролей у робочому процесі персоналу підприємства, і вивчення їх функцій та ефективності стає актуальним завданням для підвищення енергоефективності адміністративних будівель [1].

Мета та завдання. Головною метою дослідження є аналіз та оптимізація системи припливної вентиляції адміністративної будівлі з використанням налаштувань регуляторів з використанням МАТЛАВ для досягнення максимальної ефективності та зниження енергоспоживання.

Матеріал та результати дослідження. Дослідження включало в себе аналіз існуючих схемотехнічних рішень, вивчення характеристик існуючих систем, а також моделювання енергетичних показників. При цьому було визначено, що найбільша енергоефективність досягається за рахунок використання частотно – регульованих електроприводів для кількісної зміни припливного повітря [2]. Під час дослідження особлива увага була приділена оптимізації системи припливної вентиляції за допомогою ПІД-регуляторів. Демонстрація моделі та графіків: Процес дослідження супроводжувався створенням комп'ютерної моделі системи, яка враховувала оптимальні налаштування ПІД-регуляторів. За допомогою цієї моделі були отримані графіки динаміки різних параметрів системи, таких як швидкість повітря, температура, та споживана енергія. Математична модель контуру регулювання температури припливного повітря із ПІД – регулятором представлена на рисунку 1.

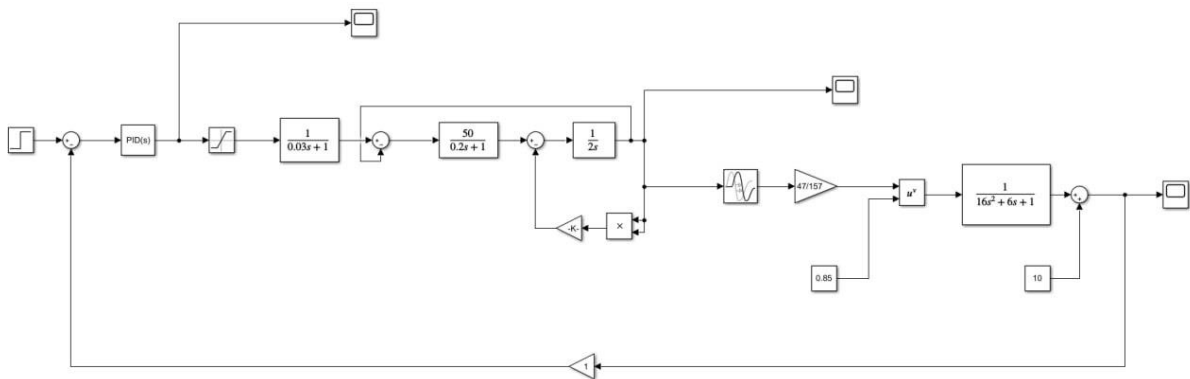


Рисунок 1 - Модель системи припливної вентиляції з електроприводом в середовищі Matlab Simulink

Оскільки зазвичай в технологічних процесах використовуються ПІД – регулятори, здійснюємо параметричне налаштування системи регулювання температури з метою визначення коефіцієнтів [3]. Для ПІД-регулятора визначив значення коефіцієнту підсилення, сталої часу інтегрування і диференціювання здійснюється за перехідною функцією. Графік перехідної функції представлений на рисунку 2.

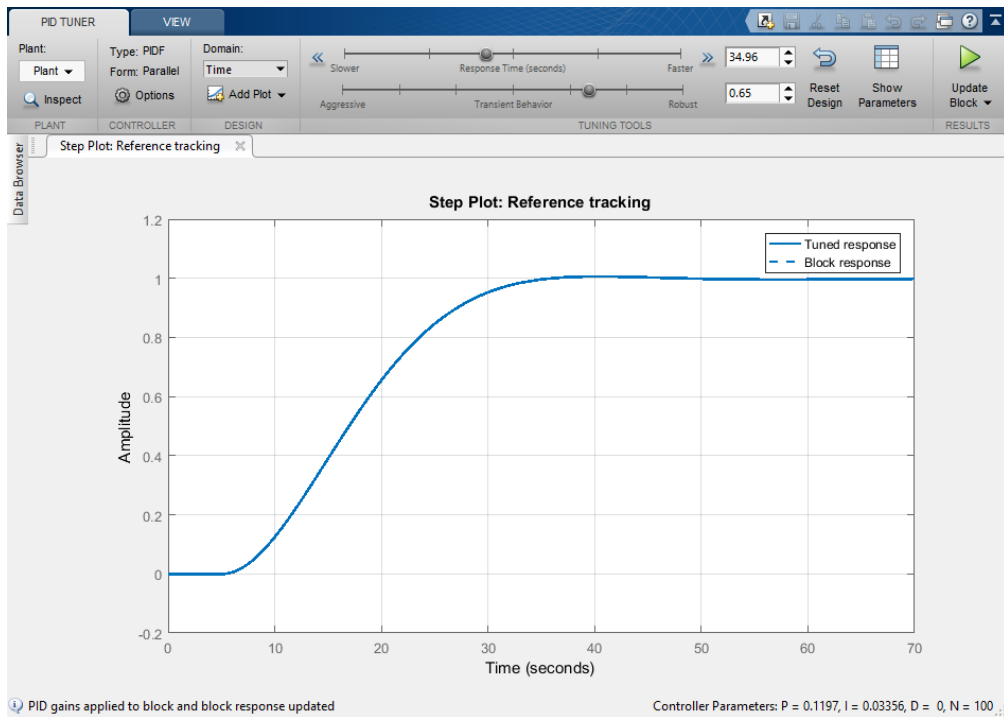


Рисунок 2 – Перехідна функція за ступінчастим сигналом при налаштуванні ПД – регулятора.

Можна побачити, що графік перехідного процесу наближений до оптимального з точки зору перерегулювання і часу перехідного процесу. Відповідно даний регулятор забезпечить оптимальне енергоспоживання системи припливної вентиляції.

Висновки. Встановлено, що використання налаштувань ПД-регуляторів за допомогою програмного забезпечення MATLAB значно покращує ефективність системи припливної вентиляції, забезпечуючи стабільність та точність регулювання. Графіки демонструють динаміку параметрів системи протягом часу, вказуючи на швидкі та точні реакції системи на зміни в умовах експлуатації. В результаті впровадження оптимізованих ПД-регуляторів виявлено значний приріст енергоефективності, зменшивши споживання енергії системою припливної вентиляції.

Перелік використаних джерел:

1. Стефанов Є.В. Вентиляція та кондиціонування повітря. - СПб: Видавництво "Авок північний захід", 2005. - 401с.
2. Осипов О.І. Частотно-регульований асинхронний електропривод. - М:Видавництво МЕІ, 2004. - 81с.
3. Кудін В.Ф. Квазіоптимальне управління системою приточної вентиляції з використанням сучасних комп'ютерних технологій / В.Ф. Кудін, О.В. Торопов// Вісник університету «Україна», №8, Київ, 2010. – с. 174-178.

КОМБІНОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ УСТАНОВОК З ПРУЖНИМИ ЛАНКАМИ

Вступ. Автоматизація управління електроприводом ШПУ і КУ дозволяє підвищити їх продуктивність, надійність і довговічність роботи електромеханічного обладнання. Як підйомні установки глибоких шахт, так і КУ(конвеєрні установки) великої довжини, представляють собою складні електромеханічні комплекси, що включають пружні механічні ланки з розподіленими параметрами і системи електроприводу великої одиничної потужності. У зв'язку з цим доцільна розробка єдиної методики дослідження режимів функціонування потоково-транспортних установок з пружними ланками і способів побудови комбінованих систем управління електроприводом, що забезпечують крім виконання основних функцій – регулювання швидкості, обмеження динамічних навантажень.

При дослідженні поставлених завдань використано метод структурного моделювання складних електромеханічних систем, елементи теорії лінійних, комбінованих та оптимальних систем управління (СУ), математичний апарат теорії апроксимації та операційного обчислення. Побудова комбінованих. СУ електроприводами виконано на основі принципу підлеглого регулювання координат із послідовною та паралельною корекцією.

При синтезі цифрових моделей СУ застосований метод змінних станів з використанням прямого, послідовного та паралельного програмувань. Моделювання та дослідження перехідних процесів виконано на аналогових та цифрових ЕОМ.

Мета та завдання. Розробка математичної моделі статично врівноваженої системи підйому, яка відрізняється від існуючих тим, що в ній з високою точністю враховано пружні властивості канатів, що дозволяє досліджувати СУ електроприводом ШПУ будь-якого типу. Побудова та дослідження універсальної структурної схеми як системи, що включає електропривод і замкнутий механічний контур з пружними ланками, на основі якої виконати аналіз динамічних процесів.

Розробити цифрову модель комбінованої системи управління ШПУ та КУ з асинхронним приводом та ТРТ, що дозволяє досліджувати перехідні процеси за допомогою ЕОМ.

Запропонувати методику розрахунку електромеханічних характеристик та визначення основних параметрів силової частини асинхронного приводу з ТРТ підйомно-транспортних установок.

Розробка методики стабілізації динамічних навантажень в пружних системах за допомогою спеціальних пристроїв, що задають, і комбінованого управління. Обґрунтована можливість застосування асинхронної машини з фазним ротором у режимі вентильного двигуна у приводах КУ.

При вирішенні проблеми створення опимальних за динамічним навантаженням електроприводів підйомно-транспортних установок з пружними ланками, що забезпечують підвищення терміну служби обладнання, високу надійність і безпеку транспортування корисних копалин, до першочергових завдань необхідно віднести побудову математичних моделей складних електромеханічних систем з пружними ланками (ШПУ, КУ) і вибір комбінованих систем управління, що оптимізують режими їх функціонування.

Розроблена та проаналізована система комбінованого позиційного керування приводом ТП-Д з абсолютно жорсткими механічними ланками та з урахуванням пружних ланок. Виведені передавальні функції пружної системи з урахуванням постійних коефіцієнтів, що залежать від відносних коефіцієнтів мас, швидкості поширення пружних деформацій, коефіцієнтів згасаючих коливань.

Алгоритмічна схема моделі системи управління асинхронним двигуном з пропорційним регулятором швидкості та ТРТ наведена на рис.1. На охемі прийняті : J – наведений момент інерції системи; R_t - значення коефіцієнта при повністю відкритих тиристорах; M – статичний момент сил опору; Перемикання ступенів опорів (зміна коефіцієнту p) здійснюється блоком ВПС, який керується сигналами b та V Логічне пристрій (ЛУ) формує сигнали A, B, Z, D , які ступінчасто змінюють коефіцієнт і приводять в дію диференціюючу ланку.

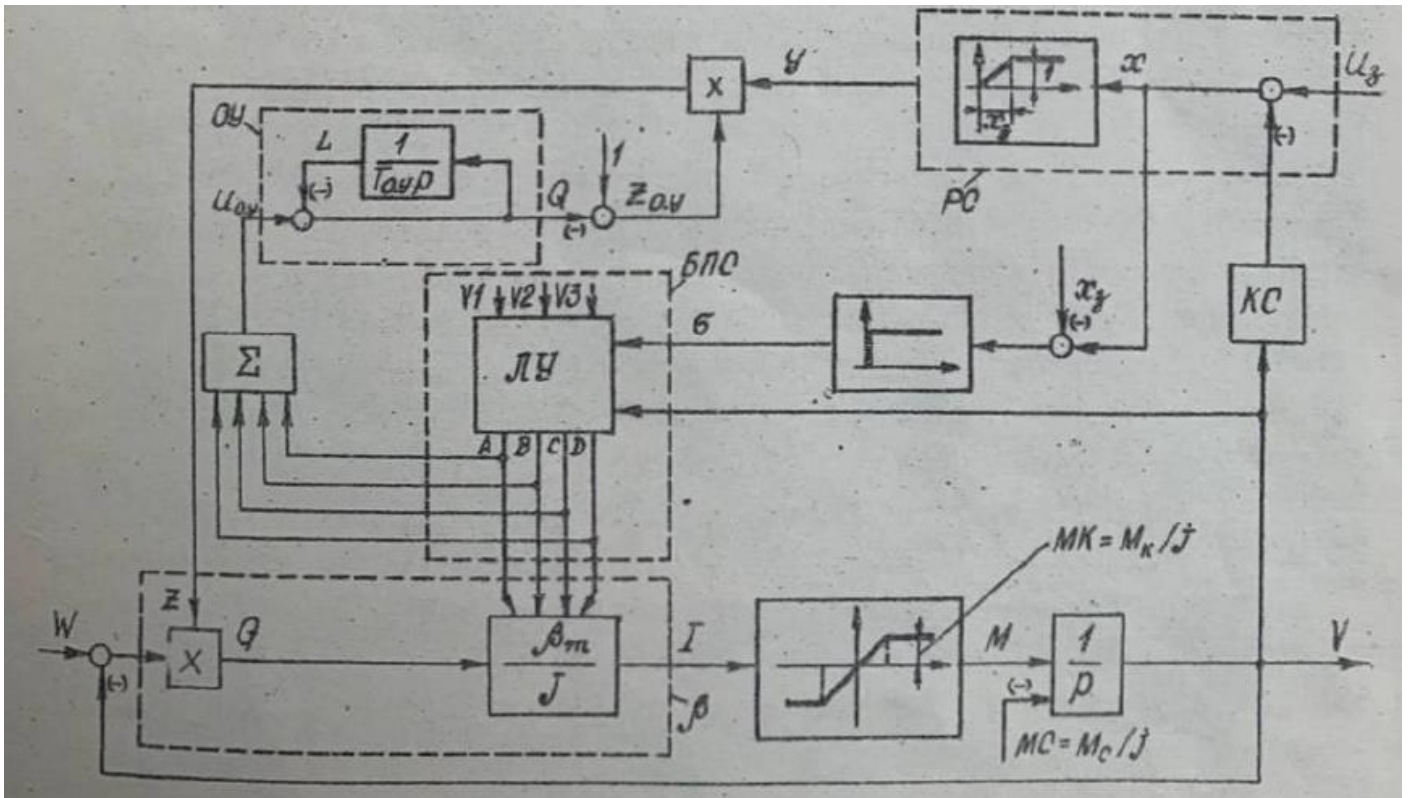


Рисунок 1 - Схема моделі системи управління асинхронним двигуном з пропорційним регулятором струму та ТРТ

Перемикання ступенів опорів (зміна коефіцієнту β .) здійснюється блоком ВПС, який керується сигналами σ та V логічний пристрій (ЛЮ) формує сигнали A, B, C, D , які ступінчасто змінюють коефіцієнт і приводять в дію диференціючу ланку. Для наведеної структурної схеми моделі управління асинхронним двигуном з пропорційним РС і ТРТ складені дискретні рівняння і програма дослідження на ЕОМ перехідних процесів. Отримані графіки зміни в часі U_i, M та V . Аналіз графіків показує, що застосування комбінованого управління дає можливість здійснити пуск за законом зміни керуючого впливу незалежно від навантаження. Крім того, суттєво зменшуються кидки струму.

На основі аналізу існуючих систем електроприводу змінного струму доведена доцільність застосування регульованого приводу КУ та ШУ асинхронної машини з фазним ротором у режимі ВД. Практичне значення має питання пуску, формування моменту та оцінка динамічних якостей ВД з ланкою постійного струму. Дослідження показали, що не комутаційна здатність інвертора, а допустиме його навантаження по струму визначає значення моменту при зміні кута випередження управління. Таке положення про обмежений момент важливо з точки зору можливості збільшення рушійного моменту, а отже і прискорення в період розгону.

Висновки. Застосування методу структурного моделювання є найбільш доцільним для аналізу динаміки електроприводів підйомно-транспортних установок з пружними механічними ланками.

Оптимальне управління підйомно-транспортними установками найбільш просто досягається застосуванням комбінованого управління, яке дозволяє за допомогою додаткових каналів компенсувати інерційність динамічних ланок та наблизить реальну замкнуту систему до безінерційної ланки, в результаті чого керовані змінні з високою точністю відтворюють задаючий вплив.

Наведені алгоритмічні схеми та цифрові моделі статично врівноважених підйомних установок з системами комбінованого управління є загальними для дослідження динаміки підйомних та конвеєрних установок будь-якого типу.

ОГЛЯД ВОДНЕВИХ ДЖЕРЕЛ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ТРАНСПОРТІ

Вступ. Воднева енергетика представляє собою зміну парадигми як для транспортного, так і для енергетичного секторів, з потенціалом для просування декарбонізації обох секторів шляхом їх об'єднання. Незважаючи на те, що транспортний сектор зараз має дуже низьку частку серед відновлюваної енергії, він зазнає фундаментальних змін, особливо в сегменті комерційних транспортних засобів, де з'являються транспортні засоби, що використовують в якості палива водень. Однією з головних проблем, пов'язаних з водневою енергетикою, є розробка та розгортання станції транспортування, зберігання та заправки. Відсутність належних методів синтезування та зберігання водню зменшує обсяги впровадження цього джерела альтернативної енергетики.

Мета роботи. Ця публікація має на меті надати чіткі визначення та пояснення щодо відповідних аспектів водневої енергетики.

Матеріал і результати дослідження. На сьогоднішній день можна зустріти різні методи синтезування водню, залежно від процедури та сировини. На основі розглянутих промислових комплексів можна виділити три основні види водню, що отримують та використовують в промисловості:

Зелений водень – відновлювані джерела енергії та практично нульові викиди. Зелений водень виробляється шляхом електролізу шляхом розщеплення молекул води на окремі елементи. Під час цього процесу виробляються лише водень і кисень. Кисень може безпечно викидатися в атмосферу як побічний продукт. Електроліз потребує електричної енергії, виробленої за допомогою відновлюваних джерел, як-от вітрової та сонячної енергії у випадку зеленого водню. На додаток до електролізу, зелений водень також можна виробляти шляхом парової конверсії біометану та піролізу біогенної сировини. Зелений водень – це найчистіший спосіб виробництва водню з найменшими (близькими до нуля) викидами CO₂.

Блакитний водень – паровий риформінг, уловлювання та зберігання вуглецю. Блакитний водень отримують шляхом розщеплення природного газу на водень і CO₂, наприклад, за допомогою парової конверсії метану (SMR). CO₂ не викидається в атмосферу, а вловлюється в процесі і зберігається. Цей процес уловлювання та зберігання вуглецю (CCS) пом'якшує вплив на навколишнє середовище.

Сірий водень – виробляється з вичопного палива. Сірий водень виробляється подібно до блакитного водню з вичопного палива, наприклад вугілля або природного газу. Однак викиди вуглецю викидаються в атмосферу, що робить цю технологію менш безпечною для навколишнього середовища.

Зберігання та розподіл водню. Після того, як водень вироблено та оброблено, його потрібно розподіляти та безпечно зберігати. Водень може фізично зберігатися в газоподібному або рідкому вигляді. Температура кипіння водню -252,9 °C. Через криогенну температуру кипіння рідкий водень потребує наднизького охолодження для безпечного зберігання або має бути органічно зв'язаним. З іншого боку, газоподібний водень, який зберігається за нормальних температур, потребує розчинів під високим тиском для зберігання та транспортування, щоб досягти такої ж щільності енергії, як і криогенний водень. Істотною перевагою водню є те, що він може довго зберігатися без втрат у вигляді газу. Крім того, можна використовувати багато існуючої інфраструктури природного газу. Однак водень має низьку об'ємну щільність енергії при атмосферному тиску порівняно з іншими носіями енергії, такими як природний газ або нафта. Газоподібний водень можна поширювати до точки використання або в резервуарах високого тиску, або по трубопроводу. Транспортування в резервуарах високого тиску стикається з проблемами, що й зберігання в посудинах високого тиску, і може бути полегшено за допомогою автомобільного, залізничного або морського транспорту. Це робить це рішення гнучким і придатним для досягнення будь-якої точки призначення без потреби в новій інфраструктурі. Також можна транспортувати водень трубопроводом, змішуючи водень із природним газом, щоб зменшити ризики та зменшити необхідні адаптації до трубопроводу, без їх заміни. Однак, якщо частка водню перевищує 40%, такі деталі, як компресори та турбіни, ймовірно, доведеться замінити, щоб впоратися з більшим об'ємним потоком водню. Зберігання та розподіл водню на місці є здійсненним, але вимагає концепції безпеки та випробувань перед введенням в експлуатацію. Проблеми в основному пов'язані з баками високого тиску, а також із самою системою заправної станції. Крім того, компанії повинні забезпечити цілісність компонентів, а також навчання співробітників безпечному поводженню з воднем.

Промисловість, мобільність, логістика. Амбітні цілі щодо декарбонізації та зростання цін на CO₂ змушують компанії шукати нові способи виробництва та живлення логістичних парків, потягів і транспортних засобів. Перехід на відновлювані джерела енергії з низьким рівнем викидів вимагає інноваційних ідей, які виходять за рамки теперішнього рівня розвитку енергетичного сектору. Особливо енергоємні програми підприємств, важкі транспортні засоби та переробна промисловість потребують глобальних рішень, щоб здійснити перехід до чистої енергії. На сьогоднішній день нафтопереробка, виробництво аміаку, виробництво метанолу та виробництво сталі є основними споживачами водню. Більша частина водню досі постачається за допомогою викопного палива. Таким чином, існує величезний потенціал для скорочення викидів за допомогою водню з низьким вмістом вуглецю. Значна частка водню на основі викопного палива виробляється з використанням природного газу за допомогою парової конверсії метану. Модернізація цих існуючих виробничих потужностей технологією уловлювання та зберігання вуглецю є одним із способів декарбонізації використання водню в найближчій або середньостроковій перспективі. Очікується, що попит на аміак і метанол зросте протягом наступних кількох років, що дозволить постачальникам низьковуглецевого та екологічно чистого водню задовольнити зростаючий попит.

У довгостроковій перспективі виробництво сталі та інші високотемпературні галузі отримають прибуток від величезного потенціалу водню з низьким вмістом вуглецю. Однак через технологічну складність і велику кількість необхідної чистої енергії, галузь потребуватиме політичної підтримки та низьких цін на відновлювальну електроенергію, щоб отримати можливість декарбонізації.

Автомобілі на водневих паливних елементах і паливо з низьким вмістом вуглецю на основі водню сприятимуть декарбонізації транспортного сектору. Однак конкурентоспроможність електромобілів на паливних елементах (FCEV) залежить від ціни паливних елементів, інфраструктури заправних станцій і наявності водню з низьким вмістом вуглецю. Хоча ці фактори, ймовірно, уповільнять адаптацію FCEV у секторі особистого транспорту, потенціал водню величезний у комерційному та сільськогосподарському секторах. Для дорожньої логістики важливо буде знизити ціну на водень у місці використання. Таким чином, будівництво водневих станцій, які обслуговують невеликі автопарки комерційного транспорту, може допомогти забезпечити високий рівень використання заправних станцій і, таким чином, може стати способом розпочати будівництво інфраструктури.

Невеликі комерційні транспортні засоби, такі як вилкові навантажувачі з двигунами на водневому паливі, будуть хорошим вибором у регіонах, де водень доступний на місці, наприклад, на підприємствах логістики та виробництва сталі.

Судноплавство та авіація мають обмежені можливості для декарбонізації, окрім палива на основі водню. Водень може допомогти скоротити викиди в судноплаванні для досягнення екологічних цілей. Авіаційний сектор міг би використовувати рідке паливо на основі водню для декарбонізації.

Висновок. У цій статті було розглянуто парадигми водневої енергетики, декілька методів синтезу водню, проблематику зберігання, розподілу та масового впровадження використання водню в транспортній та промисловій галузі, варіанти використання водню в промисловості, транспортному секторі, логістиці.

Список використаних джерел:

1. Al-Baghdadi, Maher. "An Overview of Hydrogen as an Alternative Fuel." *Encyclopedia*, 2020, Web.
2. Jankowski, Antoni, and Mirosław Kowalski. "Alternative fuel in the combustion process of combustion engines." *Journal of KONBiN*, vol. 48, no. 1, 2018, pp. 55-81.
3. Hydrogen services for clear future. *TUV SUD*. [Online]. URL: <https://www.tuvsud.com/en/themes/hydrogen> (дата звернення 20.11.2023)
4. Pandey, Bhoopendra, et al. "Recent progress in thermochemical techniques to produce hydrogen gas from biomass: A state of the art review." *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 44, no. 47, 2019, pp. 384-415.

АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ ТИСКОМ В ГІДРАВЛІЧНИЙ СИСТЕМІ ПРОХІДНИЦЬКОГО ЩИТА

Вступ. Прохідницькі щити використовуються з різними приводами, такими як електричні або гідравлічні двигуни. У прохідницькому щиті ПЩ-3,6 використовується гідропривод з гідроциліндрами, які через храповий механізм обертають планшайбу [1]. Всього використовуються дві пари гідроциліндрів, які працюють по чергово. Порожнини циліндрів з боку штоків з'єднані між собою, утворюючи замкнену систему (рис. 1). Ця замкнена система може мати проблеми з витіканням рідини через ущільнювачі, що призводить до падіння тиску, посилення внутрішніх перетоків та нагрівання рідини. Для уникнення таких ситуацій встановлено гідроблок підкачки, але через часте зниження тиску керування ним може бути складним і важким для машиніста щита. Таким чином, автоматизація підтримки тиску робочої рідини є актуальною задачею.

Мета роботи полягає в підвищенні надійності і довговічності гідравлічної системи привода повороту за рахунок автоматизації підкачування рідини.

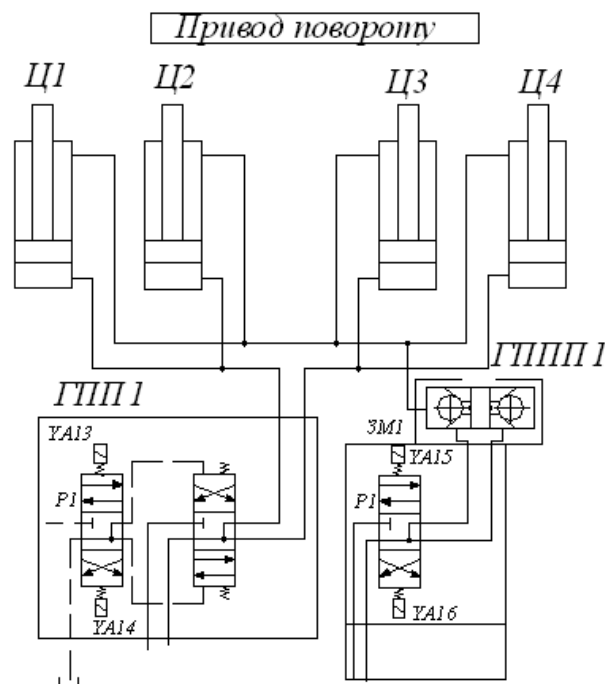


Рисунок 1 – Гідравлічна система привода повороту планшайби

Для досягнення мети запропонований пристрій автоматизації підкачки, блок-схема якого показана на рис. 2. Пристрій включає ряд компонентів: датчик тиску ДТ, шунт Ш, пристрій підсилення сигналу ПП, схему порівняння СП, пристрій завдання ПЗ, фільтр Ф та силовий ключ СК [2, 3]. Ця система використовується для контролю тиску рідини у замкненій системі трубопроводів ЗСТ та керування електромагнітом ЕМ гідророзподільника блоку підкачування.

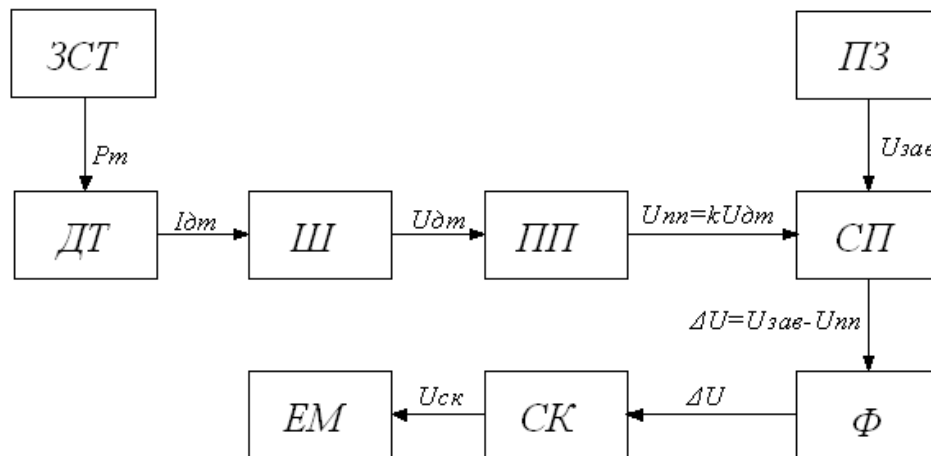


Рисунок 2 –Блок-схема пристрою керування тиском в замкненій системі трубопроводів

Пристрій працює наступним чином. Під час падіння тиску P_t у ЗСТ, це одразу фіксує ДТ і вихідний струм I_{dt} зменшується, а як наслідок зменшується і напруга на шунті U_{dt} . Після підсилення сигналу у ПП при номінальному режимі ми б отримали $U_{зав}=kU_{dt}$, але так як U_{dt} знизилася, то у СП з'явиться різниця сигналів $U_{зав}$ і kU_{dt} . Ця різниця поступає на фільтр, так як із-за часткової вібрації можливо з'являться перешкоди. Щоб уникнути підсилення у силовому ключі цих перешкод ми і підсилюємо чистий сигнал. Після спрацювання СК в нас активується котушка електромагніту гідророзподільювача і відбувається перемикання у режим підкачки рідини. Коли ж тиск P_t зріс до номінального, то різниця у схемі порівняння зменшується до нуля і силовий ключ вимикає електромагніт ЕМ, а гідророзподільник під дією іншої котушки електромагніту повертається до початкового, нейтрального положення. Робота приводу продовжується і згодом тиск у ЗСТ через протікання рідини крізь манжети та ущільнювачі знову знижується. Таким чином, ця система реагує на падіння тиску у трубопроводі, відслідковуючи його через датчик тиску та використовуючи різницю сигналів для керування підкачкою рідини. Такий підхід дозволяє підтримувати стабільний тиск у замкненій системі підкачки рідини під час роботи.

Висновки. На основі аналізу роботи гідропроводу планшайби прохідницького щита ПЩ-3,6 запропонована автоматизація керування підкачуванням робочої рідини та розроблена блок-схема пристрою автоматизації. Подальшими напрямками роботи є вибір обладнання та моделювання роботи гідропроводу.

Список використаних джерел:

1. Остроух П.М. Технічний паспорт та схеми монтажу прохідницького щита ПЩ-3,6. – К.: УМ ВАТ «Київметробуд», 1990.
2. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.
3. Проектування систем автоматизації [Текст]: навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.

References:

1. Ostroukh P.M. Technical passport and installation diagrams of the tunneling shield ПЩ-3,6. – Kyiv: DM OJSC "Kyivmetrobud", 1990.
2. Popovych M.H., Kovalchuk O.V. Theory of Automatic Control: Textbook. - 2nd ed., revised and enlarged. - K.: Lybid, 2007. - 656 p.
3. Design of automation systems [Text]: teaching. manual / M.S. Pushkar, S.M. Protsenko - D.: National Mining University, 2013. - 268 p.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ВПЛИВУ НА ПРОДУКТИВНИЙ ПЛАСТ СВЕРДЛОВИНИ

Вступ. Основними причинами зниження продуктивності більшості свердловин є зниження проникності пласта та зниження фільтраційно-ємнісних властивостей привибійної зони пласта при їх експлуатації. Техногенні зміни природної структури порохового простору відбуваються також при фільтрації флюїдів в процесі розробки покладів. Технологічні (вода, що закачується в пласт) і природні (нафта) флюїди містять в собі велику кількість твердих домішок різноманітного походження – механічні, сольові, біологічні, асфальтеносмолистопарафінові та ін. При фільтрації флюїдів відбувається закупорювання частини пор пласта цими домішками (кольматаж порових систем). За певного ступеня насичення простору пор кольматанним середовищем може бути досягнутий поріг провідності та система пор практично втратить фільтруючу здатність. Запропонований пристрій вирішує задачу розробки пристрою для проведення багатократного гідроімпульсного впливу на продуктивний пласт свердловини й акумуляції тиску для його проведення.

Опис конструкції пристрою. На рис. 1, що ілюструє розглянуту конструкцію, схематично показано наступне.

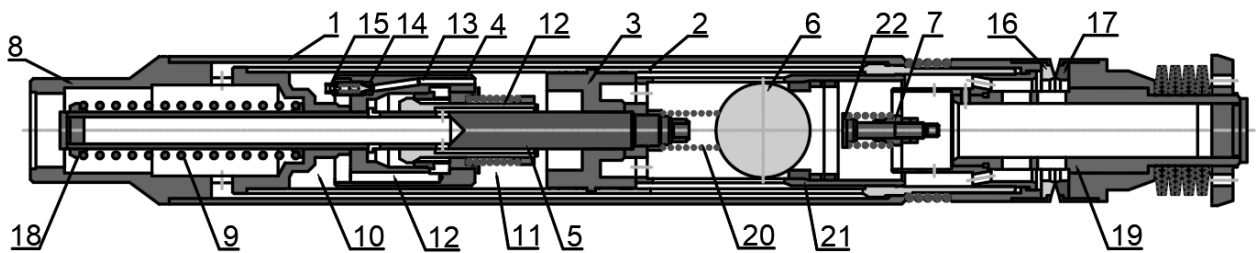


Рисунок 1 – Конструкція пристрою для гідроімпульсного впливу

Пристрій містить полий корпус 1, всередині якого розташовані труба з радіальними каналами 2, перегородка з осьовим отвором 3, штовхач 5, кульковий клапан 6, перевідник з упором 7. У верхній частині на кінці корпусу розташований патрубок 8 для з'єднання з трубами НКТ, який містить в собі радіальні отвори та зворотну пружину 9. Між патрубком і перегородкою розташований ступінчатий полий поршень 4. Простори «патрубок-поршень» та «поршень-втулка» утворюють камери 10 і 11 відповідно. Підпружинений кільцевий клапан 12 виконаний з можливістю взаємодії з перегородкою 3 при наближенні кулькового клапана 6 до упору 7 та герметично розміщений в порожнині ступінчатого полого поршня 4. У ступінчатому поршні виконаний канал 12, який встановлений з можливістю з'єднання виходу рідини з кільцевого підпружиненого клапана 12 з зоною камери 10 над ступінчатим полим поршнем, а камери виконані герметично та заповнені нейтральною рідиною. У каналі 13 ступінчатого полого поршня встановлений перепускний клапан 14 з гвинтом 15. Нижня частина пристрою містить пару коронки 16 і 17, закріплених на підпружинених упорах.

Принцип роботи пристрою. Перед спуском пристрою в свердловину його налаштовують на певний тиск спрацювання, при подачі якого на вхід пристрою він починає випромінювати імпульси тиску та витрати. Установку тиску спрацювання проводять шляхом зміни зусилля на запірний елемент перепускного клапана 14 гвинтом 15. Далі гайкою регулювання 18 встановлюють обмеження по осьовому переміщенню штовхача 5 для встановлення визначеної частоти випромінювання імпульсів тиску та витрати для даної свердловини.

При роботі струминним насосом рідина з пласта тисне на верхню коронку 16, відкриває її та через канали трубки 19 та перевідника 7 відкриває кульковий клапан 6 та по порожнині між трубою та корпусом і через отвори в патрубку 8 через НКТ потрапляє на прийом струминного насоса. Таким чином пристрій не створює завад при вилученні продукції свердловинним насосом.

Після зупинки струминного насоса кульковий клапан 6 під власною вагою та дією пружини 20

закривається та на клапанну клітку 21 починає діяти зусилля, визначене різницею між встановленим гідростатичним тиском після зупинки струминного насоса над кульковим клапаном та забійним тиском під кульковим клапаном. Так як гідростатичний тиск набагато більший ніж забійний, то дане зусилля спрямоване вниз. У цьому випадку пристрій буде виконувати функції зворотного клапана, так як кульковий клапан 6 закритий.

Але якщо забійний тиск буде знижений настільки, що різниця гідростатичного та забійного тиску перевищуватиме тиск спрацювання, на який пристрій було налаштовано перед спуском, то перепускний клапан 14 відкриється. Рідина з камери 11 почне перетікати в камеру 10, що викличе повільне переміщення полого ступінчатого поршня 4 та клапанної клітки 21 вниз. Їх повільне переміщення вниз продовжується до взаємодії кільцевого клапана 12 з перегородкою 3. У цей момент підпружинений кільцевий клапан відкриється і рідина з камери 11 почне швидко перетікати в область камери 10. При цьому кульковий клапан 6 в закритому стані досягає опорного підпружиненого майданчика 22 та, досягнувши упору 7, відкривається. Через високу швидкість переміщення клапанної клітки 21 вниз відкриття кулькового клапана 6 відбудеться практично миттєво та рідина під дією різниці гідростатичного та забійного тисків почне переміщуватися через канали пристрою і тиснути на коронку 17. Під дією цього тиску коронка опуститься і далі рідина в формі імпульсу тиску та витрати діє на пласт. Так як гідравлічний опір потоку рідини через пристрій значно менше, ніж фільтраційний опір пласта, тиск рідини над і під пристроєм вирівнюються. Під дією зворотної пружини 9 вище заданого обмеження кульковий клапан 6 закриється. Якщо різниця тиску над і під пристроєм буде також перевищувати тиск спрацювання, то клапанна клітка та ступінчатий поршень почнуть повільно переміщуватися вниз для створення нового імпульсу.

Висновки. Таким чином, при зниженні продуктивності свердловини пристроєм можливо провести гідроімпульсний вплив на продуктивний пласт свердловини при різних способах видобутку нафти. При цьому пристрій виконує функції зворотного клапана та акумулятора тиску для проведення гідроімпульсного впливу на продуктивний пласт свердловини та надійно працює в компонуваннях видобувних і нагнітальних свердловин. Ефективність впливу пристрою на пласт визначається в основному очисткою фільтраційних каналів, в яких імпульси тисків створюють дотичні напруження та зривають накопичені відкладення зі стінок фільтраційних каналів, потім потік рідини відносить накопичені відкладення від забою свердловини.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОНОМНОГО ГЕНЕРАТОРА ЗА ДІАГНОСТИЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Вступ. Актуальність даної теми полягає в тому що, автономні джерела електричної енергії на базі двигунів внутрішнього згорання відіграють ключову роль у надійному забезпеченні електроенергією промислових, комунальних та інших об'єктів у випадках аварійного відключення основних мереж.

Мета і задачі. Метою даної роботи є визначення показників ефективності циліндро-поршневої групи (ЦПГ) двигуна, особливо в режимі компресора автономного електричного генератора та розробка пристрою для діагностики генератора в складних умовах за діагностичними показниками.

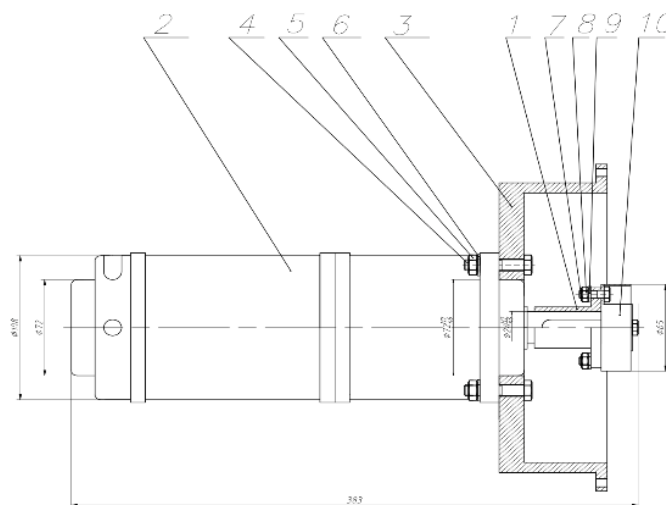
Для досягнення поставленої мети у роботі вирішувались наступні задачі:

- Розробка конструктивного рішення для інтеграції електричного двигуна з планетарним редуктором, з метою ефективного контролю частоти обертання маховика, що передбачає аналіз взаємодії електромеханічних та механічних компонентів для забезпечення оптимального режиму роботи.

- Розробка методики для інтеграції механізму ручного стартера з електричним двигуном і планетарним редуктором, забезпечуючи надійний запуск двигуна в компресорному режимі, включно з визначенням необхідних технічних параметрів і вимог до компонентів системи.

- Визначення коефіцієнта стиснення у двигунах внутрішнього згорання як ключового діагностичного індикатора, виходячи з теоретичного адіабатичного циклу, для оцінки загальної ефективності двигуна.

Матеріал і результати. Визначення показників ефективності циліндро-поршневої групи (ЦПГ) двигуна, особливо в режимі компресора, є важливою задачею у процесі діагностики та обслуговування двигунів. При цьому, особливий інтерес представляє метод, який включає в себе вимірювання моменту прокрутки колінчастого валу без подачі палива, використовуючи струм та рівень напруги двигунів стартера. Цей метод може бути корисним для визначення стану ЦПГ, а також для діагностики потенційних проблем (рис. 1).



1 – Полумуфта; 2 – Двигун постійного струму 12В; 3 – Фланець перехідний;
4 – Болт М6 (4 шт.); 5 – Гайка М6 (4 шт.); 6 – Шайба М6 (4 шт.); 7 – Болт М4 (6 шт.);
8 – Гайка М4 (6 шт.); 9 – Шайба М4 (6 шт.); 10 – Ручний стартер
Рисунок 1 – Пристрій для діагностування автономного генератора

Для прокрутки маховика доцільно використовувати електричний двигун, але так як частота обертання двигуна занадто велика є необхідність в її зменшенні. Для зменшення частоти обертання (до 1000 об/хв) використовується планетарний редуктор, який приєднується до електричного двигуна постійного струму і набору трещіток механізму ручного стартера, що дає змогу запустити двигун, який обладнаний ручним стартером у компресорному режимі.

В загальному випадку енергоефективність об'єкта можливо представити у вигляді коефіцієнта корисної дії (ККД) системи(рис. 2).

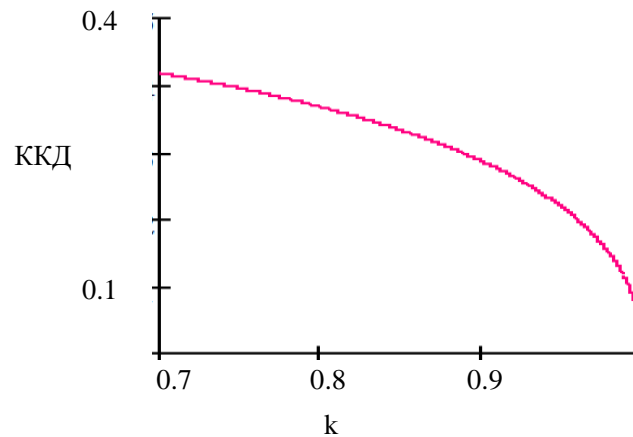


Рисунок 2 – Графік зміни ККД автономного джерела живлення від ступеню стиснення

З аналізу графіка слід відзначити гіперболічну залежність зміни ККД автономного джерела живлення від коефіцієнту відношення струмів.

Розрахунками зі значеннями показників двигуна Honda та стартеру визначено коефіцієнт стиснення ϵ , який дорівнює 2,41.

Висновки. Розроблено конструкцію для інтеграції електродвигуна з планетарним редуктором, націлену на точне управління швидкістю обертання маховика. Це включає аналіз взаємодії між електромеханічними та механічними елементами для забезпечення ідеальних умов роботи. Створено методологію для поєднання ручного стартера з електродвигуном та планетарним редуктором, гарантуючи ефективний пуск двигуна у режимі компресора. Це включає визначення ключових технічних параметрів та вимог до складових системи. Встановлено, що коефіцієнт стиснення у двигунах внутрішнього згоряння є важливим індикатором для діагностики, базуючись на теоретичному адиабатичному циклі. Це важливо для оцінювання загальної продуктивності двигуна.

Список використаної літератури

1.Шевчук С., Зайченко С., Опришко В., Аджєбі А. Визначення інерційних параметрів діагностичної системи для двигуна внутрішнього згоряння енергогенеруючої станції // Доповідь на 6-ій Міжнародній конференції IEEE зі "Smart Energy Systems" (ESS 2019) - Матеріали, с. 88-91, 2019.

2.Зайченко С.В., Куліш Р.Д., Дерев'янку Д.Г., Жукова Н.І. Обґрунтування діагностичних параметрів автономних джерел електричної енергії на базі двигуна внутрішнього згоряння при розробці системи технічного діагностування // Енергетика: економіка, технології, екологія, 2020, № 3 (61) – С. 29-34. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2020.228607>

3.Зайченко С., Шевчук С., Галєм А. Підвищення енергетичної ефективності автономного джерела електричної енергії шляхом регулювання газорозподілу двигуна внутрішнього згоряння // Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія», 2019, № 3, С. 74-81. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2019.196387>

Reference

1.S. Shevchuk, S. Zaichenko, V. Opryshko, A. Adjebi, Determination of the diagnostic system inertial parameters for power generating station combustion engine, Paper presented at the 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems, ESS 2019 - Proceedings, pp. 88-91, 2019.5

2.Zaichenko S.V., Kulish R.D., Derevyanko D.G., Zhukova N.I. Justification of diagnostic parameters of autonomous electric power sources based on an internal combustion engine in the development of a technical diagnostic system // Energetika: Economy, Technologies, Ecology, 2020, No. 3 (61) – Pp. 29-34. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2020.228607>

3.Zaichenko S., Shevchuk S., Halem A. Improving the energy efficiency of an autonomous source of electric energy by regulating the gas distribution of an internal combustion engine // Energetika: Economy, Technologies, Ecology, 2019, №. 3. – Pp. 74-81. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2019.196387>

ВОДНЕВА ЕНЕРГЕТИКА ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ

Вступ. Воднева енергетика — це сфера виробництва, зберігання та використання водню як джерела енергії. Ця галузь стає все більш актуальною в контексті пошуку стійких та екологічно чистих джерел енергії.

Нормативно-правове регулювання водневої енергетики визначається законами, стандартами та політикою різних країн і міжнародних організацій.

Мета роботи:

- Визначення кола нормативних документів, які регулюють дане питання виходячи з їх рівня (законодавство, постанови, державні норми, накази, інші документи);
- Встановлення глибини опрацювання питання в нормативних документах;
- Встановлення нормативних обмежень, які можуть вплинути на вирішення питання;
- Формування пропозицій щодо розвитку нормативного регулювання питання.

Об'єкт дослідження. Правова база для розвитку водневої енергетики.

Предмет дослідження. Методи державного регулювання на прикладі директив ЄС

Аналіз обмежень щодо реалізації розвитку водневої енергетики

Проблемою являється відсутність нормативно-правового регулювання у сфері водневої енергетики на території України.

Готовність газотранспортних мереж до транспортування суміші водню з природним газом сильно відрізняється в різних країнах ЄС. Галузь наразі на дуже ранній стадії становлення - на етапі пілотних проєктів та досліджень:

■ технічні ліміти вмісту водню для транспортування суміші з природним газом в ЄС будуть визначені після оцінки стану усіх мереж ГТС. Кожен газопровід в мережі може мати різну межу, залежно від матеріалів та віку газопроводу;

■ незалежно від фактичного вибору межі концентрації водню, буде необхідна адаптація газової інфраструктури, щоб забезпечити сумісність з воднем. Вимірювальне обладнання вимагає модернізації або заміни хроматографів, а газові турбіни, компресорні станції, баки для ЗПГ та деякі типи сховищ можуть приймати лише низьку концентрацію водню (<5%), і також можуть потребувати модернізації;

■ змішування, швидше за все, буде тимчасовим, або перехідним рішенням, враховуючи існування технічного та економічного обмеження концентрації водню за обсягом, з яким може впоратись традиційна інфраструктура газу.

Детальний аналіз групи нормативних документів

Директива 2014/94/EU - Директива встановлює загальну структуру заходів для розгортання інфраструктури альтернативних видів палива в Союзі з метою мінімізації залежності від нафти та пом'якшення впливу транспорту на навколишнє середовище, Директива встановлює мінімальні вимоги до розбудови інфраструктури альтернативних видів палива, включно з пунктами підзарядки для електромобілів і пунктами заправки природним газом і воднем, які мають бути реалізовані за допомогою національних політичних рамок держав-членів, також загальні технічні специфікації для таких пунктів підзарядки та заправки, а також вимоги до інформації для користувачів. Кожна держава-член ухвалює національну політичну основу для розвитку ринку альтернативних видів палива в транспортному секторі та розгортання відповідної інфраструктури.

Забезпечення воднем автомобільного транспорту. Держави-члени, які вирішують включити водневі автозаправні пункти, доступні для громадськості, до своїх національних стратегічних рамок, повинні забезпечити, щоб до 31 грудня 2025 року була доступна відповідна кількість таких пунктів, щоб забезпечити обіг транспортних засобів, що працюють на водневому двигуні, у тому числі транспортні засоби на паливних елементах у межах мереж, визначених цими державами-членами, включаючи, де це доречно, транскордонні зв'язки.

Документ 52020DC0301 Повідомлення Комісії до Європейського Парламенту, Ради,

Європейського економічного та соціального комітету та комітету регіонів. Воднева стратегія для кліматично нейтральної Європи.

Водень можна використовувати як вихідну сировину, паливо або енергоносіє і зберігати, і він має багато можливих застосувань у промисловості, транспорті, енергетиці та будівництві. Найголовніше те, що він не виділяє CO₂ і майже не забруднює повітря під час використання. Таким чином, він пропонує рішення для декарбонізації промислових процесів і економічних секторів, де скорочення викидів вуглецю є терміновим і важко досяжним. Усе це робить водень необхідним для підтримки зобов'язань ЄС досягти вуглецевої нейтральності до 2050 року та для глобальних зусиль із виконання Паризької угоди, одночасно працюючи над нульовим забрудненням.

ДИРЕКТИВА (ЄС) 2018/2001 Європейського Парламенту та Ради. Директива встановлює обов'язкову ціль Союзу щодо загальної частки енергії з відновлюваних джерел у валовому кінцевому споживанні енергії Союзом у 2030 році.

Держави-члени спільно забезпечують, щоб частка енергії з відновлюваних джерел у валовому кінцевому споживанні енергії в Союзі у 2030 році становила щонайменше 32 %.

Європейська рада на своєму засіданні 12 грудня 2019 року схвалила мету досягнення кліматично нейтрального ЄС до 2050 р. і в цьому контексті взяв до уваги Європейське Повідомлення Комісії про Європейську зелену угоду, яка має на меті зробити Європу перший кліматично нейтральний континент до 2050 року, боротьба з втратою біорізноманіття, забрудненням і реформуванням марнотратного використання ресурсів шляхом переходу до економіки замкнутого циклу.

Висновки Ради від 25 червня 2019 року щодо майбутнього енергетичних систем в енергетиці Союзу для забезпечення енергетичного переходу та досягнення енергетичних і кліматичних цілей до 2030 р. і далі, де акцентується увага на розробці та розгортанні безпечних і стійких низьковуглецевих технологій, що сприяють декарбонізації; просування сектору зчеплення та інтеграції секторів; усунення регуляторних бар'єрів; і потреба в оцінці потенціалу водню, зокрема з відновлюваних джерел, з метою найкращого використання існуючої газової інфраструктури ЄС у декарбонізованій енергетичній системі.

Висновки: Відновлюваний водень із низьким вмістом вуглецю може сприяти зменшенню викидів парникових газів до 2030 року, відновленню економіки ЄС і є ключовим будівельним блоком для створення кліматично нейтральної економіки з нульовим забрудненням у 2050 році шляхом заміни викопного палива та сировини в сектори, які важко де-карбонізувати. Відновлюваний водень також пропонує унікальну можливість для досліджень та інновацій, збереження та розширення технологічного лідерства Європи, а також створення економічного зростання та робочих місць у всьому ланцюжку створення вартості та в усьому Союзі.

Використання водневих технологій дуже перспективний та екологічний напрям на даний час. Має низку переваг, такі як екологічний вихлоп, застосування значної кількості приладів за допомогою водневих паливних елементів в технічній сфері. Можливість перевозити значну кількість водню у рідкому стані.

Також має багато складнощів у його масовому виробництві та використанні. Потрібно розвивати, вдосконалювати інфраструктуру виробництва та транспортування. Розроблення вантажних суден, автомобільних вантажівок здатних перевозити водень у рідкому стані. Має підвищені вимоги техніки безпеки.

Газова система потребує значного переоснащення для використання водню в газовій суміші. Після того, як технології виробництва і транспортування чистого водню отримають ступінь необхідної зрілості, саме на це має бути спрямовано основний потік інвестицій та ресурсів.

Процес електролізу та виробництва потребує значної кількості електроенергії, що в свою чергу викликає необхідність досліджувати та вдосконалювати ці процеси для отримання максимального ккд за мінімальних витрат електроенергії.

В цілому розвиток науки сприяє впровадженню цих технологій, та подальшому їх вдосконаленню та застосування.

Список використаних джерел:

1. Правова база для розвитку водневої енергетики.
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689332/EPRS_BRI\(2021\)689332_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689332/EPRS_BRI(2021)689332_EN.pdf)

2. Директива 2014/94/EU Європейського Парламенту та Ради. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02014L0094-20200524>
3. Документ 52020DC0301 Повідомлення Комісії до Європейського Парламенту, Ради, Європейського економічного та соціального комітету та комітету регіонів. Воднева стратегія для кліматично нейтральної Європи. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0301&qid=1700780505965>
4. Директива (EU) 2018/2001 Європейського Парламенту та Ради 11 грудня 2018 р. про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018L2001-20181221>

References:

1. Legal framework for the development of hydrogen energy. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689332/EPRS_BRI\(2021\)689332_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689332/EPRS_BRI(2021)689332_EN.pdf)
2. Directive 2014/94/EU of the European parliament and of the council. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02014L0094-20200524>
3. Document 52020DC0301 Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, the European economic and social committee and social committee and the Committee of the regions. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0301&qid=1700780505965>
4. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018L2001-20181221>

ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ ЛІГНОЦЕЛЮЛОЗНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СТАЛОГО АВІАЦІЙНОГО ПАЛИВА

Вступ. Сьогодні одним з провідних напрямків науки та досліджень в авіаційній галузі є розробка сталих авіаційних палив (САП). Пошук і вибір нових видів сировини, розробка нових технологій виробництва САП та інфраструктури їх використання є одним з пріоритетних завдань сучасної авіаційної промисловості. На сьогодні САП розглядаються як найбільш перспективний шлях до декарбонізації повітряного транспорту. Крім того, САП може забезпечити короткострокове і навіть довгострокове рішення для цивільної авіації щодо меншого впливу на навколишнє середовище порівняно з нафтовим паливом, а також диверсифікацію енергоресурсів. У той же час, САП, вироблені з відновлюваної сировини, повинні відповідати вимогам, пов'язаним з ефективністю, надійністю та довговічністю авіаційної техніки.

Ключем до успішної розробки та впровадження САП є наявність сировини у великих і сталих масштабах і за прийнятною ціною. Підвищення врожайності та зменшення витрат на плантації або транспортування можуть сприяти комерціалізації виробництва САП. Сьогодні існує велика різноманітність відновлюваної сировини або біомаси для виробництва САП. Її можна класифікувати за різними підходами, наприклад, за агрегатним станом, способом переробки, генерацією виробленого палива тощо.

Однією з найпростіших класифікацій є класифікація за агрегатним станом:

- сировина на основі нафти (рідини), наприклад, рослинні олії, відпрацьовані олії, олії водоростей та піролізні олії;
- тверда сировина, така як лігноцелюлозна біомаса (включаючи деревину, відходи лісового господарства та сільськогосподарські відходи) та муніципальні відходи (органічна частина);
- газоподібна сировина, така як біогаз та синтез-газ.

Олійна сировина зазвичай використовується для виробництва відновлюваного дизельного та авіаційного палива. Для переробки нафти зазвичай застосовують методи гідрогенізації, гідроочищення та каталітичного гідротермолізу.

Тверда сировина або лігноцелюлоза перетворюється на проміжний продукт з біомаси шляхом газифікації, спирти – за допомогою біохімічних або термохімічних процесів, цукор - за допомогою біохімічних процесів, а біомасла – за допомогою процесів піролізу. Синтетичний газ, спирти, цукор та біомасла можуть бути перероблені в авіаційне паливо за допомогою різних синтезів, ферментативних або каталітичних процесів.

Основна частина. Лігноцелюлозна біомаса є найпоширенішою сировиною рослинного походження на Землі, яку можна легко і стабільно відновлювати. Завдяки своїй поширеності в природі, вона недорога і значно дешевша за сиру нафту. Доступними джерелами лігноцелюлозної біомаси є різні сільськогосподарські відходи (кукурудзяна солома), енергетичні культури (світчграс), листяні та хвойні ліси, деревні залишки (тополя), а також тверді побутові відходи, відходи целюлозно-паперової промисловості тощо.

Різноманітність сировини, її велика кількість і дешевизна роблять лігноцелюлозну біомасу цікавою для хімічної та біотехнологічної промисловості, в тому числі для виробництва палива. Завдяки тому, що лігноцелюлозна біомаса може перероблятися повністю і майже без відходів, вона не конкурує з харчовою промисловістю і може швидко відновлюватися; паливо, вироблене з цієї сировини, може бути віднесено до біопалива другого або навіть третього покоління. Водночас існує низка технічних, інфраструктурних та економічних проблем, пов'язаних з промисловим використанням лігноцелюлозної біомаси та комерційним виробництвом САП.

Основними компонентами лігноцелюлозної сировини є целюлоза (35-50%), геміцелюлоза (20-35%) та лігнін (10-25%). Інша частина біомаси включає білки, олії та золу. Така біомаса має складну просторову структуру, де целюлоза (вуглеводний полімер) вкрита геміцелюлозою (також

вуглеводним полімером) і лігніном, які разом утворюють структуру високої щільності. Такий хімічний склад зумовлює високий потенціал лігноцелюлозної біомаси як сировини для виробництва необхідних хімічних речовин для різних галузей хімічної технології. Сьогодні науковці розробляють методи отримання різноманітних платформних хімічних речовин, таких як цукрові спирти, органічні кислоти, фурфурол та 5-HMF з лігноцелюлозної біомаси за допомогою технологій біорефінансування.

Одним з основних проблемних питань, пов'язаних з використанням лігноцелюлозної сировини, є розробка ефективних методів розкладання біомаси на основні компоненти (целюлозу, геміцелюлозу та лігнін) та перетворення їх у функціональні мономери, які в подальшому можуть бути використані в хімічній промисловості, в тому числі для виробництва САП. При розробці методів і технологій переробки сировини слід враховувати, що якісний і кількісний вміст основних компонентів – целюлози, геміцелюлози і лігніну - може змінюватися залежно від виду і походження біомаси.

Серед численних сполук, які можуть бути отримані шляхом перетворення біомаси, левулінову кислоту (ЛК) можна вважати однією з найбільш важливих і перспективних хімічних речовин. Левулінова є хімічним продуктом відносно простого виробництва. Підходи до виробництва ЛК базуються на гідролізі лігноцелюлозної біомаси з подальшою дегідратацією простих цукрів і перетворенням їх у бажані продукти. Тому ЛК вважається перспективною зеленою хімічною речовиною, що виробляється на основі біомаси, оскільки її можна отримувати з різної відновлюваної біомаси, наприклад, з жому цукрової тростини, рисової соломи, рисового лушпиння, деревної тріски, пшеничної соломи або трави.

Завдяки своїй структурі та хімічним властивостям, ЛА кваліфікується як цінна хімічна речовина, яка може бути використана для хімічної модифікації в різноманітні цінні продукти, такі як вуглеводневе паливо, паливні оксигенати, розчинники, мономери для полімерів, пластифікатори, засоби особистої гігієни, агрохімікати тощо.

Висновки. У рамках проведеного дослідження проаналізовано потенціал лігноцелюлозної біомаси для виробництва САП. Показано, що запаси цього виду сировини практично необмежені і можуть бути поповнені за короткий період часу; джерела цієї сировини дуже різноманітні – від спеціальних енергетичних культур до побутових і сільськогосподарських відходів. Одним з перспективних продуктів переробки лігноцелюлозної біомаси є левулінова кислота, яка може бути використана як хімічна платформа для різних сфер хімічної та біотехнології. В ході дослідження левулінову кислоту було використано як сировину для синтезу алкіллевулінатів, що застосовуються як компоненти авіаційних палив. На наступному етапі дослідження було проаналізовано основні фізико-хімічні властивості естерів левулінової кислоти та порівняно їх з властивостями традиційного авіаційного палива. Отримані дані показали, що властивості алкіл левулінату дещо відрізняються від властивостей звичайного авіаційного палива. У той же час, прогнозується, що використання алкіл левулінатів матиме позитивний вплив на покращення властивостей ДП, наприклад, низькотемпературних властивостей, пожежної безпеки, змащувальних властивостей та енергетичної цінності.

Результати, отримані в рамках цієї роботи, свідчать про необхідність подальших досліджень у цьому напрямку. Наступні дослідження мають бути присвячені аналізу більш широкого спектру фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей алкіл левулінатів як компонентів рідин, вивченню властивостей сумішей рідин з алкіл левулінатами та підбору оптимальних рецептур.

РОЗДІЛ 5: НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

УДК 690.9

Шовкалюк М.М., канд. техн. наук, доцент

Васильцов Д.А., магістрант

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПРОГРАМНІ ПРОДУКТИ ТА ІНСТРУМЕНТИ МОНІТОРИНГУ І АНАЛІЗУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ДЛЯ ЕНЕРГОМЕНЕДЖЕРІВ

Вступ. За останні роки в нашій державі введено в дію низку законів щодо регулювання у сфері енергоефективності: ЗУ «Про енергетичну сертифікацію будівель» [1], ЗУ «Про Фонд енергоефективності», ЗУ «Про енергоефективність», «Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання», «Про внесення змін до деяких законів України щодо створення умов для запровадження комплексної термомодернізації будівель» та ін. Відбувається гармонізація нормативно-правової бази з законодавством ЄС [2], впроваджуються нові ДБН, ДСТУ в сфері підвищення енергоефективності. Зі вступом в дію Постанови КМУ від 23 грудня 2021 р. [3] обов'язковим є створення служби енергоменедженту органами місцевого самоврядування. Систематичний контроль і моніторинг рівня енерговитрат та ресурсів є основою процесу управління енергозбереженням і побудови ефективної системи енергетичного менеджменту підприємства чи організації.

Мета роботи. Метою даного дослідження є огляд можливостей, переваг та недоліків існуючих програмних продуктів, що можуть використовуватись енергоменеджерами закладів освіти для моніторингу та аналізу енергоспоживання, а також для створення звітності.

Матеріал і результати дослідження. Важливі функції та показники, що накопичуються, характерні для програмного забезпечення, що використовується енергоменеджерами, зображено в табл.1. Наведена інформація є важливою складовою автоматизованого робочого місця енергоменеджера.

Таблиця 1 – Функції програмного забезпечення для робочого місця енергоменеджера

Бази даних		Моніторинг			Автоматизація
показники	документи	енергія	ресурси	мікроклімат	- сигнали про аварії, нештатні ситуації, - візуалізація результатів, - управління роботою обладнання
- покази лічильників ПЕР, - питоме споживання, - нормативи, - клас енергоефективності	-законодавство, форми звітності, - накази та ін., - методики, - паспорти на будівлі та обладнання, ін.	- комер. та техн. облік, - параметри енергії, - порівняльний аналіз, - накопичування	- хол. вода, - ГВП, - газ, - паливо, - ел.ен., ін.	- внутр. температура, - вологість, - CO ₂ , - освітленість, - режим експлуатації, та ін.	

Проведено огляд можливостей окремих поширених в Україні програм для використання енергоменеджерами та фахівцями у сфері енергоаудиту, енергосертифікації та управління енергоспоживанням:

- оперативний контроль і диспетчеризація: ACEM, Fela, Фіату, Display, СОКАТЕР, ENSI «Енергомонітор», ENSI «Муніципальне планування енергоефективності», EnergyPlan;
- проєктний аналіз: EnergyPlus, DesignBuilder, Reetscreen, MEIC,
- енергообстеження та енергоаудит: DesignBuilder, Audytor-ozc, ENSI EAB.

Налагоджування автоматизації процесів зчитування даних і передачі на робоче місце енергоаудитора є важливою умовою оперативного моніторингу і контролю. Це дозволить контролювати витрати ресурсів та енергії, управляти режимами енергоспоживання, планувати і прогнозувати витрати, створювати звітність, визначати фактичну економію і стимулювати персонал. Перспективним є також створення мобільних додатків із різним ступенем доступу до бази даних щодо

енергоспоживання та характеристик будівлі та обладнання залежно від ступеня залученості персоналу до управління витратами закладу чи організації. В ході дослідження було детально розглянуто різні інструменти для зчитування даних з лічильників, їх можливості, переваги та недоліки (див. табл.2).

Таблиця 2 – Порівняльний аналіз інструментів моніторингу та аналізу даних

Назва	Мобільна версія	Віддалене зчитування даних	Типи лічильників	Доступність	Особливості
READy	присутня, але використовується лише для збору даних з лічильників	Можливе	Витрати води, витрати тепла та охолодження	Висока вартість	Автоматизація зчитування даних з лічильників та завантаження цих даних на сховище
EKM Dash	відсутня	Можливе	Електроенергія, газ, вода	Безкоштовна, але зчитує дані лише з лічильників бренду	Працює тільки з лічильниками від виробника
Energy Lens	відсутня	Неможливе	Будь-які дані	Невелика вартість, є демо версія	Програма на базі екселю, в основному візуалізація даних
Efergy Engage	присутня	Можливе	Тільки електроенергія	Безкоштовна, потрібно встановлювати лічильник компанії	Застосунок для моніторингу електроенергії дому та сонячної енергії, рішення більше для самоконтролю та аналізу витрат
АСЕМ	присутня	Можливе	Тепло, електроенергія, водопостачання, температура, газ, тверде паливо	Платна, ціна залежить від конфігурації мережі та обладнання	Комплексне рішення для збору даних, система оповіщень, порівняльний аналіз даних

Висновки: регулярний моніторинг та аналіз споживання енергії є основою ефективної системи енергетичного менеджменту. Залежно від поставлених завдань енергоменеджери використовують різні інструменти та програмні продукти. Проведений в ході дослідження огляд буде корисним для застосування у практичній діяльності енергоменеджерів, інженерів-енергетиків, енергоаудиторів та фахівців у сфері управління енергоспоживанням житлово-комунального господарства.

Список використаних джерел:

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». Законопроект № 2118-VIII // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 33, ст.359.
2. ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання. (ISO 50001:2018, IDT) –(Державний стандарт України).
3. Порядок впровадження систем енергетичного менеджменту // Затв. постановою КМУ від 23 грудня 2021 р. № 1460 – 17 с.
4. Експертний огляд програмного забезпечення для енергомоніторингу та енергоменеджменту [Електронний ресурс] // Асоціація «Енергоефективні міста України». – 2018.

References:

5. Law of Ukraine "On Energy Efficiency of Buildings". Draft Law No.2118-VIII // Bulletin of the Verkhovna Rada, 2017, No.33, p.359.
6. DSTU ISO 50001:2020 Energy management systems. Requirements and instructions. (ISO 50001:2018, IDT).
7. Procedure for implementing energy management systems // Approved. Resolution of the Cabinet of Ministers of December 23, 2021 No.1460 – 17 p.
8. Expert review of software for energy monitoring and energy management [Electronic resource] // Association "Energy-efficient cities of Ukraine". - 2018.

ЕКОЛОГОЕНЕРГЕТИЧНІ НЕТРАДИЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ЇХ РОЗВИТКУ

У роботі представлено результати аналітичного огляду сучасного стану і перспектив розвитку водневої енергетики в європейських країнах та інших країнах світу.

Нині використання водню як потенційної альтернативи викопному вуглецевому паливу претендує на статус одного з основних каталізаторів енергетичної трансформації у напрямку сталого розвитку суспільства із всеохоплюючим застосуванням відновлювальних джерел енергії (ВДЕ).

Основна характеристика, що робить водень привабливою альтернативою традиційному паливу, – це його здатність горіти (точніше – окислюватися з виділенням енергії) без утворення CO₂.

Друга важлива характеристика – у формі водню енергію можна зберігати довше, ніж в акумуляторах. За потреби, ця енергія може бути знову перетворена в електрику, або ж спалена у формі газу, замість викопного палива.

Генерація електрики від сонячних та вітрових електростанцій (зараз це основні потужності ВДЕ) залежить від мінливої погоди, сонце та вітер не можна вмикати чи вимикати. Для безаварійної роботи електричних мереж генерація та споживання у будь-який момент часу мають збігатися.

Виробляючи водень у період надлишку потужностей і конвертуючи водень в електроенергію в моменти “провалу”, водень допомагає пристосувати непрогнозовану генерацію електрики від ВДЕ до можливостей мереж та потреб споживачів: (рис. 1)

Зараз більшість водню отримують із газу. При такому виробництві на 1 кг водню утворюється 9,3 кг CO₂. Також водень можна отримувати з газифікованого вугілля, але в процесі виходить більше викидів CO₂.

“Зеленим” або “чистим” називають водень, отриманий шляхом електролізу і для виробництва якого використано енергію з ВДЕ.

За даними BNEF, до 2050 року “зелений” водень зможе забезпечити близько 24 % світового споживання енергії. Зараз він дорожчий за “традиційний” водень: 2,5-5,5€/kg проти 1,5-2 €/kg у традиційного. Подальше зниження ціни електрики, а також введення податку на викиди CO₂ може швидко змінити ситуацію. За оцінками ЄС, до 2030 року в місцях з дешевою енергією від ВДЕ “зелений” водень почне конкурувати з “традиційним”: (рис. 2)

На конференції “Водень для кліматичних дій” у жовтні 2019 керівники європейських країн та бізнесу висловилися на підтримку водню. За словами віцепрезидента Єврокомісії, переробити наявну газотранспортну систему ЄС під потреби водню нескладно. Так само, як і переробити під водень заправки, що зараз використовують газ.

У рамках конференції презентували 11 проектів зеленої водневої енергетики, затверджені Єврокомісією. Упродовж наступних 5-10 років на їх реалізацію виділять понад 60 мільярдів євро. Головна мета – зменшення викидів вуглекислого газу (приблизно 35 млн тонн на рік). Європейська воднева стратегія, анонсована у липні 2020, передбачає 40 ГВт і 10 млн тонн “зеленого” водню. А до 2050 водень має стати головним енергоносієм і замінити викопне паливо у секторах економіки, які складно декарбонізувати.

У своїй аналітиці за 2019, Міжнародна енергетична агенція зазначає: “Лише декілька країн встановили конкретні цілі щодо використання водню у сфері електроенергетики. Однак, як можна зрозуміти з зазначено вище, ситуація дуже швидко розвивається на користь водню. ЄС – це глобальний економічний гравець. Ще у 2019 ніяких конкретних цілей по водню у ЄС не було, а вже в 2020 з’являється воднева стратегія з амбітними планами до 2030 року.

За даними цього ж звіту, виробляти водень будуть завдяки генерації сонячної та вітрової енергії. За розрахунками, вартість 1 кг водню складатиме \$0,8 – 1,6 з урахуванням зберігання та транспортування, що приблизно відповідає сьгоднішній вартості природного газу в енергетичному еквіваленті.

На економічні перспективи водню впливатиме ще один фактор, який складно передбачити – введення та/чи ріст податку чи інших обмежень на викиди CO₂. Для досягнення цілей Паризької кліматичної угоди, ціна на викиди CO₂ має зрости до 50-100 \$/т. CO₂ до 2030 року. В ЄС податок на CO₂ відрізняється залежно від країн: від 0,10 \$ у Польщі до 119 \$ у Швеції. В Україні податок на CO₂ становить 0,36 \$ за тону CO₂. Перспективи водню залежать від росту ціни і появи інших обмежень на викидами CO₂. Ціни у 32 \$ може бути достатньо, щоб водень почав конкурувати з газом у сфері маневрової електрогенерації.

Для порівняння вартості впровадження водневих технологій з традиційним, треба брати до уваги не лише капітальні витрати на впровадження, але і майбутні експлуатаційні витрати. Перші для водню будуть вищими, але другі – можуть бути значно нижчими. Більше того, в розрахунках потрібно враховувати втрати суспільства від забруднення, спричиненого традиційними технологіями. Якщо провести таке порівняння, то водень для людства вже зараз може виявитися більш вигідним паливом, ніж газ чи нафта.

Список використаних джерел:

1. Водень – паливо майбутнього? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ecoclubrivne.org/hydrogen_energy.
2. ВОДЕНЬ В АЛЬТЕРНАТИВНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ ТА НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЯХ. [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.materials.kiev.ua/Hydrogen/mono2.pdf>.
3. Водень – інноваційний енергоносіє майбутнього. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://forbes.ua/company/vodorod-sposoben-osvezhit-boloto-globalnoy-energetiki-i-zapustit-epokhu-rekonstruktsii-v-chem-ego-sila-17062021-1822>.
4. АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПАЛИВО ЯК ОСНОВА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ І ЕКОБЕЗПЕКИ АВТОТРАНСПОРТУ. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://core.ac.uk/reader/268399120>.
5. Колір водню: чому це важливо? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://enkorr.ua/uk/publications/kolr_vodnyu_chomu_ce_vazhливо/254421
6. СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У СВІТІ. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2021/5_2021/32.pdf.

СУЧАСНІ РІШЕННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЦІНКИ ТА КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ ПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Анотація: В роботі проаналізовані сучасні рішення забезпечення контролю безпеки постачання електричної енергії. Основна увага сконцентрована на виявленні особливостей і розбіжностей в оцінці та контролі безпеки постачання електричної енергії України та країнах ЄС. Розгляд нормативного регулювання та детальний аналіз нормативно-правових актів дозволить більш глибоко встановити загальні особливості контролю безпеки постачання електричної енергії та шляхів зменшення ризиків для енергетичної галузі.

Вступ. Оцінка та контроль безпеки постачання електричної енергії в сучасній Україні стає все більш актуальним завданням у зв'язку із приєднанням об'єднаної енергосистеми України до енергосистеми Європи та необхідності забезпечення безаварійної паралельної роботи.

В процесі імплементації третього енергетичного пакету ЄС в Україні прийнято Закон України «Про ринок електричної енергії» [1] (далі – Закон), в яких важливе місце приділяється саме безпеці постачання електричної енергії як індикатору рівня ризиків щодо можливості виникнення аварійних ситуацій в енергосистемі, а також моніторингу та контролю за процесами, які є визначальними для безпеки постачання.

Таким чином, сформована порівняльна таблиця 1, що дозволить в подальшому якісніше проаналізувати безпеку постачання електричної енергії.

Слід зазначити, що безпека постачання електричної енергії входить як складова частина зазначеної вище енергетичної безпеки, проте безпека постачання являє собою самостійну галузь за напрямком досліджень та роботи.

Мета та завдання статті є огляд сучасних підходів до оцінки безпеки постачання електричної енергії в Україні та країнах ЄС, а також пошук можливостей вдосконалення системи контролю безпеки постачання.

Матеріал і результати досліджень. Для виконання функції державного регулювання щодо забезпечення безпеки постачання електроенергії Міненерговугіллям було прийнято Наказ «Про затвердження Правил про безпеку постачання ЕЕ» від 27.08.2018 № 448 [2] (далі – Наказ) згідно з яким встановлено визначення моніторингу безпеки постачання, що означає систему безперервних спостережень за роботою електроенергетичної галузі щодо забезпечення потреб споживачів в електричній енергії.

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця

	Національна безпека України	Енергетична безпека	Безпека постачання електричної енергії
Нормативно-правове регулювання	Закон України «Про національну безпеку України»	Розпорядження КМУ «Про схвалення Стратегії енергетичної безпеки»	Закон України «Про ринок електричної енергії»

Визначення	Захищеність державного суверенітету, територіальної цілісності, демократичного конституційного ладу та інших національних інтересів України від реальних та потенційних загроз	Захищеність національних інтересів у сфері забезпечення доступу до надійних, стійких, доступних і сучасних джерел енергії технічно надійним, безпечним, економічно ефективним та екологічно прийнятним способом в нормальних умовах і в умовах особливого або надзвичайного стану	Спроможність електроенергетичної галузі забезпечувати потреби споживачів в електричній енергії
Рівень застосування	Національний	Національний	Галузевий

Зв'язки нормативних документів Міністерства енергетики та безпеки постачання електричної енергії зображена на рисунку 1.

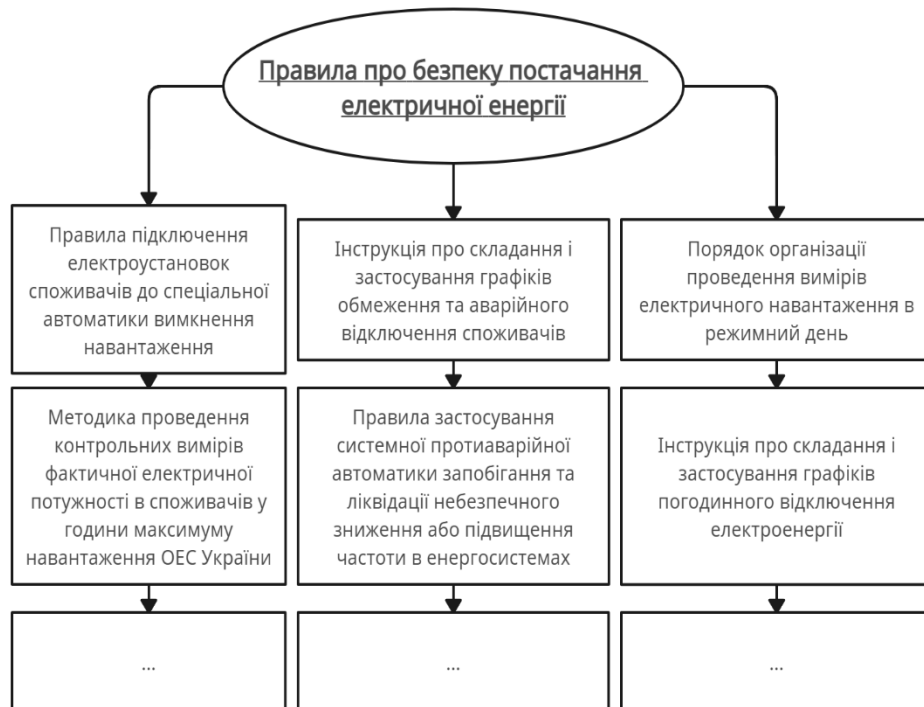


Рисунок 1 – Схематичне зображення зв'язків Правил про безпеку постачання електричної енергії та інших НПА Міністерства енергетики

Безпеку постачання слід розглядати як певну систему, в якій знаходяться окремі підсистеми або елементи, що можна зобразити таким чином:

$$S = \{STR, TECH, COND\},$$

де $STR = \{STR1, STR2, \dots\}$ – сукупність елементів, які реалізують постачання електричної енергії (технологічні, організаційні та ін.);

$ENV = \{ENV1, ENV2, \dots\}$ – сукупність елементів, які реалізують зовнішні чинники, які впливають на постачання електричної енергії;

$COND = \{\beta_{ex}, \beta_{in}\}$ – умови існування системи, тобто фактори, які впливають на її створення та функціонування.

Приклади формалізації оцінки безпеки та аналіз можливості їх застосування в сучасних умовах. Проаналізовано статтю [3], в якій розкривається безпека постачання електроенергії, як один з

найважливіших критеріїв ефективності електроенергетичного сектору. Автор критикує методології, які зосереджені лише на конкретному вимірі безпеки постачання електричної енергії (наприклад, встановлена потужність) та пропонує інтегровану методологію аналізу безпеки постачання електричної енергії на основі агрегованого індексу безпеки постачання.

Виконавши критичний аналіз статті, зроблено висновок, що зазначена вище методологія передбачає критичний огляд, перегляд та адаптацію базових національних енергетичних політик, на основі заздалегідь узгоджених критеріїв.

Також, проаналізовано статтю [4], яка присвячена обґрунтуванню методичного підходу щодо моніторингу електроенергетичної безпеки та розробці практичних рекомендацій щодо його впровадження.

Провівши аналіз статті, зроблено висновок що, авторами виконана об'ємна робота в сфері нормативно-правових актів, що стосуються безпеки постачання електричної енергії, також запропоновано охоплювати кілька різних компонентів, кожен з яких охоплює один з аспектів безпеки постачання електричної енергії. Проте, слід зазначити, що в зазначеній статті є кілька недоліків.

В статті зазначено, що жодного моніторингу безпеки постачання електричної енергії проведено не було. Слід зауважити, що на даний момент не існує усталеної практики проведення моніторингу, проте на момент публікації зазначеної статті (2021) вже було проведено моніторинг та опубліковано Звіт «Про результати моніторингу безпеки постачання електричної енергії» (далі – Звіт) за 2019 та 2020 роки. На сьогоднішній день створена модель моніторингу безпеки постачання, яка формалізовано представлено у вигляді Звіту, який відповідає Наказу, в створенні якого задіяно велику кількість державних енергетичних підприємств. Однак, проаналізувавши Звіти останніх років, зроблено висновок, що є певна відсутність висновків та дій на основі звітнього року для подальшого покращення безпеки постачання електричної енергії.

Таким чином, базові задачі, які повинні виконуватися по безпеці постачання не виконуються та не реалізовані в роботах. Крім цього, не сформовані взаємозв'язки між центральними органами для комплексної оцінки безпеки постачання

Висновки. Безпека постачання є одна з провідних показників, який повинен стати визначальним в частині оцінки діяльності суб'єктів господарювання на ринку електричної енергії. На сьогоднішній день існують рішення щодо моніторингу безпеки постачання електричної енергії, які запроваджені на державному рівні. При наявності зазначеного моніторингу, комплексного рішення щодо покращення безпеки постачання електричної енергії не існує.

На сьогоднішній день, рівень оцінки безпеки постачання у вигляді індикатора, який характеризує рівень ОЕС України, не досяг тієї важливості та особливості. Важливість теми безпеки постачання електричної енергії підкреслюється європейською практикою, а саме потужним блоком нормативно-правових актів. Розвиток безпеки постачання електроенергії в Україні дозволить створити більш надійне підґрунтя для європейських інвестицій у сферу енергетики в цілому.

Список використаних джерел:

1. Про ринок електричної енергії України: Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>.
2. Про затвердження Правил про безпеку постачання електричної енергії : Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 27.08.2018 № 448. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1076-18#Text>.
3. The Security of Electricity Supply: The Economic Downturn's Influence in Slovenia I. Zlatař,1 B. Kozan,2 R. Golob,2 and A. F. Gubina1 1Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia 2GEN-I d.o.o., Krško, Slovenia, pp. 3-10.
4. Губарева І. О., Салашенко Т. І. Моніторинг електроенергетичної безпеки як інструмент державного регулювання ринку електроенергії України, 2021, ст. 2-9.

ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ В НОВОМУ МІСТЕЧКУ ДЛЯ ПЕРЕСЕЛЕНЦІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

Вступ. Розв'язання проблеми залежності від імпортованих енергоносіїв потребує комплексного підходу, тому в законодавчій базі України [1,2] передбачено заохочення широкого використання альтернативних та відновлювальних джерел енергії під час комплексної термомодернізації будівельного сектору та реконструкції інженерних мереж. Застосування теплових насосів (ТН) для опалення та гарячого водопостачання (ГВП) сприяє досягненню глобальних цілей сталого розвитку (№ 7 affordable and clean energy, № 8 decent work and economic growth; № 9 industry, innovation and infrastructure; № 13 climate action) та імплементації Європейської зеленої угоди. Країни Європи широко впроваджують теплові насоси в системах теплопостачання. Значного прогресу в цих питаннях досягли Швеція, Німеччина, Норвегія, Франція, Данія. Багато країн пропонують субсидії та податкові пільги для переходу на централізоване опалення з використанням ТН. У Швеції і Данії вже проведено подібні масштабні проекти, у Німеччині існує програма KfW, яка фінансує до 30% вартості. Однак в Україні це обладнання поки не знайшло широкого застосування, передусім, через його високу вартість. Державний стандарт [3], присвячений використанню теплових насосів дещо застарілий та не враховує сучасних реалій. Ситуація з ринком теплових насосів в Україні на даний момент залишає бажати кращого. Частка теплових насосів у системах опалення значно менша, ніж у європейських країнах. Це пов'язано з низкою чинників: високою вартістю обладнання; недостатньому рівню державної підтримки і державних програм; недостатній інформованості; високою інертністю в прийнятті рішень. Однак перспективи зростання цього сегмента ринку досить обнадійливі з кількох причин:

- політичний фактор: Україна прагне знизити залежність від імпорту енергоресурсів, а ТН є альтернативою традиційним джерелам енергії;
- економічний фактор: незважаючи на високі початкові витрати, ТН окупаються завдяки низьким експлуатаційним витратам та тривалому строку експлуатації;
- екологічний фактор: використання ТН дозволить покращити стан якості повітря, що є актуальною проблемою для багатьох міст в Україні, з урахуванням ринку квот на викиди CO₂ надає додаткові економічні вигоди;
- технологічний фактор: розвиток технологій призводить до появи на ринку більш ефективних, надійних і дешевих ТН;
- соціальний фактор: зростає обізнаність населення про необхідність економії енергоресурсів та використання екологічно чистих технологій, що стимулює попит;
- інтеграція з іншими джерелами, що робить систему більш економічно привабливою.

Мета роботи. Метою даного дослідження ефективності роботи теплових насосів для теплопостачання та ГВП будинків для переселенців, що проектуються, із визначенням техніко-економічних показників.

Матеріал і результати дослідження. Аналіз технічних та економічних показників при виборі сценаріїв комбінованої роботи теплового насоса та централізованого енергозабезпечення є актуальною задачею на сьогоднішній день. Впливовими параметрами в ухваленні рішення про встановлення теплового насоса є капітальні витрати та терміни окупності проекту. Питання економічної доцільності проектів з використанням ТН передусім залежить від правильності підбору потужності теплового насоса, об'єму теплоакумулювального бака та оптимізації режимів його використання.

Розробленню методики коректного підбору параметрів теплового насоса і моделюванню його роботи з урахуванням змінного COP та інших впливових параметрів присвячено дане дослідження. В ході дослідження було розроблено математичну модель, яка надає можливість розраховувати окупність теплового насоса за різних сценаріїв. За допомогою моделювання було виконано:

- оцінку зміни окупності проекту при виборі різної потужності ТН відповідно до різної частки

забезпечення тепловою енергією багатоквартирного будинку;

- розрахунок потужності ТН для забезпечення 100% потреб у гарячій воді влітку;
- розрахунок оптимального співвідношення між потужністю теплового насоса та об'ємом теплоакумулювального бака;
- розрахунок зміни вартості проєкту залежно від параметрів термомодернізації/модернізації інженерних мереж.
- моделювання роботи теплового насоса з урахуванням динамічно змінюваного COP внаслідок зміни погодних умов, температури води в теплоакумулюючому баку, водорозбору, температурного графіка системи опалення.

Використання теплових насосів типу «грунт-вода» для автономного забезпечення житлового комплексу тепловою енергією – м. Хмельницький, містечко для переселенців.

Вхідні дані і припущення:

1. Об'єкт, що потребує опалення та ГВП - 10 житлових будинків, габаритами 25·14,7м², триповерхові, утеплені за сучасними нормами [4], 32 мешканці/будинок.
2. Теплове навантаження одного будинку на опалення - 33 кВт (при t_{р.о.}).
3. Споживання гарячої води прийнято 1,6 м³ в місяць на людину (соціальна норма).

Для гарантованого забезпечення нормативної температури виключно тепловими насосами, необхідно забезпечити потужність з урахуванням втрат в мережах - 400 кВт.

Техніко-економічні характеристики варіантів проєкту наведено в таблицях 1 та 2.

Таблиця 1 – Технічні характеристики проєкту:

Загальна потужність ТН, кВт	400
Необх. ел. потужність, кВт	140
<i>Параметри буріння</i>	
Загальна довжина скважин, м	5286
Кількість скважин	106
Відстань між скважинами, м	7,5
Площа ділянки для скважини, м ²	5963

Таблиця 2 – Фінансові характеристики проєкту 1

<i>Проєкт 1: грунт – вода, автономно, без резервного джерела</i>		
<i>Показник</i>	<i>Радіатори</i>	<i>Тепла підлога</i>
Вартість електроенергії, грн/кВт·год	6,12	
Вартість природного газу, грн/м ³	18,5	
Вартість встановленої потужності ТН, \$/кВт	1500	
Інвестиції, грн	28 800 000	26 520 000
Річна витрата електричної енергії, кВт·год	233 362	198 757
Річна економія теплової енергії, кВт·год	1 015 066	1 238 675
Економія коштів, грн/рік	1 301 109	2 004 460
Проста окупність, років	14,30	8,65

Таблиця 3 – Фінансові характеристики проєкту 2

<i>Проєкт 2: Грунт-вода, в комбінації з резервним джерелом</i>		
<i>Показник</i>	<i>Радіатори</i>	<i>Тепла підлога</i>
Вартість електроенергії, грн/кВт·год	6,12	
Вартість природного газу, грн/м. куб.	18,5	
Вартість встановленої потужності ТН, \$/кВт	1500	
Інвестиції, грн	18 600 000	17 340 000
Річна витрата електричної енергії, кВт·год	221 694	188 819
Річна економія теплової енергії, кВт·год	1 068 491	1 264 835
Економія коштів, грн/рік	1 369 589	2 016 447
Проста окупність, років	21,03	13,15

* Витрати на встановлення резервного джерела тепла не враховуються, курс 40 грн/\$.

** Проста окупність – розраховується з припущенням наявної газової котельні.

Використання теплових насосів типу «грунт-вода» - ефективний спосіб забезпечити автономне і економічне опалення для житла, при умові наявності достатньої площі ґрунту для буріння скважин і фінансових ресурсів. При цьому є наступні шляхи оптимізації проекту, які покращать економічні показники:

1. В якості резервного джерела можна розглядати газову котельню або більш простий спосіб - електроТЕНи. Це дозволить зменшити встановлену потужність теплового насосу, що скоротить інвестиційні витрати на 30-40%, і покращити економічні показники проекту. Але в той же час потребуватиме підведення додаткових мереж.

2. Використання "теплої підлоги" або сталевих радіаторів з розрахунку на зниження максимальної температури теплоносія до 55 °С або нижче – скорочує як інвестиційні, так і поточні витрати на електроенергію, оскільки ефективність роботи теплових насосів тим вища, тим нижча температура теплоносія в системі опалення.

3. Використання централізованої системи кондиціонування влітку - оптимальний варіант для ґрунтових теплових насосів.

Висновки: В ході дослідження в рамках магістерської дисертації проаналізовано європейський досвід і стратегії щодо впровадження ТН для житлово-комунального сектору, розглянуто перспективи розвитку ринку теплових насосів в Україні. Розроблено математичну модель та виконано моделювання параметрів роботи ТН для будівель, що проєктуються (із врахуванням діючих норм до теплотехнічних характеристик та низькотемпературною системою опалення); визначено техніко-економічні показники.

Список використаних джерел:

1. Закон України «Про тепlopостачання» № 2633-IV, ред. від 31.03.2023, 2849-IX. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2633-15#Text>
2. Закон України «Про енергетичну ефективність» №1818-IX, ред. від 27.07.2023, 3220-IX. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>
3. ДСТУ Б В.2.5-44:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами (EN 154550:2007, MOD)
4. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель

References:

1. Law of Ukraine "On Heat Supply" No. 2633-IV, ed. dated 31.03.2023, 2849-IX. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2633-15#Text>.
2. Law of Ukraine "On Energy Efficiency" No. 1818-IX, ed. dated 07/27/2023, 3220-IX. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>.
3. DSTU B V.2.5-44:2010 Engineering equipment of buildings and structures. Design of building heating systems with heat pumps (EN 154550:2007, MOD)
4. DBN V.2.6-31:2021 Thermal insulation and energy efficiency of buildings

АНАЛІЗ СТАНУ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ НА МУНІЦИПАЛЬНИХ ОБ'ЄКТАХ

Вступ. Представлений у листопаді 2016 року Європейською Комісією пакет «Чиста енергія для всіх європейців» [1], де енергоефективність розглядається як окреме джерело енергії, має на меті полегшення переходу до екологічно чистої енергії та виконання зобов'язань Паризької угоди із запобігання змінам клімату. Пакетом передбачено, що під час імплементації нових правил енергетичного ринку слід враховувати принцип енергоефективності: «Підвищувати рівень енергетичної ефективності необхідно щоразу, коли це є економічно доцільнішим за еквівалентні рішення з боку постачання. Це має допомогти скористатися численними перевагами енергоефективності, зокрема, для громадян і підприємств».

Прагнучи приєднатися до Європейського Союзу (ЄС) відповідно до Енергетичної стратегії до 2050 року енергетичний сектор України має на меті максимально наблизитися до кліматичної нейтральності, оновити і модернізувати енергетичну інфраструктуру, підвищити ефективність використання енергоресурсів, розвивати альтернативні джерела енергії, нові продукти та інноваційні рішення.

Тому ефективне використання енергетичних ресурсів і скорочення шкідливих викидів є одним із першочергових завдань органів місцевого самоврядування задля забезпечення сталого розвитку громад. Сучасний підхід до вирішення цього завдання - впровадження систем енергетичного менеджменту (СЕНМ), які в свою чергу базуються на реалізації надійного та інформативного енергомоніторингу. Разом з тим, численні дослідження доводять наявність критичних прогалин у функціонуванні систем енергомоніторингу у муніципалітетах, що часто робить неефективним весь цикл реалізації енергетичного менеджменту.

Метою досліджень є аналіз стану методичного та інструментального забезпечення завдань енергомоніторингу на муніципальних об'єктах.

Матеріал і результати дослідження. В умовах реалізації сучасних європейських засад у сфері енергоефективності у 2021 році прийнято Закон України «Про енергетичну ефективність», де особлива увага приділяється впровадженню систем енергетичного менеджменту в органах державної влади, місцевого самоврядування та в бюджетній сфері. Законом імплементовано вимоги Європейських директив і цілей, спрямовані на впровадження сертифікованих систем енергетичного менеджменту за стандартами ISO серії 50000. Слід зазначити, що згідно з частиною першою статті 12 Закону України «Про енергетичну ефективність» СЕНМ впроваджуються для реалізації таких завдань:

- аналізу споживання паливно-енергетичних ресурсів;
- планування, реалізації та моніторингу результатів впровадження енергоефективних заходів;
- досягнення цілей Національного плану;
- виконання інших заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності споживачів енергії.

У 2023 році одним з пріоритетних напрямів роботи органів державної влади є розробка підзаконних нормативно-правових актів в рамках прийнятого Закону.

На виконання Закону України «Про енергетичну ефективність», пункту 715 Плану заходів з виконання Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і державами-членами, з іншої сторони, затвердженої постановою Кабінету Міністрів від 25.10.2017 № 1106, з питань енергетичного менеджменту прийнято низку документів, зокрема [2, 3], а також заплановано прийняття двох нормативно-правових актів [4, 5], які наразі розроблено та проходять процедуру погодження із заінтересованими сторонами, серед яких слід окремо відмітити Постанову Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2021 року № 1460 «Про впровадження систем енергетичного менеджменту», що визначає вимоги до впровадження систем енергетичного менеджменту в органах державної влади та рекомендує органам місцевого самоврядування впроваджувати СЕНМ, які дозволять досягати наступних цілей:

- ефективного споживання енергії/енергетичних ресурсів та комунальних послуг;
- раціонального використання коштів на оплату енергії/енергетичних ресурсів та комунальних послуг, впровадження заходів з енергоефективності та інших витрат;

- підвищення рівня енергетичної ефективності у будівлях та зменшення викидів CO₂;
- створення та функціонування механізмів матеріального стимулювання працівників до ефективного використання енергії/енергетичних ресурсів та комунальних послуг;
- своєчасної сертифікації енергетичної ефективності будівель;
- забезпечення показової ролі центральних органів виконавчої влади у підвищенні енергетичної ефективності будівель.

Також, в постанові запропоновано дії для щодо ефективного впровадження СЕНМ, які спрямовано на впровадження та супроводження систем енергомоніторингу:

- забезпечення енергетичного моніторингу будівель;
- моніторинг та оцінка показників діяльності і забезпечення поліпшення систем енергетичного менеджменту;
- здійснення моніторингу впровадження систем енергетичного менеджменту;
- правила здійснення інформаційної взаємодії систем енергетичного менеджменту з іншими інформаційними системами.

В результаті виконання і реалізації [3] Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження (ДАЕЕ) України було проведено опитування органів державної влади та органів місцевого самоврядування щодо стану впровадження СЕНМ [6]. Станом на 2023 рік енергомоніторингом охоплено 77% будівель обласних державних адміністрацій (ОДА)/органів місцевого самоврядування (ОМС), а автоматизованим лише 6%. Такі дані свідчать, що впровадження систем енергомоніторингу знаходиться на початковому етапі реалізації і задля підвищення продуктивності потребує розв'язання низки завдань. Серед іншого, необхідно:

- провести оцінку рівня залучення до процесів управління енергоефективністю і скорочення шкідливих викидів на міських об'єктах всіх заінтересованих сторін;
- провести GAP-аналіз і визначити фактори та причини неефективності застосування систем енергомоніторингу, зокрема, задля підтримки муніципальних енергоменеджерів усіх ланок управління;
- дослідити напрями і сформувавати план дій з удосконалення методичного та інструментального забезпечення завдань енергомоніторингу на муніципальних об'єктах.

Список використаних джерел:

1. Clean Energy for All Europeans Package. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en (дата звернення 19.11.2023).
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 4 листопада 2022 р. № 1238 «Про затвердження Порядку надання інформації про сертифікацію систем енергетичного та/або екологічного менеджменту суб'єктів господарювання».
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2021 р. № 1460 «Про впровадження систем енергетичного менеджменту».
4. Проект наказу Мінінфраструктури «Про затвердження Порядку ведення реєстру органів державної влади та органів місцевого самоврядування, в яких впроваджено систему енергетичного менеджменту», URL: <https://saee.gov.ua/uk/content/elektronni-consultatsii> (дата звернення 19.11.2023).
5. Проект наказу Мінінфраструктури «Про затвердження Порядку ведення реєстру суб'єктів господарювання, що отримали сертифікати систем енергетичного менеджменту та/або екологічного менеджменту», URL: <https://saee.gov.ua/uk/content/elektronni-consultatsii> (дата звернення 19.11.2023).
6. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України, URL: <https://saee.gov.ua/uk/business/energy-audit-and-management> (дата звернення 19.11.2023).

References:

1. Clean Energy for All Europeans Package. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en (accessed at 19.11.2023).
2. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated November 4, 2022 No. 1238 "On approval of the Procedure for providing information on the certification of energy and/or environmental management systems of business entities."
3. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated December 23, 2021 No. 1460 "On the implementation of energy management systems".
4. The draft order of the Ministry of Infrastructure "On approval of the Procedure for maintaining the register of state authorities and local self-government bodies, in which the energy management system has been implemented, URL: <https://saee.gov.ua/uk/content/elektronni-consultatsii> (accessed at 19.11.2023).
5. Draft order of the Ministry of Infrastructure "On approval of the Procedure for maintaining the register of business entities that have received certificates of energy management and/or environmental management systems, URL: <https://saee.gov.ua/uk/content/elektronni-consultatsii> (accessed at 19.11.2023).
6. State Agency for Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine, URL: <https://saee.gov.ua/uk/business/energy-audit-and-management> (accessed at 19.11.2023).

Дерев'янку Д.Г., канд. техн. наук, доцент
Кізім О.Ю., магістрант, Стародуб А.Е., магістрант
Пишний Р.В., магістрант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ДАХОВОГО РОЗМІЩЕННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТУДЕНТСЬКОГО ГУРТОЖИТКУ

Вступ. Сучасний світ стоїть перед складними завданнями у галузі енергетики, зокрема, щодо пошуку більш сталого та ефективного вирішення енергетичних потреб. У зв'язку з цим, впровадження гібридних систем енергетичного забезпечення стає актуальною та перспективною стратегією. Гібридна СЕС на об'єкті практики може значно заощадити кошти на споживанні електроенергії.

Гібридна СЕС - це комплексна система, яка поєднує в собі використання сонячних панелей та інших джерел енергії для забезпечення потреб в електроенергії. Ця технологія може сприяти зменшенню викидів парникових газів, а також забезпечити стабільну та надійну енергетичну базу.

Мета роботи. Основним завданням є розрахунок економічної доцільності встановлення фотоелектричних систем дахового розміщення на будівлі гуртожитку а також можливість використання цієї системи, як аварійного джерела електричної енергії в умовах відключення світла. Додатково, необхідно звернути увагу на екологічний чинник, адже сонячна станція потенційно зможе замінити певну кількість електроенергії, виробленої тес, отже зменшити кількість викидів парникових газів в атмосферу.

Матеріал і результати дослідження. Використання сонячних електростанцій в міських умовах може бути складним завданням через обмеження та обставини, проте це також надає багато можливостей для створення чистої та сталої енергетики в містах. Розуміння цих обмежень і можливостей допоможе ефективно розвивати та впроваджувати сонячні проекти в міських середовищах.

Стан сонячних електростанцій в українських містах змінюється і розвивається. Україна вже має деякий досвід використання СЕС у міських районах. [1] Ось деякі основні аспекти стану СЕС в українських містах:

- законодавча база: Україна впровадила ряд законодавчих актів, які сприяють розвитку відновлювальних джерел енергії, включаючи сонячну енергію. Введення "зеленої тарифної" системи та законодавства, що підтримує розміщення СЕС на дахах та земельних ділянках, стимулює інвестиції у сонячні проекти в міських районах;
- багато міських будівель та підприємств встановлюють сонячні панелі на дахах для забезпечення власної електроенергії та зменшення витрат на електроенергію;
- міські програми та ініціативи: Деякі місцеві влади в Україні запускають програми та ініціативи, що сприяють встановленню СЕС на комунальних будівлях та об'єктах інфраструктури;
- зменшення витрат та більш доступність обладнання: з ростом конкуренції та підтримки союзів виробників сонячних панелей та обладнання, вартість СЕС знижується, що робить їх більш доступними для міських споживачів;

Гуртожиток № 5 Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського представляє собою ідеальний об'єкт для реалізації проекту гібридної сонячної станції. Його сучасна інфраструктура і інноваційний дизайн роблять його відмінним вибором для створення структури, яка поєднує сонячні технології з житловим об'єктом.

На сьогоднішній день гуртожиток призначений для забезпечення комфортного проживання щонайменше 500 студентів і працівників університету. Він має різні типи кімнат, включаючи кімнати для трьох осіб та сімейні кімнати. Кожен блок оснащений кухнею та однією або двома ванними кімнатами, що робить його ідеальним місцем для студентів та молоді, які цінують комфорт та функціональність.

Так, як гуртожиток тільки на етапі заселення, то всі дані будуть прогнозовані та взяті на основі відкрити джерел.

Орієнтовна кількість жителів – 500 чоловік, в середньому в кімнаті живе 3 людини, отже в гуртожитку приблизно 166 кімнат, є 2 ліфти. На кожному поверсі є як мінімум 2 душових, 2 вбиральні, 2 кухні, 2 коридори.

Візьмемо дані з норм [2] споживання електрообладнанням гуртожитку (рис. 1).

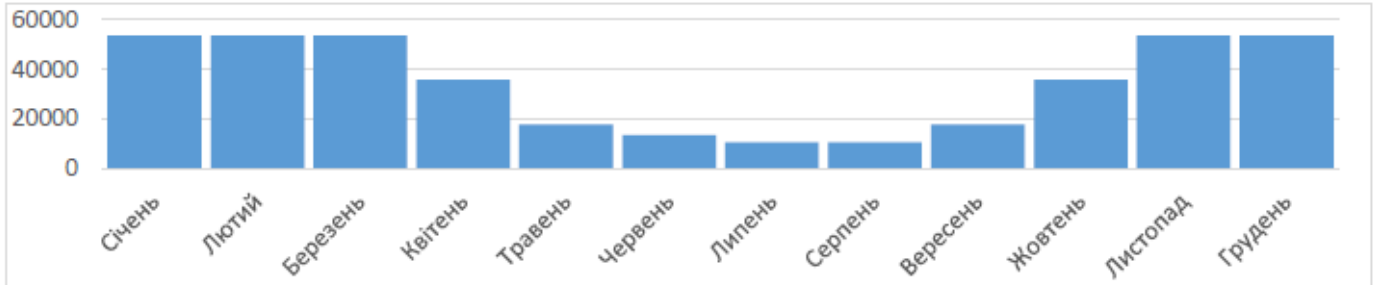


Рисунок 1 – Споживання гуртожитку №5

Структуру схема гібридної СЕС на рис. 2. На даному зображенні ми можемо побачити всі можливості гібридного інвертора. Нам достатньо можливості підключення СЕС та інтеграція СЕС з акумуляторами. Акумулятори в цій системи необхідні для того, щоб в літню пору ми не втрачали надлишки виробленої електроенергії. При необхідності можна підключити генератор або ж інше джерело енергії.

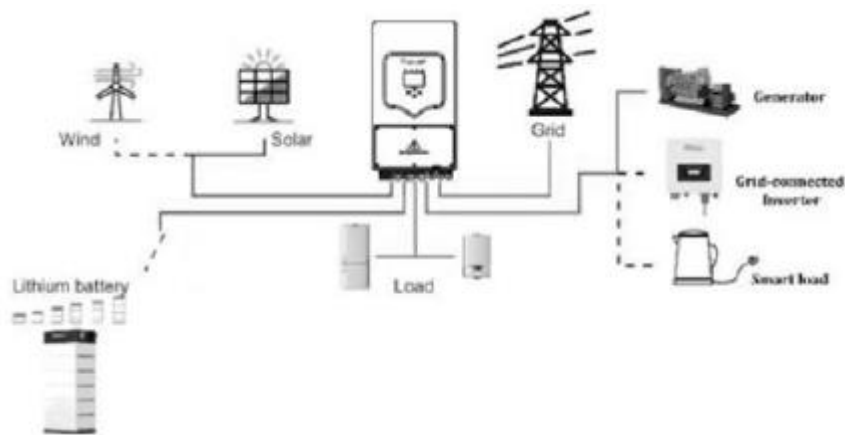


Рисунок 2 – Структура гібридної станції для гуртожитку №5

Висновок. Гібридна станція на даху гуртожитка є раціональним рішенням з технічної та економічної точок зору, адже її окупність складає 14,5 років, а обладнання має більший строк служби ніж час окупності. Її встановлення дозволить зменшити витрати на електроенергію та сприяти чистому заощадженню електричної енергії, що має позитивний вплив на навколишнє середовище та економію ресурсів.

Список використаних джерел:

1. Гайко Ю.І., Гнатченко Є.Ю., Завальний О.В., Шишкін Е.А. Реновація промислової забудови та її адаптація до сучасного міського середовища. Харків, 2020. с 217 – 225.
2. Положення про студентський гуртожиток. 8-9 с. 2017.
https://diit.edu.ua/upload/files/shares/academic_council/gurtozhitok.pdf

РОЛЬ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ПРИ КОНСТРУЮВАННІ ПАСИВНИХ БУДИНКІВ ТА ЇХ АКТУАЛЬНІСТЬ В УКРАЇНІ

До одного з ключових завдань енергетичної стратегії України до 2030 року входить зменшення витрат енергії на виробництво та споживання енергетичної продукції через більш раціональне її використання. У комунальній сфері енергетична незалежність може бути досягнута шляхом будівництва пасивних будинків. Цей підхід до ефективного використання енергії підходить саме для нових конструкцій.

Пасивний будинок, також відомий як Passivhaus, - це стандарт енергоефективного будівництва, який фокусується на створенні споруд з винятковими енергетичними характеристиками та комфортом. Однією з ключових характеристик пасивних будинків є їх здатність забезпечити комфортне мікрокліматичне середовище без значного використання додаткових енергетичних джерел. Також існують будівлі побудовані на концепції пасивних будинків. Обидва типи використовують природні джерела енергії, такі як сонячне світло та тепло землі, для зменшення споживання енергії. Пасивні будинки є найефективнішими будівлями з точки зору енергоспоживання. Вони можуть споживати на 90% менше енергії, ніж традиційні будинки, але їх будівництво є дорогим, і може не підійти для всіх кліматичних умов.

Будівлі, побудовані на концепції пасивних, є більш доступними, ніж пасивні будинки. Вони також можуть бути більш придатними для різних кліматичних умов. Однак вони не такі енергоефективні, як пасивні будинки.

На рис. 1 продемонстровано характеристики типового пасивного будинку від української компанії Haus.me.

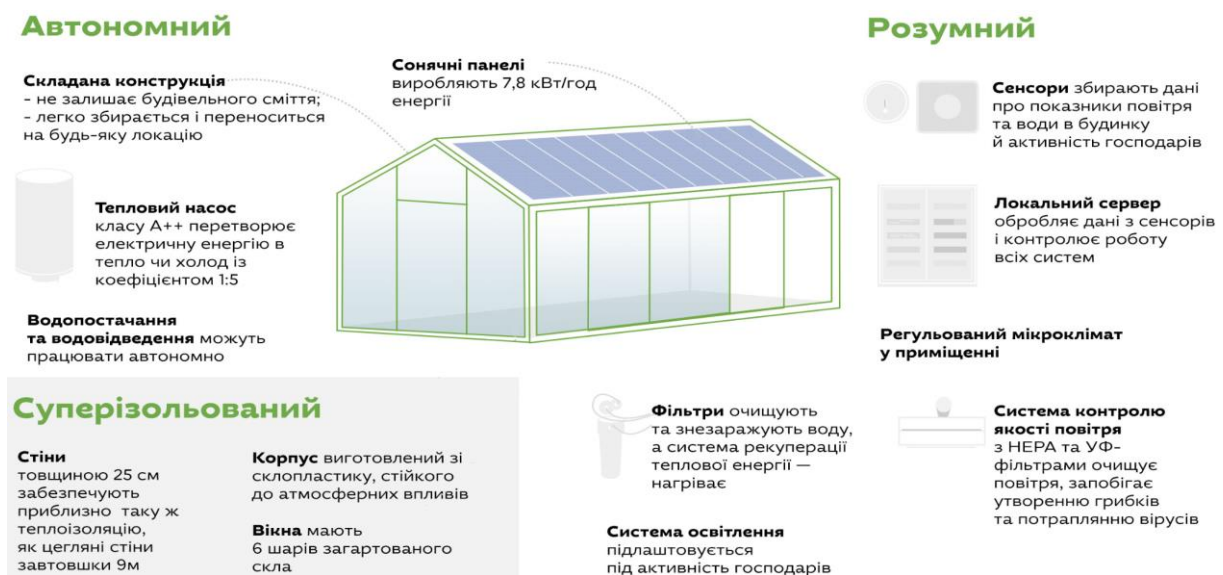


Рисунок 1 - Характеристики пасивного будинку від Haus.me [1]

Енергетичний менеджмент на етапі проектування будівлі будь-якого з зазначених типів має ряд переваг перед звичайним менеджментом на етапі експлуатації. Він дозволяє впровадити більш ефективні заходи енергозбереження, ніж це можливо на етапі експлуатації. Наприклад, можна оптимізувати форму будівлі, щоб зменшити її тепловтрати, або використовувати енергоефективні матеріали та обладнання, а також контролювати процес конструювання адже до нього також може бути застосована система енергетичного менеджменту.

Проектування пасивного будинку базується на п'яти основних принципах: найефективніша ізоляція; високоєфективні вікна; усунення теплових мостів; герметичність конструкції; механічна

вентиляція з рекуперацією тепла; енергоефективні прилади та освітлення.

Також повинна враховуватись концепція біокліматичної архітектури. Це підхід до проектування будівель, який враховує кліматичні умови та місцеві ресурси. Біокліматичні будівлі розроблені так, щоб використовувати природні джерела енергії та зменшити її споживання (наприклад орієнтація, форма будівлі, кліматичні умови тощо).

Для успішного будівництва пасивного будинку будівельники та енергетичний менеджер повинні тісно співпрацювати. Будівельники повинні бути готові дотримуватися вимог енергоефективності, а енергетичний менеджер повинен бути готовий забезпечити будівельникам необхідну підтримку.

Конкретні завдання енергетичного менеджера при конструюванні пасивного будинку можуть включати:

- аналіз кліматичних умов та географічного розташування;
- розробка плану будівлі з урахуванням вимог енергоефективності;
- оцінка енергоефективності будівлі за допомогою комп'ютерних програм;
- консультація будівельників щодо дотримання проектних вимог.

Додатковим завданням може виступати сертифікація будівлі на етапі конструкції, ведення документації та збір даних для подальших сертифікацій [2].

Виходячи з основ поняття пасивного будинку чи будівлі на основі концепції пасивного будинку можна зробити висновок, що для досягнення максимального рівня енергоефективності участь енергетичного менеджера є необхідною.

Попри те, що ідея пасивних будинків активно розвивається в світі, в Україні цей напрямок ще потребує більшої уваги та підтримки. Одним із стримуючих чинників будівництва будинків нового типу виступають високі фінансові витрати, низький рівень обізнаності та усвідомлення суспільства та відсутність державної підтримки. З метою дослідження даної концепції в Інституті технічної теплофізики НАН України збудовано науково-технічну технологічну теплофізичну лабораторію з енергоефективності будівель, що являє собою енергоефективний будинок пасивного типу [3].

Враховуючи наявні пілотні будинки, що існують в Україні, досвід вітчизняних прогресивних компаній та наукову базу, впевнено можна сказати, що наша країна може і повинна імплементувати сучасні технології та перетворити їх на буденність. Імплементация перелічених підходів до конструювання будівель повинна бути розглянута та врахована в "План відновлення України". Це допоможе нам зробити впевнені кроки до повної енергетичної незалежності, завоювати визнання серед інших країн Європи, пришвидшити євроінтеграцію та загальний розвиток у енергетичній та науковій галузі.

Список використаних джерел:

1. Ратнакар Н. Створювати українські пасивні будинки // Ukraïner. 2020. URL: <https://ukraïner.net/haus-me/>
2. Шаповаленко В. Методичні рекомендації для співвласників багатоквартирних будинків: розробка енергоефективних проектів. 2016. URL: <https://www.slideshare.net/ssusera8a419/1-64963151>
3. Божко І.К. та ін Пассивные дома в Украине и странах СНГ // Пром.теплотехника. 2015. т. 37, №1. С. 69–81. URL: <https://ihe.nas.gov.ua/index.php/journal/article/view/205/155>

References:

1. Ratnakar N. Creating Ukrainian passive houses // Ukraïner. 2020. URL: <https://ukraïner.net/haus-me/>.
2. Methodological recommendations for co-owners of apartment buildings: development of energy efficient projects. 2016. URL: <https://www.slideshare.net/ssusera8a419/1-64963151>
3. Bozhko I.K. et al. Passive houses in Ukraine and CIS countries // Industrial heat engineering. 2015. т. 37, №1. С. 69-81. URL: <https://ihe.nas.gov.ua/index.php/journal/article/view/205/155>.

Бондарець Б.О., магістрант
Попов В.А., д-р техн. наук, професор
 Національний технічний університет України
 “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

АЛГОРИТМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ ОБ'ЄДНАНИХ МІКРОМЕРЕЖ

Вступ. Управління мікромережами - це процес керування роботою невеликих електричних мереж. Ці мережі можуть бути автономними або підключені до більшої мережі. Управління ММР може допомогти підвищити надійність, зменшити витрати та покращити якість електроенергії.

Мета. Допомога в створенні більш стійких та ефективних електричних мереж.

Матеріал та результати досліджень. Потужності що не використовується в i -ій мікромережі, для поточного режиму формально можна визначити так:

$$\Delta S_{MGi}^t = S_{MGi}^{\max,t} - S_{MGi}^t = \sum_{j=1}^{N_i} S_{MGj}^{\max,t} - \sum_{j=1}^{N_i} S_{MGj}^t$$

де $S_{MGj}^{\max,t}$, S_{MGj}^t - відповідно максимально можлива і фактична потужності, що генеруються j -им пристроєм, що знаходиться в структурі i -ої мікромережі в момент часу t ;

N_i - кількість джерел енергії в i -ій мікромережі.

Умова доцільності підключення до контрольованої (i -ої) мікромережі іншої мікромережі:

$$\Delta S_i < \alpha \sum_{j=1}^{N_i} S_{MGj}^{\max,t}$$

Обмін потужністю між двома мікромережами можливий, якщо:

$$\Delta S_{MG1}^t + \Delta S_{MG2}^t > \alpha \times \left(\sum_{j=1}^{N_1} S_{MGj}^{\max,t} + \sum_{j=1}^{N_2} S_{MGj}^{\max,t} \right)$$

З попередньої формули ми отримуємо:

$$\Delta S_{MG2}^t > \alpha \left[(1 - \gamma) \sum_{j=1}^{N_1} S_{MGj}^{\max,t} + \sum_{j=1}^{N_2} S_{MGj}^{\max,t} \right]$$

Після всіх проведених скорочень, отримаємо формулу:

Якщо наведені умови задовольняються, то після перевірки стабільності роботи об'єднаної мікромережі формується команда на включення вимикача лінії, яка з'єднує мікромережі.

Даний режим роботи об'єднаних мікросистем триватиме доти, доки не виникне така умова:

$$\sum_{j=1}^{N_1} S_{MGj}^{\max,t} - \left| \sum_{j=1}^{N_1} S_{MGj}^t + S_{Л} \right| > \alpha (1 + \beta) \sum_{j=1}^{N_1} S_{MGj}^{\max,t}$$

У цьому випадку система управління формує команду відключення вимикача лінії, що зв'язує мікросистеми.

Список використаних джерел:

1. Alam, M., & Hossain, M. A. (2022). Microgrid management: A comprehensive review. IEEE Access, 10, 53422-53449.
2. Deng, Z., & Wang, F. (2021). A review of microgrid management: Methods, challenges, and opportunities. IEEE Transactions on Smart Grid, 12(4), 2975-2991.
3. Ghaffari, M., & Farhangi, H. R. (2018). A review of microgrid control and optimization: Approaches, challenges, and opportunities. IEEE Transactions on Smart Grid, 9(2), 1227-1246.
4. He, J., Yang, Y., Liu, J., & Xu, Y. (2021). A survey on microgrid management: From centralized to distributed. IEEE Transactions on Power Systems, 36(1), 209-225.
5. Khodaei, M., & Mohammadi, M. (2020). A review of microgrid management: State-of-the-art, challenges, and future research directions. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 110, 109974.

ГЕНЕЗИС РОЗВИТКУ КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ НА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА СУЧАСНІ БІЗНЕС-МОДЕЛІ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

Вступ. Незважаючи на те, що в Україні впровадження системи керування попитом на споживання електроенергії знаходиться на етапі розробки концепції, проте у багатьох країнах методи та бізнес-моделі управління містять широке практичне застосування у повсякденній діяльності промисловості та інших груп споживачів електроенергії.

Мета роботи: виконати аналіз етапів розвитку керування попитом енергетичного споживання, завдяки повноцінному огляду генезису світових досліджень. Розглянути характеристики сучасних бізнес-моделей, які функціонують в електроенергетиці.

Основний зміст. Сучасний розвиток світової енергетики, спрямований на зменшення зростання попиту на споживання електроенергії та підвищення ефективності її використання на всіх етапах з метою зниження вартості для кінцевого споживача. Одним з ефективних механізмів у цій сфері виступає керування попитом електроспоживання, яке використовується при взаємодії між енергопостачальними компаніями та споживачами електроенергії [1].

Керування попитом «demand side management» (DSM) — це стратегія, яку використовують електричні підприємства для контролю попиту на електроенергію, стимулюючи споживачів змінювати моделі споживання енергії в години пік або зменшувати загальне споживання енергії. Передумовою появи DSM, вважають нафтове ембарго та зростання вартості поставки енергоресурсів. Основні етапи розвитку DSM:

- ідентифікація проблеми управління навантаженням, застосування технологій обліку та збору даних, систематизація знань в галузі DSM (розробка конкретних механізмів керування попитом, оцінки вартісних характеристик та ефективності управлінських впливів);
- реалізації DSM в вигляді цільових програм (покращення організації та технології процесу DSM від енергосистем до кінцевих споживачів);
- розробка та реалізація програм DSM у різних країнах (орієнтація на індивідуальні особливості конкретних держав при впровадженні DSM);
- інтеграція моделей DSM у систему ринків електроенергії (вдосконалення механізмів керування попитом, що адаптовані під енергоринкові умови функціонування споживачів та розробка напрямів розвитку ринків електроенергії з метою підвищення ефективності роботи енергосистеми);
- інтеграція технологій DSM з концепцією Smart Grid [2] (аналіз перспектив, обмежень, ризиків та ефективності застосування технологій Smart Grid в процесі керування попитом на електроспоживання);
- впровадження технологій відновлювальних джерел енергії та інтернету речей (інтеграції механізмів та інструментів DSM з новими інформаційно-комунікаційними та технологічними трендами, що спрямовані вдосконалення існуючих методів керування попитом та оптимізацію суміжних технологій).

Зважаючи на проведений вище огляд історії розвитку керування попитом на енергоспоживання, важливим моментом постає перехід енергокомпаній до партнерських відносин із споживачами, що потребує зміни її бізнес-моделі. Вона визначається тим, що знання та технології, які виходять за межі корпоративного середовища, генеруються енергетичними підприємствами.

Тобто відбуваються зміни в взаємодії між енергокомпаніями та їх клієнтами. Це пов'язано зі зростанням цін на енергію, технологічними нововведеннями, посиленням екологічної політики. Автоматизація електричних мереж, нові технології генерації енергії, створюють умови для залучення споживачів до галузевих виробничих ланцюжків. Загалом, спробуємо описати приблизні варіанти руху енергокомпаній до мережевої бізнес моделі [3].

Одним із варіантів є те, що енергокомпанії, які мають недостатній контроль від споживачів,

виконуватимуть програми трансформації з урахуванням технологічних інновацій. Це можливо при жорсткому держуправлінні і низькій конкуренції в лібералізованій частині енергоринку; та при недостатній поінформованості клієнтів про можливості щодо зміни постачальника енергії. Енергокомпанії в таких умовах, отримають позитивний ефект за рахунок поступового зміщення у бік мережевої бізнес-моделі, який буде досягнуто за рахунок впровадження нових технологій.

Іншим шляхом є технологічний розвиток енергетики з одночасним підвищенням вимог споживачів. На нього можуть негативно вплинути нестача фінансових ресурсів та слабка стандартизація, що ускладнює інтеграцію різних елементів енергосистем. Енергокомпаніям доведеться розвивати аналітичні компетенції для виділення найбільш цінних клієнтів та розуміння їх запитів. Також вони мають відстежувати нових конкурентів та продуктові інновації, що з'являються на ринку.

Існує альтернативний підхід до прогнозування розвитку бізнес-моделей. Згідно з цим підходом лідерство на основі розвитку компетенцій базується на трьох фундаментальних елементах: стратегія, ключові компетенції та злагоджена політика компанії.

Тобто при такому варіанті, стратегія має бути логічно розробленою, доцільною, заснованою на врахуванні нових потреб споживачів та швидкому реагуванню на нові можливості. Ключові компетенції включають в себе ті можливості, які приносять компанії багато переваг та відрізняють її від конкурентів. Злагоджена політика компанії включає в себе продуману систему керування, злагоджені процеси по прийняттю рішень та доцільну корпоративну культуру, що підтримує високу ефективність виробництва.

Висновки. Проведений аналіз та систематизація етапів генезису досліджень DSM, дозволяють зробити висновок, що розвиток відбувається під впливом, як зовнішніх факторів (економічні кризи, поширення інформаційних технологій), так і внутрішніх (розвиток енергоринків, розвиток технологій відновлювальних джерел енергії, поява нових технологічних трендів).

Також важливим моментом, який тісно пов'язаний з проведеною вище роботою, є зміни, що відбуваються в взаємодії між споживачами та енергокомпаніями, а саме переходу останньої до партнерських відносин, що потребує правильного вибору бізнес-стратегії для свого функціонування.

Список використаних джерел:

1. Strbac G. Demand side management: Benefits and challenges / Strbac Goran – London, 2008.
2. Razzaq S. A New Scheme for Demand Side Management in Future Smart Grid Networks / Razzaq Sohail – Belgium, 2014.
3. Dietrich D. Demand Side Management: Demand Response, Intelligent Energy Systems, and Smart Loads / Dietrich Dietmar – Vienna, 2011.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ДЖЕРЕЛ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Промислові підприємства становлять важливу частину розвитку економіки країни. Одним із способом розвитку промисловості є підвищення ефективності енергозабезпечення шляхом використання альтернативних джерел енергії, оскільки вони покращують роботу підприємства в різних сферах, а саме:

- у сфері енергозбереження використання альтернативних джерел енергії, таких як сонячна або вітрова, дозволяє підприємствам зменшити залежність від традиційних джерел енергії, таких як вугілля або нафта. Це сприяє збереженню ресурсів, зниженню витрат на енергію, знижує собівартість виробленої продукції та нарощенню обсягів виробництва;

- у сфері екологічної стійкості використання альтернативних джерел енергії сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин в атмосферу. Це допомагає зберегти навколишнє середовище і знижує негативний вплив на здоров'я людей;

- у сфері соціальної відповідальності використання альтернативних джерел енергії є проявом соціальної відповідальності з боку підприємства. Це допомагає створити позитивний імідж компанії, що цінує та береже довкілля, і сприяє залученню нових клієнтів та інвесторів;

- у сфері енергетичної незалежності використання відновлювальних джерел енергії дозволяє підприємствам стати більш незалежними від політичних та економічних труднощів, пов'язаних з постачанням традиційних джерел енергії. Це знижує ризики збитків та допомагає забезпечити стабільність роботи підприємства;

- у сфері законодавчої підтримки багато країн надають фінансову підтримку та фіскальні стимули підприємствам, які переходять на використання альтернативних джерел енергії. Це допомагає знизити витрати на установку та підтримку систем альтернативної енергії.

Один із шляхів досягнення економічної безпеки промислових підприємств є підвищення їх енергоефективності. Спостерігається, що останніми роками світова економіка та енергетична політика поступово переходить від традиційних до відновлювальних джерел енергії на підприємствах. Світова економіка заснована на природному паливі, а також викидах парникових газів, тому викликає радикальні зміни кліматичної системи, що викликає загрозу сталому розвитку [1]. Ігнорування тенденцій світового господарського розвитку призводить до втрат економічного зростання та виникнення загрози неконкурентоспроможності продукції, що випускається, втрати своєї технологічної незалежності, постійного відриву від провідних країн через невисоку здатність до інвестицій та впровадженнь нових технологій [2]. В цілому, використання альтернативних джерел енергії допомагає знизити залежність від імпорту нафти та газу. Це дає можливість економіці знизити витрати на покупку енергетичних ресурсів з-за кордону, видобуток, транспортування, споживання традиційних викопних палив та сприяє зміцненню енергетичної незалежності країни.

Впровадження альтернативних джерел енергії на промислових підприємствах є не лише економічно, але й безпечно. У сучасних воєнних умовах досить важливо, щоб промислові підприємства були енергетично незалежними від енергосистеми країни.

Альтернативні джерела енергії – відновлювані джерела енергії, до яких належать енергія сонячна, вітрова, геотермальна, гідротермальна, аеротермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів, та вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів [3].

Проаналізувавши напрямки отримання відновлювальної енергії, можна стверджувати, що найкращим є використання енергії Сонця. Сонячна енергія є дешевою і доступною, порівнюючи з

іншими видами відновлювальної енергетики, особливо у тих регіонах, де є достатньо сонячної радіації. Середньорічна кількість сумарної енергії сонячного випромінювання, яка надходить щорічно на територію України, знаходиться в межах від 1 070 кВт·год/м. кв. в північній частині України до 1 400 кВт·год/м. кв. [4]. Середньорічна кількість годин сонячного світла становить понад 2600 годин. Після встановлення сонячних панелей вартість експлуатації відносно низька. Панелі мають високу довговічність та малу потребу в обслуговуванні. Вони можуть працювати багато років без необхідності заміни частин або ремонту. Це дозволяє знизити витрати на енергію. Розробка сонячних технологій постійно вдосконалюється, що дозволяє забезпечувати більш ефективне використання сонячної енергії, знижувати вартість виробництва сонячних панелей і в наслідок цього робити їх більш доступними для споживачів. Також сонячні електростанції можуть бути використані не тільки для забезпечення енергії, але і для виробництва додаткового доходу. Наприклад, агропідприємства можуть зайнятися вирощуванням сільськогосподарських культур під сонячними панелями.

Також, важливо відмітити, що для використання альтернативних джерел енергії на промисловому підприємстві бажано впровадити систему енергетичного менеджменту, оскільки функціонуюча система допомагає підприємству постійно і систематично покращувати свою енергоефективність, беручи до уваги також і інші доречні та законні рекомендації. Система енергетичного менеджменту визначає організаційні та інформаційні структури, необхідні ресурси, а також політику в галузі енергетики, планування, розгляд, впровадження та використання, моніторинг та вимірювання, контроль і корекцію, внутрішніх аудиторів, регулярний аналіз з боку керівництва [5]. Одне із завдань системи енергоменеджменту на промислових підприємствах є зниження використання традиційних джерел енергії та збільшення використання альтернативних джерел для забезпечення сталого та екологічно чистого виробництва.

Загалом, використання альтернативних джерел енергії на промисловому підприємстві є вигідним для навколишнього середовища, економіки та суспільства, і може стати вирішальним чинником для розвитку сталозабезпеченого майбутнього.

Список використаних джерел:

1. Цілі сталого розвитку. Ціль 7: відновлювана енергія. URL: <https://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/sustainabledevelopment-goals/goal-7-affordable-and-clean-energy.html>
2. Крамаренко І. С., Хмелик О. А. Дослідження та тенденції сучасного стану інноваційного розвитку машинобудівних підприємств України. Економіка та держава. 2020. № 1. С. 73–77. DOI: 10.32702/2306–6806.2020.1.73.С.74.
3. Про альтернативні джерела енергії: Закон України. Редакція від 27.07.2023. – [Режим доступу]: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> (дата звернення 18.11.2023).
4. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України – [Режим доступу]: <https://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy> (дата звернення 19.11.2023).
5. Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018 / А. Чернявський, Є. Іншеков, О. Соловей, О. Бориченко, П. Пертко // За загальною редакцією Є. Іншекова, А. Чернявського. - К.: Проект UNIDO/GEF «Впровадження стандарту систем енергоменеджменту в промисловості України», 2021. – 137 с.

СТРАТЕГІЇ МЕНЕДЖМЕНТУ ПОПИТУ НА ЕНЕРГІЮ ДЛЯ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Вступ. Зміна клімату, вичерпність викопного палива та, як наслідок, зростання цін на енергетичному ринку є рушійними силами трансформації енергетичного сектора в цілому і транспортної промисловості, в тому числі. Однак досі не вирішеними залишаються питання розвитку систем керування акумуляторами електромобілів, відсутність громадських станцій та низький запас ходу, що є перепорою для всебічного сприйняття електромобілів.

Мета роботи: проаналізувати тенденції на ринку електромобілів та їх вплив на стан електромереж. Розглянути критерії оптимального процесу заряджання в умовах динамічних цін.

Основний зміст. За інформацією Міжнародної енергетичної агенції (International Energy Agency, IEA) на ринку електромобілів спостерігається експоненціальне зростання продажів - у 2022 році обсяг перевищив 10 мільйонів. Загалом 14% усіх проданих нових автомобілів у 2022 році були електричними, порівняно з приблизно 9% у 2021 році та менше ніж 5% у 2020 році. У першому кварталі 2023 року було продано понад 2,3 мільйона електромобілів, що приблизно на 25% більше, ніж за аналогічний період минулого року. Очікується 14 мільйонів продажів до кінця 2023 року, що становитиме 35% зростання порівняно з минулим роком. У результаті на електромобілі може припадати 18% від загального обсягу продажів автомобілів за весь календарний рік [1].

Однією із головних перепон до масового використання електромобілів є брак зарядної інфраструктури. Процес заряджання на громадських або приватних зарядних станціях вимагає розвитку зарядних платформ та інфраструктури. Високе проникнення електромобілів в розподільчі мережі викликає високі капітальні інвестиції в технології розумних енергосистем. Одночасна або неузгоджена зарядка парку електромобілів значно збільшує споживання електроенергії, що викликає несподівані піки в системі і призводить до перевантаження розподільчої мережі, що призводить до погіршення якості напруги, збільшення втрат електроенергії та використання неекономічних джерел енергії. Існує два потенційних рішення для управління зростаючим попитом на заряджання електромобілів без впливу на операційну продуктивність мережі:

- Програма управління постачанням (Supply Side Control Action, SSCA) відноситься до збільшення і управління потужністю генерації системи для задоволення пікового попиту, викликаного одночасною зарядкою електромобілів. Це дорогий підхід і потребує сучасної градації мережевої інфраструктури.
- Програма управління попитом (Demand Side Control Action, DSCA), яка є альтернативним рішенням для управління попитом на зарядку електромобілів, прихована в програмі реагування на попит. Йдеться про кроки з динамічним ціноутворенням, яких вживають комунальні підприємства та споживачі, щоб впливати на споживання електроенергії задля оптимізації кінцевих рахунків.

Неузгоджена зарядка електромобілів може збільшити попит на електроенергію до 5% у години пікового навантаження [2]. Динамічна цінова політика відіграє важливу роль у вирішенні проблем пікового навантаження з невизначеністю, викликану частотою зміною ціни. Керування попитом на енергію (demand-side management, DSM) є основною частиною розумного ціноутворення для ефективного функціонування системи шляхом оптимізації використання електроенергії, а також мінімізації витрат шляхом модифікації кривої навантаження, сформованої шістьма основними методами формування навантаження: зсувом навантаження (load shifting), стратегічним збереженням (strategic conservation), піковим відсіканням (peak clipping), стратегічним зростанням (strategic growth), заповненням долини (valley filling) та гнучка форма навантаження (flexible load shape).

Програма реагування на попит (demand response, DR)— це фактично зміна споживання електроенергії кінцевим споживачем у відповідь на зміну ціни на електроенергію з часом або через стимулюючі виплати, запроваджені для зменшення споживання електроенергії під час високих

оптових ринкових цін (market-driven DSM), або коли надійність мережі знаходиться під загрозою (network-driven DSM).

Важливим завданням управління реагуванням на попит (DR) є переведення споживачів електроенергії з фіксованого тарифу на пікове та позапікове ціноутворення.

Зарядні станції електромобілів зазвичай забезпечують зарядку з фіксованою ціною, що може призвести до довгих черг на станціях. Якщо ціни будуть часто змінюватись відповідно до навантаження на зарядну станцію, це зменшить довгі черги. Real time pricing (RTP) буде заохочувати водія електромобіля їхати на віддалені зарядні станції, які будуть менш переповненими і дешевшими. Завдяки впровадженню схеми ціноутворення time-of-use (TOU) можна мінімізувати ціну подорожі електромобіля та оптимізувати роботу батареї транспортного засоба [3].

Реагування на попит можна реалізувати в інфраструктурі зарядки електромобілів за допомогою розумних систем заряджання (Smart Charging). Ці системи дозволяють комунальним компаніям контролювати процес заряджання електромобілів дистанційно або через зв'язок з автомобілем. Координуючи схеми заряджання, комунальні підприємства можуть оптимізувати час заряджання відповідно до періодів низького попиту на електроенергію або високої генерації відновлюваної енергії.

Технологія Vehicle-to-Grid дозволяє електричним транспортним засобам віддавати накопичену енергію назад у мережу, коли це необхідно. У цьому сценарії електромобілі діють як мобільні накопичувачі енергії, які можуть постачати електроенергію в періоди пікового попиту. Беручи участь у програмах реагування на попит, власники електромобілів можуть продавати надлишок електроенергії зі своїх автомобілів у мережу, отримуючи натомість фінансові стимули.

Висновки. Оскільки ринок електромобілів продовжує зростати необхідним є розбудова широкої мережі зарядних станцій. Одночасна та неузгоджена зарядка великої кількості електромобілів може спричинити появу піків в системі та сказатися на якості роботи електромережі, тому для зарядних станцій важливим є розробка стратегії менеджменту попиту на енергію, використовуючи практики реагування на попит з динамічною ціновою політикою.

Список використаних джерел:

1. IEA (2023), Global EV Outlook 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>, License: CC BY 4.0
2. Bitencourt, L.d.A.; Borba, B.S.; Maciel, R.S.; Fortes, M.Z.; Ferreira, V.H. Optimal EV charging and discharging control considering dynamic pricing. In Proceedings of the 2017 IEEE Manchester PowerTech, Manchester, UK, 18–22 June 2017; pp. 1–6.
3. Amin, A.; Tareen, W.U.K.; Usman, M.; Ali, H.; Bari, I.; Horan, B.; Mekhilef, S.; Asif, M.; Ahmed, S.; Mahmood, A. A Review of Optimal Charging Strategy for Electric Vehicles under Dynamic Pricing Schemes in the Distribution Charging Network. Sustainability 2020, 12, 10160. <https://doi.org/10.3390/su122310160>

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В ОБ'ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАДАХ

Вступ. У зв'язку з децентралізацією влади та бюджету, багато повноважень та відповідальності в фінансовій та бюджетній сферах перейшли на місцеві органи самоврядування, зокрема на новостворені об'єднані територіальні громади (ОТГ). Можна розглядати децентралізацію як важливу складову державної політики регіонального розвитку, але не єдиною. Європейський досвід показав, що успішна політика регіонального розвитку потребує супроводження комплементарних реформ в інших сферах державної політики [1].

Матеріал і результати досліджень. Проблема стабільного енергозабезпечення та ефективного використання енергоресурсів є однією з найбільш актуальних на сьогодні. Високі ціни на енергоносії та велика енергоємність продукції (робіт, послуг) призводять до залежності економіки муніципалітету від імпортованих енергоресурсів, та створюють складнощі з енергозабезпеченням соціальних та житлово-комунальних об'єктів, а також зменшують місцеві бюджети [2].

Для створення алгоритму функціонування системи муніципального енергетичного менеджменту необхідно створити пакет документів, які будуть регулювати діяльність системи та доповнювати інші чинні установчі документи, щоб гармонійно вписати систему енергетичного менеджменту в наявні управлінські структури [3]. Показники енергоспоживання залежать від ряду чинників. У більшості випадків між змінними величинами, що характеризують фактори економічного або фізичного впливу на обсяги енергоспоживання, існують залежності, які відрізняються від функціональних. Регресійний аналіз проводиться послідовно зі зменшенням (або збільшенням) числа незалежних змінних і виду регресійної функції. Рівняння, що отримують в результаті кореляційно-регресійного аналізу називають регресійною моделлю.

Для побудови регресійної моделі з метою визначення базового рівня споживання електроенергії, теплоенергії та газу відповідно до звітів, були зібрані дані про фактори, що впливають на споживання у 2022 році. В цих даних було враховано споживання електричної енергії, теплоенергії, газу, населення Львівської МТГ, градусо-дні нагрівання та охолодження, обсяг реалізованої промислової продукції за поточними цінами та кількість малих підприємств. В результаті регресійного аналізу за даними 2022 року визначили впливові фактори на споживання електроенергії, газу та теплоенергії та отримали рівняння регресії для електроенергії, газу та теплоенергії. На рис. 1 наведено графік базового рівня споживання електроенергії за 2022.

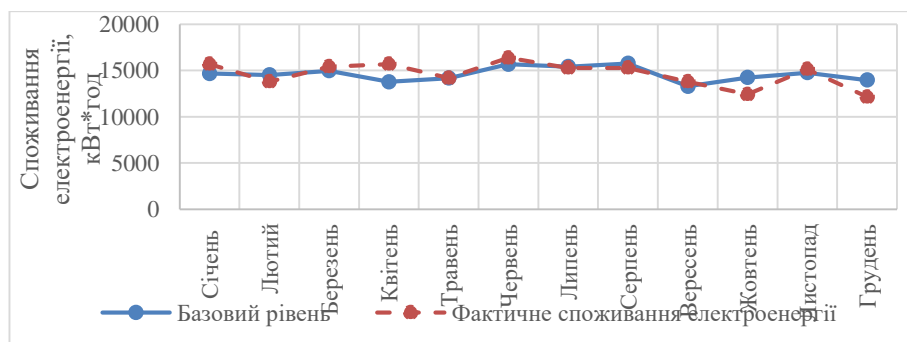


Рисунок 1 – Графік базового рівня електроспоживання

На рис. 2 наведено графік базового рівня споживання газу за 2022.

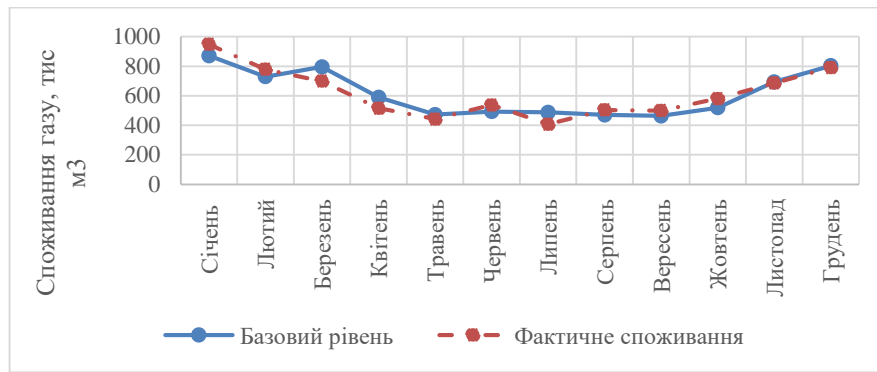


Рисунок 2 – Графік базового рівня споживання газу

На рис. 3 наведено графік базового рівня споживання теплоенергії за 2022.

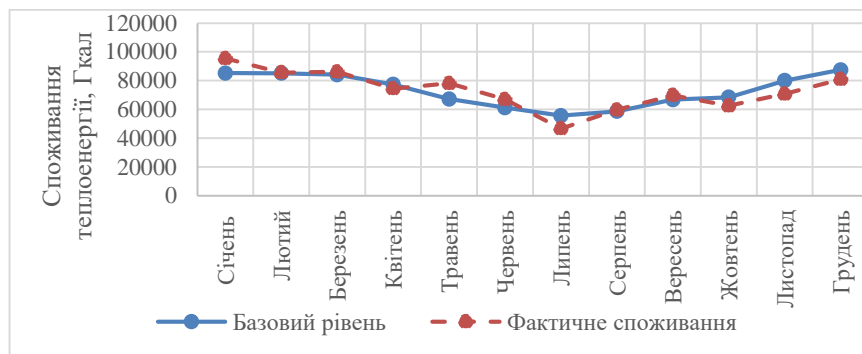


Рисунок 3 – Графік базового рівня споживання теплоенергії

Висновки:

1. Управління енергоефективністю в ОТГ є актуальним питанням і має велике значення як на глобальному, так і на національному та регіональному рівнях. Впровадження енергетичного менеджменту є ефективним інструментом для подолання цих викликів.

2. Було проведено побудову базового рівня енергоспоживання та визначені критерії та параметри, які впливають на споживання паливно-енергетичних ресурсів. Було встановлено базові рівні споживання природного газу, електроенергії та теплоенергії, що дозволяють ефективно керувати рівнями досягнутої енергоефективності у Львівській МТГ.

Список використаної літератури

1. Інститут регіональних та євроінтеграційних досліджень «ЄвроРегіонУкраїна»: сайт. URL: <http://www.eru.org.ua>
2. Кицкай Л.І. Енергоефективність в Україні: аналіз, проблеми та шляхи підвищення. Всеукраїнський науково-виробничий журнал «Інноваційна економіка». – №3. – 2013. – С. 32-37.
3. Іншеков Є.М., Нікітін Є.Є., Тарновський М.В., Чернявський А.В. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту. Київ: Поліграф плюс, 2014. 238 с.

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ В ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНИХ КОМПАНІЯХ УКРАЇНИ

Вступ. В Україні проблема енергоефективності в енергопостачальних компаніях стоїть перед важливим завданням оптимізації використання ресурсів та зниження втрат енергії під час її виробництва, передачі та розподілу. Ця проблема виникає з кількох ключових аспектів. По-перше, багато енергопостачальних компаній використовують застарілі технології та обладнання, що приводить до непродуктивного споживання енергії та підвищених витрат на її виробництво. Важливо впроваджувати сучасні технології та енергоефективне обладнання для зменшення споживання ресурсів та витрат. По-друге, системи передачі та розподілу електроенергії часто потребують модернізації, оскільки вони можуть бути неефективними та супроводжуватися великими втратами енергії. Важливо вдосконалити інфраструктуру для забезпечення оптимального розподілу енергії та мінімізації втрат. По-третє, багато компаній мають обмежений доступ до фінансових ресурсів для впровадження енергоефективних технологій. Необхідно стимулювати фінансову підтримку та розвивати механізми інвестування для підтримки енергоефективних ініціатив.

Розв'язання цих проблем може сприяти підвищенню конкурентоспроможності енергопостачальних компаній, зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та підвищенню стійкості енергетичної системи в Україні.

Енергетичний менеджмент - це діяльність, що спрямована на забезпечення раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів на підприємстві або в муніципалітетах, що дозволяє значно оптимізувати обсяги енерговитрат. Цей підхід передбачає комплексну оцінку, планування, впровадження та контроль заходів, спрямованих на зменшення витрат енергії, підвищення енергоефективності та забезпечення стійкості енергетичного забезпечення підприємства.

У рамках енергетичного менеджменту акцент робиться на використанні новітніх технологій, впровадженні енергозберігаючих заходів та вдосконаленні енергетичних процесів з метою забезпечення сталого розвитку та економічної ефективності організації.[1].

Матеріал і результати досліджень. Енергетичний менеджмент є комплексом безперервних процесів та інструментів, які поєднанні з бізнес-процесами будь-якої організації, який спонукає її до постійного управління споживанням енергії та пошуком шляхів до покращення своєї енергетичної результативності [2]. Дані процеси та інструменти охоплюють не тільки процедури, обладнання й технології, але й людей. Так як будь-яка система, навіть повністю автоматизована, залежить від людей, які її створили, підтримують та удосконалюють.

Впроваджена СЕНМ, охоплює наступні бізнес-процеси на підприємстві [2]:

- визначення середовища (контексту) організації (сфера діяльності та межі СЕНМ);
- визначення ролі керівництва в процесі функціонування СЕНМ, планування, створення, затвердження, підтримка та актуалізація енергетичної політики;
- визначення повноважень та делегування функцій команді СЕНМ;
- забезпечення відповідності СЕНМ вимогам законодавства та іншим вимогам;
- реагування на ризики та можливості;
- планування енергетичних цілей та завдань і їх досягнення, проведення енергетичного аналізу, визначення вимірюваних показників з енергоефективності (показники енергорезультативності), а також визначення базового рівня енергоспоживання;
- розподілення ресурсів, необхідних для функціонування СЕНМ;
- підвищення обізнаності та кваліфікації персоналу та осіб, що працюють від імені організації;
- зовнішнє та внутрішнє інформування, а також документування;
- проектування з урахуванням енергоефективності, а також здійснення закупівлі обладнання, енергоресурсів та послуг з урахуванням їх енергоефективності;
- проведення моніторингу, вимірювання, та аналізу рівня досягнутої енергоефективності та відповідності вимогам стандарту ISO 50001;
- проведення внутрішнього аудиту (перевірки) відповідності СЕНМ вимогам стандарту;
- проведення аналізу з боку вищого керівництва;
- усунення невідповідностей та потенційних невідповідностей;
- удосконалення СЕНМ.

Розвиток систем енергетичного менеджменту є важливим компонентом удосконалення функціонування систем розподілу електричної енергії. Впровадження енергоменеджменту в системи розподілу електроенергії призводить до оптимізації використання ресурсів, зменшення витрат та підвищення ефективності функціонування електричних мереж. Основні завдання енергетичного менеджменту в системах розподілу електричної енергії включають:

моніторинг та аналіз споживання енергії: виявлення закономірностей та аналіз тенденцій використання електроенергії з метою оптимізації режимів споживання;

- виявлення перевитрат і аварій: своєчасне виявлення витрат, що виходять за межі нормативів, та негайна реакція на аварійні ситуації;
- порівняння з ефективністю і стандартами: порівняння рівня ефективності використання електроенергії з іншими системами та нормативами галузі;
- стимулювання ефективного використання: Створення стимулів для ефективного використання електроенергії шляхом використання об'єктивних показників ефективності.

Основні функції енергетичного менеджменту в системах розподілу електричної енергії включають:

- 1) збір та оцінка інформації: отримання та аналіз даних щодо різних аспектів управління використанням електроенергії для формування обґрунтованих висновків;
- 2) коригування процесу: своєчасне внесення поправок та виправлень у процес управління використанням електроенергії;
- 3) прогнозування: формулювання прогнозів щодо подальшого розвитку процесу управління електроенергією на основі отриманих даних;
- 4) координація: узгодження дій та діяльності різних спеціалістів, що взаємодіють у процесі управління використанням електроенергії;

Основним вектором розвитку енергетичного менеджменту систем розподілу електричної енергії має бути заміна обладнання на сучасне. На прикладі наступної ділянки системи розподілу можна розрахувати економію електричної енергії від заміни повітряних вимикачів на елегазові у період з 01.01.2022 - 01.09.2023. Згідно інструкції [3] знаходимо обсяг енергозбереження по кожному вимикачу протягом року. В таблиці 1 наведені результати розрахунку.

Таблиця 1 – Результати розрахунку економії електричної енергії від заміни повітряних вимикачів на елегазові у період з 01.01.2022 - 01.09.2023

Тип виведеного з експлуатації ПВ вимикача	Витрати електроенергії, тис кВт·год/рік	Тип встановленого вимикача	Витрати електроенергії, тис кВт·год/рік	Економія електроенергії, тис кВт·год/рік	Тип виведеного з експлуатації ПВ вимикача	Витрати електроенергії, тис кВт·год/рік	Тип встановленого вимикача	Витрати електроенергії, тис кВт·год/рік	Економія електроенергії, тис кВт·год/рік
ВВ-330Б	12,1	ABB LTB 420 E2	4,6	7,5	ВВН-110	13,6	Siemens 3APIFG	1	12,6
ВВ-330Б	13,1	ABB LTB 420 E2	4,6	8,5	ВВН-110	14,6	Siemens 3APIFG	1	13,6
ВВБМ-110	5,4	Alstom GL-312F1	0,7	4,7	ВВН-110	15,6	Siemens 3APIFG	1	14,6
ВВН-110	6,6	Alstom GL-312F1	0,7	5,9	ВВН-110	16,6	Siemens 3APIFG	1	15,6
ВВН-110	7,6	Alstom GL-312F1	0,7	6,9	ВВН-110	17,6	Siemens 3APIFG	1	16,6
ВВН-110	8,6	Alstom GL-312F1	0,7	7,9	ВВБМ-110	5,4	Siemens 3APIFG	1	4,4
ВВН-110	9,6	Alstom GL-312F1	0,7	8,9	ВВБМ-110	5,4	Siemens 3APIFG	1	4,4
ВВН-110	10,6	Siemens 3APIFG	1	9,6	ВВ-330Б	12,1	3AP2F1	2,53	9,57
ВВН-110	11,6	Siemens 3APIFG	1	10,6	ВВ-330Б	13,1	3AP2F1	2,53	10,57
ВВН-110	12,6	Siemens 3APIFG	1	11,6	ВВДМ-330Б	13,4	3AP2F1	2,53	10,87

Підсумувавши отриману економію електричної енергії у вигляді різниці річного споживання виведеного та встановленого в експлуатацію вимикача отримуємо загальну економію 194,91 тис. кВт·год/рік

Висновки. Розрахунок показує, що заміна вимикачів може призвести до значної економії електроенергії і зниження витрат на неї. Це може бути важливим для підприємств та організацій, оскільки ефективне використання ресурсів може покращити їх фінансовий стан і сприяти збереженню екологічних ресурсів.

Такий розрахунок може бути корисним для прийняття рішення щодо заміни обладнання і оптимізації процесів, а також щодо необхідності впровадження системи енергетичного менеджменту. Важливо враховувати витрати на закупівлю та встановлення нових вимикачів та, зокрема, витрати впровадження системи енергетичного менеджменту порівняно з очікуваною економією.

Список використаної літератури

1. Міжнародна організація із стандартизації. (2020). ДСТУ ISO 50001: Енергетичний менеджмент. Київ: Український державний центр стандартизації, метрології та сертифікації
2. Матеріали офіційного сайту Організація промислового розвитку ООН - Practical Guide "Guidelines for the implementation of an energy management system in accordance with the requirements of the international standard ISO 50001: 2018". Режим доступу - URL: <http://www.ukreee.org.ua/en/2021/23-03-2021-praktichniy-posibnik-kerivnictvo-z>
3. Інструкція «Нормування витрат електроенергії на власні потреби підстанцій 35-750 кВ та розподільчих пунктів 6-10 кВ». – К.: Міністерство палива та енергетики України, 2004.

УДК 621.31

Чернецька Ю.В., канд. техн. наук
Кизима Є.В., магістрант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ КОМБІНОВАНОЇ
СИСТЕМИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОФІСНОЇ БУДІВЛІ**

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОБУДОВИ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВДЕ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Вступ. Сучасний світ стоїть перед викликом глобальних змін у сфері енергетики, вимагаючи нових підходів до забезпечення стійкого та чистого електропостачання. У цьому контексті виникає необхідність у розгляді та аналізі ефективності гібридних систем електрозабезпечення з використанням відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) для локальних об'єктів.

Необхідність вирішення цього завдання впливає з кількох ключових факторів. По-перше, відновлювані джерела енергії надають можливість зменшити викиди парникових газів та залежність від вугільних та газових ресурсів, сприяючи більш сталому та екологічно безпечному розвитку. По-друге, гібридні системи електрозабезпечення можуть забезпечити стабільне постачання електроенергії навіть у віддалених районах або під час аварійних ситуацій, що підвищує рівень надійності.

Мета роботи. Характер завдання полягає в аналізі та оцінці технічних, економічних та екологічних аспектів побудови гібридних систем електрозабезпечення з використанням ВДЕ для локальних об'єктів. Ця задача передбачає дослідження можливостей і переваг таких систем, а також виявлення їхнього потенціалу для забезпечення стабільного та ефективного електропостачання в різних сферах, від житлових будівель до комерційних підприємств та сільськогосподарських об'єктів.

Матеріал і результати дослідження.

На сьогодні в Україні приділяється пильна увага питанням створення мереж нового покоління, новітнього підходу до генерації (споживач зможе як споживати, так і продавати електричну енергію), побудови інтелектуальних мереж (Smart Grid).

В даний час в усьому світі і в Україні спостерігається зростаючий інтерес до гібридних накопичувачів енергії (ГНЕ).

Це пов'язано з тим, що на сучасному етапі розвитку електроенергетики існує дефіцит джерел електричної енергії, постійно зростають вимоги до надійності і якості електропостачання з боку споживачів, відбувається підвищення вартості електричної енергії в усьому світі.

В зв'язку з зростанням енергоємності виробництв зростають і вимоги зацікавлених сторін до результатів діяльності енергетичних компаній, до екологічної і промислової безпеки функціонування енергетичних об'єктів та зниження загальносистемних витрат.

В зв'язку з розвитком інтелектуальних мереж не-обхідно дослідити і ефективність впровадження гібридних електричних мереж.

Гібридні енергетичні системи найчастіше об'єднують кілька поновлюваних енергетичних джерел: сонячні батареї, міні – ГЕС, вітрових електростанцій (ВЕС) та інші пристрої для акумулювання енергії, які переважно призначені для забезпечення об'єктів електричною енергією, джерела теплової енергії (біогазові установки (БГУ), сонячні теплові колектори) і джерела на органічному паливі (дизель-генератори), які виконують роль резервного живлення.

Технологічні зміни в електричних мережах можуть бути класифіковані відповідно до виду напруги в мережі: постійного, змінного струму або змішані лінії.

У гібридних системах змінного струму основні джерела напруги можуть бути пов'язані безпосередньо з лінією змінного струму або ж через додаткові конвертори для забезпечення необхідних характеристик змінного струму за умови з'єднання системи з централізованою електромережею. Подання енергії для зарядки акумуляторів контролює інвертор в двох напрямках, а також від акумуляторів на навантаження змінного струму. Навантаження постійного струму можуть забезпечуватися напругою від акумуляторів.



Рисунок 1 - Структурна схема типової гібридної енергетичної системи на основі використання джерел сонячної та гідро енергій.

Висновки: Гібридні системи електрозабезпечення представляють собою перспективний напрямок у галузі сталого розвитку та досягнення енергетичної незалежності. Вони здатні успішно інтегруватися у різноманітні сфери, такі як житлова забудова, комерційні комплекси та промисловість, сприяючи зменшенню викидів та сприяючи сталому розвитку. Проте перед впровадженням таких систем слід ретельно вивчити специфічні умови та потреби конкретного регіону, а також забезпечити високий рівень управління та обслуговування для забезпечення їх ефективної функціональності.

Список використаних джерел:

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». Законопроект № 2118-VIII // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 33, ст.359.
2. 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
3. Відновлювані джерела енергії / За ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.

Дерев'яно Д.Г., канд. техн. наук, доцент
Кізім О.Ю., магістрант Стародуб А.Е., магістрант
Пишний Р.В., магістрант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НВДЕ У РАМКАХ КОНЦЕПЦІЇ SMART CITY

Вступ. Сучасне використання відновлювальних джерел досить різноманітне й може включати великий спектр засобів щодо автоматизації роботи міста незалежно від зовнішнього надходження пального чи інших джерел енергії.

Відновлювальні джерела, що використовуються в побуті пересічними громадянами можуть суттєво відрізнятися від джерел, що активно використовуються на підприємстві чи корпорації. Дана різниця може бути не лише у різновидах а й у технологіях, що використовуються наприклад для розумного міста.

Мета роботи. Будуть розглянуті важливі аспекти, пов'язані з оцінкою потенціалу відновлюваних джерел енергії, аналізом вже існуючих проектів та їхнього впливу на міське планування. Досліджена ефективність використання відновлюваних джерел у містах та ідентифіковані фактори, що можуть впливати на їх реалізацію. Проведено аналіз відновлюваних джерел енергії, як ключової складової сталого міського розвитку.

Матеріал і результати дослідження.

Україна в останні роки досить суттєво почала цікавитися та впроваджувати відновлювані джерела енергії для розвитку своїх міст. Державні та регіональні ініціативи спрямовані на зменшення енергозалежності, зниження викидів парникових газів та покращення якості довкілля. Існує велика кількість різноманітних напрямків, що починають широко використовуватись та інтегруватись у містах та селах, що свідчить про активну участь та початок інтегрування Україною використання та переходу на відновлювальні джерела енергії.

Україна має значний потенціал у досягненні цієї мети через ідеальне географічне розташування, що у свою чергу надає можливість широкого спектру використання та інтегрування відновлювальних джерел у містах та сільській місцевості. У свою чергу дане геопозиціонування досить добре відображається у економічному аспекті, а саме: пришвидшує повернення коштів та інтегрування систем генерації відновлювального палива.

Таблиця 1 -Відновлювальні джерела, що використовуються в Україні.

Тип енергії	Опис
Сонячна енергія	Україна має значний потенціал для використання сонячної енергії. Велика кількість сонячних електростанцій уже функціонує та планується для впровадження, особливо в сонячних регіонах країни.
Вітряна енергія	Проекти вітрових ферм в Україні спрямовані на забезпечення міст та регіонів екологічно чистою енергією. Наприклад, введення в дію вітрових електростанцій у певних областях сприяє виробництву електроенергії.
Гідроенергетика	Велика кількість річок та водосховищ України сприяє активному впровадженню та використанню гідроенергетичних рішень. Встановлення турбін та гідроелектростанцій сприяє забезпеченню електроенергії для міст.
Геотермальна енергія	У окремих регіонах розвиваються проекти використання тепла землі для опалення та електрогенерації. Це сприяє зменшенню споживання традиційних видів енергії.
Біомаса	Використання органічних відходів та біомаси для виробництва енергії та біопалива активно впроваджується у містах та сільській місцевості.

Енергоефективність	Запровадження енергоефективних технологій у будівництві та господарюванні міст сприяє зменшенню споживання електричної енергії та зниженню навантаження на енергосистеми.
Інноваційні проекти	Україна також активно розвиває інноваційні проекти, такі як використання енергії прибою та океанічних течій для енергогенерації, що може стати важливою складовою майбутнього енергетичного ландшафту міст.

Ці напрямки свідчать про те, що Україна демонструє високу спроможність та бажання переходу до сталої та відновлювальної енергетики, у міському середовищі та сільській місцевості.

Висновки: Зростаюча увага до сталого розвитку та зменшення впливу на навколишнє середовище призвела до поширення використання відновлюваних джерел енергії у містах. Існує велика кількість переваг при використанні.

Переваги та недоліки використання відновлюваних джерел енергії у містах взаємопов'язані і визначаються конкретними умовами та потребами кожного міста. Добре збалансована стратегія та врахування усіх аспектів можуть допомогти містам досягти сталого та ефективного використання електричної енергії для свого розвитку до прикладу:

1. Зменшення викидів парникових газів

Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітряна енергія, сприяє зменшенню викидів парникових газів. Це особливо важливо для міст, де автомобільний транспорт та промисловість є основними джерелами забруднення повітря.

2. Економія ресурсів

Відновлювані джерела енергії можуть допомагати містам зменшити залежність від традиційних видів енергії, таких як вугілля чи природний газ. Це сприяє економії енергетичних ресурсів та допомагає у вирішенні енергетичних викликів.

3. Створення робочих місць

Розвиток відновлюваних джерел енергії часто супроводжується створенням нових робочих місць у сфері виробництва, монтажу та обслуговування обладнання для використання цих джерел, що позитивно впливатиме на місцеву економіку.

4. Збільшення енергетичної безпеки

Використання різноманітних джерел енергії дозволяє містам диверсифікувати свої джерела постачання електричної енергії, що збільшує енергетичну безпеку та робить їх менш залежними від зовнішніх факторів.

Список використаних джерел:

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. <https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/china-plans-increase-its-nuclear-capacity-70-gw-2025.html>;
3. <https://www.iea.org/reports/technology-and-innovation-pathways-for-zero-carbon-ready-buildings-by-2030>;
4. Відновлювані джерела енергії / За ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.

МОНІТОРИНГ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ У ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ

Важливою частиною процесу управління енергозбереженням і підвищення енергоефективності у навчальних закладах є систематичний контроль за рівнем використання палива та енергії. Цей контроль допомагає відслідковувати ефективність використання енергії та оцінювати результати впроваджених заходів.

У сучасному світі, де зростання екологічних проблем та енергетичних викликів вимагає негайних рішень, питання енергозбереження та підвищення енергоефективності в закладах та установах, що фінансуються з міського бюджету.

Для більшості освітніх закладів, що відіграють ключову роль у забезпеченні навчально-виховного процесу, енергоефективність представляє собою не лише засіб економії фінансових ресурсів та оптимізації бюджету галузі. Це також ефективний спосіб поліпшити стан здоров'я учнів та вихованців, що безпосередньо впливає на якість та повноту їхньої освіти.

Система моніторингу надає можливість визначити пріоритетність заходів з енергозбереження та стежити за їхнім впровадженням, а також відслідковувати та оцінювати результати їх реалізації. Залежно від цілей та конкретних заходів вибирається відповідний метод вимірювання.

У першому етапі проводиться розрахунок чистої потреби будівлі у енергії, що визначає необхідну кількість енергії для створення необхідного клімату у приміщенні, відповідно до будівельних норм та стандартів. Цей розрахунок враховує зовнішні та внутрішні фактори, такі як клімат, сонячна енергія, природне освітлення, втрати тепла та повітряні потоки через будівлю. Такий підхід дозволяє визначити енергетичну ефективність будівлі внутрішньо.

На другому етапі проводиться визначення енергії, яку будівлі віддають під час фактичного експлуатаційного використання. Це охоплює обсяг енергії, витрачений на опалення, охолодження, гаряче водопостачання, освітлення, системи вентиляції, включаючи системи автоматизації та управління будівлями. Враховується також допоміжна енергія, необхідна для роботи вентиляторів, насосів і подібного обладнання. Розглядається використання енергії для різних цілей та різних видів палива.

У третьому етапі визначаються загальні показники енергетичної ефективності, які об'єднують результати другого етапу для різних цілей та видів палива. Це включає об'єднання використання різних джерел енергії, таких як газ та електроенергія, з урахуванням первинної енергії, щоб отримати кінцеві показники енергоспоживання та ефективності. Зазвичай для будівель використовуються енергетичні показники, такі як кВт·год/м². Розрахунку ефективності існуючих будівель, розрахунки енергоефективності також проводяться на стадії проектування нових та реконструйованих будівель для моделювання їхньої енергоефективності [1].

Основною перевагою впровадження заходів з підвищення енергоефективності будівель є зниження витрат на електроенергію, але, як правило, важливо враховувати інші позитивні аспекти. Заходи, спрямовані на підвищення енергоефективності, призначені для зменшення обсягу споживаної енергії, при цьому забезпечуючи збереження або поліпшення якості надання послуг у будівлі.

Список використаних джерел:

1. Energy efficiency in buildings [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.unido.org/sites/default/files/2009-02/Module18_0.pdf

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТРАТЕГІЇ ПІДПРИЄМСТВ МОЛОЧНОЇ ГАЛУЗІ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНОСТІ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

Вступ. В епоху стрімкого технологічного розвитку та змін кліматичних умов, проблеми забезпечення стійкої та ефективної енергетичної стратегії для промислових підприємств набувають особливого значення. Широкомасштабне вторгнення Росії в Україну спровокувало серйозну енергетичну кризи для промислових підприємств з величезними економічними наслідками, які продовжують розвиватися в умовах обмеженості централізованого енергопостачання. Сучасні виклики та необхідність забезпечення стійкої енергетичної політики для цих підприємств ставлять перед фахівцями завдання розробки нових ефективних стратегій, спрямованих на оптимізацію витрат енергії та забезпечення економічної ефективності, а також адаптації підприємств до нових умов господарювання та дотримання вимог сталого розвитку.

Матеріал і результати досліджень. Енергетична стратегія підприємства – ключова функціональна стратегія, яка являє собою комплекс взаємозалежних заходів щодо вибору технології й організації виробництва продукції, що дозволяють забезпечити стійке енергоефективне споживання енергоресурсів підприємством на основі комбінації запланованих дій і рішень по адаптації підприємства до нової ситуації й можливостям одержання енергоефективних переваг і до нових умов зниження його енергоефективних позицій. Без ретельно сформульованої стратегії діяльність підприємства втрачає зміст. Енергоспоживання в межах підприємства - це процес, який розвивається в часі, має як статичні, так і динамічні характеристики.

У зв'язку з цим треба чітко розрізняти процеси енергопостачання і енергоспоживання. Перший можна описувати статичними характеристиками, і при цьому процес може обмежувати або не обмежувати енергоспоживання, що буде приводити до певних виробничо-господарських результатів, другий – виключно динамічними характеристиками. Формально виробниче енергоспоживання має місце тільки тоді, коли виробляється продукція, виявляються виробничі послуги, але при цьому обов'язково необхідно співвідносити результат (продукцію) і витрати (енергоспоживання) і тим самим, оцінюючи енергоємність в часі і в залежності, як будуть співвідноситися витрати і результати, можна судити про динаміку енергоємності продукції та послуг.

Під час енергетичного планування необхідно враховувати особливості самого підприємства, розуміння потреб зацікавлених сторін, і провести аналіз діяльності підприємства і процесів, які можуть впливати на енергетичну результативність. Планування має бути узгодженим з енергетичною політикою і має призводити до дій, результатом яких є постійне поліпшення енергетичної результативності.

Схематично процес енергетичного планування можна зобразити [1] як показано на рис. 1.



Рисунок 1 – Схема процесу енергетичного планування підприємства

В якості методів, за допомогою яких можна вирішити задачу оптимального вибору, на розгляд було обрано три методи: метод аналізу ієрархій (MAI) [2], метод Монте-Карло [3] та метод Байєса.

Вибір найбільш ефективної стратегії має базуватися на критеріях економічності (чиста приведена вартість (NPV), IRR, період окупності, вартість життєвого циклу), екологічності (викиди CO₂, еквіваленти CO₂ у разі зміни клімату) та енергоефективності (скорочення споживання). Таким чином можна максимально уникнути суб'єктивної оцінки і в результаті аналізу мати максимально чітку і математично обгрунтовану стратегію. В таких умовах найкращим вибором буде MAI. Складність та затратність по часу не є суттєвими недоліками, так як зазвичай немає дуже суворих часових обмежень для формулювання стратегії, більше того вона має бути максимально продуманою, так як визначить напрям руху підприємства на роки вперед.

Висновки. Вибір оптимальної енергетичної стратегії є важливим та визначним кроком у розвитку підприємства, тому рішення щодо стратегії мають прийматися виважено і бути підкріплені математичним апаратом.

На основі аналізу переваг і недоліків методів Монте-Карло, Байєса та MAI, в роботі для формування оптимальної енергетичну стратегії підприємства було обрано метод аналізу ієрархій в якості основного математичного інструмента. Метод надає структурований і систематичний підхід, допомагаючи особам або групам розкладати складні проблеми на ієрархію критеріїв та альтернатив і дозволяє приймати рішення, враховуючи та вагаючи одночасно кілька критеріїв, враховуючи якісні та кількісні чинники.

Список використаної літератури

1. ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2018, IDT).
2. Cherniavskiy, Anatolii & Hoienko, Andrii. (2020). A multi-criteria approach to decision-making on choosing the optimal strategy for implementing the energy-saving potential at Ukrainian dairies. 418-423. 10.1109/ESS50319.2020.9160061.
3. Brooks, S. P. (1998). Markov Chain Monte Carlo Method and Its Application. Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician), 47(1), 69–100.
4. Berger, J.O., Moreno, E., Pericchi, L.R. et al. An overview of robust Bayesian analysis. Test 3, 5–124 (1994). <https://doi.org/10.1007/BF02562676>.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОХИБКИ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ ДО ДЕФЕКТУ ІЗОЛЯЦІЇ

По відношенню до об'єктів технічного призначення, термін «надійність» означає властивість об'єкта зберігати протягом певного часу в обумовлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції у встановлених режимах і умовах використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання та транспортування. У відношенні до таких об'єктів, у т.ч. електрообладнання, надійність роботи значною мірою залежить від їх технічного стану.

Анотація. Дана стаття присвячена дослідженню визначення точної відстані до дефекту ізоляції в електроенергетичних системах, зокрема замикання на землю. Представлена математична модель лінії для визначення параметрів режиму з урахуванням параметрів замикання на землю, а також детально розглянуто вплив приєднання із несиметричним навантаженням на похибку визначення відстані до дефекту ізоляції. Досліджено вплив значення опору дефекту на точність визначення відстані до дефекту ізоляції.

Визначення точної відстані до дефекту ізоляції, зокрема замикання на землю, в електроенергетичних системах є важливою складовою для забезпечення надійності електропостачання [1]. Похибки у визначенні цього параметра можуть призвести до невірних оцінок та непередбачуваних наслідків, включаючи аварійні ситуації та втрати енергії.

Зокрема, замикання на землю може викликати серйозні наслідки, такі як перерви в електропостачанні та пошкодження обладнання. Точне визначення відстані до цього дефекту дозволяє оперативно реагувати на виникнення проблем, уникати небезпек та забезпечити безперебійну роботу системи.

Розглянемо математичну модель лінії для визначення параметрів режиму в залежності від параметрів замикання на землю.

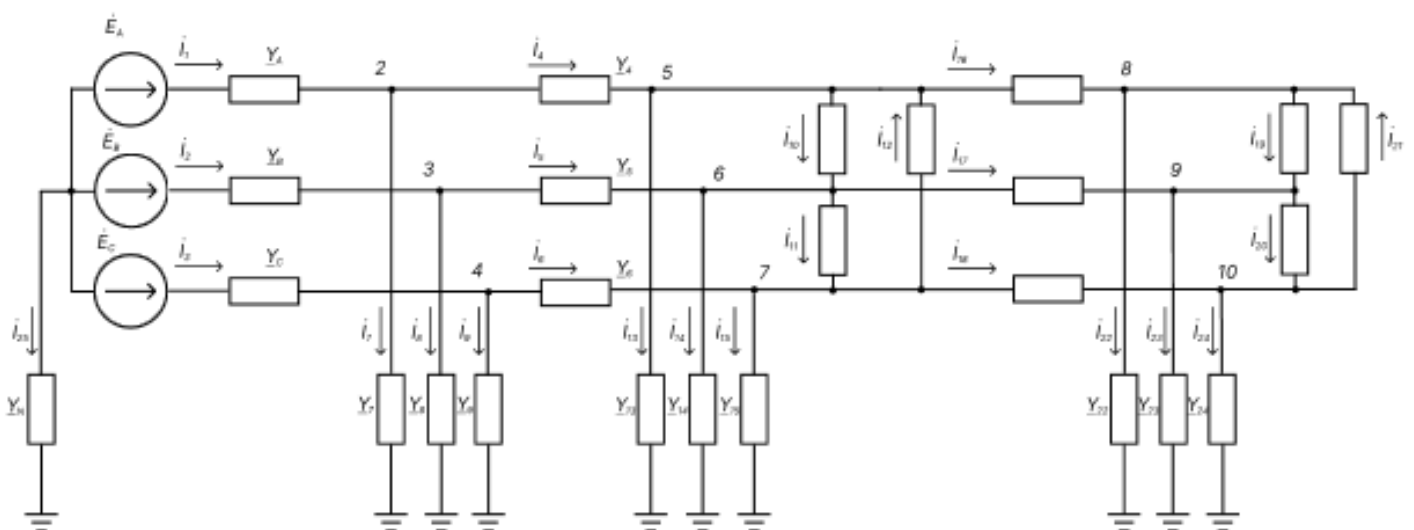


Рисунок 1 - Схема для дослідження похибки визначення відстані до дефекту ізоляції в трифазній електричній мережі [2]

Приєднання із несиметричним навантаженням. Приєднання із несиметричним навантаженням може призвести до похибки визначення відстані до дефекту ізоляції (замикання на землю). Це пов'язано з тим, що несиметричне навантаження створює різницю потенціалів між фазами, що може спотворити результати вимірювань.

Похибка визначення відстані до дефекту ізоляції залежить від декількох факторів, включаючи:

- Рівень несиметричного навантаження – чим вищий рівень несиметричного навантаження, тим більшою буде похибка.
- Розташування дефекту ізоляції – дефект, розташований ближче до джерела несиметричного навантаження, призведе до більшої похибки.
- Тип приєднання – приєднання з несиметричним навантаженням, що має низький рівень заземлення, призведе до більшої похибки.

Щоб зменшити похибку визначення відстані до дефекту ізоляції в мережах із несиметричним навантаженням, слід застосовувати спеціальні методики вимірювання. Наприклад, можна використовувати метод балансування несиметричного навантаження або метод вимірювання смісної провідності між фазами.

Згідно з Рис.1 навантаження задається провідностями Y_{19} , Y_{20} , Y_{21} . При симетричному навантаженні де відстань до дефекту $b = 0.1$ отримана похибка:

$$\begin{cases} \frac{1}{Y_{b_i}} = 3.341609 + j \cdot 1.080187 \\ Y_{i14} = \frac{1}{0.1}; db_1 = 0.739 \end{cases}$$

Несиметричне навантаження:

$$Y_{21} = 0.99 \cdot Y_{19}$$

$b = 0.5$:

$$\begin{cases} \frac{1}{Y_{b_i}} = 3.3426 + j \cdot 0.7708 \\ Y_{i14} = \frac{1}{0.1}; \end{cases}$$

Таблиця 1 – Залежність похибки визначення відстані від фази лінії, опір якої відрізняється від інших двох фаз. Відстань до замикання $b = 0.5$

Між якими фазами опір збільшений	Результати розрахунку активного опору лінії до місця дефекту (замикання), Ом	Похибка визначення відстані, %
Симетричне навантаження $Z_{AC} = Z_{BC} = Z_{AB}$	16.4065	2.75
$Z_{AC} (1.05)$	16.4367	2.85
$Z_{BC} (1.05)$	16.3599	2.6
$Z_{AB} (1.05)$	16.4437	2.87

Таблиця 2 – Залежність похибки визначення відстані від фази лінії, опір якої відрізняється від інших двох фаз. Відстань до замикання $b = 0.9$

Між якими фазами опір збільшений	Результати розрахунку активного опору лінії до місця дефекту (замикання), Ом	Похибка визначення відстані, %
Симетричне навантаження $Z_{AC} = Z_{BC} = Z_{AB}$	29.6302	5.24
$Z_{AC} (1.05)$	29.6937	5.44
$Z_{BC} (1.05)$	29.5482	4.97
$Z_{AB} (1.05)$	29.706	5.48

Отож, можемо помітити що, несиметрія навантаження впливає на точність визначення відстані замикання на землю. Похибка, що виникає, залежить від значення несиметрії та від фази навантаження лінії в якій виникла несиметрія.

Вплив значення опору дефекту: Опір дефекту в фазі В задається $Y_{i14} = \frac{1}{0.1} + 0.5 \cdot 0.000127 \cdot i$. Тож, враховуючи попередні розрахунки, складемо таблицю:

Таблиця 3 – значення опору та похибки визначення відстані до дефекту ізоляції

b, в.о	0.1	$R_{\text{деф}}, \text{Ом}$	%
0.1	0.739 %	3.7435	2.036
0.5	2.73 %	16.811	4.053
0.9	5.238 %	30.0388	6.55

Згідно результатів, можемо спостерігати що, зі збільшенням відстані до дефекту значення опору дефекту та похибка визначення відстані до дефекту ізоляції збільшуються. Це можемо підтвердити графіком залежності похибки визначення відстані замикання на землю від опору дефекту.

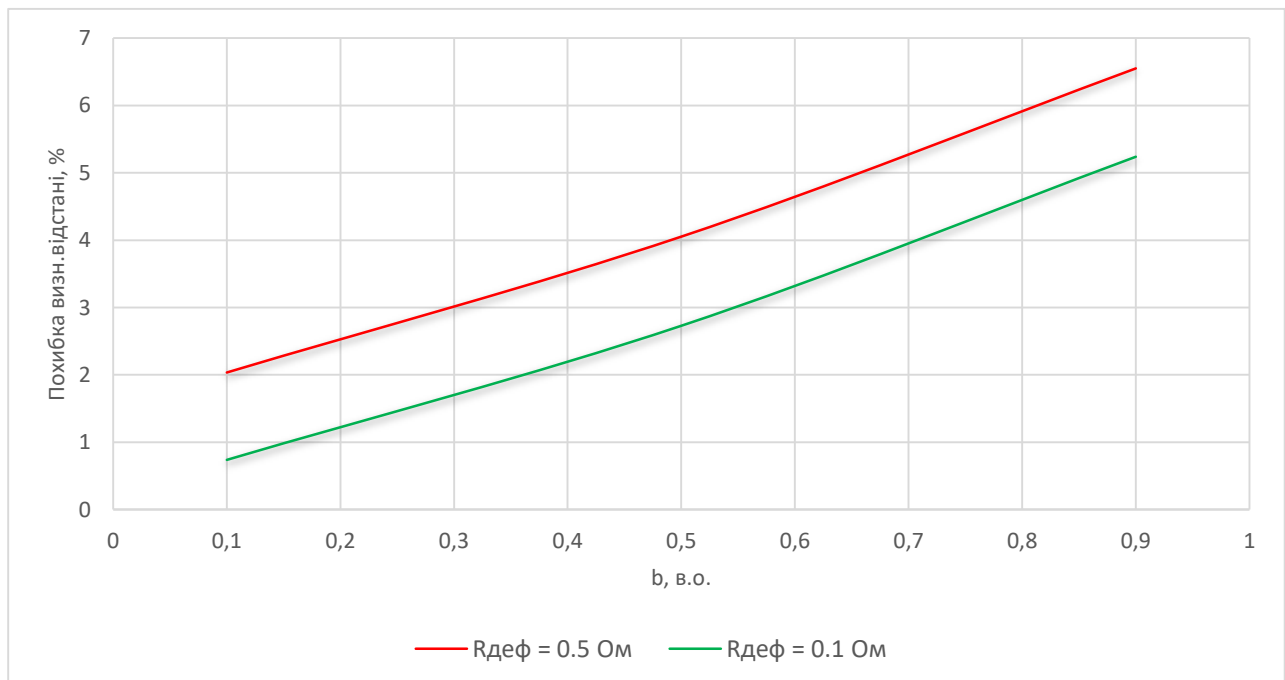


Рисунок 2 – графік залежності похибки від опору дефекту

Висновки. В роботі розглянуто залежність похибки визначення місця до дефекту ізоляції.

Встановлено, що похибка визначення відстані до місця замикання на землю зростає у разі збільшення опору в місці замикання, а також похибка залежить від рівня несиметрії навантаження та лінії живлення.

Рекомендується проведення подальших експериментальних досліджень для більш детального вивчення залежності похибки визначення відстані до дефекту ізоляції від різних факторів.

Список використаних літератури

1. Войцехівський В. М., Клочко О. М. Інженерія електромереж: Підручник. 2-ге вид., виправл. і доп. К.: Київ. нац. ун-т електротехніки і зв'язку ім. акад. В. М. Попова, 2016. 752 с.

2. Сопель М.Ф., Гребченко М.В., Максимчук В.Ф., Пилипенко Ю.В. Визначення місця однофазного замикання на землю в умовах електромагнітного впливу на повітряних лініях сигналізації, централізації та блокування залізниць. Вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Електротехніка та електроенергетика. 2023. № 3 (269). С. 175-107. DOI: 10.31685/2307-9210.2023.269.1.107

References

1. Voytsekhivskiy V. M., Klochko O. M. Power Engineering: Textbook. 2nd ed., revised and enlarged. Kyiv: Kyiv National University of Electrical Engineering and Communication named after Academician V. M. Popov, 2016. 752 p.

2. Sompel, M.F., Grebchenko, M.V., Maksimchuk, V.F., & Pylypenko, Yu.V. (2023). Determination of the location of a single-phase ground fault in the presence of electromagnetic interference on overhead signaling, centralization, and blocking lines of railways. Visnyk of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Electrical Engineering and Power Engineering, 3(269), 175-107. DOI: 10.31685/2307-9210.2023.269.1.107

КРИТЕРІЇ УПРАВЛІННЯ ГІБРИДНИМИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ СИСТЕМАМИ

Вступ. У сучасному світі, де проблема енергетичної безпеки й екологічної стійкості стає все більш актуальною, використання гібридних відновлюваних систем малої потужності стає стратегічно важливим етапом у реалізації концепції сталого розвитку. Гібридні системи, що об'єднують різні джерела відновлюваної енергії, надають ефективне та стабільне вирішення проблеми постачання енергії та зменшення викидів, проте ефективне управління такими системами є ключовим чинником для їхнього успішного впровадження й оптимального функціонування.

Мета роботи. Мета даного дослідження є комплексне вивчення й аналіз критеріїв управління гібридними відновлюваними системами малої потужності. Дослідження передбачає огляд основних компонентів гібридних відновлюваних систем, їх технічних характеристик, а також визначення оптимальних стратегій управління для забезпечення ефективного та сталого використання відновлюваних ресурсів. Результати роботи будуть сприяти розумінню ключових аспектів управління гібридними відновлюваними системами та сприятимуть подальшому розвитку цієї важливої галузі енергетики.

Матеріал і результати дослідження. Дослідження гібридних відновлюваних систем базувалося на комплексному аналізі різноманітних джерел інформації, включаючи наукові публікації, технічні звіти, а також практичні застосування гібридних енергетичних систем. У роботі представлено матеріал і результати, які дають змогу розкрити ключові аспекти управління гібридними відновлюваними системами.

Основним етапом дослідження був огляд різноманітних складових гібридних відновлюваних систем (таблиця 1). Вивчення технічних особливостей сонячних електростанцій, вітроенергетики, гідроенергетики, біоенергетики й установок зберігання енергії дало можливість визначити ключові компоненти, які впливають на їхню ефективність та сталість.

Таблиця 1 – Огляд ключових елементів гібридних відновлюваних систем малої потужності

Тип системи	Основні характеристики	Технічні аспекти
Сонячні електростанції	- Виробництво електроенергії з сонячних панелей	- Вибір оптимальних технологій сонячних батарей
	- Схеми зберігання та використання надлишкової енергії	- Підвищення ефективності конвертації сонячної енергії
	- Інтеграція з іншими джерелами енергії	- Моніторинг та управління виробництвом у реальному часі
Вітроенергетика	- Використання вітрових турбін для виробництва електроенергії	- Розташування вітрових турбін в оптимальних місцях
	- Забезпечення сталого постачання енергії у змінних умовах	- Зменшення впливу на природне середовище
	- Інтеграція з іншими джерелами енергії	- Забезпечення безперебійності та надійності роботи
Гідроенергетика	- Генерація електроенергії внаслідок руху води	- Вибір оптимальних типів гідроенергетичних установок
	- Забезпечення сталого виробництва в екологічно чистих регіонах	- Управління водним потоком для оптимізації виробництва
	- Інтеграція з іншими джерелами енергії	- Забезпечення безпеки експлуатації та запобігання аваріям

Продовження таблиці 1

Біоенергетика	- Виробництво енергії з органічних ресурсів	- Вибір оптимальних технологій для біомаси та біогазу
	- Забезпечення сталого виробництва в аграрних регіонах	- Моніторинг ефективності використання біомаси
	- Інтеграція з іншими джерелами енергії	- Забезпечення сталого відновлення біологічних ресурсів
Установки зберігання енергії	- Забезпечення стійкості та балансу в енергетичних мережах	- Вибір та впровадження технологій зберігання енергії
	- Зниження втрат енергії під час транспортування	- Розробка систем управління зберіганням та розподілом
	- Інтеграція з генерацією відновлюваної енергії та мережами	- Моніторинг та аналіз ефективності систем зберігання

Аналіз критеріїв управління. Для визначення оптимальних стратегій управління гібридними відновлюваними системами, проведено аналіз основних критеріїв, що впливають на їхню ефективність. Розглянуті такі аспекти, як енергетична ефективність, стійкість до змінних умов, вартість експлуатації й екологічна придатність.

Таблиця 2 – Критерії управління гібридними відновлюваними системами

Критерій	Основні аспекти	Параметри оцінки
Енергетична ефективність	- Коефіцієнт конверсії енергії	- Виходи з гібридних систем під час різних умов
	- Втрати енергії під час транспортування	- Співвідношення виробництва та споживання енергії
	- Загальна виробнича ефективність	- Адаптивність системи до змінного навантаження
Стійкість до змінних умов	- Виробництво енергії в різних кліматичних умовах	- Здатність системи забезпечувати енергією у будь-який період року
	- Відновлення роботи після аварій та непередбачених ситуацій	- Можливість автоматичного відновлення після перебоїв
Вартість експлуатації	- Витрати на будівництво та обслуговування	- Загальні витрати на експлуатацію та обслуговування
	- Термін служби та потреба в регулярному обслуговуванні	- Оптимізація експлуатаційних витрат та тривалість служби
Екологічна придатність	- Вплив на природне середовище	- Відсутність шкідливих викидів та вплив на екосистеми
	- Використання відновлюваних матеріалів та технологій	- Збалансованість між виробництвом енергії та екологічною безпекою

Висновок. Матеріал і результати дослідження вказують на важливість комплексного підходу до управління гібридними відновлюваними системами. Аналіз основних компонентів та критеріїв управління надає підстави для розробки ефективних стратегій, спрямованих на досягнення максимальної енергетичної ефективності, стійкості та екологічної придатності таких систем. Дослідження дало можливість визначити ключові аспекти, що впливають на функціонування гібридних відновлюваних систем, та визначити напрямки для подальших досліджень в цій області. Оптимізація управління гібридними відновлюваними системами є важливим завданням для забезпечення стійкого та ефективного використання відновлюваних ресурсів у майбутньому.

Список використаних джерел:

1. Кузнецов М.П., Мельник О.А., Лисенко О.В. Особливості стохастичної оптимізації гібридних енергосистем на базі ВДЕ. *Відновлювана енергетика*. 2018. № 2 (53). С. 6–16.
2. Сабіщенко О.В. Управління енергозабезпеченням сталого регіонального розвитку із використанням гібридних систем альтернативних джерел енергії : дис. докт. філософії: 051– Економіка; галузь знань 05 – Соціальні та поведінкові науки / Київський національний університет технологій та дизайну. Київ. 2023. 191 с.

References:

1. Kuznetsov M., Melnyk O., Lysenko O. Features of stochastic optimization for hybrid power systems with the renewable sources. *Renewable energy*. 2018. No. 2 (53). Pp. 6–16.
2. Sabishchenko O.V. Managing energy supply for sustainable regional development using hybrid systems of alternative energy sources: The dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 051 «Economics» (knowledge branch is 05 «Social and behavioral sciences») / Kyiv National University of Technology and Design. Kyiv, 2023. 191 p.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ДЖЕРЕЛ РОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ НА ВТРАТИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ПОВІТРЯНИХ МЕРЕЖАХ 0,38 кВ

Вступ. Розрахунки втрат електроенергії в електричних мережах операторів систем розподілу (ОСР) є складним процесом з точки зору збору і обробки вихідної інформації, а також використання програмних засобів [1, 2]. Для коректного складання балансів електроенергії, пошуку і локалізації місць завищених комерційних втрат, необхідно виконувати достовірні розрахунки втрат електроенергії в мережах 0.38 кВ [3]. З причини надвеликих обсягів поопорних схем (сотні тисяч вузлів для одного ОСР) на цей час широке використання отримали методи розрахунку втрат на основі еквівалентних моделей мереж 0.38 кВ, але такі методи можуть вносити суттєву похибку з урахуванням різноманіття конфігурацій і розподілу навантажень ліній 0.38 кВ, а також не враховують можливості зустрічних перетікань активної потужності за наявності розподіленої генерації..

Матеріал і результати дослідження. Для оцінки похибки розрахунків втрат за еквівалентними та однолінійними схемами мереж 0.38 кВ, в тому числі з врахуванням розподіленої генерації, розроблено трифазну модель лінії 0.38 кВ, яку реалізовано у програмному комплексі РАОТВ. Навантаження трифазної моделі лінії 0.38 кВ може бути представлено як постійними потужностями, так і постійними опорами для моделювання ситуації "відгоряння" нульового провідника в нейтралі живлення.

В комплексі РАОТВ реалізовано порівняно прості формати для кодування поопорних схем ліній 0.38 кВ в однолінійному і трифазному варіантах [4]. При значних відхиленнях розрахункових напруг від номінальних необхідно враховувати статичні характеристики навантаження. Напруги фаза-нуль у споживачів можуть суттєво відрізнитись від напруг фаза-земля, що видно тільки у трифазних моделях схем.

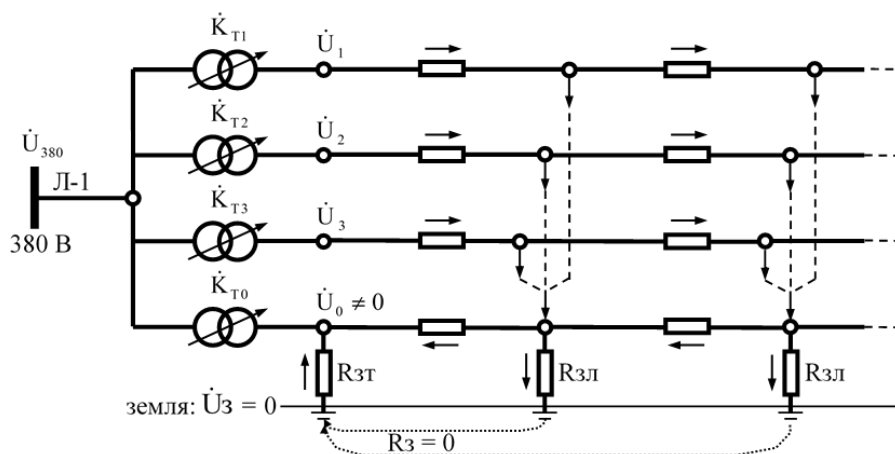


Рисунок 1 – Трифазна модель лінії 0.38 кВ із врахуванням заземлень живлячого трансформатора і повторних заземлень нульового провідника

За відсутності розподіленої генерації розрахунки втрат для експериментальних схем за середніми навантаженнями і за графіками навантажень практично співпадають. За наявності розподіленої генерації розрахунки втрат треба виконувати тільки за графіками навантажень, оскільки розрахунки за середніми навантаженнями можуть давати суттєву похибку за рахунок сальдування інтегральних показників електроенергії, на відміну від погодинного сальдування потужностей за графіками навантажень.

Виконано формування інформаційної бази ліній 0.38 кВ і їх поопорних схем для фрагменту промислової мережі 10/0.38 кВ м. Кропивницький. Для 49 ліній 0.38 кВ обсяг бази поопорних схем склав 1142 рядків. Виконано розрахунок і аналіз втрат мережі 10/0.38 кВ – втрати в лініях 10 кВ склали

18% від сумарних втрат, основна частка (60%) – це втрати в трансформаторах, а саме втрати неробочого ходу (53%), втрати в лініях 0.38 кВ склали 22%. Найбільший відсоток втрат в лініях 0.38 кВ від навантаження склав 5.3%, а в середньому – 1.6%.

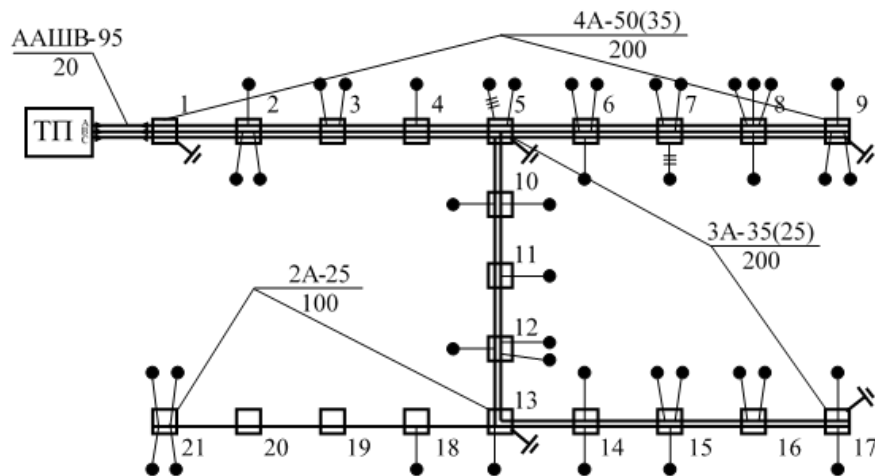


Рисунок 2 – Приклад попорної схеми мережі 0,38 кВ

Встановлення розподіленої генерації споживачів в ряді випадків призводить до збільшення втрат: при роботі СЕС в лініях 0.38 кВ втрати збільшуються в деяких випадках на 25 %. Збільшення втрат спостерігається на лініях, де обсяги генерації однакові або більші за обсяги споживання за рахунок значної перекомпенсації споживання активної електроенергії у пікові години генерації СЕС, а також на ділянках безпосереднього підключення СЕС, що мають невеликий перетин, наприклад, 16 мм².

Комплекс РАОТВ виконує формування звітів балансів електроенергії з урахуванням наявного складу технічних обліків. Баланс за технічними обліками на певних лініях показав наявність завищених комерційних втрат електроенергії в декілька разів.

Висновок: Результати аналізу втрат електроенергії у повітряних мережах напругою 0,38 кВ з використанням розподіленої генерації показують важливість подальших досліджень в цьому напрямку. Комплекс РАОТВ є зручним та ефективним програмним забезпеченням для аналізу режимів електричних мереж різних номінальних напруг.

Список використаних джерел:

1. Методичні рекомендації визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання (затверджені наказом Міненерговугілля 21.06.2013 № 399).
2. Методика визначення нормативних технічних втрат електричної енергії в електричних мережах енергокомпаній України. – Горлівка : ДП «ДонОРГРЕС», 2004. – На заміну ГНД 34.09.104-2003.
3. Методика складання структури балансу електроенергії в електричних мережах 0.38–150 кВ, аналізу його складових і нормування технологічних витрат електроенергії: ГНД 34.09.104-2003. – [Чинний від 2004-04-01]. – К. : ОЕП «ГРІФРЕ», 2004.
4. Банін Д.Б., Банін М.Д., Луців П.Д. Розрахунок та пофідерний аналіз складових технологічних витрат електроенергії в мережах 10(6)/0.4 кВ ВАТ "ЕК "Хмельницькобленерго" за допомогою програмного комплексу РАОТВ // Электрические сети и системы.-2010. Спецвыпуск "ВАТ "ЕК Хмельницькобленерго" 15 років", с.46-67.

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Вступ. Перехід до вуглецево-нейтральної енергетики відбувається зі зростаючим рівнем невизначеності, як з боку генерації відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), так і з боку навантаження, такого як електромобілі. Широке проникнення електромобілів в енергосистему з неконтрольованою зарядкою призведе до небажаних порушень напруги та струму, безпекових проблем та необхідності розширення пропускної спроможності мережі. Для запобігання розбалансування напруги, гармонік, перевантажень і зменшення втрат мережі необхідна розумна зарядка електромобілів. У дослідженнях використовуються різні методи оптимізації (пряма оптимізація, евристика, теорія ігор та машинне навчання), в залежності від типу та складності проблеми, бажаного обчислювального часу та необхідності пошуку глобального оптимального рішення.

Мета роботи: проаналізувати та порівняти методи оптимізації, які використовуються для диспетчеризації розумної зарядки електромобілів та пошуку оптимальної стратегії поведінки гравців на ринку.

Основний зміст. Широке проникнення електромобілів із неконтрольованою зарядкою призведе до небажаних порушень лімітів напруги та струму, до проблем безпеки та високої вартості розширення пропускної спроможності мережі. Для запобігання розбалансування напруги, гармонік, перевантажень і зменшення втрат мережі необхідна розумна зарядка електромобілів. Через шкідливий вплив на екологію електростанції на основі викопного палива не можна характеризувати як стабільні та надійні джерела енергії. Урядові ініціативи підкреслюють важливість скорочення викидів парникових газів, які, разом зі збільшенням частки поновлюваних джерел енергії (ВДЕ), будуть основними драйверами для зеленої та чистої енергосистеми. Однак, через переривчастість та нестабільність ВДЕ для забезпечення безпечної та ефективної роботи енергосистеми необхідні інноваційні підходи в плануванні та експлуатації. Рівень невизначеності зростає через змінний характер ВДЕ та збільшення кількості електромобілів, що вимагає більш точного прогнозування навантаження [1] та гнучкості в енергосистемі, яку можна забезпечити з боку кінцевого клієнта [2].

Оптимізація роботи є одним із підходів забезпечення надійності функціонування зарядної станції. Планування зарядки EV є складною проблемою оптимізації. Оптимізований графік зарядки необхідний для підвищення ефективності мережі, агрегатора, розподільних трансформаторів та самого EV. Цільових функцій оптимізації зарядки електромобілів може бути декілька. Найпоширенішою ціллю оптимізації є мінімізація загальної вартості зарядки з метою економії витрат. Вартість може включати витрати на експлуатацію та витрати на паливо. З точки зору енергоефективності розглядаються загальні витрати на електроенергію, а також втрати електроенергії, така оптимізація спрямована на планування розподілу електроенергії більш ефективним способом. Екологічний слід також враховують в задачах оптимізації для зменшення викидів парникових газів, а також деяких інших газоподібних забруднювачів, таких як оксиди азоту (NO_x). Отримання доходу від V2G є основним стимулом участі в моделі, тому варто розглядати також можливість знаходження рішення задачі оптимізації з метою максимізації прибутку. Крім цього, в якості цільової функції також можна розглядати максимізацію середнього стану заряду батареї EV.

Іншою складовою задачі оптимізації є обмеження. Обмеження вводяться для зв'язування рішень у межах фізичних та визначених користувачем обмежень. Потужність, напруга та струм зарядного пристрою зазвичай обмежені технічними характеристиками зарядних пристроїв та ємністю акумулятора EV. Для оптимізації всієї розподільної енергосистеми часто розглядаються обмеження генерації та передачі в межах робочих параметрів мережевих операторів «grid code».

Якщо оптимізаційні моделі опуклі, мають невелику кількість змінних і вхідних параметрів, і можуть бути вирішені за поліноміальний час, методи прямої оптимізації знайдуть глобальний

оптимум, який задовольняє всі обмеження. Однак більші задачі з кількома змінними та численними обмеженнями іноді не можуть бути вирішені за поліноміальний час, тому необхідні інші підходи до їх вирішення. Зі збільшенням кількості змінних і обмежень складність моделі та час, необхідний для пошуку рішення, також зростають. Завдяки простій реалізації та високій швидкості обчислень евристичні методи використовуються в оптимізаційних задачах, у яких швидкість виконання важливіша за знаходження точного рішення. З іншого боку, коли досліджується конкуренція між різними гравцями ринку, підхід теорії ігор моделює їхню взаємодію, максимізуючи переваги кожного залученого гравця. Якщо деякі вхідні дані відсутні, алгоритми машинного навчання підходять для їх прогнозування на основі попередньо зібраних даних. Тому для різних типів задач оптимізації функціонування зарядної станції необхідно використовувати різні методи, в тому числі їх поєднання.

В роботі [3] встановлено, що використання акумуляторних батарей і джерел відновлюваної енергії на швидкісних зарядних станціях може знизити експлуатаційні витрати зарядної станції, а також має позитивний вплив на енергосистему. Для визначення оптимальної потужності генеруючої установки та типу акумуляторної батареї з урахуванням кількості циклів зарядки, глибини розряду та терміну служби батареї була сформульована задача MILP. Оптимальний розв'язок показує, що система накопичення енергії і ВДЕ можуть знизити витрати на 35%, а пікове навантаження може бути зменшено майже на 8%. В роботі [4] визначено оптимальний розмір і тип накопичувача енергії (махове колесо, свинцево-кислотна батарея, літій-іонна батарея, ванадієво-відновна батарея), інтегрованого в зарядну станцію, з метою зменшення витрат на зарядку, а також зменшення негативного впливу на мережу. Для оптимальної конфігурації та управління агрегаторами EV з урахуванням обмежень розподільної мережі стохастична модель змішаного цілого нелінійного програмування (MINLP) була розв'язана за допомогою декомпозиції Бендерса, в якому керування заряджанням EV розраховувалося за допомогою моделі черги M/M/N/N з неоднорідним процесом Пуассона. Основна задача - визначити економічний план роботи енергосистеми з урахуванням поведінки агрегатора EV. Змінні в основній задачі пов'язані з конфігурацією агрегаторів EV (розташування та кількість інтелектуальних лічильників, зарядних пристроїв та зарядної потужності). Підзадача - пошук оптимального розподілу електромобілів на основі конфігурацій та правил, зазначених у головній задачі. Моделювання показало, що ємність системи акумуляування на зарядній станції зменшується, якщо збільшується запас ходу автомобіля.

Якщо брати до уваги обчислювальний час великих задач оптимізації, евристичні алгоритми перевершують пряму оптимізацію. Рішення, знайдене евристичними алгоритмами може бути не найкращим, однак не повинно суттєво відхилитися від рішення, отриманого шляхом прямої оптимізації. У [5] автори розробили евристичний алгоритм, щоб отримати мінімальну вартість зарядки. Результати, отримані при виконанні алгоритму, планують типову схему зарядки. У дослідженні [6] представлений евристичний підхід, який називається алгоритмом пошуку графів, дозволяє клієнтам обирати зарядну діяльність EV. Одним із найпоширеніших евристичних алгоритмів є алгоритм рою частинок (Particle swarm optimization, PSO). Цей алгоритм складається з трьох етапів: самостійний пошук області розв'язку, оцінка зібраних даних і визначення найкращого результату, а також зміщення всіх агентів в пошуковій області на краще рішення. Багатоцільова оптимізація рою частинок в [7] використовується для визначення місця розташування зарядної станції електрокарів з урахуванням мінімізації втрат в мережі, придбаної енергії від мережі, відхилення напруги, підвищення надійності електроживлення і зниження витрат на зарядку. Для вирішення проблеми перевантаження розподільної мережі через неконтрольовану зарядку електромобілів запропоновано стратегію розумної зарядки з можливістю надання послуг V2G [8]. Нелінійна задача вирішується за допомогою оптимізації рою частинок. Перевагами запропонованої моделі є зниження експлуатаційних витрат, перевантаженість мережі, втрати. В роботі [9] цільовою функцією є максимізація середнього SOC, враховуючи вартість енергії, ємність акумулятора та час зарядки, яка є нелінійною, тому ця задача вирішується з використанням PSO.

Агрегатор EV прагне купувати енергію на ринку на добу вперед (РДН) за найнижчою можливою ціною, маючи на меті мінімізувати відхилення від запланованого графіка в режимі реального часу. Агрегатор не має точної інформації про час прибуття і SoC кожного EV, що прибуде на станцію наступного дня. Агрегатор прогнозує споживання на основі отриманих попередніх знань від даних зарядки EV. Оскільки фактичний час прибуття та відправлення не відомий заздалегідь, евристичний алгоритм планує заряджання електромобіля на основі історичних даних та оновлює графік з

урахуванням фактичного часу прибуття та відправлення, щоб мінімізувати витрати на зарядку. Оптимальна зарядка EV, яка відповідає всім технічним обмеженням в мережі, отримується метаевристичними методами, які забезпечують якісне рішення, дуже близьке до оптимального (або навіть оптимального) зі значно меншою кількістю обчислювальних ресурсів.

В роботі [10] було доведено, що використання класичних методів оптимізації не вирішують проблему рекомендації зарядної станції для водіїв з низьким рівнем заряду, і як результат запропоновано змоделювати задачу як гру з переваженнями, для якої існує принаймні одна рівновага Неша (тобто рішення, яке всі електромобілі вважають задовільним). Знайдене рішення дозволяє знизити затори на дорогах та споживання енергії, а також підвищити задоволення користувачів. В роботі [11] теорія некоопераційних ігор була застосована для зменшення витрат на зарядку електромобілів без шкоди для розподільної мережі. Цільова функція вимірює, вигреш індивідуального учасника процесу зарядки, при зміні власної стратегії, та відсутності змін стратегії інших учасників. Для пошуку оптимальної стратегії поведінки агрегатора зарядної станції на ринку в роботі [12] був використаний децентралізований підхід теорії ігор, оптимізуючи взаємодію електромобілів із зарядною інфраструктурою. Зарядка виконується переважно від сонячних батарей, EV заряджаються від мережі тільки тоді, коли потреба в потужності не може бути задоволена від сонячної генерації. Також теорію ігор було використано для формування оптимальної цінової політики зарядних станцій з ВДЕ з дотриманням всіх обмежень в системі в роботі [13] Доведено збіжність задачі на основі супермодульності. Метою кожної зарядної станції є вибір правильної цінової стратегії для EV, завдяки якій зарядна станція може використовувати енергію, отриману з відновлюваних джерел, для зарядки транспортних засобів або для продажу надлишкової енергії в мережу.

Методи машинного навчання також широко використовуються для оптимізації роботи зарядних станцій. Так, в роботі [14] для прогнозування початкового розташування EV було використано метод класифікації, а для розрахунку відстані, яку пройде EV, використано регресію. На основі спрогнозованих даних для розрахунку витрат на зарядку EV було використано пряму оптимізацію. Алгоритм ансамблевого прогнозування, який зменшує похибку прогнозування споживання енергії, використовується в [15] для зменшення пікового навантаження, вартості та дисперсії навантаження. В роботі [16] система управління заряджанням EV, заснована на машинному навчанні, використовується для направлення EV на зарядні станції, щоб мінімізувати дисперсію навантаження, втрати потужності, коливання напруги та вартість зарядки, враховуючи звичайну технологію зарядки, швидку зарядку та V2G. Алгоритм LSTM застосовується для класифікації швидкості заряджання та зарядної станції із середньою точністю 95% та дозволяє без втрати точності вводити невизначеність даних навантаження. Як результат середня енергоефективність мережі знижується лише на 3,1% порівняно з базовою енергоефективністю без EV.

Висновки. Поява Plug-in Electric Vehicles (PEVs) в енергосистемі становить серйозну проблему, впливаючи на різні аспекти енергосистеми, включаючи виробництво, передачу, розподіл, економічну диспетчеризацію та оптимізацію розподілу потужності. За умови належного планування процесу заряджання та правильного використання EV з характеристиками розподіленого зберігання енергії, вони можуть внести значний внесок у підвищення ефективності енергосистеми та розвиток інтеграції відновлюваної енергії. Мінімізація впливу на навколишнє середовище та максимізація доходу власників EV, також можуть бути досягнуті за допомогою оптимального планування процесу заряджання. В цій роботі було розглянуто практики методів планування процесу заряджання та оптимізації роботи зарядних станцій. Було встановлено, що традиційні методи оптимізації, хоча і можуть бути досить ефективними, мають деякі обмеження для вирішення складних цільових функцій з обмеженнями. На евристичні алгоритми не накладаються обмеження щодо складності оптимізаційної задачі, таким чином, завдяки своїй високій гнучкості та ефективності, вони надають відмінні переваги у вирішенні складних цільових функцій щодо оптимізації роботи зарядних станцій. Оскільки природа поведінки власників EV та ВДЕ носить стохастичний характер, перш ніж виконувати оптимізацію необхідно виконати прогнозування. Тому методи машинного навчання знайшли широке застосування в операційному менеджменті зарядних станцій. Окрім того для моделювання взаємодії агрегаторів на ринку доречно використовувати методи теорії ігор, з метою пошуку найвигідніших стратегій.

Список використаних джерел:

1. Sicaĳa, A. Previĳ siĳ c, M. Zeĳ ceviĳ c, and D. Budiĳ sa, "Evaluation of loadĳ forecast model performance in Croatian DSO,," *Journal of Energy*, vol. 67, pp. 54–62, 2018.
2. I. Krnic, "Customer Empowerment Strategy and Shaping Markets in theĳ Production of Electricity,," *Journal of Energy*, vol. 68, pp. 22–32, 2019.
3. M. Moradzadeh and M. M. A. Abdelaziz, "A New MILP Formulation for Renewables and Energy Storage Integration in Fast Charging Stations," *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 6, no. 1, pp. 181–198, 2020.
4. S. Negarestani, M. Fotuhi-Firuzabad, M. Rastegar, and A. RajabiGhahnavieh, "Optimal sizing of storage system in a fast charging station for plug-in hybrid electric vehicles," *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 2, no. 4, pp. 443–453, 2016.
5. Cao, Y.; Tang, S.; Li, C.; Zhang, P.; Tan, Y.; Zhang, Z.; Li, J. An optimized EV charging model considering TOU price and SOC curve. *IEEE Trans. Smart Grid* 2011, 3, 3
6. Mierau, M.; Kohrs, R.; Wittwer, C. A distributed approach to the integration of electric vehicles into future smart grids. In *Proceedings of the 2012 3rd IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe)*, Berlin, Germany, 14–17 October 2012; ; pp. 1–7.
7. E. Hadian, H. Akbari, M. Farzinfar, and S. Saeed, "Optimal Allocation of Electric Vehicle Charging Stations With Adopted Smart Charging/Discharging Schedule," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 196 908 - 196-919, 2020.
8. S. Deb, A. K. Goswami, P. Harsh, J. P. Sahoo, R. L. Chetri, R. Roy, and A. S. Shekhawat, "Charging Coordination of Plug-In Electric Vehicle for Congestion Management in Distribution System Integrated with Renewable Energy Sources," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 56, no. 5, pp. 5452–5462, 2020.
9. Su, W. and Chow, M.Y. (2011). Performance evaluation of a phev parking station using particle swarm optimization. In *Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE*, 1–6. IEEE.
10. Malandrino F.; Casetti C.; Chiasserini C.F.; Reineri M. (2015). A Game-theory Analysis of Charging Stations Selection by EV Drivers. In: *PERFORMANCE EVALUATION*, vol. 83-84, pp. 16-31. - ISSN 0166-5316
11. J. Li, C. Li, Y. Xu, Z. Y. Dong, K. P. Wong, and T. Huang, "Noncooperative Game-Based Distributed Charging Control for Plug-In Electric Vehicles in Distribution Networks," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 14, no. 1, pp. 301–310, 2018.
12. T. G. Alghamdi, D. Said, and H. T. Mouftah, "Decentralized gametheoretic scheme for D-EVSE based on renewable energy in smart cities: A realistic scenario," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 48 274–48 284, 2020.
13. W. Lee, L. Xiang, R. Schober, and V. W. S. Wong, "Electric Vehicle Charging Stations With Renewable Power Generators: A Game Theoretical Analysis," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 6, no. 2, pp. 608–617, mar 2015. [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6987327/>.
14. D. Aguilar-Dominguez, J. Ejeh, A. D. Dunbar, and S. F. Brown, "Machine learning approach for electric vehicle availability forecast to provide vehicle-to-home services," *Energy Reports*, vol. 7, pp. 71–80, 2021, 5th Annual CDT Conference in Energy Storage and Its Applications. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721001517>
15. Y.-W. Chung, B. Khaki, T. Li, C. Chu, and R. Gadh, "Ensemble machine learning-based algorithm for electric vehicle user behavior prediction," *Applied Energy*, vol. 254, p. 113732, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261919314199>
16. Shibl, M.; Ismail, L.; Massoud, A. Electric Vehicles Charging Management Using Machine Learning Considering Fast Charging and Vehicle-to-Grid Operation. *Energies* 2021, 14, 6199. <https://doi.org/10.3390/en14196199>

SIGNIFICANT ENERGY USAGE AND ENERGY SUPPLY ISSUES IN BAKERIES

Introduction. Enterprises in the food industry are significant consumers of fuel and energy resources (FER), and the issue of saving thermal and electrical energy in this sector is particularly relevant. Among food industries, those producing sugar, oil, alcohol, bread, and similar products are the most energy-intensive. In particular, in the baking industry, a large amount of fuel is consumed in the process of bakery ovens. For baking 1 ton of bread, between 50 to 65 kilograms of fuel is required. However, the useful efficiency of using this fuel is only from 30% to 32%, and from 30% to 60% of the heat is emitted as waste into the atmosphere.

The type of heating element selected for use in an oven or dryer affects the thermal efficiency of the system. Gas burners are 85 to 95% efficient while steam heat systems are 70 to 80% efficient, according to the report. Due to losses at the power plant and transmission lines, delivered electricity is only about 30% efficient. Advanced baking technologies such as radio frequency assisted ovens provide an energy-efficient way for goods to be baked that requires low final water content. Careful maintenance, control, and operation of an oven can improve the overall energy efficiency of a bakery. While large, direct energy efficiency savings can be found in improving the efficiencies of technologies such as motors and equipment insulation, indirect benefits can be realized by improving oven and dryer design, production throughput, decreasing downtime, and optimizing production processes.

The following figure(Fig.1) shows the annual energy saving potential on MWh for different groups of consumers based on the results of energy audits at 13 enterprises of the bakery industry.

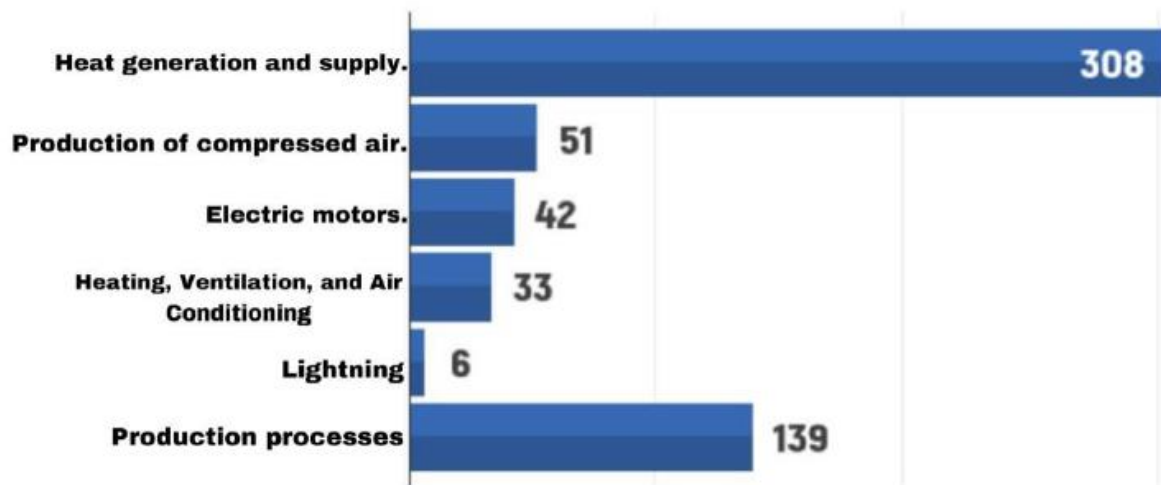


Figure 1 - Annual energy saving potential by different groups of consumers

The most promising groups of consumers from the point of view of energy saving potential, include the group of heat production and distribution with the potential of saving (308 MW*h/year), followed by production processes (139), compressed air production (51), electric motors (42), heating, ventilation and air conditioning (33). the last place is taken by lighting (6)

Electric Power Supply. In bakeries, electricity is usually supplied through two independent power transmission lines with a voltage of 6(10) kV, which enter through their own transformer substation (TS). Electric motors, electric ovens, dryers, various electric heating devices, charging units, and lighting devices are the main consumers of electrical energy at these enterprises.

Refrigeration Supply. Consumers of cold-on bakery industries can be chambers and devices for storing perishable raw materials and finished products. If the industry has a low cold consumption, a refrigerated cabinet is provided, which is placed in the raw material storage room

Water Supply and Sewerage. To ensure uninterrupted water supply in bakery industries, the presence

of two separate inputs to the ring water supply network is required. Additionally, an artesian well located on the industry's territory can be used as a water supply source

Bakeries can save energy through energy-efficient solutions: Utilizing more natural light in the production area; Adopting best practices to minimize compressed air losses and reduce energy consumption; Harnessing heat from the ovens;

With energy efficiency as the need of the hour, manufacturers are adopting practices that could take them closer to their goals of environmental sustainability. Some of these practices include improving the insulation of production plants, bringing down the amount of ambient air entering dispatch areas, ensuring variable speed drives on bakery ventilation systems, and reducing the leakage of compressed air. They are also adopting measures such as the periodic shutdown of major plants that include ovens, coolers, and conveyors periodically.

Conclusion. In the long run, optimization of baking processes will remain the top agenda of bakeries focused on energy efficiency. It is expected that the industry is likely to focus on new facilities, to bring about automation, streamline existing processes, deploy robotics, and focus on reducing equipment downtime toward achieving this objective.

References:

1. How to improve energy efficiency in the baking industry [Electronic resource]–
<https://www.plantengineering.com/articles/how-to-improveenergy-efficiency-in-the-baking-industry/>
2. ENERGY STAR Focus on Energy Efficiency in Bakeries [Electronic resource]–
https://www.energystar.gov/industrial_plants/improve/
3. Analysis of energy saving potentials in intelligent manufacturing: A case study of bakery plants [Electronic resource]–
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544219300465>
4. Figure 1 - Annual energy saving potential by different groups of consumers, GIZ Ukraine 2020, “Bakery analytical report”
5. Energy efficient intellectual control system of the electro-technological complex of a bread-baking plant . PAWEL OBSTAWSKI , VOLODYMYR KOZYRSKYI , VIKTORIA MOMOTYUK , NATALIJA ZAIETS/ Warsaw University of Life Sciences – SGGW

Гребченко М.В., д-р. техн. наук, професор
Мовчан В.О., магістрант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРИНЦИПУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АБСОЛЮТНОЇ СЕЛЕКТИВНОСТІ ЦИФРОВОГО РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ

Вступ. У зв'язку зі зростанням впровадження відновлюваних джерел електроенергії (ВДЕ), насамперед вітрових електростанцій і сонячних станцій, режими роботи істотно ускладнюються, підвищується їх динамічність, напрями потужності короткого замикання (КЗ) в одному елементі може змінюватися на протилежні. Вимоги до релейного захисту в цих умовах зростають: час спрацьовування необхідно забезпечити не більше 0,05 - 0,1 с. Таким чином, в сучасних системах розподілу електроенергії з ВДЕ релейний має бути спрямованим і швидкодійним.

Абсолютна селективність означає, що захисні пристрої зведуть до мінімуму вплив короткого замикання або іншої небажаної події на енергосистему. Вона може бути забезпечена, шляхом контролю напрями потужності КЗ з двох сторін об'єкта захисту (лінії, трансформатору).

В роботі розглядається новий спосіб контролю напрями потужності КЗ, заснований на вимірюванні похідних струмів до моменту виникнення КЗ й після виникнення КЗ.

Для визначення цих похідних струмів контролюється три періоди дискретизації сигналів як виникнення, так і після виникнення КЗ. На підставі контролю знаків похідних струмів встановлюється чи виникла зміна цих знаків після виникнення КЗ й за результатами аналізу зміни знаків похідних встановлюється факт зміни напрями потужності КЗ або відсутності зміни.

Важливим параметром, який характеризує режим КЗ, є аперіодична складова струму КЗ. Наявність аперіодичної складової в струмах КЗ впливає на вище вказаний спосіб контролю напрями потужності КЗ.

У зв'язку з цим однією із задач досліджень є оцінка впливу аперіодичної складової на вимірювання напрями потужності КЗ.

Список використаних джерел:

1. Grebchenko N.V. Fast Determination of the Short-Circuit Current Direction in Distributed Grids with Renewable Energy Sources / 2022 IEEE 16th International Conference on Compatibility, Power Electronics, and Power Engineering (CPE-POWERENG) 29 June 2022 - 01 July 2022 Birmingham, United Kingdom ISBN:978-1-6654-9679-7 Electronic ISSN: 2166-9546 <https://doi.org/10.1109/CPE-POWERENG54966.2022.9880878>

Бориченко О.В., канд. техн. наук, доцент
Чернявський А.В., канд. техн. наук, доцент
Лебідь В.В., магістрант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОРЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА НА ОСНОВІ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Підвищення енергоефективності та скорочення витрат на енергоресурси є ключовими завданнями для більшості підприємств. Одним з ефективних інструментів оцінювання та поліпшення енергорезультативності є використання базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності, визначення яких описано в міжнародному стандарті ISO 50006:2023 [1]. У квітні 2023 року технічним комітетом ISO/TC 301 було прийнято друге видання стандарту ISO 50006:2023 «Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання енергорезультативності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності» скасовує та замінює перше видання (ISO 50006:2016 [2]), яке було технічно переглянуто. Концепція і технічні аспекти стандарту було гармонізовано відповідно до оновленої версії міжнародного стандарту ISO 50001:2020 «Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання» [3]. Головні зміни оновленої версії стандарту ISO 50006:2023 також стосуються удосконалення щодо нормалізації показників енергетичної ефективності та базових рівнів енергоспоживання, визначення та моніторингу поліпшення енергетичної результативності.

Базовий рівень та показники енергоефективності використовуються для вимірювання та моніторингу енергорезультативності, а також демонстрації її поліпшення. Показники енергоефективності кількісно оцінюють енергоефективність всієї організації або її частин (наприклад, будівель, обладнання, систем або енергоспоживаючих процесів). Показники енергоефективності можуть бути виражені за допомогою енергетичної моделі і можуть бути представлені в абсолютних одиницях енергоспоживання (наприклад, ГДж, кВт·год) або енергоефективності (наприклад, км/л).

Енергоспоживання організації значною мірою залежить від впливових змінних, таких як погодні умови, обсяги виробництва тощо. Тому для аналізу енергорезультативності за різних умов необхідно проводити нормалізацію даних з урахуванням цих змінних.

Моніторинг поліпшення енергорезультативності відбувається шляхом порівняння поточних значень показників енергоефективності із відповідними базовими рівнями.

На рисунку 1 показано приклад взаємозв'язку між поліпшенням енергорезультативності, показниками енергоефективності, базовим рівнем, значеннями показників та енергетичними цілями, де X прийнято за час, а Y – за кількість спожитої енергії. Рисунок 1 також ілюструє, як поліпшення енергорезультативності досягається, коли значення показника покращується порівняно з базовим рівнем, незалежно від того, чи є енергетичні цілі чи ні.

Організація повинна нормалізувати своє енергоспоживання або енергоефективність, використовуючи відповідну енергетичну модель. Енергетична модель може бути використана для розрахунку очікуваного споживання енергії або очікуваної енергоефективності.

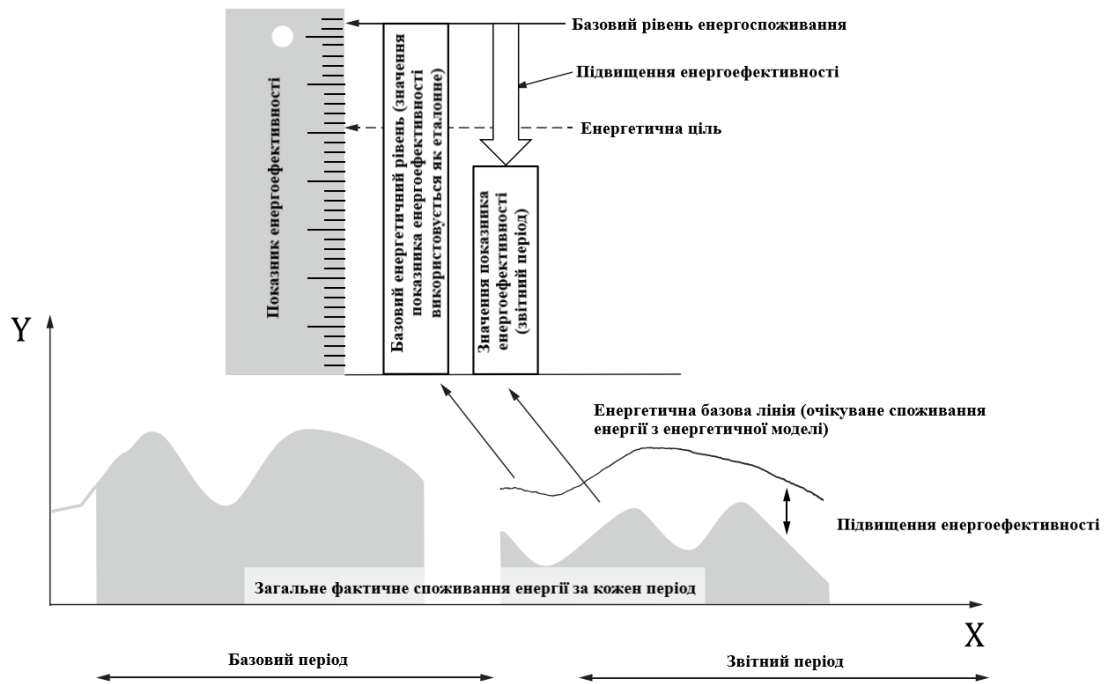


Рисунок 1 – Приклад взаємозв'язку між покращенням енергоефективності, показниками енергоефективності, базовим рівнем, значеннями показників та енергетичними цілями

У випадках, коли існує лише одна впливова змінна, можна використовувати просту лінійну регресію або нелінійну регресійну енергетичну модель для споживання енергії або енергоефективності.

Проста лінійна регресія для споживання енергії може бути виражена формулою:

$$Y = mx + C, \quad (1)$$

де Y – це споживання енергії; m – це споживання енергії на одиницю впливової змінної; x – це значення впливової змінної; C – споживання енергії базовим навантаженням, яке не пов'язане з впливовою змінною.

Використання абсолютного значення енергоспоживання може бути обґрунтованим тоді, коли на споживану енергію не впливають жодні впливові змінні. Це можна визначити спостерігаючи за тенденцією споживання енергії з плином часу. Це означає, що щоденне, щотижневе або щомісячне споживання енергії змінюється в межах прийнятного діапазону, встановленого організацією. Якщо Y не є постійною або не знаходиться в прийнятному діапазоні, встановленому організацією, це свідчить про наявність впливових змінних, і потрібна нормалізація.

Коли базове навантаження дорівнює нулю, відношення споживаної енергії до одиниці впливової змінної (m) може бути використане як відповідний показник ефективності споживаної енергії. Також відношення може бути використане як показник ефективності споживаної енергії, коли на енергоспоживання впливає одна впливова змінна і відсутнє базове навантаження енергоспоживання.

У випадках, коли існує більше однієї релевантної змінної, може бути використана модель енергії з багатомірною лінійною регресією. Модель енергії з багатомірною лінійною регресією для споживання енергії може бути виражена за допомогою формули:

$$Y = m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_nx_n + C, \quad (2)$$

де Y – споживана енергія; m_1, m_2, \dots, m_n – споживана енергія на одиницю впливових змінних; x_1, x_2, \dots, x_n – впливові змінні; C – базове навантаження.

На практиці найбільш поширені моделі енергії з кількома впливовими змінними.

Агреговану енергетичну модель можна розрахувати шляхом поєднання різних енергетичних моделей. Умовні моделі також є агрегованими моделями. У цьому випадку різні моделі енергоспоживання застосовуються на обох боках порогового значення (N) відповідної змінної. Умовна модель може бути виражена за допомогою формул:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) - \text{if } x_i > N, \quad (3)$$

$$Y = g(x_1, x_2, \dots, x_n) - \text{if } x_i \leq N, \quad (4)$$

де Y – споживана енергія; f – модель енергоспоживання, яка враховує впливові змінні, коли

змінна x_i перевищує порогове значення (N); g – модель енергоспоживання, яка враховує впливові змінні, коли змінна x_i перебуває нижче або на пороговому значенні (N); x_1, x_2, \dots, x_n – впливові змінні.

Інженерні моделі часто описуються фізичними або емпіричними законами (наприклад, рівняння, яке описує відношення опору руху рідини і швидкості потоку до споживаної потужності насоса).

Інженерні моделі можуть бути використані для моделювання з метою оцінювання енергоефективності простих і складних об'єктів, обладнання, систем або процесів, що використовують енергію.

Таким чином, лінійна регресія є найпоширенішою серед методів прогнозування, і є доцільнішим при прогнозуванні, якщо попередньо є багато впливових змінних. Основним недоліком цієї моделі є неможливість врахувати нелінійність впливових чинників і для таких випадків використовують більш складні моделі.

Описаний вище підхід до оцінювання енергорезультативності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності може використовуватись не тільки на рівні всього підприємства, а й на рівні окремих суттєвих споживачів енергії. Для цього, перш за все, необхідно встановити межі оцінювання енергорезультативності. В межі оцінювання можуть потрапити як окреме енергоємне обладнання, окрема система енергоспоживання або виробничий чи структурний підрозділ підприємства. Далі необхідно обрати відповідний вид показника енергоефективності і встановити базовий рівень енергоспоживання цього показника. Більш детально ця процедура описана в Керівництві [4].

Список використаної літератури

1. International Organization for Standardization. (2023). ISO 50006:2023 – Energy management systems. Measuring energy performance using energy baselines and energy performance indicators 2023, 44 p.
2. ДСТУ ISO 50001:2020. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2018, IDT). Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2020. 33 с.
3. ДСТУ ISO 50006:2016. Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанова (ISO 50006:2014, IDT). Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2016. 56 с.
4. Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018 / О. Бориченко, Є. Іншеков, П. Пертко, О. Соловей, А. Чернявський. // Під редакцією Є. Іншекова та А. Чернявського. – UNIDO: Проєкт UNIDO-GEF UKR-IEE, 2021. – 130 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ ПУНКТІВ ТА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Одним із заходів з енергоефективності в системах централізованого тепlopостачання є вдосконалення схем автоматизованих індивідуальних теплових пунктів (ІТП) будівель і споруд з використанням енергоефективних технологій. Тому тепловим пунктам приділяється велика увага в ході термомодернізації будівель, масштабні проєкти яких в найближчому майбутньому планується втілити в життя.

Дослідження режимів роботи таких ІТП, які є сполучною ланкою між споживачами теплоти і тепловими мережами, забезпечує прийняття коректних, маловитратних і при цьому швидко окупних проєктних і технологічних рішень, які дозволяють економити теплову та електричну енергію.

Індивідуальний тепловий пункт – найважливіша складова систем тепlopостачання будівель [1]. Від його характеристик багато в чому залежить регулювання систем опалення та гарячого водopостачання, а також ефективність використання теплової енергії. Використання ІТП – це переміщення центрів, що забезпечують будівлю опаленням і гарячим водopостачанням, безпосередньо до складу конструкції будинку, що дозволяє підвищити якість постачання теплової енергії і звести енергетичні втрати до мінімуму.

ІТП – це комплекс пристроїв, призначений для приєднання систем опалення будівлі, гарячого водopостачання та вентиляції. Основною складовою цього комплексу є регулятор теплової енергії системи опалення за погодними умовами, який ще називають «погодним регулятором».

Саме регулювання теплової енергії здійснюється також комплексом автоматичних пристроїв, «мозок» якого – електронний регулятор температури, до якого підключені мінімум два датчики температури: датчик температури зовнішнього повітря, який розміщують на зовнішній стіні будівлі (як правило, північній) і датчик температури теплоносія, що надходить в систему опалення.

Електронний регулятор температури, аналізуючи інформацію від цих двох датчиків за допомогою регулювального клапана з електроприводом, коригує кількість теплоносія, що надходить з тепломережі в будівлю, зменшуючи його до необхідного рівня [2]. Це дозволяє споживати необхідну в конкретний момент часу кількість теплоносія і тим самим істотно економити теплову енергію.

Також ІТП містить контрольно-вимірювальні прилади, насоси, вузол обліку теплової енергії тощо. Комплектація кожного ІТП залежить від технічного завдання, які він буде виконувати.

При цьому усувається перегрів будівлі при потеплінні, але головне – скорочується споживання теплоносія з центральної тепломережі. Найбільше теплової енергії і грошей економить індивідуальний тепловий пункт з функцією автоматичного погодного регулювання подачі теплової енергії в будівлю.

Індивідуальні теплові пункти мають чималу кількість переваг у порівнянні з центральним устаткуванням. Економія досягається за рахунок автоматичного регулювання параметрів теплоносія і розподілу теплової енергії в системах опалення та гарячого водopостачання в залежності від температури зовнішнього повітря і заздалегідь по заданому часовому графіку. ІТП також забезпечує якісну циркуляцію теплоносія, в результаті чого досягається рівномірний розподіл теплової енергії на об'єкті.

У тепловий пункт теплоносіє поступає з теплової мережі. Контролер ІТП в свою чергу робить дві основні операції:

– перша, головна, – подаючи команду на регулюючий клапан, пропускає необхідну кількість теплового носія за допомогою циркуляційного насоса, яка поступає на радіатори опалення і, віддавши все тепло, повертається назад в теплову мережу;

– друга – виконується у випадку, коли необхідно різко зменшити температуру теплоносія, що подається на радіатори опалення, використовуючи при цьому регулюючий клапан.

Автоматизація самих ІТП є наступною ланкою у питанні розвитку економного опалення будівель

[3]. Адже автоматизація та використання мікроконтролерів в роботі теплових пунктів – це постійний процес вдосконалення існуючих стандартів та норм комфортності індивідуально для будівлі з ІТП.

Впровадження автоматизованих систем керування технологічними процесами в практику теплофікації і централізованого теплопостачання дозволяє різко підвищити технічний рівень експлуатації цих систем і забезпечити значну економію палива.

Підсумовуючи, варто зазначити, що сучасна сфера будівництва, яка відповідає усім нормам і стандартам світового рівня, не може такою бути без застосування і інтегрування індивідуальних теплових пунктів. Використання ІТП скорочує енерговитрати тепла і води у порівнянні зі старішими аналогами системи опалення, що дуже актуально у сучасний період боротьби за екологічну чистоту і збереження природи. Зменшення енерговитрат на опалення, у свою чергу, буде мати позитивний вплив на зменшення комунальних платежів споживачів.

Автоматизовані ІТП в поєднанні з індивідуальним автоматичним регулюванням тепловіддачі опалювальних приладів дозволяють повністю здійснити в будівлях заходи щодо економії теплової енергії, води, електроенергії на перекачування, а також отримати зниження витрат на прокладення трубопроводів систем тепловодопостачання (особливо при двозонному водопостачанні).

Список використаних джерел:

1. Кутний Б. А. Автоматизований індивідуальний тепловий пункт із пропорційним якісним регулюванням [Електронний ресурс] / Б. А. Кутний. – 2015.
2. Швачко Н. А. Теплові мережі та споруди / Н. А. Швачко. – Київ, 2007. – 243 с.
3. Трегуб В. Г. Проектування систем автоматизації / В. Г. Трегуб. – Київ, 2019. – 344 с.

References

1. Kutny B.A. Automated individual heat point with proportional quality control [Electronic resource] / B. A. Kutny. – 2015.
2. N. A. Shvachko Thermal networks and structures / N. A. Shvachko. – Kyiv, 2007. – 243 p.
3. Tregub V. G. Designing automation systems / V. G. Tregub. – Kyiv, 2019. – 344 p.

Бориченко О.В., канд. техн. наук, доцент
Чернявський А.В., канд. техн. наук, доцент
Розсоха Б.В., магістрант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПРО ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ У М. ЗАПОРІЖЖЯ

В умовах повномасштабного вторгнення Росії на територію України перед територіальними громадами постала проблема вирішення важливих питань, пов'язаних зі споживанням паливно-енергетичних ресурсів, обліком та контролем енергоносіїв, запровадженням заходів із підвищення рівня енергетичної ефективності та використанням потенціалу енергозбереження в умовах обмеженості ресурсів [1].

Ураховуючи важливість енергетичної безпеки та ощадливого використання наявних ресурсів, система енергетичного менеджменту все частіше стає невід'ємною частиною загальної системи ефективного управління бюджетним та комунальним секторами кожної громади. Енергетичний менеджмент – це управління енергоспоживанням у муніципалітетах, що дозволяє значно оптимізувати обсяги енерговитрат. Світова практика показує, що підвищення енергоефективності досягається, в тому числі, і за рахунок організаційних змін у системі управління енергоспоживанням громади та оперативного реагування на відповідні показники споживання енергоресурсів. Запровадивши систему енергоменеджменту, можна без великих фінансових витрат досягти економії енергії від 3 до 5% за 1-2 роки. Такий поступ для українських громад у сучасних умовах є досить суттєвим та вкрай необхідним [1, 2].

Наразі законодавчо не визначено повноваження органів місцевого самоврядування щодо впровадження засад енергоменеджменту. Однак, не дивлячись на це, постановою Кабінету Міністрів України від 23.12.2021 р. № 1460 [3] органам місцевого самоврядування рекомендовано впровадити системи енергетичного менеджменту з урахуванням Порядку впровадження систем енергетичного менеджменту (далі – Порядок), затвердженого цією постановою, та визначити керівників (заступників керівників) відповідних органів, відповідальними за впровадження та функціонування системи енергетичного менеджменту у таких органах [3].

Запорізька міська рада на засіданні від 17 березня 2023 року прийняла рішення про запровадження системи енергетичного менеджменту в м. Запоріжжя та затвердила положення, у якому сформовано комплексний підхід щодо впровадження міської системи енергетичного менеджменту, енергетичної політики та енергетичного планування.

Команда з енергетичного менеджменту м. Запоріжжя є багаторівневою організаційною структурою, до якої входять:

- заступник міського голови з питань діяльності виконавчих органів ради;
- департамент економічного розвитку Запорізької міської ради;
- керівники та особи, відповідальні за впровадження системи енергетичного менеджменту та здійснення енергомоніторингу виконавчих органів Запорізької міської ради, яким підпорядковані організації, установи, заклади та комунальні підприємства м. Запоріжжя;
- керівники та особи, відповідальні за впровадження системи енергетичного менеджменту та здійснення енергомоніторингу організацій, установ, закладів та комунальних підприємств м. Запоріжжя.

Для забезпечення ефективного та постійного функціонування системи енергетичного менеджменту відповідно до організаційної структури на відповідальних осіб покладні відповідні обов'язки, які чітко прописані у Положенні про систему енергетичного менеджменту в м. Запоріжжя. Крім цього, було затверджено план діяльності системи енергетичного менеджменту м. Запоріжжя на 2023-2025 роки, у якому сформульовані цілі та завдання, вказані терміни виконання і призначені відповідальні за їх виконання.

Після усіх підготовчих робіт, направлених на впровадження системи енергоменеджменту, передбачено забезпечення функціонування системи шляхом:

- проведення навчання персоналу;
- регулярного здійснення енергомоніторингу у бюджетних установах та громадських закладах міста шляхом внесення показників приладів обліку у спеціалізовану систему моніторингу. За можливості та достатнього фінансування рекомендується встановлення спеціальних автоматизованих зчитувачів;

- аналізу інформації зібраних даних, підготовка звітів та презентацій керівництву, та розробка рекомендацій щодо скорочення споживання ресурсів. Висвітлення результатів моніторингу на веб-сторінці громади.

- проведення енергетичного аудиту в найбільш «проблемних» установах та закладах, задля визначення заходів з енергозбереження.

- впровадження відповідних заходів шляхом передбачення виділення відповідних коштів з бюджету громади, або залучення інших джерел (приватних інвесторів, ЕСКО, міжнародні інвестиції, тощо).

Під час проведення енергетичного аудиту муніципальних об'єктів планується враховувати рекомендації, наведені у [4], а також використовувати процедуру проведення енергоаудиту, визначену ДСТУ ISO 50002 [5].

Для проведення моніторингу та верифікації обсягів енергозбереження від реалізації проєктів з енергоефективності планується використовувати методологічну основу, закладену в ДСТУ ISO 17743 [6].

Наведені вище етапи можуть корегуватися та приводитися у відповідність до можливих змін у законодавстві. Також планується проводити постійну модернізацію та удосконалення системи шляхом систематичного навчання персоналу, розробкою нових звітів, рекомендацій та іншого.

Таким чином, розроблення та впровадження системи енергетичного менеджменту у місті Запоріжжя дозволить у перспективі скоротити споживання паливно-енергетичних та комунальних ресурсів, більш ефективно залучати приватні та закордонні інвестиції, та, в цілому, підвищити енергонезалежність держави.

Список використаних джерел:

1. Алгоритм дій органів місцевого самоврядування по впровадженню системи енергетичного менеджменту [Електронний ресурс] // Проєкт USAID «Підвищення ефективності роботи і підзвітності органів місцевого самоврядування» («ГОВЕРЛА») [hoverla.org.ua](https://decentralization.gov.ua/). – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://decentralization.gov.ua/>

2. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту / Є.М.Іншеков, Є.Є.Нікітін, М.В.Тарновський, А.В.Чернявський. – К.: Поліграф плюс, 2014. – 238 с. ISBN 978-966-8977-46-6.

3. Про впровадження систем енергетичного менеджменту : Постанова Каб. Міністрів України від 23.12.2021 р. № 1460 : станом на 28 квіт. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1460-2021-п#Text>.

4. Енергетичний аудит об'єктів житлово-комунального господарства: Монографія / В.П. Розен, О.І. Соловей, С.В. Бржестовський, А.В. Чернявський, П.В. Розен // Під заг. ред. В.П. Розена, О.І. Солов'я. – К.: ПП. ВКФ “ДЕЛЬТА ФОКС”, 2007. – 224 с.

5. ДСТУ ISO 50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення (ISO 50002:2014, IDT).

6. ДСТУ ISO 17743:2017 Енергозбереження. Визначення методологічної основи розрахунку та звітності щодо обсягу енергозбереження.

Бориченко О.В., канд. техн. наук, доцент
Чернявський А.В., канд. техн. наук, доцент
Андрієнко О.П., магістрантка
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОПЕРАТОРА СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ

Проблема оцінювання та зменшення втрат електричної енергії залишається важливим науковим напрямком підвищення енергоефективності систем розподілу електроенергії.

Наразі більш гостро постає проблема зниження втрат електроенергії в електричних мережах. Це вимагає активного пошуку нових шляхів її вирішення, нових підходів до вибору відповідних заходів, а головне – до організації роботи зі зниження втрат електроенергії. Для досягнення бажаних результатів у сфері енергоефективності не достатньо лише впроваджувати відповідні заходи, а потрібно також систематично здійснювати управління розподілом електроенергії, основна задача якого – зниження втрат електроенергії в електричних мережах. З цією метою в міжнародній практиці поширено впровадження в енергопостачальних компаніях системи енергетичного менеджменту, основною метою функціонування якої є систематичне, цілеспрямоване підвищення енергетичної ефективності господарювання при одночасному раціональному використанні всіх інших ресурсів та виконанні всіх вимог сталого розвитку [1].

Енергетичний менеджмент оператора системи розподілу відіграє ключову роль у забезпеченні надійності та ефективності енергетичної інфраструктури. Оператор системи розподілу відповідає за управління електричними мережами на рівні розподілу електроенергії від підстанцій до кінцевих споживачів. Особливістю енергетичного менеджменту оператора системи розподілу полягає в тому, що він повинен бути орієнтований на постійний моніторинг стану електричних мереж та націлений на вжиття заходів для попередження аварій, планування та оптимізація режимів роботи мережі для максимізації ефективності використання ресурсів, управління навантаженням та балансування потужності, інтеграцію відновлювальних джерел енергії, впровадження систем моніторингу для постійного контролю за станом обладнання та мережі, впровадження заходів для зменшення втрат енергії в системі розподілу, використання сучасних технологій, таких як смарт-мережі, для підвищення автоматизації та контролю за мережею, співпраці з виробниками електроенергії та іншими операторами для забезпечення координації та підтримки стабільності системи, застосування автоматизованих систем для швидкого реагування на зміни у мережі.

Ефективний енергетичний менеджмент оператора системи розподілу важливий для забезпечення стійкості, ефективності та сталого розвитку електроенергетичної інфраструктури.

Список використаних джерел:

1. Чернявський А. В., Іншеков Є. М., Соловей О. І., Бориченко О. В., Пертко П. П. Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018 : навч. посіб. / за ред. Є. М. Іншекова, А. В. Чернявського. Київ : Проект UNIDO/GEF «Впровадження стандарту систем енергоменеджменту в промисловості України», 2021. 137 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57365>

References:

1. Chernyavskiy A. V., Inshekov E. M., Solovei O. I., Borychenko O. V., Pertko P. P. Guidance on the implementation of the energy management system in accordance with the requirements of the international standard ISO 50001:2018: training. manual / edited by E. M. Insheкова, A. V. Chernyavskiy. Kyiv: UNIDO/GEF project "Implementation of energy management systems standard in the industry of Ukraine", 2021. 137 p. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57365>

ДИЗЕЛЬ ГЕНЕРАТОР В СИСТЕМАХ MICROGRID, ЯК ГАРАНТОВАНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ

Вступ. Сьогодні актуальним є пошук оптимальних рішень для побудови стійких енергосистем, здатних забезпечити населення електроенергією. Однією з перспективних моделей є розвиток локальних мереж Microgrid з використанням різних джерел, включаючи відновлювані та традиційні.

Дизель-генератори продовжують активно застосовуватися в таких системах насамперед через надійність та гарантованість енергопостачання. Проте актуальним залишається питання підвищення ефективності їх роботи.

Мета. Метою дослідження є актуальність впровадження дизель-генераторів та оцінка основних технічних показників, що характеризують їх ефективність роботи в системах Microgrid.

Матеріал і результати дослідження. Дизельні генератори відіграють важливу роль у підвищенні енергетичної незалежності та надійності локальних мереж, оскільки забезпечують резервне джерело живлення при відключеннях центральної електромережі та можливості автономної роботи. Вони незалежні від погодних умов на відміну від деяких відновлюваних джерел енергії та гарантують стабільне електропостачання, адже не потребують спеціальної інфраструктури та можуть починати роботу майже відразу після встановлення [1].

Незважаючи на акцент урядів багатьох країн на розвиток відновлюваної енергетики, на практиці дизельні джерела енергії продовжують відігравати ключову роль у забезпеченні роботи електричних мереж. Хоча таке рішення є дорожчим та менш екологічним, ніж альтернативи, воно може бути єдиним варіантом там, де немає іншої інфраструктури чи обмежені умови для використання ВДЕ.

Однією з причин є те, що технології відновлюваної енергетики поки що ще не досягли необхідного рівня розвитку, щоб повністю задовольнити потреби мереж у стабільній енергії. Потужність окремих джерел, таких як сонячні та вітрові електростанції, значно коливається залежно від погодних умов.

Використання декількох дизель-генераторів дає змогу оптимізувати їх завантаження згідно з поточним графіком споживання електроенергії. Дизель-генератори дозволяють швидко нарощувати потужність мережі, що важливо для задоволення зростаючого енергоспоживання. Вони також сприяють покращенню якості електропостачання шляхом зниження ризиків перевантажень у мережі.

Дизельні агрегати добре зарекомендували себе як джерело резервної потужності, що може швидко компенсувати зниження навантаження на інших джерелах енергії. Це критично важливо для безперебійної роботи. На рисунку 1 показано, що резервний дизель-генератор захищає навантаження від тривалих відключень електропостачання. Він підключений до навантажень через автоматичний перемикач (ATS). Логічний контролер автоматично реєструє будь-яке відключення центральної мережі та за допомогою ATS перемикає живлення навантажень на генератор і запускає його [2].

Дизельне паливо залишається найбільш універсальним та доступним видом палива для таких систем енергопостачання, що також сприяє збереженню ролі дизельних джерел. Використання дизельного палива, яке можна транспортувати та зберігати, забезпечує незалежність від інших енергоресурсів та дає можливість організувати автономне живлення на тривалий період.

Для об'єктивної оцінки рівня ефективності роботи дизель-генераторів використовують комплекс технічних показників. Їх дослідження дозволяє визначити сильні та слабкі сторони функціонування окремих вузлів, пристроїв та систем у цілому.

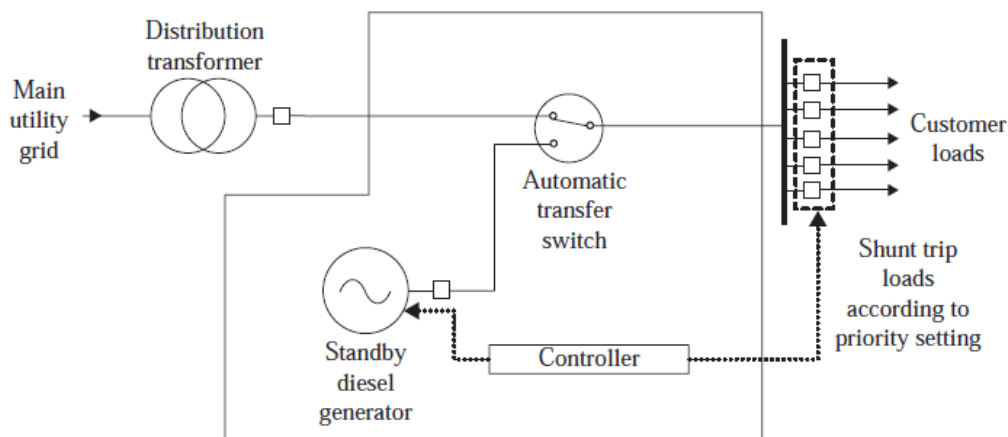


Рисунок 1– Схема резервного генератора

Одним з ключових є коефіцієнт корисної дії (ККД). Цей показник характеризує, яку частину хімічної енергії дизельного палива вдається перетворити на корисну електричну енергію.

Чим вищий ККД, тим ефективніше використовується паливо. Для переважної більшості сучасних дизельних двигунів ККД становить 35-45%, проте існують технології, що дозволяють підвищити його на 5-10%.

Іншим показником є витрата палива, виражена в г/кВт-год. Виробники дизельних генераторів зазвичай надають орієнтовні дані про споживання палива при різних режимах навантаження, однак на практиці актуальні показники можуть відрізнятися. Покращення цього показника свідчить про підвищення енергоефективності роботи. Чим менше витрачає дизельний агрегат на одиницю виробленої електроенергії, тим економічнішим є його експлуатація [3].

На відміну від бензинових генераторів, дизельні агрегати характеризуються вдвічі більшою економічністю. Проте не існує універсального стандарту споживання палива, оскільки на цей показник впливає багато факторів [4].

Висновки. Застосування дизель-генераторів у системах Microgrid є доцільним завдяки забезпеченню стабільного енергопостачання. Проведений аналіз технічних показників дозволив оцінити поточний рівень ефективності та визначити шляхи її підвищення, зокрема за рахунок оптимізації ККД і витрат палива.

Список використаних джерел:

1. <https://medium.com/@dingbodieselgenerator/how-does-diesel-generators-make-microgrids-reliable-ccdf0e166100>
2. Series I. Microgrids and active distribution networks //The institution of Engineering and Technology. – 2009
3. Белоха, Г. С. Оптимізація техніко-економічних показників локальних систем електроживлення з транзактивним керуванням [Електронний ресурс] : монографія; – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 127 с.
4. <https://fogo.ua/statti/7-faktoriv-jaki-vplivajut-na-vitratu-paliva-dizelnogo-generatora/>

ПЛАНУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЗА УМОВ ПРИЄДНАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК НОВИХ СПОЖИВАЧІВ

Вступ. Актуальність реконструкції розподільних електричних мереж в Україні набуває особливого значення в умовах сучасних викликів. Останніми роками, особливо у світлі військових дій на території країни, Україна зіткнулася з значними втратами та пошкодженнями енергетичної інфраструктури. Це вимагає не тільки відновлення та ремонту існуючих мереж, але й планування їх реконструкції з метою підвищення надійності, ефективності та інтеграції нових споживачів. У 2023 році Уряд України затвердив Концепцію впровадження “розумних мереж” до 2035 року [1], яка передбачає глибоку трансформацію системи розподілу електроенергії. Цей крок є відповіддю на потреби сучасного суспільства та виклики, поставлені війною, включаючи потребу в більш гнучких та стійких енергетичних системах. Додатково, з урахуванням зростаючого попиту на електроенергію та постійного розвитку нових технологій, необхідність інтеграції нових споживачів стає все більш актуальною. Впровадження нових підходів у плануванні та реконструкції мереж є критично важливим для стабільності енергосистеми країни.

Мета роботи. Мета роботи полягає в розробці ефективних стратегій планування реконструкції розподільних електричних мереж в Україні з урахуванням потреб приєднання електроустановок нових споживачів. Робота зосереджена на аналізі сучасного стану інфраструктури, впливу військових дій на енергетичну систему, а також на вивченні можливостей впровадження новітніх технологій і підходів для підвищення надійності та ефективності електричних мереж. Важливим аспектом є також врахування екологічних та економічних факторів у процесі реконструкції та модернізації енергосистеми.

Загальний зміст. Планування реконструкції ліній електропередачі є складним процесом, що вимагає інтеграції різноманітних аспектів, включаючи моделювання природних катастроф, розрахунки навантажень та генерації сонячних електростанцій, математичне формулювання та використання оптимізаційних алгоритмів для вирішення багатокритеріальних задач.

Важливою частиною планування є оцінка впливу високоймовірних, але низькочастотних природних катастроф, таких як урагани або повені. Це вимагає моделювання й оцінки ризиків для компонентів мережі, використання кривих уразливості для оцінки ймовірності збоїв компонентів мережі за певних умов. Для розрахунку ймовірності пошкодження компонентів мережі при певних погодних умовах, рівняння виглядає наступним чином:

$$P(\text{damage}|x) = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 \pi^{-1} \times \exp(-2\sigma^2(\ln x - \mu)^2) dx,$$

де: $P(\text{damage} | x)$ - ймовірність пошкодження компонента при вказаному рівні події x (наприклад, швидкість вітру чи рівень затоплення);

μ - логарифмічне середнє кривої уразливості;

σ - стандартне відхилення кривої уразливості.

Розрахунок навантажень і генерації сонячних електростанцій зазвичай включає такі елементи:

1) Прогнозування навантажень: Використовуються різні методи статистичного аналізу та часові серії для прогнозування навантажень. Один із загальних підходів - використання авторегресійних інтегрованих моделей ковзного середнього (ARIMA), де навантаження L_t на часовий крок t може бути визначене як:

$$L_t = c + \phi_1 L_{t-1} + \dots + \phi_p L_{t-p} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t,$$

де: c - константа,

ϕ та θ - параметри моделі,

ε_t - термін помилки.

2) Моделювання генерації сонячної електростанції: Для моделювання виробництва від фотовольтаїчних систем використовується залежність виробітку енергії від сонячного випромінювання, коефіцієнтів ефективності фотовольтаїчних панелей та умов навколишнього середовища.

Виробіток енергії PPV можна визначити як:

$$PPV = G \times A \times \eta,$$

де: G - глобальне сонячне випромінювання (Вт/м²),

A - площа фотовольтаїчних панелей (м²),

η - коефіцієнт ефективності фотовольтаїчних панелей.

Математичне формулювання планування мережі охоплює створення оптимізаційної моделі для планування мережі. Типові формули можуть включати такі аспекти:

- Цільова функція: Для мінімізації загальних витрат може бути використана цільова функція, яка враховує капітальні витрати, експлуатаційні та обслуговуючі витрати:

$$\min Z = \sum_{i \in I} C_i + \sum_{j \in J} O_j,$$

де: Z - загальні витрати,

C_i - капітальні витрати на компоненти мережі,

O_j - експлуатаційні та обслуговуючі витрати.

- Обмеження: Включаються обмеження щодо потужності ліній, допустимих меж напруги, балансу потужності, радіальної структури мережі тощо. Наприклад, для балансу потужності:

$$\sum_{i \in I} P_{gen,i} - \sum_{j \in J} P_{load,j} = 0,$$

де: $P_{gen,i}$ - вироблена потужність генераторами,

$P_{load,j}$ - потужність навантаження.

Ці формули є спрощеними прикладами, які демонструють базові концепції в моделюванні та плануванні електроенергетичних систем. Для конкретного застосування ці моделі можуть бути значно складнішими та включати додаткові параметри та обмеження [2].

Після проведення енергозберігаючих заходів у мережах, таких як модернізація обладнання або оптимізація робочих режимів, спостерігається значне зниження втрат електроенергії. Це зниження втрат може призвести до значної економії ресурсів та витрат на електроенергію для електророзподільчих компаній, а також до покращення екологічного стану через зменшення використання енергоресурсів та викидів в атмосферу.

Для кількісної оцінки цієї економії використовується спеціалізована формула, яка дозволяє розрахувати вигоди від енергозбереження за рік на основі зекономленої електроенергії та її ціни. Ця формула включає в себе параметри, які враховують зниження втрат у мережі, вартість електроенергії, ставку дисконтування, та тривалість життєвого циклу реконструкції мережі. Оцінка вигод від енергозбереження є ключовою для визначення економічної ефективності заходів з модернізації електророзподільних мереж та підвищення їх енергоефективності.

Формула розрахунку вигод від енергозбереження:

$$E = \Delta A \times CPE \times i \times (1+i)^n (1+i)^{n-1},$$

де: E - енергетична ефективність трансформації електромережі протягом досліджуваного життєвого циклу,

ΔA - річна економія електроенергії після реконструкції, виражена у кВт·год,

CPE - ціна електроенергії,

i - ставка дисконтування,

n - кількість років життєвого циклу.

Ця формула визначає вигоди від енергозбереження, які виражаються у вигляді зекономленої електроенергії, помноженої на її ціну, і скориговані з урахуванням часу і дисконтування витрат та економії в рамках досліджуваного життєвого циклу [3].

Висновок. Планування реконструкції ліній електропередач та розширення мережі електророзподілу є багатогранним та складним завданням. Воно включає інтеграцію різноманітних аспектів, таких як моделювання природних катастроф, розрахунки навантажень, генерації фотовольтаїки та використання оптимізаційних алгоритмів для вирішення багатокритеріальних задач.

Особлива увага приділяється оцінці впливу природних катастроф, використовуючи моделі ймовірності пошкодження компонентів мережі та кривих уразливості.

Важливою частиною процесу є впровадження енергозберігаючих заходів, таких як модернізація обладнання та оптимізація режимів роботи, що призводить до значного зниження втрат електроенергії та покращення екологічного стану. Використання спеціалізованих формул дозволяє кількісно оцінити вигоди від енергозбереження, що є ключовим для визначення економічної ефективності модернізаційних заходів.

Список використаних джерел:

3. Уряд України. Уряд схвалив Концепцію впровадження розумних мереж в Україні до 2035 року. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/news/uriad-skhvalyv-kontseptsiiu-vprovadzhennia-rozumnykh-merezh-v-ukraini-do-2035-roku>. - Назва з екрану. - Дата звернення: 14 жовтня 2022 року.

2. Чень С., Цюй З., Сюй З., Сяо Ч. Стратегія енергозберігаючої реконструкції розподільних мереж на основі вартості життєвого циклу. 2017, 3 серпня.

3. Сабери Р., Фалахі Х., Есмаєлі М., Ашурнежад А., Ізадпанех Р., Рамезані М. Планування розширення мережі електропостачання для підвищення стійкості. IET Generation, Transmission & Distribution.

References:

3. Government of Ukraine. The Government approved the Concept of the implementation of smart networks in Ukraine by 2035. [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.kmu.gov.ua/news/uriad-skhvalyv-kontseptsiiu-vprovadzhennia-rozumnykh-merezh-v-ukraini-do-2035-roku>. - Name from the screen. - Application date: October 14, 2022.

4. Chen X., Qiu Z., Xu Z., Xiao C. Strategy on energy saving reconstruction of distribution networks based on life cycle cost. 2017 Aug 3.

5. Saberi R., Falaghi H., Esmaeeli M., Ashoornezhad A., Izadpanah R., Ramezani M. Power distribution network expansion planning to improve resilience. IET Generation, Transmission & Distribution.

Близнюк М.Г., магістрант
Прокопенко В.В., канд. техн. наук, доцент
Федоровський В.П., магістрант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТАБЕЛЬНИХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО ЧАСУ

Вступ. В зв'язку з військовими діями на території України зазнали атак значна частина енергетичних об'єктів. Це як транспортуючі, так і генеруючі об'єкти. В зв'язку з цим були прийняті ряд нововведень та покращень пов'язаних з енергетикою в цілому. Це і генератори та інші енергогенеруючі джерела (зазвичай малої потужності) серед населення, так і ряд інших заходів серед підприємств.

Першочергово більшість підприємств розробила плани, що були спрямовані на пришвидшення реагування на пошкодження, як енергогенеруючих джерел, так і шляхів їх транспортування. Наприклад переключення споживачів теплової енергії від одного джерела на інше, чи графіки відключення електроенергії задля скорочення навантаження на мережу в загальному. Проте не тільки це було зроблено. Також на значну частину важливих об'єктів були встановлені нові генератори, та додаткові ємності для палива та інших технічних рідин.

Також було розроблені плани використання транспортабельних джерел енергії для певних випадків в яких попередні заходів або недостатньо, або їх виконання неможливе. Це в першу чергу транспортабельні генератори, а також транспортабельні модульні котельні про які я і хочу вести мову.

Матеріал і результати дослідження. Транспортабельні модульні котельні представляють собою компактні системи для обігріву, які можна легко транспортувати та встановлювати в різних місцях. Основна ідея полягає в тому, щоб мати всі необхідні компоненти котельні, об'єднані в одній або кількох модульних блоках, які можна зручно переміщати, рис. 1, 2.

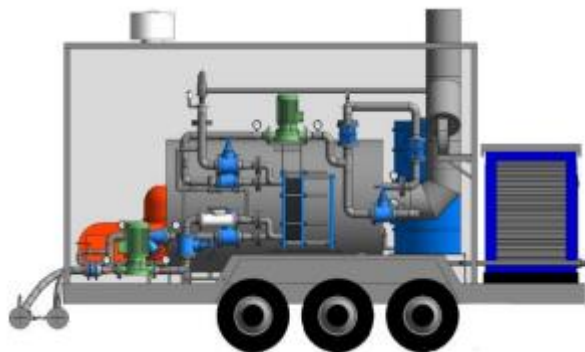


Рисунок 1 - Блочно-модульні котельні установки (МКУ) складаються з декількох модулів, які мають компактні розміри, що дозволяють їх перевезення транспортними засобами

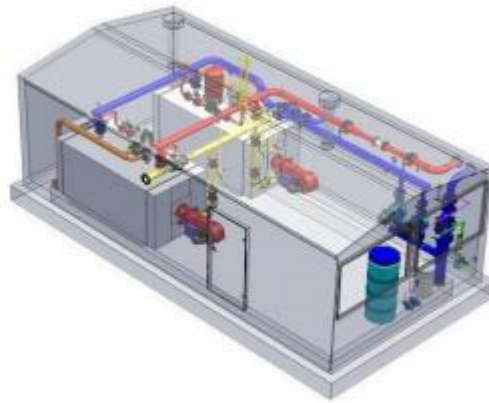


Рисунок 2 - Транспортбельні котельні установки (ТКУ) – це цілісний технологічний комплекс, повністю підготовлений до експлуатації. ТКУ являє собою контейнер, всередині якого змонтований котел, система водопідготовки, теплообмінники, насоси тощо

Основні характеристики транспортбельних модульних котельнь:

- модульність: котельня складається з окремих модулів, таких як котел, система контролю, насоси, інструменти для очищення та інші компоненти. Це дозволяє швидко збирати і розбирати систему, що полегшує транспортування та встановлення.
- транспортбельність: котельні можуть бути перевезені з місця на місце за допомогою вантажівок чи інших транспортних засобів. Це дозволяє ефективно використовувати їх там, де тимчасово потрібно надати обігрів, наприклад, на будівельних об'єктах, під час подій чи в разі аварій.
- автономність: модульні котельні часто обладнані власними системами живлення, які можуть працювати на різних джерелах енергії, таких як газ, дизельне паливо чи електрика. Це робить їх автономними і незалежними від централізованих мереж електропостачання.
- ефективність та економія: транспортбельні модульні котельні зазвичай розроблені з урахуванням високої ефективності та енергозбереження, що сприяє економії ресурсів та зниженню експлуатаційних витрат.
- легкість установки: збірка та встановлення цих котельнь зазвичай виконується досить швидко і без значного використання спеціалізованого обладнання.
- варіативність в потужності: модульні котельні можуть бути складані з різних модулів, що дозволяє забезпечити необхідну потужність в залежності від конкретних потреб користувача чи об'єкта.

Список використаних джерел:

1 Закон України „Про охорону праці”.

2 Закон України „Про технічні регламенти та оцінку відповідності”.

3 . ENERGETIC https://energetik.ua/ua/catalog/kotelni_ustanovki/kotelni-tku/

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ БАГАТОКВАРТИРНИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ТИПОВОЇ ЗАБУДОВИ

Вступ. Енергомоніторинг - це систематична діяльність з аналізу достовірної (перевіреної) інформації, спрямована на дотримання норм, правил і режимів використання енергії, виконання запланованих заходів та дотримання встановлених значень енергетичних показників.

Енергетичний моніторинг є однією з функцій енергетичного менеджменту, яка полягає у зборі та аналізі специфічної інформації про об'єкт дослідження, щоб забезпечити дотримання режимів енерговикористання, виконання запланованих заходів та дотримання встановлених стандартів енергетичної ефективності [1].

Матеріал і результати досліджень. Створення систем енергомоніторингу є ключовим елементом програм енергоменеджменту. Впровадження систем енергомоніторингу призводить до значного підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів, зменшення витрат на них, а також оптимізації експлуатації комунікаційних мереж.

До основних завдань енергетичного моніторингу можна віднести [2]:

- виявлення та аналіз закономірностей і тенденцій споживання енергії;
- виявлення вчасно перевитрат енергоресурсів, аварійних ситуацій та недотримання нормативних умов перебування відвідувачів та персоналу;
- порівняння ефективності використання енергоресурсів з іншими закладами та нормативними значеннями;
- створення підґрунтя для впровадження стимулювання ощадного енергоспоживання шляхом використання об'єктивних показників ефективності енергоспоживання.

Основні функції енергетичного моніторингу передбачають збір даних про рівень розвитку різних аспектів та параметрів управління енерговикористанням, аналіз цих даних та формулювання обґрунтованих висновків про ефективність цього процесу, а також своєчасне внесення поправок, часткових виправлень або змін до процесу управління енерговикористанням та формулювання обґрунтованих висновків про подальший розвиток процесу управління енерговикористанням на основі отриманих даних.

Існує багато способів розрахунку і методик вимірювання та перевірки, які можуть бути використані для кількісної оцінки енергозбереження. У стандарті ДСТУ ISO 17741:2017 обсяг енергозбереження визначається шляхом порівняння виміряного, розрахованого або модельованого споживання енергії до та після реалізації, з або без певних коригувань для змін у визначальних змінних або для змін у статичних факторах. Отже, обсяг енергозбереження визначається як різниця між скоригованим базовим рівнем енергоспоживання та споживанням енергії протягом звітної періоду [3].

На рисунку 1 наведені як приклад дані з системи енергомоніторингу одного з ОСББ міста Києва.

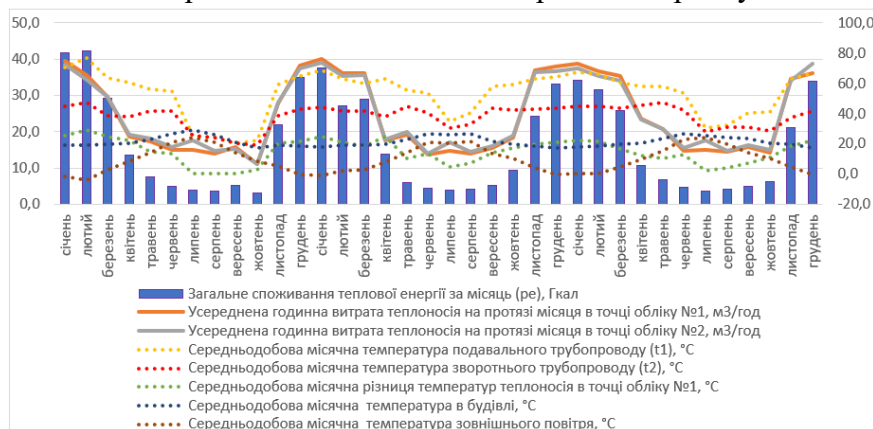


Рисунок 1 – Дані з системи енергомоніторингу ОСББ

Базовий рівень енергоспоживання (БРЕ) - кількісний показник, що дає основу для порівняння рівня досягнутої енергоефективності. БРЕ пов'язують з певним проміжком часу. [4]. На рисунку 2 вказане загальне споживання теплової енергії та базовий рівень.

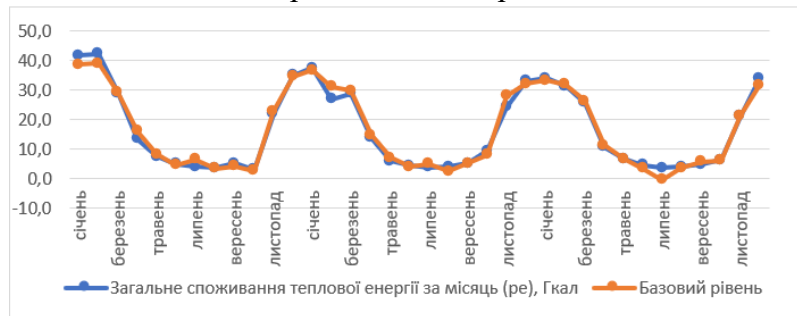


Рисунок 2 – Базовий рівень та фактичні значення споживання теплової енергії ОСББ

Регресійний аналіз проводиться, починаючи з різних кількостей незалежних змінних та форм регресійних функцій. Рівняння, які отримують внаслідок кореляційно-регресійного аналізу, називаються регресійними моделями.

Висновки. Створення систем енергомоніторингу є важливим компонентом програм енергоменеджменту. Впровадження таких систем призводить до суттєвого підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів, зменшення витрат на них і оптимізації експлуатації комунікаційних мереж. Регресійний аналіз є найбільш поширеним серед методів прогнозування і стає особливо корисним при наявності великої кількості вхідних факторів.

З результатів аналізу визначено, що споживання має періодичний характер. Для кожного року кривизна графіка дуже схожа. Найбільше споживання припадає на зимній період, а найменше на літній.

Список використаної літератури:

1. Розен В.П. Енергетичний моніторинг як складова частина системи енергетичного менеджменту [текст] / Розен В.П., Чернявський А.В. // Економічна безпека держави: стратегія, енергетика, інформаційні технології («Недінські читання – 2014»): монографія / За науковою редакцією д.т.н., проф. Лук'яненко С.О., к.е.н., доц. Караєвої Н.В. – К.: Видавництво ООО «Юрка Любченка», 2014. – 468 с. (С.261-270)
2. Чернявський А. В. Формування комплексу пріоритетів об'єктів моніторингу при побудові муніципальної системи енергетичного моніторингу на прикладі громадських будівель / А. В. Чернявський, Р. С. Котляр. // Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку. Збірник наукових праць IV Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції у місті Києві 25-27 квітня 2017 р. – Київ, КП ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 140 с.
3. ДСТУ ISO 17741:2017 «Загальні технічні правила вимірювання, розрахунку та верифікації обсягів енергозбереження в проектах». [Чинний від 2018-06- 01]. Київ, 2018. - 20 с. (Національний стандарт України)
4. ДСТУ ISO 50006:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. [Чинний від 2016-04- 29]. Київ, 2016. - 51 с. (Національний стандарт України).

ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОПЕРАТОРА СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ

Проблема ресурсозбереження, залишаючись однією з найважливіших в усіх країнах світу, стає пріоритетною в Україні передусім тому, що власними ресурсами країна не може забезпечити навіть 50 % існуючих потреб населення і промисловості. Тому сучасна ситуація у світовій економіці і економіці України зумовлює необхідність просування її до ресурсозберігаючого типу відтворювання, який вимагає підвищення ефективності використання усіх без винятку видів ресурсів: матеріальних, енергетичних, техніко-технологічних, інформаційних, трудових, інтелектуальних. Ці питання повною мірою визначають роботу залізничного транспорту, що є важливою складовою господарського комплексу України.

Залізничний транспорт є достатньо енергоємним, ціни на енергоносії щороку зростають, а господарська діяльність, що пов'язана з утриманням залізниці, вимагає раціонального ставлення, ефективного розподілу та прискіпливого контролю за використанням енергетичних та інших ресурсів. З року в рік в АТ «Укрзалізниця» підтримують тенденцію до зменшення обсягів споживання енергоресурсів, проводячи зважену політику у сфері енергоефективності та ресурсозбереження.

Загальна ефективність діяльності Товариства у сфері енергоефективності та ресурсозбереження характеризується рівнем енергоємності, який визначається відношенням суми витрат всіх енергетичних ресурсів за усіма напрямками використання на обсяги виконаної роботи. Даний показник розкриває ефективність та раціональність використання всіх видів паливно-енергетичних ресурсів (т.у.п. – тонн умовного палива) до виконаної роботи (приведених млн т-км).

В структурі споживання паливно-енергетичних ресурсів, в категорії експлуатаційно-виробничих потреб значна частка споживання припадає саме на тягу поїздів – 90 % спожитого дизельного пального, та близько 30% спожитої електричної енергії. Тому нормування витрат в локомотивному господарстві стають важливою задачею для підвищення енергоефективності.

Для здійснення нормування витрат електроенергії і палива локомотивами на тягу поїздів в АТ «Укрзалізниця» розроблена і затверджена в 2003 році «Інструкція по технічному нормуванню витрат електричної енергії і палива локомотивами на тягу поїздів».

Ця інструкція встановлює порядок визначення базової (вихідної) норми витрат енергоресурсів при тязі поїздів, та її корегування у залежності від конкретних експлуатаційних умов. Нормування витрат електричної енергії і дизельного палива локомотивами базується на даних тягово-енергетичних паспортів різних типів та серій локомотивів, які використовуються на залізничних шляхах України, а також загальних формулах і положеннях тягових розрахунків. При розрахунках використовуються витрати електричної енергії і палива відповідні справному стану локомотивів, які експлуатуються в умовах, що забезпечують використання прогресивних методів обслуговування і водіння поїздів. Тягово-енергетичні паспорти локомотивів коригуються за обліком робіт, що виконуються по удосконаленню конструкції сучасних локомотивів, якщо при цьому змінювались їх тягові характеристики або к.к.д. Норми витрат електроенергії і палива встановлюють для кожної серії локомотивів, які працюють на нормованій ділянці, в залежності від характеру його профілю, показників, що плануються та способів застосування рухомого складу, роду поїздів і вагонів, а також метеорологічних умов нормованого періоду.

Базова норма витрат енергоносіїв, згідно вимог цієї Інструкції, визначається для типової моделі поїзда, склад якого сформований з чотирьохосних вагонів на підшипниках кочення з навантаженням на вісь вагона 17,5т, який рухається з середньою швидкістю, яка дорівнює рівномірній швидкості на прямому горизонтальному шляху при температурі зовнішнього повітря +15°C. В подальшому, вихідні норми витрат розраховуються за допомогою корегувальних емпіричних коефіцієнтів, що дозволяють враховувати збільшення, або зменшення витрат енергоресурсів в залежності цілого ряду факторів, як то витрат кінетичної енергії поїзда, пов'язаних з зупинками, витрати енергії на розгін поїзда, на роботу двигуна та допоміжних машин локомотива на холостому ході, а також враховуючих індивідуальні особливості формування потягу, ступінь використання вантажопідйомності вагонів, складність профілю шляху, температурно-метеорологічні умови та інше. Емпіричні коефіцієнти розраховуються шляхом проведення ряду дослідно-випробувальних поїздок на цілком справному локомотиві під керуванням кваліфікованих машиністів. Кількість дослідних поїздок - не менш трьох. При цьому проводити перевірки та коригування

цих емпіричних коефіцієнтів необхідно періодично, та для всіх типів і серій локомотивів, які задіяні в виконанні певних видів робіт, а також при проведенні удосконалень вузлів та агрегатів локомотивів.

Ще один значний по енергоємності, особливо в частині використання імпортозалежного виду палива – дизеля, вид роботи локомотивів – маневровий рух. По маршруту свого прямування від відправника до отримувача навантажений вагон проходить, щонайменше, один цикл сортувальних операцій (формування-розформування складу поїзда) на залізничних станціях, хоча в залежності від його маршруту таких циклів може бути значно більше, і відповідно витрат енергії локомотива.

Розрахунок питомої норми витрат електроенергії або дизельного палива на маневрову роботу проводиться з урахуванням навантаження локомотива, часу роботи при переробці вагонів, часу простою в режимі холостого ходу, резервного пробігу та часу прогріву маневрових тепловозів при простої їх під депо.

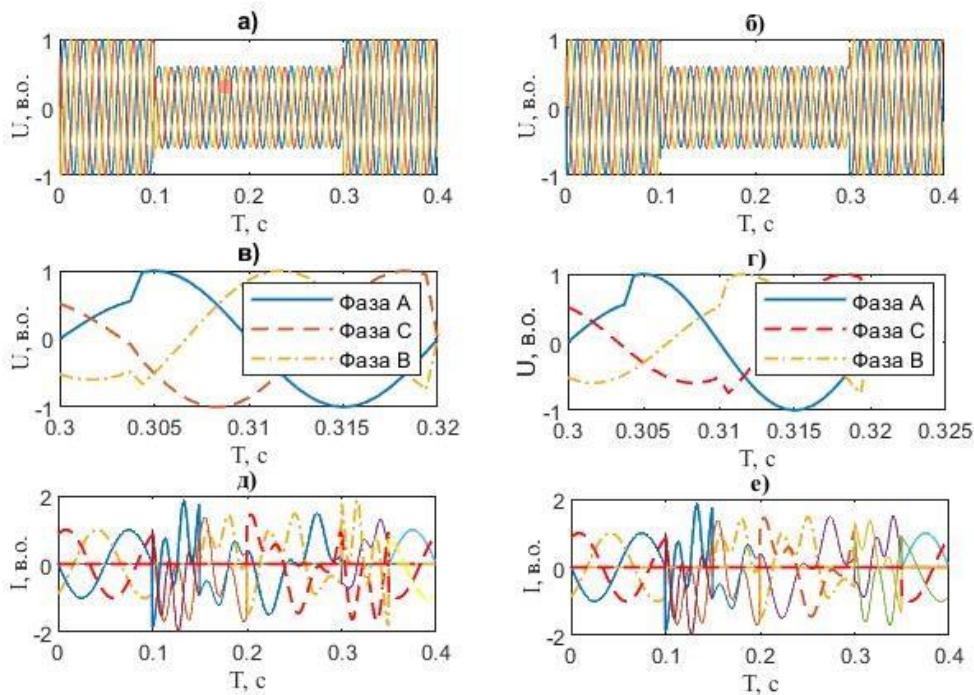
Норму витрати палива і електроенергії при безпосередньому виконанні маневрової роботи встановлюють дослідним шляхом з урахуванням виконання планів, що задаються, по переробці вагонів. Але надходження вагонів на станції сортування має значну нерівномірність з багатьох причин, що значно ускладнює планування маневрової роботи, отже й часу роботи при переробці вагонів та часу простою в режимі холостого ходу. На відміну від роботи локомотива в тязі поїздів, де можна певною мірою спрогнозувати і проконтролювати витрати енергії для вказаного профілю маршруту поїзда та його складу, з урахуванням технічного зносу локомотива та людського фактору – досвідченості машиніста, планування і контроль роботи локомотива на сортувальній станції значно ускладнене неможливістю визначення шляху переміщення вагонів на коліях станції під час проведення маневрових операцій. Термін «нормування» для маневрової роботи, на мій погляд, можна використовувати тільки певною мірою, з урахуванням обсягів сортувальної роботи, яка виконується на станції/ділянці роботи локомотива. Адже витрати енергії локомотива в маневровій роботі напряму залежать від кількості переміщених (перероблених) вагонів, та ступеню їх повторної переробки (скільки разів один і той же вагон проходив операції по формуванню-розформуванню поїзда в межах однієї сортувальної станції). Зараз на Укрзалізниці закінчується перехід сортувальних станцій на роботу в Автоматизованій системі роботи сортувальної станцій – це програмний комплекс, частина автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці, який забезпечує динамічний розрахунок та планування маневрової роботи на станції з врахуванням прогнозного прибуття вантажних вагонів на станцію. Така система дозволяє розрахувати оптимальний план маневрової роботи по розформуванню/формуванню заданого поїзда. А от чи буде фактично проведена маневрова робота відповідати запропонованій? Поки що інструменти контролю відсутні, оскільки впевнитись в тому, що вагон з поїзда А було переставлено в поїзд Б, по прийнятій зараз технології, можна тільки після остаточного формування поїзда Б. На теперішній час, проміжні операції по переставлянню вагонів не фіксуються. Тобто, можливі непродуктивні витрати енергії маневрового локомотива на «лишні» переміщення вагонів у випадку порушення плану маневрової роботи. Для контролю проміжних переміщень вагонів під час проведення маневрових операцій може стати у нагоді система ідентифікації місцезнаходження вагона на сортувальній станції, побудована на принципі радіочастотної ідентифікації (RFID). За допомогою такої системи можливо буде відслідковувати переміщення вагонів під час маневрових операцій, чи відповідають ці переміщення плану маневрової роботи. А от же, чи є витрати енергії маневрового локомотива продуктивними. Робота такої системи в поєднанні з впроваджуваною на залізницях України контрольно-вимірною системою «БІС-Р», яка дозволяє вимірювати миттєву витрату палива при будь-якому режимі роботи тепловоза, тобто практично експлуатаційну витрату палива, надасть можливість реального контролю витрат дизельного палива в локомотивах під час маневрової роботи.

ВПЛИВ ПРОВАЛІВ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ НА ТУРБІНУ ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Вступ. У роботі досліджується робота двигуна з подвійним живленням (DFIG) при симетричних трифазних замиканнях, які викликають провал напруги в електричній мережі. Використовується математична модель DFIG, яка враховує динаміку статора, ротора, ланцюга постійного струму та системи керування. Результати моделювання показують, що робота DFIG залежить від глибини, амплітуди та тривалості провалу напруги, а також від кута струму пошкодження, швидкості обертання ротора та параметрів системи керування. Дослідження має практичне значення для підвищення надійності та ефективності роботи DFIG у складі вітроенергетичних установок. Двигун з подвійним живленням (DFIG) є поширеним типом генераторів, які використовуються у вітроенергетичних установках (ВЕУ). Перевагами DFIG є можливість регулювання потужності та реактивного струму, зниження втрат та підвищення ефективності. Однак, DFIG також має деякі недоліки, зокрема високу чутливість до порушень в електричній мережі, таких як провал напруги. Провал напруги — це короткочасне (від півперіоду до кількох десятків секунд) різке зменшення величини середньоквадратичного значення напруги більш ніж на 10 % від номінального в деякій точці електричної мережі, з подальшим її відновленням до попереднього або близького до нього значення [1]. Провал напруги викликає перевищення струму ротора, напруги ланцюга постійного струму та температури обмоток DFIG, що призводить до пошкодження або відключення генератора. Тому важливо дослідити роботу DFIG при провалі напруги та розробити ефективні методи захисту та керування.

Методика дослідження: Для дослідження роботи DFIG при провалі напруги використовується математична модель DFIG, яка враховує динаміку статора, ротора, ланцюга постійного струму та системи керування. Модель DFIG побудована на основі рівнянь Кірхгофа для статора та ротора, а також на основі рівнянь балансу потужності для ланцюга постійного струму. Система керування складається з двох підсистем: підсистеми керування потужністю, яка забезпечує регулювання активної та реактивної потужності DFIG, та підсистеми керування напругою ланцюга постійного струму, яка забезпечує стабілізацію напруги ланцюга постійного струму. Модель DFIG реалізована в середовищі MATLAB/Simulink. Для моделювання провалу напруги використовується тип провалу А, який характеризується глибиною, амплітудою та тривалістю провалу, а також кутом струму пошкодження. Для аналізу роботи DFIG при провалі напруги використовуються такі основні параметри: напруга статора, струм ротора, напруга ланцюга постійного струму, активна та реактивна потужність DFIG.

Результати дослідження: Результати моделювання роботи DFIG при симетричних трифазних замиканнях, які викликають 60% провал напруги типу А з нульовим стрибком фазового кута, показані на рис. 1.



(а) - тип падіння А0 - напруга статора, (б) – провал типу А1 - напруга статора, (в) – провал типу А0 - напруга статора (збільшено навколо стрибка фазового кута у фазі А), (г) – провал напруги типу А1 - напруга статора (збільшено навколо стрибка фазового кута у фазі С), (д) – провал типу А0 - струм ротора, (е) – провал напруги типу А1 - струм ротора

Рисунок 1 - Результати моделювання трифазних КЗ (тип А) з різними можливостями відновлення напруги

Дослідження демонструє наступні **висновки**:

- причиною несправності є перехідний струм 1,75 в.о. в роторній обмотці за $t = 0,1$ с, який не залежить від способу відновлення напруги. Це перевищення виникає через зворотну реакцію потоку статора;

- відповідна ЕРС залишається сталою відносно нерухомої системи координат; тому вона створює складову струму з частотою $f = 1,2$ в.о. = 50 Гц в роторній обмотці. Коли природна ЕРС досягає нуля через 0,1 с, RSC повертає контроль над струмом в роторній обмотці та зводить його до початкового значення перед несправністю. Під час короткого замикання немає стійких коливань, оскільки результуюче падіння напруги (тип А) не має складової зворотної послідовності;

- високі надструми в роторній обмотці призводять до зростання активної потужності, яка надходить від RSC до конденсатора ланцюга постійного струму. Однак GSC з обмеженою масштабованістю не може миттєво передати надлишкову потужність від конденсатора до мережі. Тому напруга ланцюга постійного струму тимчасово підвищується до 1,2 в.о;

- випадки струму ротора та напруги постійного струму в момент усунення несправності залежать від способу відновлення напруги. Найбільш важкі перехідні явища виникатимуть, якщо вимикачі усунуть трифазне коротке замикання за один крок (нереалістичний тип А0).

Список використаних джерел:

1. Чернюк А.М, Кирисов І.Г, Черевик Ю.О. АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ СИСТЕМ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ. URL: http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2021/3_2021/38.pdf (дата звернення: 22.11.2023).

ВИДАЛЕННЯ ШУМОВИХ КОМПОНЕНТ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ОРТОГОНАЛЬНИХ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕНЬ

Вступ: З появою сигналів, людство зіткнулося з таким явищем, як зашумлення сигналу або іншими словами шум в сигналі. Цю проблему часто приймали за природні характеристики сигналу, що викликало труднощі в роботі з сигналом.

Загалом шуми в сигналі - це будь-які випадкові, небажані зміни або коливання, які заважають сигналу. Якщо розглядати інформаційні сигнали в електричній мережі, то поняття шум зміниться на "електричний шум" і матиме більш точне визначення. Такі небажані зміни в сигналі спонукали до розробки нових і вдосконалення вже існуючих методів видалення шумових компонент з інформаційного сигналу в електричних мережах, та є актуальною науково-практичною проблемою.

Ключові слова: вейвлет-аналіз, тип порогового значення, електричний шум, інформаційний сигнал із наявністю шуму.

Мета: дослідити інформаційний сигнал в електричній мережі та змоделювати накладання електричних шумів на сигнал та здійснити вибір порогових функцій: SURE та Universal Threshold. Вибирати тип вейвлетів (Добеші, Сімлети, Біортогональні, Койфлети) для проведення знешумлення сигналу. Та застосувати вейвлет-перетворення до зашумленого сигналу, щоб вейвлет-коефіцієнти, значення яких більше за порогове значення, можна було відкинути. Потім із цими коефіцієнтами, які залишилися провести зворотнє вейвлет перетворення і отримати в залежності від порогової функції та типу вейвлету знешумлений сигнал.

Матеріал і результати досліджень: Розглянемо інформаційний сигнал в електричній мережі, що являє собою реальний сигнал - споживання електроенергії, виміряне протягом 3 днів (Рис. 1) [1].

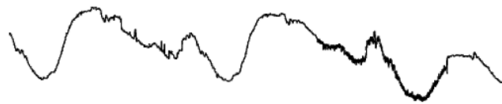


Рисунок 1 - Споживання електроенергії, виміряне протягом 3 днів

Цей сигнал є особливо цікавим через шум, внесений дефектом обладнання для моніторингу, який виник під час проведення вимірювань.

Шум в сигналі – це все те, що не є сигналом, будь-які випадкові, небажані зміни або коливання, які впливають і спотворюють сигнал. Електричний шум - це явище, яке може впливати на будь-яку електричну установку, зокрема пристрої, підключені до мережі та системи зв'язку[2]. До нього відносяться бажані та випадкові хвилі, що створюються магнітними полями, які генеруються електричним обладнанням, джерелами живлення і практично будь-якими елементами, через які він циркулює. Такі небажані сигнали (шуми) можуть "просочуватися" через мережу і досягати інших пристроїв в мережі. Тобто передаючи зашумлений сигнал, через електричну мережу, він може досягти електричного пристрою і спричинити зміни в його роботі. Для подальшого розгляду сигнал буде додатково зашумлений, для кращого прояву шуму. Моделювання зашумлення сигналу проведено в програмі "MATLAB", для цього накладемо шумову компоненту на даний сигнал (рис. 2,3).

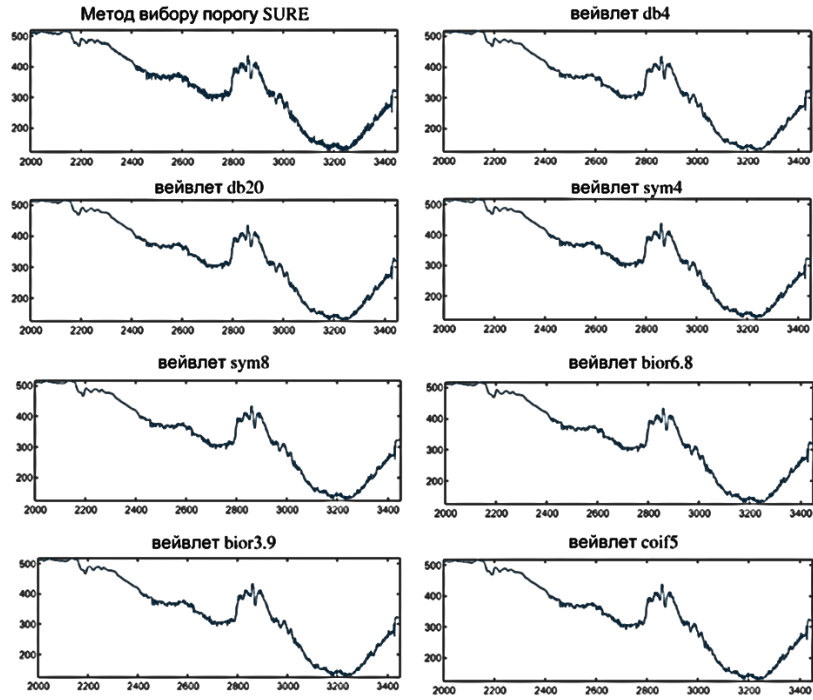


Рисунок 2 – Зашумлений сигнал (SNR = 90)

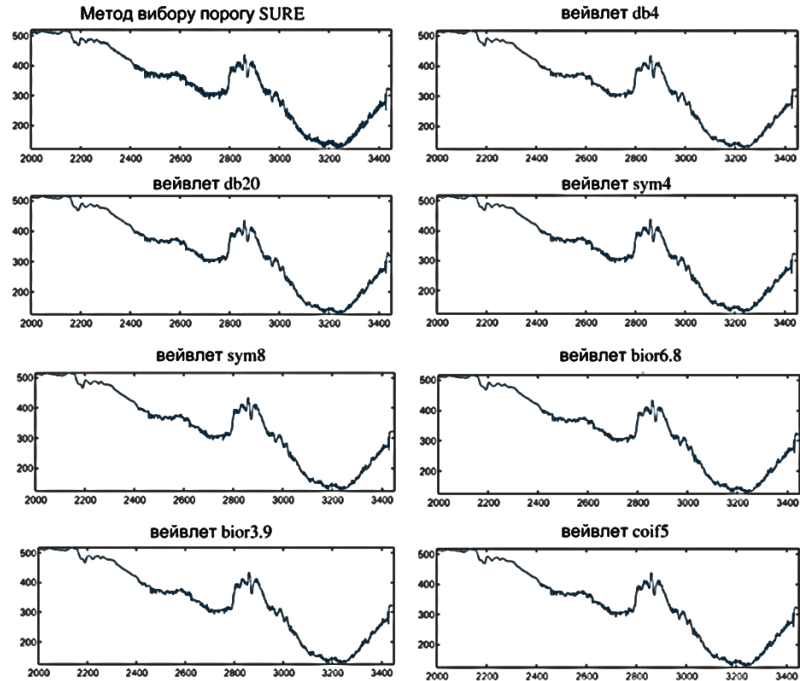


Рисунок 3 – Зашумлений сигнал (SNR = 40)

Шумова компонента сигналу розподіляється за усіма вейвлет-коефіцієнтами однаково. Оскільки шумова компонента (вектор $\xi_i = \{\xi_i\}$) є білим шумом, то його ортогональне перетворення у базисі $\beta = \{g_m\}$, $0 < m < N$ також буде білим шумом. Відповідно до цього запишемо

$$Y_\beta[m] = f_\beta[m] + \xi_\beta[m], \quad (1)$$

де $\xi_\beta[m]$ - коефіцієнти ортогональної декомпозиції білого шуму;

$f_\beta[m] = (f, \psi)$ - вейвлет-декомпозиція даних, із яких видалено шум.

Порогова обробка у вейвлет-базисі матиме вигляд

$$f' = \sum_{i=L+1}^J \sum_{m=0}^{2^{-j}} \rho_T((Y, \psi_{j,m})) \psi_{j,m} + \sum_{m=0}^{2^{-j}} \rho_T((Y, \varphi_{J,m})) \varphi_{J,m} \quad (2)$$

де ортонормований базис β складається із сімейства ортогональних векторів

$$\beta = [\{\psi_{j,m}[n]\}_{L < j \leq J, 0 \leq m \leq 2^{-j}}, \{\varphi_{J,m}[n]\}_{0 \leq m < 2^{-j}}] \quad (3)$$

Ризик порогової обробки визначається так:

$$R(f) = R(t(f'), f) = |f_{\beta}[m] - \rho_T[m]|^2 \quad (4)$$

Оскільки у вейвлет-базисі коефіцієнти з великою амплітудою належать до переривчастих змін сигналу, оцінка зберігає тільки переривчасті складові, що належать сигналу, без додавання інших складових, обумовлених шумом. Отже, порогова обробка є еквівалентною оцінці сигналу його усередненням за допомогою ядра, яке локально адаптоване до гладкості сигналу.

Signal to noise ratio (SNR) - це відношення сигнал-шум,

$$SNR = \frac{P_c}{P_{ш}} \quad (5)$$

Представляє собою відношення потужності сигналу (середньої чи миттєвої) P_c до $P_{ш}$ потужності шуму, є важливим фактором в будь-якій комунікаційній системі. Найчастіше його виражають в децибелах, як $10\lg(P_c/P_{ш})$ дБ [3].

Метод SURE (Stein unbiased risk estimation) - метод універсального порогу та min і max. Цей алгоритм вибору вейвлетного порогового значення зазвичай використовується в ортогональній декомпозиції, тобто для проведення аналізу з різною роздільною здатністю та перетворенням пакетних вейвлетів.

Universal Threshold Method - метод який спочатку приймає універсальне порогове значення як основне порогове значення. А потім представляється новий індекс кореляції на основі теорії вейвлет-кореляції. Потім, новий поріг отримується за допомогою індексу кореляції для покращення основного порогу.

Наступним кроком вибираємо порогові функції : SURE та Universal Threshold. Потім вибираємо типи вейвлетів (Добеші, Сімлеті, Біортогональні Койфлеті) і проводимо знешумлення сигналу. Використовуємо вейвлет-перетворення до зашумленого сигналу, та слід пам'ятати, що вейвлет-коефіцієнти, значення яких більше за порогове значення – потрібно відкинути. Далі із коефіцієнтами, які залишилися проводимо зворотнє вейвлет-перетворення і отримуємо в залежності від порогової функції та типу вейвлету знешумлений сигнал (рис.2 та рис.3).

Висновок: За результатами досліджень встановлено, що шум в сигналі, отриманий під час вимірювань і шум штучно накладений можна прибрати з сигналу не деформувавши його, використовуючи різні типи вейвлетів (Добеші, Сімлеті, Біортогональні Койфлеті).

Список використаних джерел:

- 1.Using Wavelets (Wavelet Toolbox). URL: http://www.ece.northwestern.edu/localapps/matlabhelp/toolbox/wavelet/ch02_u111
- 2.What is electrical noise? URL: <https://bepebblex.com/en/electric-noise-smart-batteries/>
- 3.Voloshko A. V. Removing noise components of information signals by using orthogonal wavelet transform [Електронний ресурс] / A. V. Voloshko, R. Almbrok – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.15407/emodel.42.05.097>
- 4.Luo G., Chang D. Wavelet Denoising //Advanced in Wavelet Theory and Their Applications in Engineering. Physics and Technology. – Режим доступу до ресурсу: www.intechopen.com.

Reference:

- 1.Using Wavelets (Wavelet Toolbox). URL: http://www.ece.northwestern.edu/localapps/matlabhelp/toolbox/wavelet/ch02_u111
- 2.What is electrical noise? URL: <https://bepebblex.com/en/electric-noise-smart-batteries/>
- 3.Voloshko A. V. Removing noise components of information signals by using orthogonal wavelet transform [Електронний ресурс] / A. V. Voloshko, R. Almbrok – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.15407/emodel.42.05.097>
- 4.Luo G., Chang D. Wavelet Denoising //Advanced in Wavelet Theory and Their Applications in Engineering. Physics and Technology. – Режим доступу до ресурсу: www.intechopen.com.

Владиченко В.В., магістрант
Замулко А.І. канд. техн. наук, доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім.Ігоря Сікорського»

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ГАЗОТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Анотація - стаття присвячена аналізу ключових проблем, які перешкоджають підвищенню енергоефективності в газотранспортній галузі України. В ній розглядаються основні виклики, з якими стикається ця галузь, включаючи застарілість інфраструктури, технологічні обмеження, регуляторні бар'єри та необхідність модернізації обладнання. Аналізуються шляхи вирішення зазначених проблем, акцентуючи увагу на впровадженні новітніх технологій, поліпшенні управлінських практик і залученні інвестицій для оновлення галузі. Стаття також підкреслює важливість інтеграції української газотранспортної системи (ГТС) у європейський енергетичний простір і визначає стратегічні напрями для досягнення сталого розвитку та підвищення енергетичної безпеки країни.

Ключові слова: газотранспортна система, енергоефективність, інновації, модернізація, застаріле обладнання.

Вступ. Підвищення енергоефективності в газотранспортній галузі є одним із найактуальніших викликів сучасності, який вимагає негайних та ефективних рішень. Ця проблематика набуває особливої важливості в контексті глобальних зусиль щодо зниження викидів парникових газів, підвищення енергетичної безпеки та оптимізації використання енергетичних ресурсів. Україна, як країна з розвинутою газотранспортною інфраструктурою, стоїть перед викликом адаптуватися до цих глобальних трендів, водночас забезпечуючи стабільність та ефективність своєї газотранспортної системи. У цій статті ми розглянемо ключові проблемні питання, що впливають на енергоефективність газотранспортної галузі України, та проаналізуємо потенційні шляхи їх вирішення, які можуть включати інноваційні технології, політичні рішення, а також залучення інвестицій та міжнародного досвіду.

Мета та завдання дослідження. Метою даної статті є комплексний аналіз проблемних питань, які впливають на підвищення енергоефективності в газотранспортній галузі України. Стаття має на меті ідентифікувати ключові виклики, з якими стикається ця галузь, включаючи застарілість інфраструктури, технологічні обмеження, регуляторні перешкоди та необхідність модернізації обладнання. Особлива увага приділяється виявленню та обговоренню можливих шляхів вирішення цих проблем, що охоплюють впровадження новітніх технологій, поліпшення управлінських практик, а також залучення інвестицій для модернізації та оновлення галузі. Ця стаття покликана сприяти розумінню та розробці ефективних стратегій, які б допомогли підвищити енергоефективність та гарантувати сталий розвиток газотранспортної галузі України у контексті її енергетичної безпеки та інтеграції у європейський енергетичний простір.

Матеріал і результати досліджень. Енергоефективність в газотранспортній системі України є критично важливою для забезпечення стабільного енергетичного майбутнього країни. Це не тільки сприяє зменшенню залежності від імпортованих енергоресурсів, але й має велике значення для захисту довкілля. Проте, існують виклики, які ускладнюють підвищення енергоефективності в цій сфері.

Із кожним роком спостерігається зменшення використання та імпорту природного газу в Україні. Хоча даний показник є гарним індикатором для зменшення енергоємності економіки країни в цілому, але для ТОВ «Оператор ГТС України» як для підприємства, яке транспортує газ це означає зменшення прибутків. Що в свою чергу приведе до невиконання програм ремонтів та капітальних інвестицій в тому числі і з енергоефективності. Тому одним із головних напрямків для збереження конкурентоспроможності є оптимізація витрат.

Відомо, що основна частина газотранспортної системи ГТС України спроектована, побудована та введена в дію у 60-80-х роках минулого століття. Про необхідність модернізації ГТС та інвестицій в її модернізацію стали замислюватися вже в 2000-х роках, коли вперше відмітили високий знос ГТС [1]. Значна частина газотранспортної інфраструктури, особливо в старих системах, страждає від

неефективності через застарілі технології.

Велика частина устаткування газотранспортної системи України: газопроводів, газовидобувного обладнання, газоперекачувальних агрегатів (ГПА), систем автоматичного управління (САУ) та приблизно 30% газорозподільних станцій (ГРС) і свердловин на підземних сховищах газу (ПСГ), функціонують більше 30 років. З часом погіршуються ізоляційні характеристики та міцність металу більшості газопроводів, їх протикорозійний захист.

Також вимагає уваги стан газоперекачувальних агрегатів, обладнання для охолодження повітря та підготовки паливного і імпульсного газу на компресорних станціях (КС), газовидобувного обладнання ПСГ, обладнання автономних газонаповнювальних компресорних станцій (АГНКС) та автоматизованих систем управління на компресорних станціях [2].

Застаріле обладнання та технології є менш ефективними та вимагають значних витрат на утримання. Це вимагає не лише заміни окремих ділянок обладнання, але й повного оновлення інфраструктури. Щоправда, заміна застарілого обладнання та побудова нових газопроводів є вкрай коштовними заходами. Це створює фінансовий бар'єр, особливо в умовах обмеженого бюджетування та інвестицій.

Україна знаходиться в складній геополітичній ситуації через конфлікт із Росією. Це ускладнює фінансування та виконання проектів модернізації газотранспортної системи, оскільки деякі міжнародні інвестори можуть боятися політичних ризиків, пов'язаних із цим конфліктом. Військові події та терористичні атаки на критичну інфраструктуру стратегічних об'єктів національної економіки на жаль ще більше додає руйнувань і відповідно потребує більше коштів на відновлення, та модернізацію.

Іншою проблемою є високий рівень корупції в Україні. Корупція може значно підвищити вартість будівництва та модернізації газотранспортної системи через незаконні витрати коштів та завищення цін на матеріали і послуги. Це не лише збільшує загальну вартість проектів, але й ускладнює їх виконання та знижує якість робіт.

Проте, не дивлячись на ці проблеми, модернізація газотранспортної системи України є надзвичайно важливою задачею. Вона сприятиме забезпеченню безпеки постачання газу як для внутрішніх споживачів, так і для країн-транзитерів. Крім того, модернізація допоможе підвищити ефективність і надійність газотранспортної системи, зменшити втрати газу під час транспортування, а також сприяти зменшенню викидів парникових газів.

Найбільша ефективність досягається за рахунок оновлення обладнання протягом оптимального періоду його експлуатації, що для більшості видів устаткування для газоперекачування становить від 10 до 15 років. Рекомендується проводити модернізацію виробничого устаткування під час планових капітальних та поточних ремонтів, оскільки це сприяє прискоренню процесу, зниженню простоїв обладнання та економії витрат, особливо на трудомісткі монтажні роботи. Проте, незважаючи на технічну та економічну важливість модернізації, вона не може замінити впровадження нового обладнання, адже не у всіх випадках можливо оновити застаріле устаткування до рівня сучасних стандартів.

Виробничий прогрес досягається за допомогою впровадження принципово нових і вдосконалених технологій. Підприємствам важливо спрямовувати свої зусилля на зміну структури технологічних процесів, щоб збільшити пропускну спроможність, підвищити коефіцієнт корисної дії та знизити споживання паливного газу. Необхідно також постійно працювати над підвищенням інтенсивності, безперервності та безпеки газотранспортних процесів.

Впровадження інновацій у газотранспортну систему України є критично важливим для підвищення її ефективності, надійності та екологічності. Це також сприяє інтеграції України у європейський енергетичний простір та підвищенню її енергетичної безпеки. Основними напрямками інновацій є:

- ▷ Автоматизація: Впровадження систем дистанційного моніторингу, автоматизованого контролю та управління для підвищення ефективності та зниження ризиків аварій.
- ▷ Енергоефективні технології: Використання новітніх енергоефективних технологій для зменшення споживання енергії та витрат на експлуатацію.
- ▷ Оновлення інфраструктури: Модернізація застарілої інфраструктури, включаючи заміну газопроводів, газоперекачувальних агрегатів та іншого обладнання.

- ▷ Використання відновлюваних джерел енергії: Інтеграція відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія, у газотранспортну систему.
- ▷ Розвиток системи зберігання газу: Покращення технологій зберігання газу для забезпечення стабільності постачання.
- ▷ Забезпечення кібербезпеки: Впровадження заходів з кіберзахисту для захисту інфраструктури від кібератак.
- ▷ Екологічні інновації: Впровадження технологій для зменшення викидів парникових газів та підвищення екологічності газотранспортної системи.

Для вирішення проблеми високих початкових витрат на модернізацію газотранспортної системи України, потрібно вдосконалювати механізми фінансування проектів, підвищувати ефективність витрат, а також боротися з корупцією в будівництві. Необхідно також шукати нові джерела фінансування, такі як міжнародні інвестиції та співпраця з міжнародними організаціями.

Модернізація газотранспортної системи України є важливим завданням, і вона має бути виконана з врахуванням всіх складнощів та проблем, що існують. Це допоможе забезпечити стабільне та надійне постачання газу і сприятиме розвитку енергетичної інфраструктури України та всієї Європи.

Висновок. У статті було розглянуто ключові проблеми, пов'язані з підвищенням енергоефективності в газотранспортній галузі України, та запропоновано різноманітні шляхи їх вирішення. Серед основних викликів виявлено застарілість інфраструктури, технологічні обмеження, регуляторні бар'єри, а також необхідність модернізації обладнання та впровадження інноваційних технологій.

Вирішення цих проблем вимагає комплексного підходу, що включає модернізацію застарілої інфраструктури, впровадження сучасних технологій управління та моніторингу, поліпшення регуляторного середовища та залучення інвестицій. Також важливою є співпраця з міжнародними партнерами та інтеграція з європейськими енергетичними стандартами.

Реалізація цих заходів не лише сприятиме зростанню енергоефективності газотранспортної галузі, але й підвищить її екологічність та безпеку. Це, в свою чергу, зміцнить енергетичну незалежність України та її позиції на міжнародній арені у сфері енергетики.

Список використаних джерел:

1. Технічна діагностика трубопровідних систем [Текст]: монографія / В.Я. Грудз, Я.В. Грудз, В.В. Костів [та ін.]. – Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2012. – 512 с.
2. Офіційний сайт ДК «Укртрансгаз» НАК «Нафтогаз України» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.utg.ua/>.

ДИНАМІЧНЕ ЦІНОУТВОРЕННЯ У ВДЕ-СПІЛЬНОТАХ

Вступ. Управління доходами та динамічне ціноутворення є концепціями, які мають величезні можливості для застосування в енергетичний сектор. Обидва можна розглядати як інструменти управління попитом, які можуть полегшити пропозицію різні ціни при різних рівнях попиту. У цій роботі вивчаються теми, пов'язані з динамікою ціноутворення на електроенергію. Прогнозування попиту і цін відіграє важливу роль у визначенні цін і планування навантаження в динамічних цінових середовищах. Це дозволяє застосовувати різні форми динамічної цінової політики різні ринки та клієнти залежно від готовності клієнтів платити. Готовність споживачів платити послуги з електроенергії також необхідні для встановлення лімітів цін залежно від попиту та кривої реакції попиту [1-3].

Сегментація ринку може посилити вплив таких схем ціноутворення. Відповідне планування електричного навантаження підвищує реакцію споживачів на динамічні тарифи.

Мета роботи Метою даного дослідження є огляд варіантів динамічного ціноутворення у ВДЕ спільнотах і їх доцільність.

Матеріал і результати дослідження. Динамічне ціноутворення є одним із нових напрямів досліджень у галузь роздрібної торгівлі електроенергією. Це управління з боку попиту техніку, яка може зменшити пікове навантаження шляхом зарядки різних ціни в різний час відповідно до попиту. Відповідно до the (CIA World Factbook) Cia.gov (2016), у 2012 році встановлена потужність для виробництва електроенергії в США склала 1,063 мільйонів МВт, тоді як у економіці, що швидко розвивається, як Індія становила 254 700 МВт. Якщо припустити 5% встановлених потужність, що задовольняє лише піковий попит, тоді 53 150 МВт у США та 12 735 МВт в Індії – це пікове навантаження.

Управління доходами та динамічне ціноутворення економічні та технічно ефективні засоби оперативного дослідження успішно впроваджується в різних галузях, наприклад подорожей і відпочинку, телекомунікації та онлайн-торгівлі. однак, динамічні ціни в режимі реального часу не мають широкого застосування в роздрібній торгівлі сектор електроенергетики.

З цього опитування ми можемо зробити такі висновки:

1. Хоча академіки та дослідники бачать дослідження динамічне ціноутворення на електроенергію як корисне та цікаве, регулятори, постачальники та клієнти трималися осторонь широкомасштабне розгортання цієї концепції. Є сумніви щодо потенційних переваг над витратами впровадження і можливі надмірно високі рахунки клієнтів.

2. Динамічне ціноутворення може бути корисним для клієнтів з точки зору грошові заощадження. Постачальники можуть вважати це корисним через скорочення інвестицій у пікові потужності, краще сплановані операції та ціни, що відображають витрати. Динамічне ціноутворення може допомогти виробникам відкласти прийняття інвестиційних рішень шляхом перенесення пікові навантаження від годин пік до годин не пік.

3. Доцільність застосування динамічних цін залежить від:

- дешева, але ефективна технологія,
- добре освічені та підтримуючі клієнти та регулятори, і
- добре розроблені схеми ціноутворення з правильною ідентифікацією сегментів ринку.

4. Прийняття ринком динамічного ціноутворення може бути тільки досягнуто, якщо можна довести його користь для кожної зацікавленої сторони. Це вимагає все більшої кількості добре спланованих пілотних проектів і вивчення різних аспектів, пов'язаних з цією сферою.

5. Пілотні впровадження показують, що динамічне ціноутворення може викликати відгук клієнта та допомога в зниженні вартості рахунку. Використання відновлюваної енергії демонструє подальше

скорочення вартість векселя приблизно на 35%. Однак еластичність о попит на електроенергію низький. Кілька демографічних і фактори навколишнього середовища можуть покращити реакцію на попит, коли у поєднанні з відповідно розробленими динамічними цінами. Технологія активації корисна для реалізації динамічних ціни та визнано корисним для підвищення попиту відповідь.

Деякі дослідники вважають, що динамічне ціноутворення є цілком правильним ефективний у стимулюванні високого рівня реагування на попит, де вони спостерігають приблизно 30% зниження пікового навантаження. Клієнти є більше шансів скоротити, а не перепланувати споживання. Найкращі відгуки отримані в жаркому кліматі та на висоті клієнтів споживання. Встановлено, що сприяюча технологія є дуже корисно для впровадження динамічного ціноутворення. Схеми ціноутворення змінюватися від ринку до ринку, щоб стимулювати найкраще реагування, і часто потрібно впроваджувати допоміжні програми щоб усунути страх клієнтів перед надмірними витратами.

В Україні вже приходять до того, що динамічне ціноутворення для ВДЕ спільнот є необхідністю для розвитку ринку електричної енергії, оскільки ринку важко тримати фіксовану ціну і перекривати її за рахунок інших учасників [3,4].

Висновки: Динамічне ціноутворення у ВДЕ-спільнотах може дуже повпливати на попит та поглинання профіцитних годин на ринку електричної енергії. Не дивлячись на те, що дана модель, як і будь-яка має свої мінуси – вона однозначно має право на існування та імплементацію.

Список використаних джерел:

1. Triki, Chafi & Violi, Antonio. (2009). Dynamic pricing of electricity in retail markets. 4OR. 7. 21-36. 10.1007/s10288-007-0056-2.
2. Dutta, G., Mitra, K. A literature review on dynamic pricing of electricity. J Oper Res Soc 68, 1131–1145 (2017). <https://doi.org/10.1057/s41274-016-0149-4>
3. Енергетичні спільноти як інструмент переходу на відновлювані джерела енергії https://ecoclubrivne.org/energy_communities_eu/
4. Як за допомогою власної генерації забезпечити громаду зеленою енергією <https://ua-energy.org/uk/posts/yak-za-dopomohoiu-vlasnoi-heneratsii-zabezpechyty-hromadu-zelenoiu-enerhiieiu>

МОНІТОРІНГ ЗАРЯДУ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ В MICROGRID

Вступ. За останні десятиліття були проведені численні дослідження щодо визначення розмірів автономних фотоелектричних батарей систем і було запропоновано та розроблено декілька методів аналізу. Ранні методи аналізу (Solar Power Corp., 1978) були зосереджені на концепції кількості автономних днів, щоб переконатися, що електропостачання було повністю надійним; однак, цей дещо простий підхід збільшує розміри системи і є неекономічним, особливо у випадку великих систем. Офрі та Браунштейн (1983) запропонували концепцію ймовірності втрати електроживлення (LOPS) як метод оптимізації розмірів фотоелектричних модулів і системи зберігання акумуляторів, особливо з точки зору вартості. Замість використання концепції NAD, вони визначили надійність як загальну кількість годин, протягом яких попит на електроенергію споживача більше, ніж потужність джерела живлення.

Мета роботи. Метою даного дослідження є огляд алгоритму планування розміру батареї в Microgrid, необхідної для надійного постачання електроенергії протягом певного періоду часу, в той час як аналіз потужності передбачає дослідження того, чи може система даного розміру постачати електроенергію, і якщо так, то протягом якої кількості годин.

Матеріал і результати дослідження. У цій роботі запропоновано систему керування та моніторингу, яка забезпечує ефективне балансування енергії та потужності, а також регулювання напруги для острівної мережі низької напруги, що використовує сонячні панелі для виробництва електроенергії та свинцево-кислотні акумулятори для зберігання енергії. Система керування використовує метод "ведучий/ведомий" з потужною та надійною комунікаційною інфраструктурою для управління виробництвом, зберіганням та навантаженням. Під час перерв в електропостачанні застосовуються пріоритети навантаження та відключення для підтримання електропостачання принаймні деяких споживачів. електропостачання принаймні деяких навантажень. Запропонована система керування забезпечує оптимальний енергетичний баланс в мережі.

Розмір акумуляторної батареї визначається в першу чергу, оскільки вона є критично важливим компонентом, і її розмір повинен бути досить точним для оптимальної надійності. Це пов'язано з тим, що батарея може виступати як резервний акумулятор, тобто використовуватися кількість днів автономної роботи, протягом яких потреба в навантаженні може бути задоволена лише за рахунок батареї. Крім того, фотоелектрична батарея, яка входить до складу системи Microgrid, повинна не тільки задовольняти вимоги навантаження, але й заряджати акумулятор, і оскільки ці дві операції в ідеалі повинні виконуватися одночасно, бажано знати розмір акумулятора раніше, ніж розмір фотоелектричної панелі.

Вхідними даними для алгоритму є напруга мережі; дані про профіль навантаження (включаючи кількість споживачів) та погодинні дані про сонячне випромінювання за розглянутий період часу; швидкість заряду та розряду акумулятора; і мінімальний SOC батареї. Ідея, використана тут, полягає в тому, щоб прийняти мінімальну ємність акумулятора за відправну точку; для цієї відправної точки можна зробити обґрунтоване припущення, або ж визначити її аналітично. Починаючи з цієї ємності акумулятора, мережа моделюється на період часу, що розглядається, і перевіряється, чи зменшується SOC батареї до рівня, меншого ніж мінімальне значення SOC_{min} . Як тільки $SOC < SOC_{min}$, розмір батареї збільшується і моделювання починається знову. Розмір батареї вибирається таким чином, щоб була мінімальна ємність батареї, для якої SOC ніколи не зменшиться до значення меншого за SOC_{min} .

Заряджати батарею не потрібно, якщо вона заряджена до максимального рівня, і навіть в іншому випадку повна зарядка від мінімального рівня може не знадобитися в багатьох ситуаціях. Тим не менш, для надійності, слід враховувати найгірший сценарій, а при виборі розміру слід враховувати потужність, необхідну для повної зарядки акумулятора, а також для живлення навантаження, навіть

якщо це може призвести до надмірного збільшення розміру. Згодом оптимальний розмір може бути переглянутий за допомогою моделювання в реальному часі, якщо це необхідно (в цій роботі це не зроблено).

Алгоритм визначення розміру фотоелектричної панелі та акумулятора

Акумулятор:

1. Отримати вхідні дані користувача.
2. Ініціалізувати SOC_{max}.
3. Почати моделювання від часу (time) = 1 до періоду часу з кроком 1.
 - (a) Якщо SOC(time) = SOC_{max}, не заряджати батарею.
 - (b) Якщо $H > 0$ і SOC(time) < SOC_{max}, зарядити батарею.
 - (c) Якщо $H=0$, розрядити батарею, щоб задовольнити вимоги навантаження.
 - (d) Якщо SOC(time) = 0, SOC_{max} = SOC_{max} + 5. Повторіть з кроку 3.
4. Інакше, необхідна ємність батареї = SOC(time)

Фотоелектрична панель:

1. Визначити середню потребу в навантаженні за годину.
2. Потужність фотоелектричної панелі = Споживана потужність + Ємність акумулятора.

Розмір фотоелектричної батареї розраховується таким чином, щоб замінити ампер-годину Ач (Ah) в акумуляторі, що споживається навантаженням, і забезпечити споживання електроенергії. Це робиться шляхом простого додавання середнього навантаження за день і максимальної ємності акумулятора SOC, яку можна зарядити.

Висновки: Регулярний моніторинг та аналіз споживання енергії є основою ефективної системи керування. Розглянуто алгоритм вибору розміру батареї для забезпечення надійності роботи Microgrid.

Список використаних джерел:

1. Bortolini, Marco & Gamberi, Mauro & Graziani, Alessandro. (2014). Technical and economic design of photovoltaic and battery energy storage system. Energy Conversion and Management. 86. 81–92. 10.1016/j.enconman.2014.04.089.
2. Al-Saadi M, Al-Greer M, Short M. Strategies for Controlling Microgrid Networks with Energy Storage Systems: A Review. Energies. 2021; 14(21):7234. <https://doi.org/10.3390/en14217234>
3. Georgious R, Refaat R, Garcia J, Daoud AA. Review on Energy Storage Systems in Microgrids. Electronics. 2021; 10(17):2134. <https://doi.org/10.3390/electronics10172134>
4. Gabbar, H.A.; Othman, A.M.; Abdussami, M.R. Review of Battery Management Systems (BMS) Development and Industrial Standards. Technologies 2021, 9, 28. [Google Scholar] [CrossRef]

СМАРТ-МЕТМЕРІНГ І НЕІНТРУЗИВНИЙ МОНІТОРИНГ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

Вступ. Тема моєї доповіді «Смарт-метерінг і неінтрузивний моніторинг електроспоживання адміністративної будівлі». У сучасному світі потреби людства у забезпеченні енергетичної складової зростають з кожним роком, на фоні здорожчення енергоносіїв, їх вичерпності і обмеженого доступу у ряді регіонів, а також їхнього впливу на екологічний стан середовища ми стикаємося з завданням раціонального і розумного використання ресурсів якими володіємо, тому енергозбереження являється актуальною тематикою. Також не виключаємо прагнення до досягнення «сталого розвитку» починаючи з задоволення потреб людини закінчуючи економікою країн. Саме ця тема являється частиною такого підходу до споживання електроенергії, забезпечивши її економію так і більш ефективне використання на потреби які необхідні людині для її життєдіяльності. В останні роки спостерігається розвиток технологій, пов'язаних із сучасним управлінням електроенергією та моніторингом електроспоживання. Серед цих технологій особливо важливе місце займають смарт-метри та неінтрузивні системи моніторингу.

Мета роботи. Метою даного дослідження впливу і переваг Смарт-метерінг і неінтрузивний моніторинг електроспоживання у адміністративної будівлі, що можуть використовуватись для моніторингу та аналізу енергоспоживання, а також для створення звітності.

Матеріал і результати дослідження. Опис предмету дослідження вказуючи обставини і фактори за якими можливе використання і впровадження Смарт-метерінгу і неінтрузивний моніторингу в електроспоживанні адміністративної будівлі, а також збір даних і накопичення результатів.

1. Смарт-метерінг. Смарт-метри – це інтелектуальні вимірювальні пристрої, які автоматично збирають та перетворюють данні про електропотребу споживачів. Вони забезпечують точний облік спожитої електроенергії та надають можливість вивчення та аналізу споживацького патерну. Наприклад, в сучасних смарт-лічильниках вбудовані технології зв'язку, що дозволяють передавати дані безпосередньо до енергетичних компаній, а прикладом використання може бути усунення аварій або витоку електроенергії смарт-метри допомагають оперативно виявити та ізолювати проблемний вузол.

Переваги смарт-метрів включають у себе:

- Забезпечення точного та автоматизованого збору даних;
- Здатність миттєво передавати інформацію;
- Можливість дистанційного управління системою обліку;
- Забезпечення особливої важливості в умовах розумних мереж (смарт-гридів).

Неінтрузивний моніторинг. Неінтрузивний моніторинг електроспоживання будується на використанні передових технологій, які дозволяють здійснювати моніторинг без прямого підключення до споживчих пристроїв. Серед таких технологій використовуються нейромережі, сенсори, теплові камери тощо. Неінтрузивний моніторинг є ще однією найважливішою галуззю в сфері управління електроспоживанням. Відмінність полягає в тому, що для отримання даних не потрібно встановлювати спеціальні пристрої на електромери. Сенсори та камери використовуються для отримання інформації, але без прямого контакту з електромерами. Приклад використання: Термальні камери можуть визначати зони великого споживання енергії в приміщенні, дозволяючи ефективно розміщувати електронні пристрої.

Переваги неінтрузивного моніторингу:

- Відсутність необхідності в прямому підключенні до обладнання;
- Можливість отримання інформації про кількість спожитої електроенергії без втручання в роботу пристроїв;
- Зменшення ризику порушень безпеки.

Застосування цих технологій у адміністративній будівлі дає незаперечні вигоди як для самих споживачів електроенергії так і для утримувача цієї будівлі. А саме:
підвищення енергоефективності: оптимізація роботи обладнання та освітлення для мінімізації витрат;
зменшення експлуатаційних витрат: виявлення енерговитрат та виправлення недоліків допомагає зменшити витрати на комунальні послуги;
підвищення стійкості системи електропостачання: можливість оперативно виявляти та усунути проблеми в мережі, що дозволяє уникнути відключень та зберегти безперебійну роботу в будівлі.

Висновки: розглянули складову цих системи смарт-метерінгу, який дозволяє точно вимірювати та моніторити споживання електроенергії на різних інтервалах часу. Смарт метри важливі для прогнозування, аналізу та оптимізації енергетичного споживання, забезпечуючи детальні дані та взаємодію з системами управління будівлею. Неінтрузивний моніторинг в електроживленні доповнює смарт-метерінг, дозволяючи збирати дані про якість електроенергії без прямого фізичного з'єднання з провідниками. Це рішення допомагає уникати відключень від живлення та виявляти технічні несправності, сприяючи стабільності та надійності електрозабезпечення. В цілому, використання систем управління будівлею, смарт-метерінг та неінтрузивного моніторингу дозволяє підвищити ефективність споживання електроенергії, зменшити витрати та сприяти сталому розвитку будівель та об'єктів комерційного призначення.

Список використаних джерел:

1. Кириленко О.В. Методологія розроблення мультиагентних систем керування в електроенергетиці / О.В. Кириленко, О.Б. Рибіна, С.Є. Танкевич // Технічна електродинаміка. – 2016. - № 4. – С. 59
2. Веремійчук Ю.А. Управління електроспоживанням як інструмент підвищення енергоефективності процесів в об'єднаній електроенергетичній системі України / Ю.А. Веремійчук, І.С Гончаренко, О.М. Лисенко, Г.І. Черкашина // Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку- 2016. Збірник наукових праць III Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції у м. Києві 30 травня-01 червня 2016 р. – Київ, НТУУ «КПІ», 2016. – С. 14.
3. Перетворюємо звичайний лічильник в розумний: <https://habr.com/ru/companies/samsung/articles/768864/> Пристрій був спроектований Каплинським Андрієм Володимировичем.
4. Басок Б.І. «Добове регулювання населенням енергоспоживання в періоди його пікового зростання та нічного провалу» // Міжнародний форум «INNOVATION MARKET» (Київ, 21-24 листопада 2017 р.).

R

1. Kirilenko O.V. Methodology for the development of multi-agent control systems in the electric power industry / O.V. Kirilenko, O.B. Rybina, S.E. Tankevych // Technical Electrodynamics. - 2016. - № 4. - С. 59.

e
r
e
n
c
e
s

АДАПТИВНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Основними споживачами електричної енергії (близько 70%) промислових підприємств є електродвигуни. Найбільшого поширення серед всіх типів приводів набув асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором, який має ряд переваг над двигунами постійного струму послідовного чи незалежного збудження, що використовується в електротранспорті, а саме: простота конструкції та обслуговування, відносно невелика ціна, відсутність щіток, надійність, хороші показники ККД та коефіцієнта потужності. [1] Проте асинхронний двигун АД має свої недоліки, основним з яких є малий пусковий момент при досить великому струмі статора.

Технологічне завдання, що поставлене до тягового електротранспорту, характеризується широким діапазоном зміни моменту навантаження при фіксованому значенні заданого значення швидкості. Доцільне застосування законів екстремального керування – з одного боку, потрібне забезпечення максимально можливого моменту електроприводу на всьому діапазоні зміни швидкостей, з іншого боку при зміні моменту навантаження та задання на швидкість потрібне збереження енергетичних показників ($\cos\phi$, ККД) на максимально можливому рівні. Тенденція збільшення вартості одиниці електричної енергії для споживачів, а також часті випадки дефіциту потужності (зниження якості енергії) в енергосистемі України вимагає від промислових підприємств запроваджувати енергоефективні технології з можливістю обмежувати споживану потужність [2].

Внаслідок масовості виробництва перетворювальної напівпровідникової техніки, вдосконалення технологій та зменшення цін все більшого поширення в різних галузях промисловості набуває система перетворювач частоти – асинхронний двигун (ПЧ-АД). Така система задовольняє як і умови до технічної частини регулювання (діапазон і швидкодія) так і з енергоефективної – ПЧ, який в своєму складі має фільтр електромагнітної сумісності, споживає з мережі тільки активну потужність, має високі показники ККД системи при регулюванні електропривода, хоч і вимагає відносно великих капітальних вкладень [3].

Оптимізаційна задача керування формулюється наступним чином: у кожній робочій точці приводу необхідно вибрати такий закон керування, яке доставить екстремум обраному показнику якості, а при виході струму або напруги статора на обмеження необхідно вибрати закон керування, що забезпечує максимальну перевантажувальну здатність λ .

Всередині робочої області приводу (до виходу струму або напруги статора на обмеження), як показник якості можливо вибрати наступне типове завдання оптимізації режимів двигунів: по мінімуму втрат (визначається струмом) при сталості головного магнітного потоку та обмеження реактивної потужності, що споживається від перетворювача або від мережі ($\Delta p \rightarrow \min$ при $\Phi_m \rightarrow const$)

При виході напруги та струму силового перетворювача на обмеження вирішується завдання екстремального керування за максимумом моменту ($m \rightarrow \max$). Для оцінки якості керування по максимуму електромагнітного моменту двигуна в скалярних системах введемо електромеханічний показник якості «електромагнітний момент/струм статора»:

$$C_M = \frac{M_e}{i_s} \rightarrow \max \quad (1)$$

Для розв'язання задачі максимізації моменту при обмеженнях виділяють три зони, умови досягнення максимуму в яких різні:

- 1 зона: при $0 \leq \omega \leq \omega_1$; $i_s = i_{rp}$; $u_s \leq u_{rp}$;
- 2 зона: при $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$; $i_s = i_{rp}$; $u_s = u_{rp}$;
- 3 зона: при $\omega > \omega_2$; $i_s \leq i_{rp}$; $u_s = u_{rp}$.

На рис. 1 показано ряд механічних характеристик при використанні в типовій скалярній системі

керування закону, що доставляє максимум моменту при фіксованому струмі.

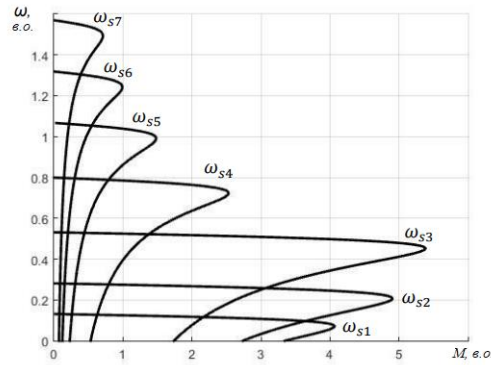


Рисунок 1 – Механічні характеристики частотно-регульованого приводу

Граничний закон керування синтезується виходячи із забезпечення максимально можливого електромагнітного моменту двигуна в умовах обмежених ресурсів джерела живлення за гранично допустимим струмом та напругою. Статичний закон керування - при формуванні оптимальних законів керування двигуном у встановлених режимах можливі різні підходи та відповідні закони керування [4], включаючи закон статичного керування при постійній потужності (відношення швидкостей пропорційне відношенню напруг в степені $\frac{1}{2}$).

Для реалізації поставленої оптимізаційної задачі, пропонується використати модернізовану систему скалярного керування ПЧ-АД, доповнено струмовою відсічкою статора АД з нелінійною роботою ПІ регулятора (Рис. 2).

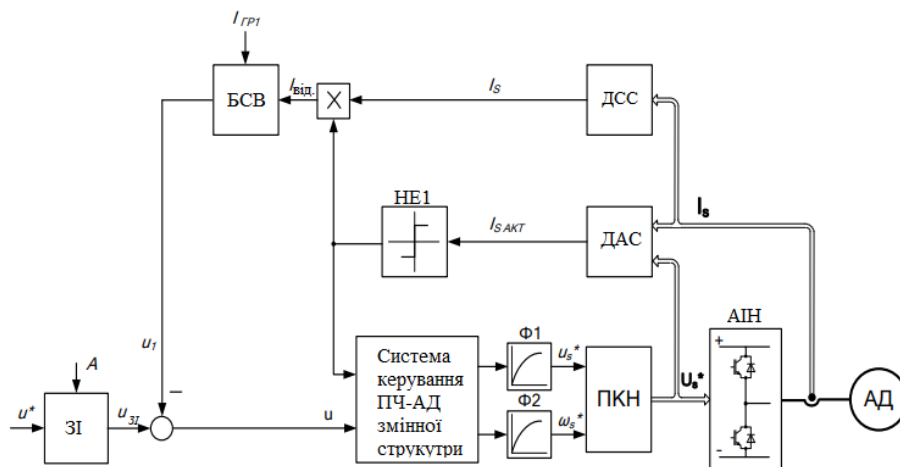


Рисунок 2 - Функціональна схема скалярної системи керування із системою струмообмеження

На схемі позначено: ЗІ – задатчик інтенсивності, який являє собою нелінійний пристрій, що обмежує темп (А) зміни в часі задаючого значення напруги u^* ; НЕ – нелінійний елемент; АІН – автономний інвертор напруги (мостовий); АД – асинхронний двигун; ДСС – датчик струму статора; ДАС – датчик активного струму; Ф1, Ф2 – функціональний перетворювач; БСВ – блок струмової відсічки; ПКН – перетворювач координат напруги.

Список використаних джерел:

1. Петренко О.М. Визначення ефективності електрорухомого складу. Основні положення та підходи/ О.М. Петренко, Б.Г. Любарський // Інформаційнокеруючі системи на залізничному транспорті – Харків: УкрДАЗТ, 2015. – № 6. – С. 8-13
2. Попович М. Г. Теорія електропривода: Підручник / За ред. Поповича М. Г. –К.:Вища школа, 1993. – 494с.
3. Мигаль В.Д., Аргун Щ.В. Вибір методу оцінки якості асинхронних тягових електродвигунів для електробусів // Автомобіль І Електроніка Сучасні Технології. 2019. Вип. 15. С. 105–113.
4. Карплюк Л. Ф. Вибір системи регулювання для електроприводів транспортних механізмів / Л. Ф. Карплюк // Вісник НУ «Львівська політехніка», «Електроенергетичні та електромеханічні системи». — 1997. — № 334. — С. 57—59

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ MICROGRID ПОСТІЙНОГО ТА ЗМІННОГО СТРУМІВ

Вступ. Актуальність розвитку локальних мереж зумовлена потребами сучасної енергетики. Microgrid (MG) являють собою перспективну модель децентралізованого енергозабезпечення, яка дозволяє покращити надійність та ефективність постачання електроенергії. Швидке поширення таких систем у світі спричинило необхідність їх системного вивчення та класифікації. Адже електрична мережа має свої особливості, зумовлені різними параметрами.

Мета. Метою даного дослідження є аналіз підходів до класифікації Microgrid з різних перспектив. Такий аналіз дозволить краще розуміти технологічні особливості локальних мереж, сприяти їх подальшому вдосконаленню та інтеграції в енергосистеми. Це у свою чергу покращить функціональність мережі та задоволення потреб споживачів в електроенергії.

Матеріал і результати дослідження. Розглянемо основні підходи до класифікації MG. Побудова ефективної системи на основі MG потребує всебічного вивчення її характеристик та особливостей. Одним із ключових аспектів для цього є класифікація за різними ознаками. Виділення типів локальних мереж дає змогу структурувати їх множинне розмаїття та краще зрозуміти особливості кожної конкретної системи. Це необхідно як для наукових досліджень, так і для практичного застосування концепції. Визначення чітких критеріїв класифікації допомагає приймати обґрунтовані рішення стосовно вибору конфігурації MG, її елементної бази, систем управління та взаємодії з інфраструктурою.

За типом живлення MG поділяється на мережі постійного струму (DC), змінного струму (AC), змінного струму високої частоти (HFAC), змінного струму лінійної частоти (LFAC) та гібридні MG, що поєднують DC та AC режими. Класифікацію наведено на рисунку 1[1].

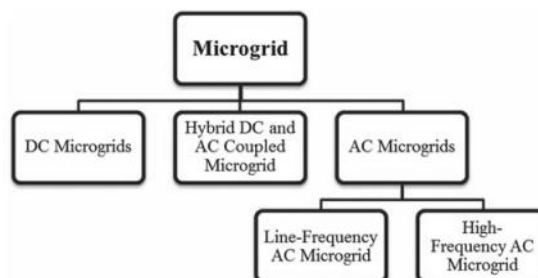


Рисунок 1 - Класифікація за типом живлення

Мережі постійного струму (DC MG) мають менші енергетичні втрати порівняно із мережами змінного струму (AC MG) завдяки відсутності реактивних складових.

Всі компоненти DC системи, а саме джерела вироблення електроенергії (сонячні панелі, вітротурбіни, паливні елементи), батареї та споживачі пов'язані лініями постійного струму. Батареї захищені від перезарядки та розряду системою керування. Напруга від джерел постійного струму подається безпосередньо на шину та навантаження постійного струму, а для навантажень змінного струму використовують інвертори. Гібридна MG зазвичай складається з двох основних частин: шини постійного струму та шини змінного струму, які з'єднуються в одній точці з основною електричною мережею. Системи AC об'єднують різні джерела живлення та дозволяють підключатися як безпосередньо до мережі, так і через перетворювачі. При цьому інвертори регулюють постачання та відбирання енергії для зарядки акумуляторів та живлення споживачів. Така конфігурація дає змогу використовувати трансформатори і застосовувати системи для високопотужних навантажень, при цьому потрібна синхронізація з централізованою мережею або утримання параметрів при острівній роботі. Локальні системи можуть поєднувати обидва типи струму для досягнення оптимальної продуктивності[2-4]. Системи змінного струму високої частоти (HFAC) пропонують зменшення

розміру та ваги електронного обладнання шляхом підвищення частоти. Однак HFAC мають обмежений радіус дії через зростання втрат із збільшенням відстані, і, таким чином, вони підходять лише для невеликих областей.

Microgrid змінного струму лінійної частоти (LFAC) є однією з конфігурацій мережі, де різні джерела енергії та навантаження підключаються до системи, яка працює зі стандартним змінним струмом із низькою частотою. Зазвичай ця частота складає 50 або 60 Гц, відповідно до регіональних стандартів електропостачання. При цьому варто враховувати, що в LFAC потребується використання різних перетворювачів DC-AC та AC-DC для забезпечення правильної роботи системи, а також трансформаторів низької частоти для гальванічної ізоляції та підвищення напруги, що може підвищити складність та вартість системи[5].

За застосуванням MG можна класифікувати як комунальні (внутрішноміські), комерційні та промислові, а також ізолювані. Комунальні мікромережі - це мережі, які обслуговують розташовані поруч споживачі в містах або районах. Комерційні та промислові мікромережі розроблені для задоволення потреб комерційних підприємств або промислових об'єктів. Ізолювані мережі - мережі, які можуть працювати самостійно, відокремлено від головної електромережі.

За структурою системи MG поділяються на одноступеневі та двоступеневі системи перетворення електроенергії. В одноступеневій системі (рис. 2) всі джерела енергії безпосередньо підключені до мережі MG за допомогою одного перетворювача.

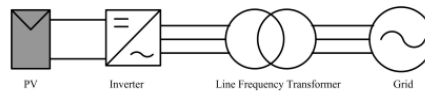


Рисунок - 2 Одноступенева система перетворення

Двоступенева система (рисунок 3) має два перетворювачі: один для підключення джерела енергії, інший - для зв'язку з мережею. Це дає змогу оптимізувати використання джерела та краще керувати системою.

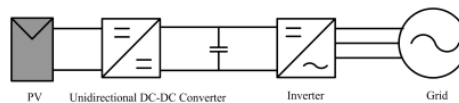


Рисунок - 3 Двоступенева система перетворення

За системою наглядового контролю MG можуть бути централізованими або децентралізованими. Централізована система передбачає відправку заданих значень від центрального контролера до локальних контролерів через двосторонню лінію зв'язку, а децентралізована використовує багатоагентну систему для комунікації між агентами.

Підключення джерел енергії до MG може бути з електронним зв'язком (з використанням перетворювачів) або без нього (звичайні обертові розподілені генератори)[6-7].

Режим роботи MG може бути острівним (ізолюваним) або мережевим (підключеним до централізованої електричної мережі). У режимі острівної роботи MG відключається від централізованої електричної мережі і працює автономно. У режимі мережевої роботи MG підключено до централізованої електричної мережі.

Висновки. Запропонована класифікація дозволяє структурувати множинність існуючих типів MG, краще усвідомити їх технологічні особливості та сприяти оптимізації процесів проектування, експлуатації та інтеграції локальних мереж, що в підсумку позитивно позначиться на якості енергозабезпечення користувачів та сприятиме подальшому розвитку цієї перспективної енергетичної концепції.

Список використаних джерел:

1. Mahmoud M. S., AL-Sunni F. M. Control and Optimization of Distributed Generation Systems. Springer International Publishing AG, 2015.
2. Sahayam M., Srinivasan G.K. Microgrid: structures, control methods, standards and challenges. 2020.
3. Белоха, Г. С. Оптимізація технікоекономічних показників локальних систем електроживлення з транзактивним керуванням [Електронний ресурс] : монографія; – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 127 с.
4. Dragičević T., Li Y. AC and DC Microgrid Control. *Control of Power Electronic Converters and Systems*. 2018. P. 167–200.
5. Modeling, control and technoeconomic analysis of Karabuk University Microgrid. - Turkey / Nuri Almargani, Ali Almagrahi, Assoc. Prof. Dr. Ziyodulla Yusupov. 2020. P.24-26
6. A review of power electronics based microgrids / X. Wang et al. *Journal of power electronics*. 2012. Vol. 12, no. 1. P. 181–192.
7. Xiongfei Wang, Guerrero J. M., Chen Z. Control of grid interactive AC microgrids. *2010 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2010)*, Bari, Italy, 4–7 July 2010.