

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня освіти

на тему:

«ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ПОНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ»

Виконав: студент 4 курсу

групи Ен-41 спеціальності

141 „Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка”

(шифр і назва спеціальності)

_____ Саракун А. І.

Керівник: _____ Кригуль Р. Є.

Рецензент: _____

ДУБЛЯНИ 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доцент Сиротюк С. В.
(вч. звання, прізвище, ініціали)

" ____ " _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Саракуну Андрію Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: "Підвищення енергоефективності автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії"

керівник роботи: к.т.н., доцент Кригуль Р. Є.

(наук. ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НУП 641/к-с 27.11.2023 р.

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 10.06.2024 р.

3. Вихідні дані

технічна документація, науково-технічна і довідкова література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

4.1. Аналіз потенціалу відновлюваних джерел в Україні

4.2. Обґрунтування підвищення енергоефективності автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії.

4.3 Розробка комбінованої автоматичної установки.

4.4. Охорона праці та довкілля.

4.5. Техніко-економічне обґрунтування ефективності використання комбінованої автоматичної установки.

Висновки і пропозиції

Перелік джерел посилання

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Графічний матеріал подається у вигляді презентації

6. Консультанти розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	<i>Коробка С. В. к.т.н., доцент</i>			
4	<i>Городецький І. М. к.т.н., доцент</i>			

7. Дата видачі завдання: 04.03.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз потенціалу відновлюваних джерел в Україні</i>	4.09.2023 – 22.01.2024	
2	<i>Обґрунтування підвищення енергоефективності автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії.</i>	23.01.2024 – 29.01.2024	
3	<i>Розробка комбінованої автоматичної установки.</i>	02.02.2024 – 13.02.2024	
4	<i>Охорона праці та довкілля</i>	16.02.2024 – 23.02.2024	
5	<i>Техніко-економічне обґрунтування ефективності використання комбінованої автоматичної установки.</i>	26.02.2024 – 04.03.2024	
6	<i>Завершення оформлення ілюстративної частини роботи</i>	05.03.24 – 29.03.24	
7	<i>Завершення роботи в цілому</i>	01.04.23 – 30.04.24	

Студент

_____ *Саракун А. І.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ *Кригуль Р. Є.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 631.3.45.9

Саракун А. І. «Підвищення енергоефективності автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024 р. 50 с. текстової частини, 1 таблиць, 12 рисунків, 25 джерел посилання.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення енергоефективності автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії, що забезпечить зменшення затрат енергоресурсів для умов України.

Для досягнення поставленої мети, необхідно виконати наступні **завдання**: необхідно провести критичний аналіз підвищення ефективності роботи автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії; ретельний аналіз факторів обґрунтування оптимальних параметрів автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії.

Робота полягає в розгляді пасивної балансувальної системи для зберігання акумулятора, яка у майбутньому підвищить їх надійність, зменшить витрати на обслуговування, зменшить знос і збільшити термін служби. Для цього застосовувалися різноманітні теоретичні методи наукового дослідження (аналіз, конкретизація, порівняння, узагальнення). Спосіб, розглянутий в роботі присвячено покращенню продуктивності акумуляторів за допомогою системи пасивного балансування приклад типової структурної схеми автономної гібридної електростанції, наведений тут і підвищення ефективності перед проектних робіт з розробки високоефективної конструкції та схеми рішення та збільшити термін служби акумулятора.

Ключові слова: схеми автономної гібридної електростанції, системи пасивного балансування.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ В УКРАЇНІ...	7
1.1 Загальна характеристика регіону та місця розташування досліджуваного об'єкта.....	7
1.2 Характеристика досліджуваного об'єкта.....	7
1.3 Обґрунтування актуальності теми роботи.....	8
2. ОБґРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АУТОНОМНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ПОНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ.....	9
2.1 Аналіз умов підвищення енергоефективності автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії.....	9
2.2 Матеріали та методи підвищення енергоефективності автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії.....	11
2.3 Розробка комбінованої автоматичної установки.....	13
2.4 Обговорення підвищення енергоефективності автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії.....	21
3. РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОЇ АВТОМАТИЧНОЇ УСТАНОВКИ.....	25
3.1 Підвищення технічної ефективності відновлюваних джерел енергії в енергетичні системи.....	25
3.2 Уточнення прогнозного графіка виробництва ВДЕ шляхом інтраденної корекції.....	27
3.3 Оптимізація методів і засобів резервування ВДЕ для їх повноцінної участі в управлінні режимами ЕЕС.....	31
3.4 Приклад зменшення дисбалансу між прогнозованою та фактичною генерацією за допомогою комбінації методів енергоефективності автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії.....	38
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ.....	42
4.1 Організація роботи служби з охорони праці та довкілля.....	42
4.2 Протипожежна безпека і грозозахист.....	43
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОЇ АВТОМАТИЧНОЇ УСТАНОВКИ.....	44
5.1 ОБґРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОЇ АВТОМАТИЧНОЇ УСТАНОВКИ.....	44
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	47
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ.....	49

ВСТУП

В роботі представлено метод уточнення прогнозного графіка відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) шляхом її внутрішньодобового коригування та досліджує заходи щодо резервування ВДЕ з нестабільною генерацією в електроенергетичних системах (ЕС). Через залежність виробництва електроенергії сонячними та вітровими електростанціями (ФЕ та ВЕС відповідно) на природні умови, виникають проблеми з їх внеском у процес збалансування енергосистеми.

Тому СЕП зобов'язана зберегти запас потужності для компенсації відхилень ВДЕ від планового обсягу вироблення. Загальносистемний резерв (в основному маневрової потужності теплових і гідроелектростанцій). Спочатку використовуються інші засоби резерву потужності: електрохімічні, водневі чи біогазові установки.

Аналізувати техніко-економічну ефективність окремих засобів резервування, математичні моделі на основі теорії подібності та критеріального методу було здійснено аналіз факторів обґрунтування оптимальних параметрів автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії. Цей спосіб є кращим оскільки він надає можливість порівнювати різні методи резервного копіювання генерації ВДЕ з кожним із них інше, оцінити їх пропорційність і визначити чутливість витрат до потужності резервного копіювання методи з мінімальною наявною початковою інформацією.

Сформовані критеріальні моделі, що дозволяють побудувати залежності вартості резервних засобів нестабільної генерації ВДЕ від потужності резервних засобів. Показано, що за результатами аналізу різних методів та засобів резервування ВДЕ відносно найефективнішими є водневі технології. Результати аналіз у відносних одиницях можна уточнити, якщо відомі поточні та найближчі цінові показники.

1 АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ В УКРАЇНІ

1.1 Загальна характеристика регіону та місця розташування досліджуваного об'єкта

Об'єктом кваліфікаційної роботи є приватний будинок, розташований в с. Плав'я, Львівська область в Західному регіоні України.

Село Плав'я розташоване в Львівській області України, знаходиться в південно-західній частині області, в мальовничому регіоні, багатому на природні ландшафти, ліси та річки.

Регіон Львівщини, де знаходиться Плав'я, характеризується помірним континентальним кліматом з м'якими, але вологими зимами та теплим, часто досить вологим літом.

Зима в цьому регіоні зазвичай триває від листопада до березня, протягом якої температури можуть коливатися від невеликих морозів до помірних з частими снігопадами, особливо у гірських районах. Середні температури в зимові місяці можуть бути від -3°C до 2°C . Літо тепле з середніми температурами від 18°C до 25°C , проте іноді можуть бути спекотні дні, особливо у липні та серпні. Оподи розподілені протягом року, з найбільшим їхнім кількістю в теплі місяці, особливо в липні та серпні, коли можливі грози.

Весна та осінь в регіоні — перехідні періоди, які можуть бути досить непередбачуваними з погляду погоди, з можливими різкими коливаннями температур та частими дощами.

1.2 Характеристика досліджуваного об'єкта

Будинок площею 72 квадратних метрів має 2 спальні, ванну кімнату, кухню, коридор та прибудову з вхідними дверима. Стіни виконані з газоблоку, а опалення забезпечує газовий котел. Опалення будинку здійснюється твердопаливним котлом.

Електропостачання здійснюється за допомогою мережевого підключення на 4,5 кВт.

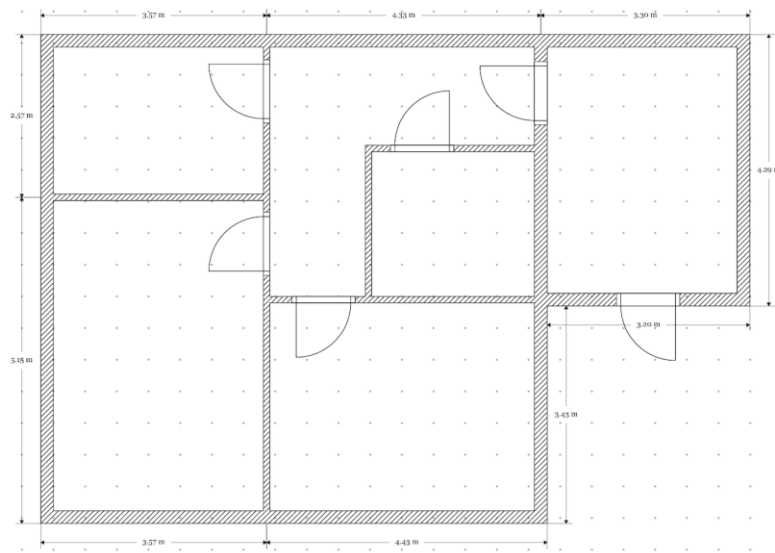


Рисунок. 1.1 – Креслення досліджуваного об’єкту

Визначення обладнання та параметри споживачів електричної енергії в будинку, що мають працювати при аварійному або плановому відключенні електроенергії, таблиця 1.1

Таблиця 1.1 – Обладнання та їх параметри споживання енергії

№	Прилад	Споживання енергії
1.	Холодильник	0,83 кВт/добу
2.	Освітлення будинку	1,4 кВт/добу
3.	Морозильна камера	0,584 кВт/добу
4.	Газова плита	0,24 м ³ /год

Сумарне максимальне споживання потужності складає 2,814 кВт/добу, для забезпечення енергетичних потреб потужністю 3 кВт.

Важливо зазначити, що, фактична споживана потужність може бути меншою, тому і споживання

1.3 Обґрунтування актуальності теми роботи

Метою дослідження – підвищення енергоефективності автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії, що забезпечить зменшення затрат енергоресурсів для умов України.

Тому відповідно до поставленої мети сформульовано наступні завдання дослідження:

1. Необхідно провести критичний аналіз підвищення ефективності роботи автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії;
2. Ретельний аналіз факторів обґрунтування оптимальних параметрів автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії.
3. Здійснити розробку та критичне дослідження ефективності автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії.
4. Обґрунтувати охорону праці та довкілля під час експлуатації вітроенергетичної установки.
5. Обґрунтувати техніко-економічні ефективності використання автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ПОНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

2.1 Аналіз умов підвищення енергоефективності автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії

Україна має великий потенціал для розвитку відновлюваної енергетики в кількох ключових сферах. Використання відновлюваної енергії може допомогти Україні зменшити залежність від імпортного палива та зробити внесок у глобальні цілі сталого розвитку, включаючи скорочення викидів вуглецю.

Однак для розвитку відновлюваної енергетики потрібні політична воля, інвестиції та технологічні рішення енергії в країні. В останні роки з'явилася думка про екологічність і доцільність активно розвивається та пропагується використання відновлюваних ресурсів для виробництва електроенергії; однак, згідно з дослідженнями, розглянутими нижче, за останні десятиліття відсоток електроенергії, виробленої з використанням таких ресурсів, дещо зросла. Крім того, завдяки стратегіям ЄС та ООН щодо впровадження альтернативної енергетики та зменшення викиди токсичних речовин, загальна потужність вітру зросла в двадцять два рази у всьому світі з 2001 по 2017 рік (23 900 до 539 000 МВт), а сонячна енергія протягом десятиліття 2007–2017 досягли зростання на 4300%.

Однак через пандемію COVID-19 та ін. факторів, загальне споживання енергії з відновлюваних джерел у період 2020–2021 рр. зріс лише на 0,1% з 22,1 до 22,2% (Global Energy Review 2021 2021; частка енерг. споживання... 2022).

Методи оптимізації в автономних гібридних електростанціях пропонують ключові переваги та потенціал. Вони підвищують ефективність установки завдяки ефективному використанню різних технологій і комбінацій джерела

енергії. Вони допомагають в інтелектуальному управлінні ресурсами, дозволяючи системі автоматично налаштовуватися роботи з урахуванням поточного попиту на енергію, атмосферних умов, швидкості вітру тощо. Ці методи підтримують гнучкість енергетичних систем, зберігаючи баланс між енергією виробництва та споживання, а також сприяння інтеграції відновлюваних джерел енергії для кращої стабільності та надійності.

З економічного погляду оптимізація може зменшити витрати на виробництво енергії, таким чином підвищуючи конкурентоспроможність, а також допомагаючи скоротити витрати на обслуговування за рахунок ефективного використання ресурсів. Дослідження Mehta et al. (2022a) показує, що завдяки своїй сприятливості Завдяки географічному розташуванню та особливостям ландшафту Україна має великий потенціал для розвитку електростанцій на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), а також гібридних станцій на основі про традиційні та відновлювані джерела.

Оцінка ресурсів України показує, що цьому сприяє наявність великих і середніх річок, потенціал гідроенергії, яка оцінюється в 80 млрд кВт/год. на рік, а також численні річки і гірських потоків (2047), близько 5—8 млрд. кВт·год. в рік.

Геотермальні джерела мають переважно санітарно-курортний характер і мають низькотемпературний характер теплових ресурсів 55–60°, що тому вони не виглядають, як доцільний варіант виробництва енергії. Оскільки Україна є аграрна держава, вона має досить високий потенціал для отримання енергії з біомаси. На даний час їх приблизно 1,5 млн голів великої рогатої худоби в країні, які є основним джерелом цього ресурсу. Згідно з дослідженням Коробки С. В. та Гальчака В. П. (2019), разом із відсотком вирощування сільськогосподарських рослин потенціал оцінюється приблизно в 9,732 тис. ТДж на рік. Ліси займають близько 5,6% всієї території держави, або приблизно 1,2 млн. гектарів; однак, на думку експертів, він непридатний для використання в енергетиці через свої сезонність і віддаленість від населених пунктів.

Швидкість вітру в околицях України досягає максимальної швидкості 13 м/с, чого недостатньо для повноцінного цілорічного споживання станцій, а

постачання електроенергії з гірських районів є економічно не вигідним стратегія. Крім того, інтенсивність сонячної радіації в країні, як зазначено в працях Садиков та ін. (2018) не сильно коливається через вигідне географічне розташування і досягає до 1084 Вт/м^2 .

Робота Dykes et al. (2020) показує, що автономні гібридні електростанції, завдяки своїй стабільності та досить швидкому розвитку, є чудовим рішенням одночасно кількох актуальних на сьогоднішній день питань. Як от: забруднення навколишнього середовища, виснаження природних ресурсів (копалини), економічна не вигідність, крихкість, нездатність електростанцій, заснованих на класичних методах виробництва енергії, швидко адаптуватися до змін попиту, а також до нестабільності та сезонності рослин на основі відновлюваних джерел джерел (Ставинський та ін. 2019). Проблема в найдорожчому і недовговічному компоненті таких гібридів – акумуляторах. Їх крихкість полягає в різких змінах значень заряду, через що через 1-2 роки після установки, обсяг акумуляторів зменшується вдвічі, і через пару років їх потрібно міняти, що в кінцевому підсумку викликає економічні та екологічні проблеми.

Метою даного розділу є дослідження система пасивного балансування на основі сонячних фотоелектричних установок для підвищення надійності та збільшення час автономної роботи. Він також оцінить новий квазіопозиційний алгоритм пошуку гармонії (QONSA) системи та її здійсненність у порівнянні з алгоритмом оптимізації, що базується на навчанні (TLBOA) для стабілізації частоти навантаження гібридної електростанції з кількома батареями та блоки живлення. У майбутньому це дозволить стабілізувати стан частота навантаження мережі споживача під час перемикання електростанції з одним джерело до іншого.

2.2 Матеріали та методи підвищення енергоефективності автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії

Під час роботи над дослідженням для обробки інформації використовувалися такі методи, як аналіз, оцінка, конкретизація та

узагальнення. Поєднання різних теоретичних методів допомогло якісно вивчити проблеми автономних гібридних електростанцій і за пропонували рішення. Розглянуто аспекти експлуатації автономних гібридних електростанцій та проаналізовано альтернативні та вичерпні джерела електроенергії.

Особливості гібридних електростанцій на традиційних і відновлюваних джерелах енергії та станцій на альтернативних джерел, визначено їх відмінності, переваги та недоліки в порівнянні одне з одним. Додатково розглядається доцільність використання автономних гібридних електростанцій на нинішньому етапі, що є основним аспектом початку дослідження. Розглянуто, проаналізовано потенційні дані країни у сфері альтернативної енергетики та узагальнено. Проведено оцінку та порівняння відновлюваних джерел енергії, також абстрактне дослідження географії, клімату та політики України в цьому напрямку, аналіз географічного положення, вивчення гідроенергетики, оцінка потенціалу вітру, сонячної енергії та енергії біомаси, узагальнення даних про них і порівняння про доцільність їх використання. Дослідження автономних гібридних електростанцій на альтернативній основі і традиційні джерела електроенергії в таких країнах, як Киргизстан, США, Польща, Японія, Німеччини, Китаю та ін., щоб оцінити їх вплив на навколишнє середовище і економіку. Крім того, було проведено аналіз і фільтрацію літератури про різні способи виробництва альтернативної електроенергії. Батареї в автономних гібридних установках з кількома блоками живлення та накопичувачами енергії були розглянуті пристрої та оцінені їх продуктивність і потенціал для вдосконалення і проаналізовано.

Оцінка та аналіз проблеми втрат енергоємності, а також проблема скорочення терміну служби акумуляторів в результаті частих стрибків показників заряду, була проведена. Основна відмінність електростанцій на альтернативних або традиційних джерелах електроенергії розглянуто та проаналізовано – стабільність електропостачання споживача, у випадку автономної гібридної електростанції.

Обговорювалася система пасивного балансування на прикладі автономної

гібридної електростанції з системою живлення з чотирьох акумуляторів потужністю 3кВА і напругою акумулятора 48В. Також розглядалася операція в запропонована система в поєднанні з системою живлення зі збільшеною кількістю батарей.

Система квазіопозиційного методу пошуку гармонії на основі розвитку було досліджено та оцінено регулятор частоти для стабілізації частоти навантаження споживача при переході автономної гібридної установки з альтернативних джерел на дизельний поршневий генератор. Її порівнювали з розробленою на її основі системою пошуку гармонії навчання, що зараз використовується на подібних електростанціях. Зібрані дані проаналізовано та систематизовано для подальшого спрощеного та якісного розуміння інформації. Систематичний аналіз методів виробництва електроенергії з використанням альтернативних джерел енергії. Аналітичне порівняння відновлюваної енергії джерел було виконано з метою визначення найкращих автономних гібридних електростанцій для найбільш ефективних операцій. та для полегшення вибору отримані дані проаналізовано, систематизовано та узагальнено розуміння в контексті поточної роботи.

2.3 Розробка комбінованої автоматичної установки

На сьогоднішній день відновлювані джерела інтенсивно впроваджуються в автономне електропостачання системи (Bórawski та ін. 2019; Qazi та ін. 2019; Murdock та ін. 2021). Активне впровадження ВДЕ в секторі енергопостачання визначається наступними трьома причинами (Кліматичний профіль з... 2014; Бродний та ін. 2021 рік; Аль-Шетві 2022):

1. екологічні проблеми, пов'язані з видобутком і переробкою традиційної енергії ресурси (велика кількість обладнання, людські ресурси, переробка видобутих ресурсів);

2. обмеженість їх запасів (традиційні енергетичні ресурси в даний час вичерпані швидше, ніж вони формуються, оскільки на їх формування часто потрібні століття);

3. необмежені відновлювані енергетичні ресурси.

Реальна можливість покращити техніко-економічні показники автономного живлення є використання невичерпних джерел енергії. Зокрема, використання сонячної енергії, фотоелектричні станції та розроблені на їх основі автономні гібридні електростанції. Важливим фактором для їх використання є те, що вартість фотоелектричних плит перевищує тридцять п'ять років (1980–2015) зменшилася більш ніж у п'ятнадцять разів.

Україна має високий енергетичний потенціал, заснований на відновлюваних джерелах енергії (ВДЕ), оцінюється в 840,2 млн. Вт на рік. Потенційними відновлюваними джерелами є сонячна енергія, енергія вітру, енергія від малих річок і гірського стоку, а також енергії біомаси.

Однак в енергетичному балансі України, наразі вони не досягають навіть 1% використання. Це пов'язано з різними причинами головним з них є слабкі стимули для використання чистої енергії з боку уряду. Завдяки сприятливому географічне положення України і приємні кліматичні умови, територія країни отримує в середньому 4,64 млрд МВт променистої сонячної енергії на рік, або 23,4 кВт/год на 1 м², а середньорічна тривалість сонячного сьйва сягає від 2100 до 2900 годин. Експерти стверджують, що сонячна енергія має великий потенціал для реального використання в енергетиці.

Доцільність розвитку ВДЕ в Україні обумовлена наступними причинами:

1. зростання дефіциту традиційних паливно-енергетичних ресурсів;
2. зростання динаміки цін на електроенергію.

Звідси випливає, що на даний час актуальним є питання вивчення та систематизації потенціалу відновлюваної енергетики території, удосконалення методики вибору обладнання та оптимізації автономної електростанції на основі відновлюваних джерел енергії актуальні. Комбіновані, гібридні системи автономного електропостачання з використанням сонячних і великий потенціал має вітрова енергія, а також дизельний або газопоршневий генератор як резервне джерело.

Крім того, альтернативні джерела енергії дозволяють наблизитися до вирішення проблеми енергопостачання віддалених сіл і ферм України, на які

припадає більше половини території країни.

Сьогодні відомо, що автономні гібридні електростанції на різних типах джерел електроенергії мають значний економічний ефект. Оптимальним варіантом для автономних гібридних електростанцій є система, що містить кілька джерел генерації електроенергії, два з яких альтернативні сонячні та вітрові електростанції, а одна – традиційна газопоршнева чи дизельна генератор електроенергії.

Блок-схема автономного гібридних електростанцій показано на рис. 2.1.



Рисунку 2.1 – Типова структурна схема автономних гібридних електростанцій

Система працює за таким принципом: вся електроенергія перетворюється на сонячну енергію щитів, через мережевий інвертор I1, номінальною напругою 220 В, подається на живлення до системи електропостачання.

Основні завдання гібридного інвертора I2 (здатний направляти енергію потоки в обох напрямках) призначені для заряджання акумуляторів традиційного генератора та генерування електроенергії для навантаження, перетвореної з акумуляторів у разі відсутності напруги або недостатності від альтернативні джерела. У ситуаціях, коли енергія, отримана від сонячних і вітрових панелей, перевищує, що витрачається на живлення навантажень, його надлишок йде на зарядку акумуляторів, а коли акумулятори повністю заряджені, вони можуть жити додаткові навантаження.

Між дводенними параметрами енергії, доступними в акумуляторі, у випадку хмарності та безвітря погода при 50% розряду акумулятора (фактично три дні з глибоким розрядом) і щоденний варіант розряду, але при 30% зазвичай вибирають щось середнє (розрядити акумулятор більше ніж 25% щодня – неприйнятно).

Продуктивність і термін служби акумуляторів залежить не тільки від кількості циклів повної розрядки, а також від температури під час їх роботи (якщо вона перевищує 45 °С, їх термін служби знижується в три рази), а також на якість мережі зарядних пристрій, який повинен забезпечувати не менше трьох зарядів акумулятора в ступінчастому режимі до повного заряду. Крім того, інвертор (пристрій, призначений для перетворення на змінний струм 220 В, 50 Гц, акумулятори постійного струму) має спеціальні вимоги. Сумарна потужність навантаження не повинна перевищувати 75-80% від номінальної вихідної потужності інвертора, зазначеного в його характеристиках.

Інвертор І1 перетворює постійний струм, отриманий від сонячних панелей, в змінний струм з напругою 220. Вихід цього струму підключається до загального кола навантаження. Тільки якщо є генерація змінного струму інвертором І2, він має здатність генерувати синусоїду поточний; однак інвертор І2 може вимкнутися у разі перевантаження, перегріву або через розрядження батареї розряду (наприклад, на 90%). Щоб цього не сталося, система управління інвертором дасть команду на запуск звичайного генератора на менш глибокому заряді (наприклад, близько 40%). При успішному запуску, генератор почне подавати напругу і живити підключене навантаження і інвертор, завдяки вбудованому зарядному пристрою (ЗБ), зарядить акумулятори до певного рівня.

Зарядний пристрій може досягати потужності до 5 кВт при використанні автономної гібридної електростанції необхідно враховувати нормальну роботу дизель-генераторів та умови її здійснення – загальна потужність в підключене навантаження не повинно перевищувати 80% номінальної потужності. Захисний вимикач запобігає використанню несанкціонованого навантаження. У разі перевантаження напруга живлення від дизель-генератор вимкнеться, але через двадцять секунд він відновиться і при перевантаженні продовжується,

генератор зупиниться. Перезапустити генератор можна буде, якщо зняти навантаження і запускається в ручному режимі. У цьому випадку акумулятор заряджається, з одного боку, від інвертор І2, отримуючи енергію, що дорівнює різниці між отриманою сонячною енергією і споживаного навантаження, в режимі реального часу від мережі з'єднання з інвертором І1 в денний час, але не більше допустимого, встановленого контролером системи (СК).

У той же час при певному розряді також програмується системним контролером, після чого акумулятор заряджається через інвертор І2 запуск традиційного генератора з також встановленими обмеженнями зарядного струму.

У разі дня заряду, акумулятор може бути повністю заряджений, тобто на 100%, якщо інвертор встигає виконати три етапи, що можливо влітку, коли вночі відбувається невелике скидання. Також в схему заряду входить контролер вітрової турбіни, завданням якого є виправлення вихідного сигналу генератора, перетворення потужності генератора в зарядний струм акумуляторів, забезпечують триступеневий режим заряду для реалізації 100% заряду акумулятора, скидають енергію, коли це є при надлишку або відсутності навантаження, а також вимкнути та контролювати постійний струм та його навантаження при зниженні заряду акумулятора нижче допустимого рівня і гальмуванні генератора при надмірному розгоні. Найбільш вразлива і найдорожча ланка автономної гібридної енергетики, на нашу думку, це акумулятори. Чим більше їх є на складі системи, тим складніше виконати всі умови для їх коректної роботи. Розширювати їх термін служби приблизно в 1,5-2 рази, повинні бути дотримані певні умови.

На рис. 3.2 показана діаграма електростанції потужністю 3 кВт, в якій послідовно з'єднані кілька свинцевих акумуляторів. Варто взяти, як приклад системи, що містить інвертор потужністю 3 кВт з напругою батареї 48 В. Часто такі системи живлення містять чотири послідовно з'єднані батареї напругою 12 В ємністю від 90 до 260 Ач (необслуговувані, свинцево-кислотні).

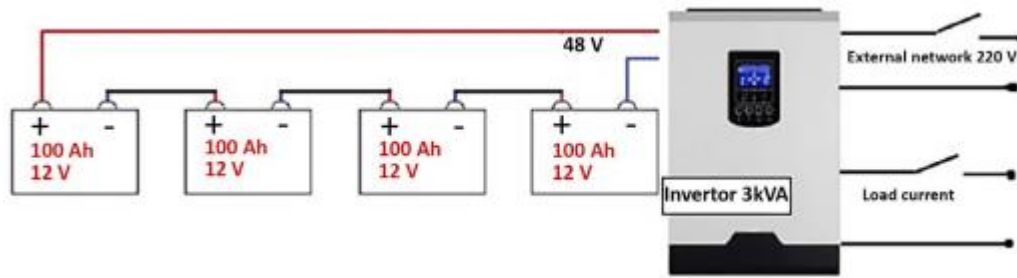


Рисунок 3.2 – Схема системи резервного електропостачання, розрахована на 3 кВт

При використанні однотипних батарей, на початку їх роботи, напруга включення кожної батареї майже однакова; проте через 5–7 місяців використання початкове значення внутрішньої зміни опору в кожному з них. Як приклад можна сказати, що якщо один акумулятор не заряджений, а інший, навпаки, перезаряджається, то обидва випадки вкрай негативно позначаються на їх: у першому випадку буде відбуватися процес сульфатування пластин, а в другому – електроліт википів би, а свинцева маса розсипалася б і лише дисбаланс збільшуватися з часом. Основними факторами таких процесів можуть бути виробничі технологічні відхилення параметрів, зміни температури, вібрації, удари, недозаряд або перезаряд, т.к. в результаті чого внутрішній опір змінюється за своїм законом для кожної батареї. В цьому на момент часу фірми, які виробляють батареї з мінімізованими технологічними відхиленнями були ідентифіковані. Такі батареї служили б довше, але за них потрібно було б платити кількість, що перевищує вартість традиційних акумуляторів у два і більше разів.

Через те, що внутрішній опір батарей змінюється, термін їх служби буде зменшення. Тож замість прописаних, наприклад, п'яти-семи років втратив би один акумулятор половини його потужності через півтора-два роки і його використання було б недоцільним (U-802021). Для запобігання такій проблемі та збільшення часу роботи резервного джерела створюється система з кількох акумуляторів (рис. 3.3). Показаний спосіб підключення батарей економить ситуації на певний період, але проблеми не уникають, як наслідок, у майбутньому вона стало б тільки гірше.

У результаті після двох-трьох років використання енергосистеми було б

необхідно замінити всі батареї. Всього в середньому за рік роботи системи, одну батарею довелося б міняти, а якщо таких вузлів кілька – половину батарей потрібно було б змінити із загальної кількості. Для збільшення терміну служби батареї пропонується використовувати систему балансування, яка стабілізувала б напругу на кожному акумуляторі від початку його заряду. Виявлено технічне рішення системи пасивного балансування свинцево-кислотних акумуляторів напругою 12 В. Основні критерії вибору системою є її вартість і надійність. Особливості системи такі:

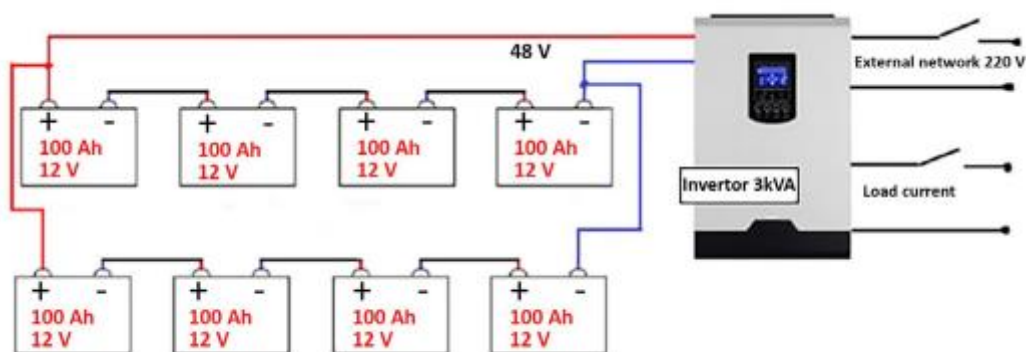


Рисунок 3.3 – Акумуляторна система автономної гібридної електростанції зі збільшеною кількістю накопичувачів енергії розрахована на 3 кВт

З самого початку заряджання акумуляторів напруга окремих акумуляторів в системі постійно вирівнюється. Система враховує напругу на кожному акумуляторі, розраховує середнє значення, і включає додаткове (баластне) навантаження на акумуляторі. За допомогою цього вдається істотно знизити виділяється потужність на баластне навантаження. Кожен модуль системи балансування має свій номер, який може бути порівняно з кількістю конкретної батареї. Це дозволяє здійснювати постійний моніторинг, який в наслідок дозволяє візуально оцінити стан і працездатність кожного акумулятора, як в процесі зарядки, так і в процесі розрядки.

1. Відключати навантаження можна, коли напруга хоча б одного акумулятора впаде нижче 10,5 В (нижня межа робочої напруги 12-вольтової свинцевої батареї).

2. В результаті гальванічного розподілу по шині управління можна збалансувати декілька групи батарей.

3. Принцип модульності дозволяє додавати групи батарей до системи, яка

вже є в експлуатації і не обов'язково від одного виробника.

Система балансування підбирається в залежності від ємності акумулятора і струму заряду. Якщо є можливість примусової зарядки в енергосистемі за дві-чотири години (наприклад, від сонячної батареї або вітрогенератора), є ймовірність, що система балансування буде не встигають гасити перевищення напруги на окремих акумуляторах. В даному випадку балансування елементи повинні мати підвищену потужність в порівнянні зі стандартним режимом заряду. Окрема особливість системи пасивного балансування полягає в тому, що її можна встановлювати на акумулятори, які були в експлуатації протягом кількох років. Ефект пов'язаний з тим, що буде незбалансована система (старі батареї). законсервованій і отримав можливість працювати набагато довше перед заміною.

Сучасні енергосистеми з кожним роком стають все більш складними. Тому для оптимального використання та управління енергетичними системами, стало необхідним використовувати інтелектуальні методи оптимізації. В останні роки дослідники почали застосовувати методи оптимізації для пошуку вирішення складних інженерних труднощів. Звичайні перетворювачі частоти не може забезпечити бажану продуктивність через невизначеності, пов'язані з генерацією та навантаження в автономній гібридній електростанції. Для ефективного отримання використовуються методи оптимізації оптимальні рішення проблем, пов'язаних з експлуатацією та керуванням автономного гібрида електростанція. Дослідники постійно працюють над вдосконаленням існуючих алгоритмів оптимізації, і водночас шукають нові алгоритми оптимізації для ефективного та швидкого подолання складних інженерних перешкод.

Алгоритм пошуку гармонії (HSA) є одним з останніх доповнення в цій області. HSA – це метаевристичний алгоритм і його основний принцип.

Операція – це здатність музиканта знайти найкращу гармонію. Простіше кажучи, HSA дозволяє найефективніша область векторів рішень швидко і тому дослідники прийняли її розв'язок багато інженерних/неінженерних проблем. Однак багато емпіричних досліджень показують, що базовий HSA не

забезпечує найкращих результатів оптимізації. Отже, за останні роки було розроблено декілька нових версій HSA. Завдяки прискореному дослідженню можливостей квазіопозиційного навчання (QOBL), запропонували алгоритм пошуку квазіопозиційної гармонії (QOHSA), у якому ініціалізація популяції на основі QOBL і генераційних стрибків виявилися нові додані параметри.

Грубо кажучи, QOHSA – це концепція QOBL, що швидко розвивається стандартний HSA, що робить його особливим і потенційно успішним алгоритмом оптимізації.

TLBOA – це нещодавно розроблений потужний метаевристичний алгоритм оптимізації без параметрів. Однак можна відзначити, що концепція праці порівняно з QOHSA має ряд відмінностей, але не недоліків, що робить їх ± рівні у своїй сфері діяльності.

2.4 Обговорення підвищення енергоефективності автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії.

За словами авторів кваліфікаційної роботи, проблема екологічної стабільності стає все більш актуальною останнім часом енергетичні системи, що використовують відновлювані джерела енергії, стають все більш популярними серед енергетичних компаній. Особливо це помітно в країнах Європи, Америки та Азії, що швидко розвиваються.

Однак робота таких систем може бути обмежена через нестабільність відновлюваних джерел. Одним з рішень цієї проблеми є автономне гібридне живлення заводи на основі відновлюваних і традиційних джерел енергії. Такі станції здатні забезпечувати електроенергією віддалені регіони, острови чи інші райони, де інші енергосистеми недоступні або є економічно неефективними. Вони дозволяють значно знизити вартість транспортування палива та зменшення токсичних викидів у навколишнє середовище. При виборі технології для роботи автономних гібридних електростанцій прийнято вважати сонячну та вітрову енергію найбільш ефективні, оскільки мають низькі експлуатаційні витрати і практично не виділяють токсичних речовин

для навколишнього середовища.

Крім того, традиційні джерела електроенергії, такі як газ або дизельне паливо, можна використовувати, як резервне джерело енергії, якщо відновлювані джерела енергії не можуть забезпечити достатньо енергії. Однак його необхідно враховувати, що гібридні електростанції складніші в експлуатації та потребують професійних знань досвід обслуговування та управління. Крім того, вартість будівництва гібридної електростанції установки може бути вищим, ніж для звичайних електростанцій.

В даній роботі досліджено автономні гібридні електростанції, їх роботу, акумулятор проблеми та стабілізація частоти навантаження. У порівнянні з дослідженнями авторів, виявилось, що проблема акумуляторів на даний момент є критичною. Є способи покращити їх роботу та збільшення терміну служби та ємності акумуляторів завдяки пасивному балансуванню система; однак така система є досить дорогим методом і в існуючих гібридних електростанціях системи, її встановлення без державного фінансування може бути проблематичним, а іноді й недоцільним. Такий спосіб підвищення продуктивності певною мірою нівелює одну з переваг автономних гібридних електростанцій – їх низька вартість.

У разі встановлення такої системи на новій електростанції батареї спочатку отримують стабілізацію навантаження і регулювання заряду і розрядження акумуляторів, що з моменту їх запуску допоможе подовжити їх термін служби.

Однак при установці системи пасивного балансування на батареях, які були в експлуатації протягом деякого часу, їх термін служби буде подовжено на відносно короткий термін, який все ще змушує їх замінити найближчим часом. Рішення проблеми встановлення системи пасивного балансування в енергосистемі, що вже в експлуатації, можливо, замінити деякі з найбільш «зношених» батарей. Таким чином, використовуючи система живлення на рис. 1, як приклад, як описано вище, деякі батареї можуть постраждати більше пошкодження під час використання внаслідок стрибків заряду та розряду.

Пропонується замінити дві батареї з найгіршою потужністю з чотирьох, а

потім встановити систему пасивного балансування. Таким чином, залишилася пара акумуляторів збільшить термін служби приблизно в півтора рази, а нові накопичувачі енергії будуть негайно керовані системою. Однак завдяки цій же системі зменшується кількість заміन акумуляторів через зношеність, що доповнює ще один плюс гібридних електростанцій – їх екологічність. З цих даних можна зробити висновок про те, що використання акумуляторних батарей і їх більш часте заміна в промислових масштабах лише погіршила б екологічну ситуацію, з якої можна зробити простий висновок: чим рідше міняються батарейки, тим частіше екологічно чиста енергетична система.

Автономні гібридні електростанції, принципи їх функціонування, особливості та доцільність встановлення на прикладі Америки. Потенціал відновлюваної енергії в Америці є досить великим завдяки країні велика площа, ландшафтна різноманітність, температури і, зокрема, наявність заходу і сходу узбережжя, що межує з Тихим і Атлантичним океанами відповідно, що створює величезний потенціал для гідро електроенергії в країні.

У цій роботі розглядається гібридна потужність системи на прикладі с. Плав'я, Львівська область в Західному регіоні України, який не має такої величезної території; однак для такої маленької країни має величезний потенціал для відновлюваної енергії. Особливо це пов'язано з її гірською місцевістю, річками, гірськими потоками, вітри і відносно стабільна цілорічна сонячна радіація, випромінювана на територію держави, вся що робить його чудовим місцем для альтернативної енергетики. Україна має великий потенціал для автономних гібридних електростанцій, сонячної та вітрової енергії, як підкреслюють Садиков (2020). Крім того, враховуючи гірський рельєф країни, її сільськогосподарський тип і те, що більшість ферм і сіл розташовані у віддалених від великих населених пунктах, можна зробити висновок, що автономна гібридна енергетика є найкращим рішенням питання електропостачання віддалених регіонів. Розробка гібридних силових установок на основі різних джерел енергії сприятиме відносно недорогому та швидкому розвитку інфраструктури та економіки України.

Квазіопозиційна система гармонізації на основі розвитку частоти

контролер покращить стабільність гібридної системи живлення з кількома альтернативними джерелами енергії джерела, одне резервне джерело енергії на основі традиційних джерел (дизельний або газопоршневий генератор) і багатобатарейна система. Питання розробки системи стабілізації частоти навантаження зараз все частіше піднімається серед людей, які навчаються або працюють з гібридними силовими установками. В останні роки з'являється все більше систем, в тому числі система пошуку гармонії. Методи, як QOBL (квазіопозиційний метод навчання), HSA (метаевристичний алгоритм для швидкого знаходження ефективна площа векторів рішень), а також TLBOA (метод пошуку гармонії на основі навчання), як метод QOHSA, який обговорюється в цій роботі, заснований на методах QOBL і HSA вивчав. Ці методи допомагають стабілізувати частоту навантаження в гібридній енергосистемі під час перемикання між альтернативними джерелами енергії та генератором (у випадку сонячних панелей, а вітрові турбіни не виробляють достатньо енергії).

Підводячи підсумок другого розділу, можна відзначити, що автономні гібридні електростанції на основі традиційних і відновлювані джерела енергії є відмінним рішенням для забезпечення електроенергією віддалених регіонів України, і його потенціал відновлюваної енергії дозволяє легко реалізувати цю ідею. Однак, автономні гібридні електростанції мають критичну проблему у вигляді акумуляторів та їх зносу, а також менш критична, але все ще проблематична стабілізація частоти навантаження.

3. РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОЇ АВТОМАТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

3.1 Підвищення технічної ефективності відновлюваних джерел енергії в енергетичні системи

Проблема використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), зокрема фотоелектричної і вітрових електростанцій (ФЕС і ВЕС відповідно) полягає в тому, що вони наразі не є гарантованими джерелами електроенергії для енергетичних систем (ЕЕС). Залежність ВДЕ виробництво електроенергії за змінних погодних умов має бути компенсовано, щоб узгодити їх можливості з технологічними вимогами СЕП [1–4]. однак, ці проблеми виникають не тільки тоді, коли ВДЕ працюють паралельно з іншими електростанціями ЕЕС, а й коли вони забезпечують живлення в системі автономного електропостачання.

У будь-якому випадку до забезпечити ефективну роботу ВДЕ в енергосистемі та надійне електропостачання споживачів, необхідно мати резервні джерела енергії, які могли б компенсувати в природна нестабільність генерації ВДЕ.

Сьогодні можуть бути різні варіанти, які відрізняються їх техніко-економічні характеристики [5–8]. Якщо розглядати хронологічно, то від початку розвитку ВДЕ, до забезпечити їх нормальну роботу за «зеленим» тарифом, маневрені потужності використовувалися EPS, які були розроблені для балансування потужності та електроенергії в системі для регулювання частоти [9]. З часом, коли можливі маневрені потужності при теплові та гідроелектростанції були вичерпані, необхідно було дослідити інші способи впливу на графіки генерації ВДЕ. Внаслідок недостатнього кількості маневреної потужності, наприклад, в Об'єднаній енергетичній системі України, нім необхідно обмежити генерацію ВДЕ з метою забезпечення стабільності роботи EPS. Очевидно, це знижує їхню енергоефективність, стримуючи інвестиції та розвиток ВДЕ в ЕЕС. Як не вдалося випередити ситуацію з РЕС через відсутність вільної маневрової потужності необхідно надолужувати

ситуацію в ЕЕС шляхом розробки систем накопичення електроенергії [10,11].

В першу чергу звернули увагу на електрохімічні акумулятори енергії, які є однаково здатні використовуватися під час балансування режиму EPS за умов надлишку або дефіциту генерації ВДЕ (заряду або скидання) [12,13]. Серед іншого шляхи накопичення достатньої енергії для потреб балансування режимів ЕЕС, водень технології [14,15] та біогазові установки [16,17], які, накопичивши запасів для носія енергії, може перетворювати їх на електроенергію. Координація графіків генерації та споживання також можуть бути використані, як резерв для зменшення впливу нерівномірності генерації відновлюваних джерел енергії в системах електропостачання [18]. Це неможливо однозначно віддати перевагу деяким із перерахованих продуктів через їх різну технічну ефективність, можливість забезпечення їм необхідну кількість енергії та відсутність стабільних і надійних індикаторів цін. Здається доцільним комплексно використовувати можливі методи резервування ВДЕ з виробництвом електроенергії графіки, які задовольняли б вимоги ЕЕС щодо підтримки потужності та баланс електроенергії [19–22]. Перевірено якість участі ВДЕ в процесі балансування режимів ЕЕС за відповідністю прогнозного графіка виробництва електроенергії та її фактичного значення [23]. Під час експлуатації відновлюваних джерел енергії, зокрема PV і WPP, проблема балансування споживання та виробництва електроенергії, включаючи всі джерела енергії, є вирішені в електроенергетиці. Проблема формулюється як мінімізація різниці між прогнозними та фактичними значеннями графіків виробництва електроенергії, помилка визначається [24]:

$$\delta = \frac{W_p - W_f}{W_f} 100\% \rightarrow \min \quad (3.1)$$

де W_p – величина прогнозованого (прогнозного) годинного виробництва електроенергії ВДЕ на наступний день, а W_f – це фактичне («факт») виробництво електроенергії з ВДЕ протягом року.

У (1) похибка δ між прогнозованим і фактичним значеннями повинна бути меншою, ніж допустимі (наприклад, PV 5% і WPP 10%). В іншому випадку орган контролю накладає штрафи в тому чи іншому вигляді. Для

ефективної інтеграції ВДЕ в існуючу електричну систему живлення, враховуючи особливості обох, необхідно підвищити маневреність потужностей за рахунок збільшення резерву, поліпшення планування виробництва електроенергії ВДЕ для підвищення якості їх участі в оптимізації та балансування режиму СЕЕ, та погодити графіки вироблення електроенергії та його споживання. На рис. 3.1 наведена структурна схема процесу відновлення дисбаланс між фактично виробленою та прогнозованою електроенергією ВДЕ.

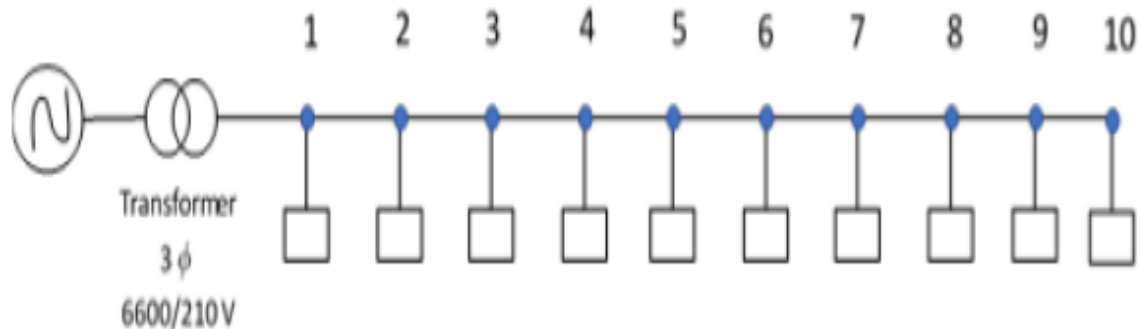


Рисунок 3.1 – Структурна схема зменшення дисбалансу електроенергії в ЕЕС з ВДЕ

3.2. Уточнення прогнозного графіка виробництва ВДЕ шляхом інтраденної корекції

В енергосистемах для балансування їх режиму та забезпечення надійності та якості електроенергії відповідно до вимог здійснюється планування та постійний облік обсягів виробленої та спожитої електроенергії. За таких умов, як традиційні, так і відновлювані джерела енергії повинні працювати. Якщо немає особливих складнощів із обліком виробленої ВДЕ електроенергії завдяки сучасним автоматизованим системам комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), то все не так просто з плануванням.

Оскільки обсяг виробленої ВДЕ електроенергії залежить від прогнозу погодних умов, планування перетворюється на прогнозування виробництва електроенергії ВДЕ. Наразі розроблено багато методів, алгоритмів і програм для прогнозування виробництва електроенергії ВДЕ, особливо СЕС і вітрових турбін [25–27]. На жаль, жоден з них не може забезпечити необхідну прийнятну точність через неможливість точно прогнозувати погодні умови.

Тому, як рішення пропонується коригувати прогнозний графік виробництва електроенергії СЕС і ВЕС на наступний день [24]. Для уточнення прогнозу та наближення його до фактичного значення використовується інтраденна корекція. Однак, це пов'язано з погодинним прогнозуванням метеорологічних параметрів. Цю послугу надають лише кілька операторів (наприклад, Meteoblue, Solargis, Solcast і Weatherbit). Ця інформація не завжди точна і дорога. Тому доводиться шукати інші способи.

Існують два способи зменшення різниці між прогнозним і фактичним значеннями графіків виробництва електроенергії СЕС і вітрових турбін: вплив на прогнозне значення W_p або фактичне значення W_f . Можна впливати на фактичне виробництво W_f лише в напрямку його зменшення, що економічно недоцільно.

Фактичне виробництво електроенергії необхідно зменшувати лише за командою оператора передачі або розподілу електроенергії, коли необхідно забезпечити стабільність енергосистеми. Тому в нормальних режимах ЕС можна коригувати лише прогнозні значення виробництва електроенергії через певний проміжок часу Δt . Фактичні значення виробленої електроенергії наближаються одночасно за попередніми даними з АСКОЕ.

На рис. 3.2 наведено логічну схему розрахунку коригованого значення погодинного прогнозу виробництва електроенергії СЕС на наступну годину поточного дня. У точці t_1 , наприклад, $\delta_1 > 0$ і $\delta_1 > \delta_{per}$, прогноз необхідно зменшити на k . Відповідно, прогноз буде $W_p = kW_p$, де $k = 1 - \delta_1$ і $\delta_1 = (W_p - W_f) / W_{f1}$. У точці t_3 , наприклад, $\delta_3 < 0$ і $\delta_3 < -\delta_{per}$, прогноз необхідно збільшити на k . Відповідно, прогноз буде $W_p = kW_p$, де $k = 1 - \delta_3$ і $\delta_3 = (W_{p3} - W_{f3}) / W_{f3}$.

Якщо різниця між прогнозованим і фактичним значеннями перебуває в допустимих межах, тобто $(\delta) \leq (\delta_{per})$, то коефіцієнт $k = 1$ і коригувати прогнозні значення не потрібно.

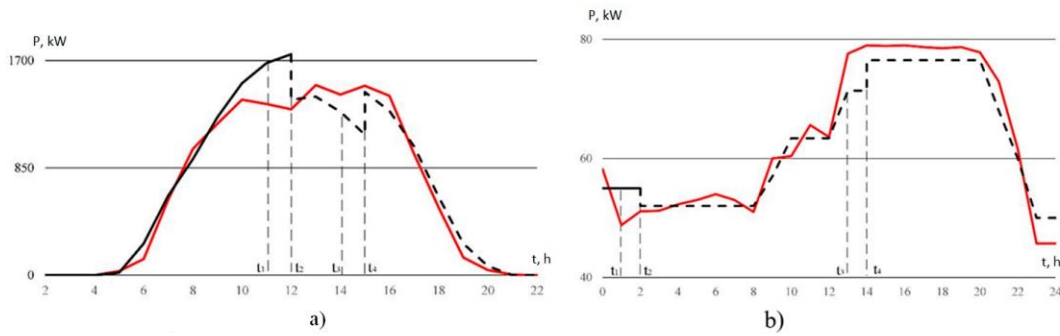


Рисунок 3.2 – Коригування прогнозного графіка виробництва електроенергії СЕС (а) та ВЕС (б).

Частота, з якою контролюється помилка прогнозу δ , визначається можливостями автоматичної системи прогнозування графіків виробництва електроенергії СЕС і ВЕС, можливостями АСКОЕ та пропускнуою здатністю каналів зв'язку. Контроль здійснюється рівномірно з циклами Δt , де Δt не перевищує 1 год, і організовується таким чином. Визначається година i , з якої починається i_b і закінчується i_e виробництво електроенергії СЕС, де i – поточний номер години.

Далі $W_p - W_f$

— $i = i_b$, визначається помилка прогнозу для i -ї години $\delta_i = \frac{w_i^p - w_i^f}{w_i^f}$;

— $i = i + 1$, визначається помилка прогнозу для $i + 1$ -ї години

$$\delta_i = \frac{w_{i+1}^p - w_{i+1}^f}{w_{i+1}^f}.$$

Якщо $\delta_{i+1} > 0$, то:

Якщо $\delta_{i+1} \leq \delta_{\text{per}}$, то $k = 1$ $w_{i+1} = kw_{i+1}$ (тобто прогноз залишається тим самим у допустимих межах);

Якщо $\delta_{i+1} \geq \delta_i$, то переходимо до початку циклу $i = i + 1$ («прогноз» наближається до «факту»);

Якщо $\delta_{i+1} > \delta_i$ («прогноз» відрізняється від «факту») і $\delta_{i+1} > \delta_{\text{per}}$, то $k = 1 - \delta_i$ і $k = 1$ $w_{i+1} = kw_{i+1}$ переходимо до початку циклу $i = i + 1$.

Якщо $\delta_{i+1} < 0$, то:

Якщо $\delta_{i+1} \geq \delta_{\text{per}}$, то $k = 1$ $w_{i+1} = kw_{i+1}$ (тобто прогноз залишається тим самим у допустимих межах);

Якщо $\delta_{i+1} \leq \delta_i$, то переходимо до початку циклу $i = i + 1$ («прогноз» наближається до «факту»);

Якщо $\delta_{i+1} < \delta_i$ («прогноз» відрізняється від «факту») і $\delta_{i+1} < -\delta_{per}$, то $k=1-\delta_i$ і $w_{i+1}^p = k w_{i+1}^p$ переходимо до початку циклу $i = i + 1$.

Згідно з наведеним алгоритмом було розроблено програму для погодинної корекції прогнозування виробництва електроенергії СЕС і ВЕС, яка є частиною системи зменшення дисбалансу електроенергії в ЕС з ВДЕ (див. рис. 3.1). На рис. 3.3 наведено алгоритм програми для погодинної корекції прогнозування виробництва електроенергії ВДЕ.

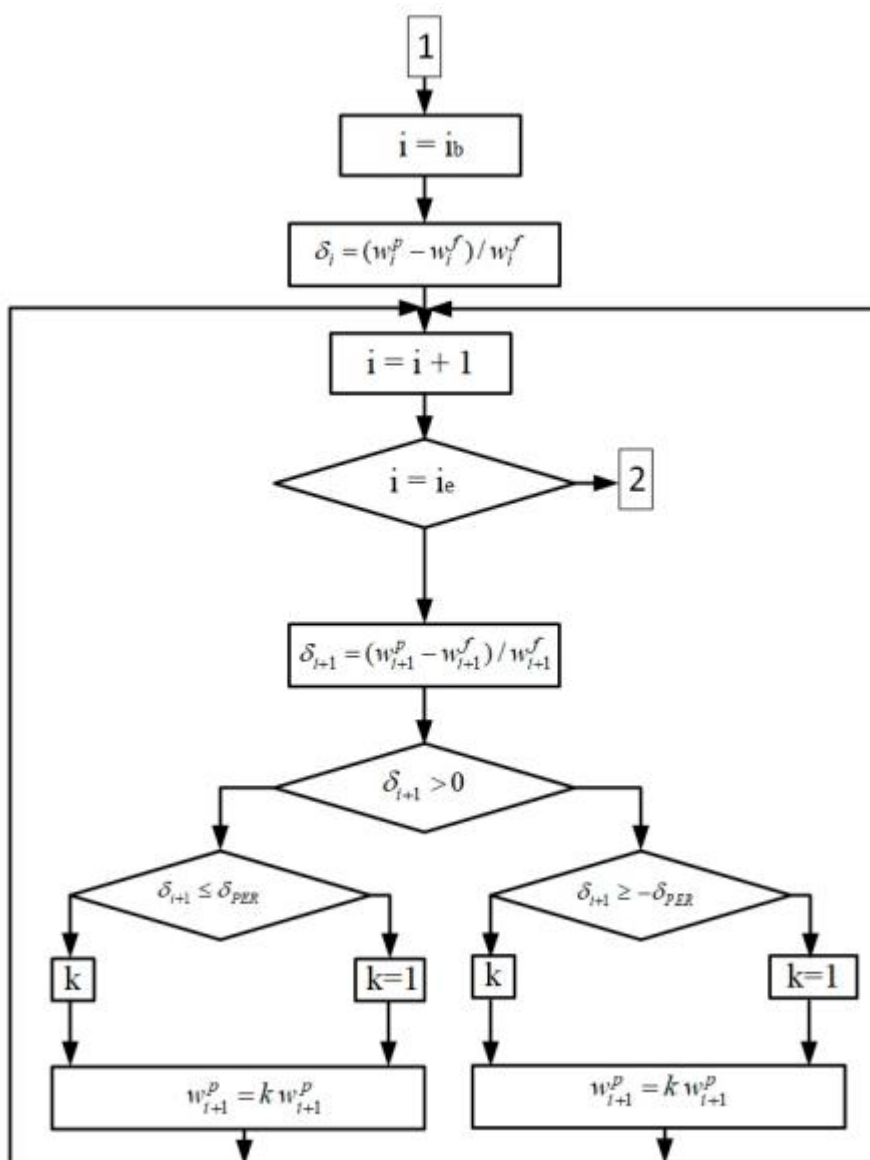


Рисунок 3.3 – Алгоритм програми для погодинної корекції прогнозування виробництва електроенергії СЕС.

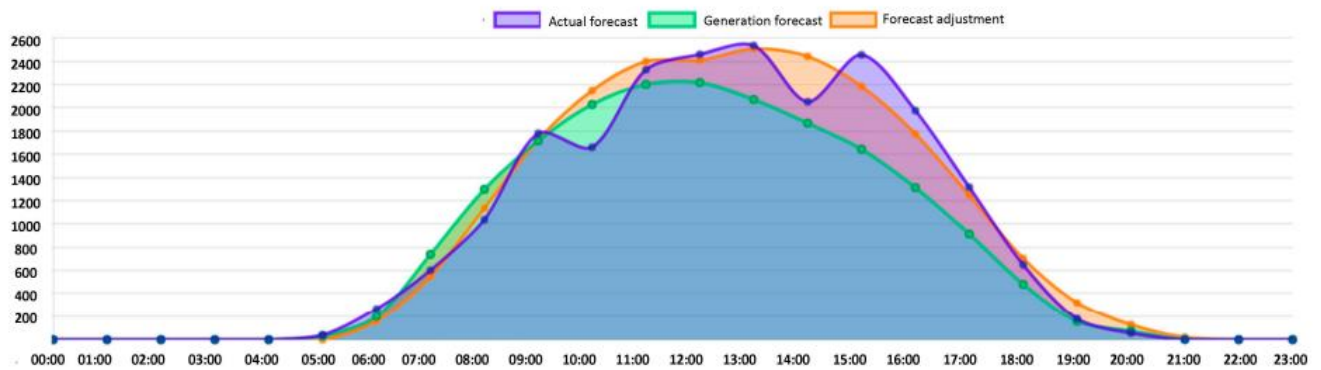


Рисунок 3.4 – Коригування прогнозування виробництва СЕС на основі результатів контролю помилок.

Робота програми ініціюється сигналом від «Оцінки дисбалансу» 1 (Рис. 3.1) за умови $(\delta) \geq (\delta_{\text{per}})$. Програма завершується, коли умова $(\delta) \leq (\delta_{\text{per}})$ виконується.

Результати передаються в «Оцінку дисбалансу» 2, а потім у «Інтраденну корекцію» 3 (див. рис. 3.1). На рис. 3.4 наведено приклад результату погодинного прогнозування виробництва електроенергії СЕС за допомогою програми корекції прогнозу з компенсацією помилки. Як видно, помилка прогнозування виробництва електроенергії СЕС за день зменшилася з 15,6% до 4,7%.

Тобто алгоритм із компенсацією погодинних помилок у прогнозуванні виробництва СЕС дав задовільний результат. Його можна використовувати разом із коригуванням виробництва СЕС на основі погодинного уточнення погодних параметрів.

3.3. Оптимізація методів і засобів резервування ВДЕ для їх повноцінної участі в управлінні режимами ЕЕС

Незважаючи на те, що генерацію PV і WPP можна прогнозувати точніше, враховуючи внутрішньоденну корекцію, фактичне значення генерації залишається нестабільним і вимагає резервування в ЕЕС. Баланс електроенергії в ЕЕС за генерацією формується різними електростанціями [2, 8]:

$$P_{\text{NPS}}(t) + P_{\text{CHPS}}(t) + P_{\text{HPP}}(t) \pm P_{\text{HAPS}}(t) + P_{\text{RES}}(t) \pm P_{\text{res}}(t) - P_{\text{I}}(t) - \Delta P(t) = 0 \quad (3.2)$$

де $P_{NPS}(t)$ – потужність атомних електростанцій (АЕС); $P_{CHPS}(t)$ — потужність теплових електростанцій (ТЕС) і теплоелектростанцій (ТЕЦ); $P_{HPS}(t)$ — потужність гідроелектростанцій; $P_{HAPS}(t)$ — потужність гідроакумулюючих електростанцій (ГАЕС); P_{RES} —потужність ВДЕ; $P_{res}(t)$ – потужність засобів і способів резервування електроенергії під час балансування; $P_l(t)$ — навантаження трансформаторних підстанцій (ТП); $\Delta P(t)$ – технологічні витрати в електричній мережі.

Якщо за критерій оптимальності прийняти загальні витрати C_{res} для резервування $P_{res}(t)$ у (2) для нестабільної генерації ВДЕ, то, враховуючи можливі на даний момент методи резервування, задача мінімізації C_{res} буде записана у вигляді:

$$C_{res} = C_{ch}(P_{ch}) + C_h(P_h) + C_b(P_b) + C_s(P_s) + C_{tl}(P_{tl}) + C_c(P_c) \rightarrow \min \quad (3.3)$$

де $C_{ch}(P_{ch})$ – витрати на резервування акумуляторами електрохімічного типу; $C_h(P_h)$ – витрати на водневі технології; $C_b(P_b)$ – витрати, пов’язані з використанням біогазових технологій, як резерву; $C_s(P_s)$ – витрати на використання системного резерву, який фактично є компенсацією за підтримання резерву на енергоблоках ТЕЦ, що працюють за ціновими заявками; $C_{tl}(P_{tl})$ – вартість резервів потужності ліній електропередачі, необхідних для транспортування електричної енергії від/до місця підключення резервної потужності до ЕЕС; $C_c(P_c)$ – витрати на впровадження узгодження графіків виробництва та споживання електроенергії в СЕЕ; і $P_{ch}, P_h, P_b, P_s, P_{tl}$ і P_c – оптимальні значення потужності, визначені з кожного методу резервування.

Методи резервування ВДЕ можна класифікувати за кількома ознаками. Перш за все, за призначенням їх можна класифікувати лише для резервування ВДЕ або комплексного використання. Ще однією особливістю є форма реалізації. Це можуть бути ресурси, розподілені безпосередньо до окремих відновлюваних джерел енергії або розташовані в центрі. Відповідно, це впливає на математичну модель процесу резервування.

По-друге, їх можна класифікувати за призначенням. Якщо ВДЕ беруть участь у балансуванні режиму ЕЕС, тобто виробляють електроенергію за заданим погодинним графіком то засоби резервування повинні працювати в

режимі заряду/розряду. Вони перетворюють електроенергію, вироблену ВДЕ, в інший вид енергії, зберігають її, а потім повертають в електромережу, як електроенергію. Такі засоби резервування включають електрохімічне накопичення енергії та водневі технології. Останні за рахунок електролізу виробляють водень, який накопичується і може повертатися в ЕЕС у вигляді електроенергії на електростанціях за необхідним графіком. Перевага водневих технологій полягає в тому, що так званий «зелений водень» можна використовувати в багатьох інших галузях, окрім електроенергетики, наприклад у промисловості, на транспорті, у металургії та в системах теплопостачання.

Для пом'якшення нестабільності генерації ВДЕ можна використовувати системний резерв потужності в ЕЕС. Однак через обмеженість маневреної потужності можливості тут незначні. Призначений для інших цілей; тому ЕЕС намагається не використовувати системний резерв для ВДЕ, а в критичних ситуаціях вважає за краще обмежувати виробництво ВДЕ.

Характеризуючи способи резервування, слід також зазначити таке. Вартість акумуляторів електрохімічного типу, виробництво яких достатньо освоєно у світовій практиці, постійно знижується; отже, їх потужність в енергосистемах зростає. За даними компаній Ingeteam (Італія) і Catl (Китай), 1 МВт·год повної потужності електрохімічної системи зберігання коштує від 450 до 600 тис. дол., а водневі та біогазові технології, як засоби резервування нестабільної генерації ВДЕ знаходяться на початковому етапі. Їх вартість не має чіткої тенденції до зниження і залежить від використання водню та біогазу в інших галузях. До 2025 року вартість водню, виробленого електролізерами, прогнозується на рівні 1,5–3,0 євро/кг. Що стосується системного резерву, то його величина визначається інтересами електроенергетики в допустимих межах його використання для збалансування нестабільної генерації ВДЕ. Якщо інтерес до розвитку ВДЕ в ЕЕС залишається, то вартість $C_s(P_s)$ має відповідно зменшитися.

Невизначеність цінкових показників та неповнота інформації ускладнюють вибір методу оптимізації задачі (3) та розробку відповідної математичної

моделі.

Для вирішення подібних задач ефективним є критеріальний метод, заснований на теорії подібності явищ і процесів у природі [2, 8]. Особливістю критеріального методу є те, що розв'язок оптимізаційної задачі отримують у відносних одиницях. Для цього (3.3) потрібно переписати у відносних одиницях. Якщо за основу взяти загальні витрати на резервування ВДЕ C_{res} , то компоненти (3.3) $C_i(P_i)/C_{res}$, $i = 1, m$ (m – кількість членів цільової функції) є «зважуванням» коефіцієнти членів функції π_i , а їх сума дорівнює одиниці (умова нормування). В теорії подібності [2, 9] такі безрозмірні “вагові” коефіцієнти у фізичному сенсі є критеріями подібності π_i . Отже, критеріальний метод.

У нашому випадку це означає, що за допомогою критеріального методу ми можемо дати відносну оцінку для порівняння окремих методів резервування ВДЕ та отримати їх рейтинг за обраним критерієм оптимальності C_{res} . У теорії оптимізації це співмірність [3]. Відповідно до можливостей методу формується математична модель.

Виходячи з неповних вихідних даних, на першому етапі має дати порівняльну характеристику засобів резервування ВДЕ, а на наступному етапі уточнити результати у міру зміни цінових показників. Враховуючи вищевикладене, математичну модель оптимізації питомих витрат на 1 кВт резерву потужності для балансування генерації ВДЕ, яка враховує особливості режимів роботи ЕЕС, можна подати у такому вигляді:

$$C_{res} = \frac{c_1}{P_{ch}} + \frac{c_2}{P_h} + c_3 P_b + \frac{c_4}{P_s} + c_5 \frac{P_{ch}^2 P_h^2}{P_b} \rightarrow \min, \quad (3.4)$$

за умови, що $P_s \leq G_s$, $P_{ch} \leq G_{ch}$ або $g_s P_s \leq 1$, $g_{ch} P_{ch} \leq 1$, де c_1, c_2, c_3, c_4, c_5 – узагальнені константи, що містять вихідні дані задачі (насамперед це індикатори ціни); G_s — максимальна потужність резерву системи, яка може бути використана для балансування генерації ВДЕ ($g_s = 1/G_s$); G_{ch} – максимальна доступна ємність акумуляторів електрохімічного типу ($g_{ch} = 1/G_{ch}$).

Перший компонент рівняння (3.4) враховує питому вартість

електрохімічних накопичувачів. Їх вартість знижується; тому в СЕП збільшується їх обсяг і зростає потужність. Другий компонент враховує питомі витрати на реалізацію резервування за допомогою системи отримання та використання водню, як накопичувача енергії. Враховуючи, що частина водню використовується в інших галузях, вартість вироблення електроенергії в балансуєчій групі буде обернено пропорційна P_h . Вартість використання біогазу для збільшення резервних потужностей має лінійну залежність. За умови наявності системного резерву та зниження його вартості він буде використовуватися більше і P_s збільшиться. Остання складова витрат залежить від втрат електроенергії в елементах електромережі.

Цільова функція (3.4) формується за певних припущень. Вираз (3.4) не враховує деякі компоненти методів резервування задачі мінімізації C_{rez} з (3.3). Зокрема, це витрати на збільшення пропускної спроможності ліній електропередачі, яка на початковому етапі вважається достатньою та витрати на узгодження графіків виробництва та споживання електроенергії в ЕЕС, які вже частково використовуються в електромережах. Останній член цільової функції (3.4) відображає витрати на покриття втрат електроенергії, які пов'язані з впровадженням заходів з резервування. При цьому вважається, що накопичувачі електрохімічного типу і системний резерв розташовані централізовано.

Для аналізу системи резервування генерації ВДЕ будемо використовувати методи теорії подібності, зокрема критеріальний метод [1, 3]. Перевагою обраного методу є те, що він дозволяє отримати критерії подібності, які пов'язують однойменні параметри, у нашому випадку різні методи резервування, а також створюються умови для аналізу співмірності та чутливості результатів розрахунків у відносних одиницях з обмежений обсяг вихідної інформації [3, 4].

Задача (3.4) не відповідає умові канонічності [1], коли міра її складності $s = m - n - 1 = 0$, де m – кількість компонентів цільової функції; n – кількість змінних P_i . У нашому випадку $s = 7 - 4 - 1 = 2$. Відповідно до критерію методу запишемо систему ортогональних і нормованих (ортонормованих) рівнянь для

(3.4) відносно критеріїв подібності π :

$$\begin{cases} -\pi_1 + 2\pi_5 + \pi_7 = 0; \\ -\pi_1 + 2\pi_5 = 0; \\ \pi_3 - \pi_5 = 0; \\ \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 + \pi_5 = 1; \end{cases} \Rightarrow \begin{bmatrix} -1000201 \\ 0-100200 \\ 0010-100 \\ 1111100 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \pi_1 \\ \pi_2 \\ \pi_3 \\ \pi_4 \\ \pi_5 \\ \pi_6 \\ \pi_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}. \quad (3.5)$$

Оскільки в цій системі рівнянь усі параметри дійсні та мають певні допустимі межі існування, такі рівняння мають дійсний набір розв'язків щодо двох (оскільки $s = 2$) параметрів. Набір рішень можна побудувати, взявши за базовий будь-який із компонентів резервування в (3.4). У нашому випадку за базову складову доцільно взяти вартість резерву системи, оскільки вона є найбільш стабільною і з якою можна порівняти інші компоненти та вартість електрохімічних накопичувачів, для яких встановлено цінові показники. Якщо взяти витрати на використання системного резерву та електрохімічного накопичувача як основні змінні, система рівняння (3.5) розв'язується відносно π_6 і π_7 . Тоді за допомогою лінійних перетворень отримуємо систему розв'язків рівняння (3.5) і відповідну множину допустимих розв'язків відносно π_6 і π_7 у вигляді:

$$\pi = b_0 + b_n \begin{bmatrix} \pi_6 \\ \pi_7 \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

де b_0 – вектор нормування; b_n – вектори розриву.

Відносна величина витрат на резервування генерації ВДЕ має три складові. Перша складова визначається оптимальними відносними величинами витрат на резервні заходи та їх співвідношеннями. Інші залежать від обмеження резервної потужності системи G_s та електрохімічних акумуляторів G_{ch} (в (3.7) залежить від π_6 та π_7). Перший компонент C_{res}^* з (3.7) визначається:

$$C_{res}^* = \left(\frac{1}{3} \frac{1}{P_{ch}^*} + \frac{1}{3} \frac{1}{P_{h}^*} + \frac{1}{6} P_b + \frac{1}{6} \frac{P_{ch}^2 P_{h}^2}{P_b^*} \right) \quad (3.7)$$

Рівняння критерію (3.7) також дозволяє оцінити вплив вихідних даних на рентабельні витрати та потужність, які визначаються з кожного з методів резервування; тобто дослідити чутливість витрат до зміни влади. Дозволяє

визначити зміни питомих витрат при зміні тієї чи іншої потужності, що оптимізується; тобто досліджувати економічну стабільність витрат перед зміною параметрів. На рисунку 3, як приклад, наведено залежності вартості від C_{res}^* для змін потужності електрохімічних накопичувачів і для змін потужності водневих технологій. Із залежностей $C_{res}^*=f(P_{ch}^*)$ і $C_{res}^*=f(P_h^*)$ на рис. 3.5 видно, що зниження кумулятивного натягу обох типів можна звести до меншого C_{res}^* . При цьому до певної потужності доцільно використовувати електрохімічні акумулятори, оскільки їх відносна вартість нижча, ніж у установок електролізу водню. Проте, коли потужність перевищує вказану, доцільно використовувати водневі технології, оскільки при тій самій потужності їх відносна вартість нижча. Крім того, в тій частині прогнозних і фактичних графіків генерації ВДЕ, де фактична потужність перевищує прогнозовану і зменшити дисбаланс можна, не витрачаючи накопичений водень для перетворення в електрику. Натомість водень можна використовувати для інших цілей в інших областях, а дисбаланс можна зменшити шляхом програмної корекції.

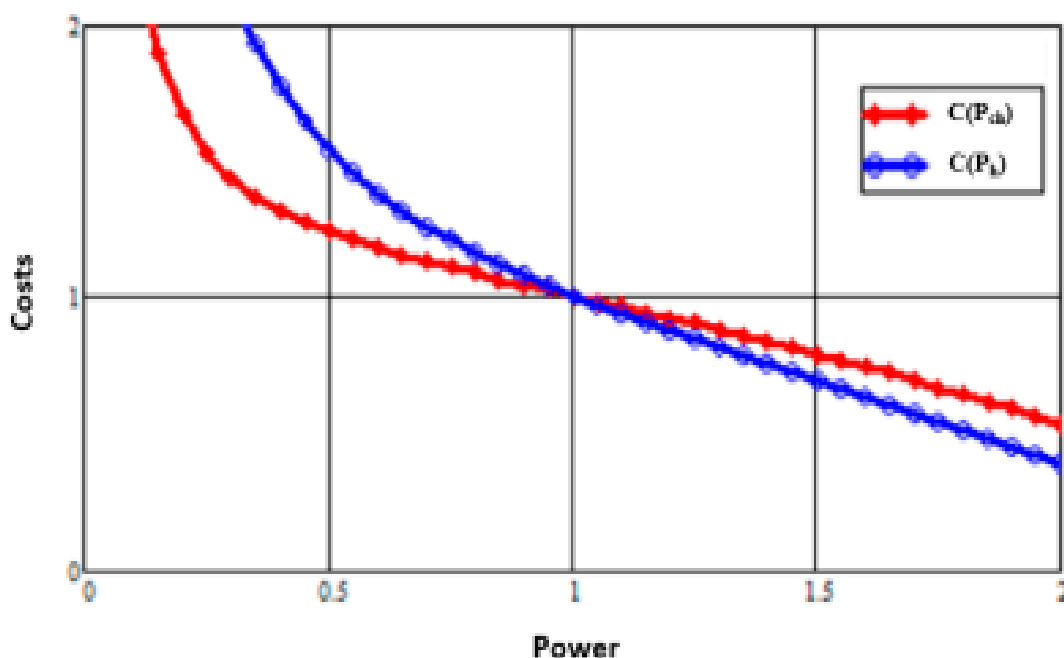


Рисунок 3.5 – Чутливість відносних витрат до змін у виробництві електроенергії біогазу (червона крива) та до змін у виробництві електроенергії водневих технологій (синя крива)

З отриманого виразу (3.7) можна оцінити вплив зміни, наприклад, на

економічно доцільні значення всіх змінних. Вираз (3.7) показує, що економічно доцільні значення потужності, визначені за кожним із методів резервування, та витрати на їх впровадження залежать від прийнятого сценарію реалізації резервування. Тому економічно доцільні способи резервування та їх потужність, а також параметри реалізації кожного методу вибираються з урахуванням їх взаємного впливу в системі. Наприклад, якщо c_1 відносно базового значення збільшиться на 20% за незмінних умов c_2, c_3, c_4, c_5 , загальна вартість C_{res} для балансування графіка генерації ВДЕ через резервування збільшиться на 6,2%.

3.4. Приклад зменшення дисбалансу між прогнозованою та фактичною генерацією за допомогою комбінації методів енергоефективності автономних систем електропостачання з поновлюваними джерелами енергії

Рис. 3.6 ілюструє приклад комбінованого застосування методів для зменшення різниці між прогнозованим і фактичним виробництвом електроенергії балансуючою групою фотоелектричної системи. Коли в певний момент часу фактичне значення («факт») перевищує прогноз (див. рис. 3.6, точка t_1), доцільно зменшити цей дисбаланс шляхом акумулювання енергії, наприклад, у формі водню. Водень можна виробляти безпосередньо на ПВ, якщо така можливість забезпечується відповідною установкою; в іншому випадку необхідно купувати необхідну кількість водню, як послугу від іншого виробника. Водневий варіант доцільний, оскільки при використанні, наприклад, електрохімічних акумуляторів, ми обмежені необхідністю перетворювати накопичену енергію назад в електричну. Тим часом у випадку з воднем є більше варіантів, таких як застосування в інших галузях промисловості чи на транспорті, або перетворення в електроенергію. Коли прогноз на певному часовому інтервалі перевищує «факт» (див. рис. 3.6, точка t_3), тоді після запуску програми уточнення прогнозу генерація прогнозу PV коригується, щоб бути допустимою за умови $\delta \leq \delta_{per}$.

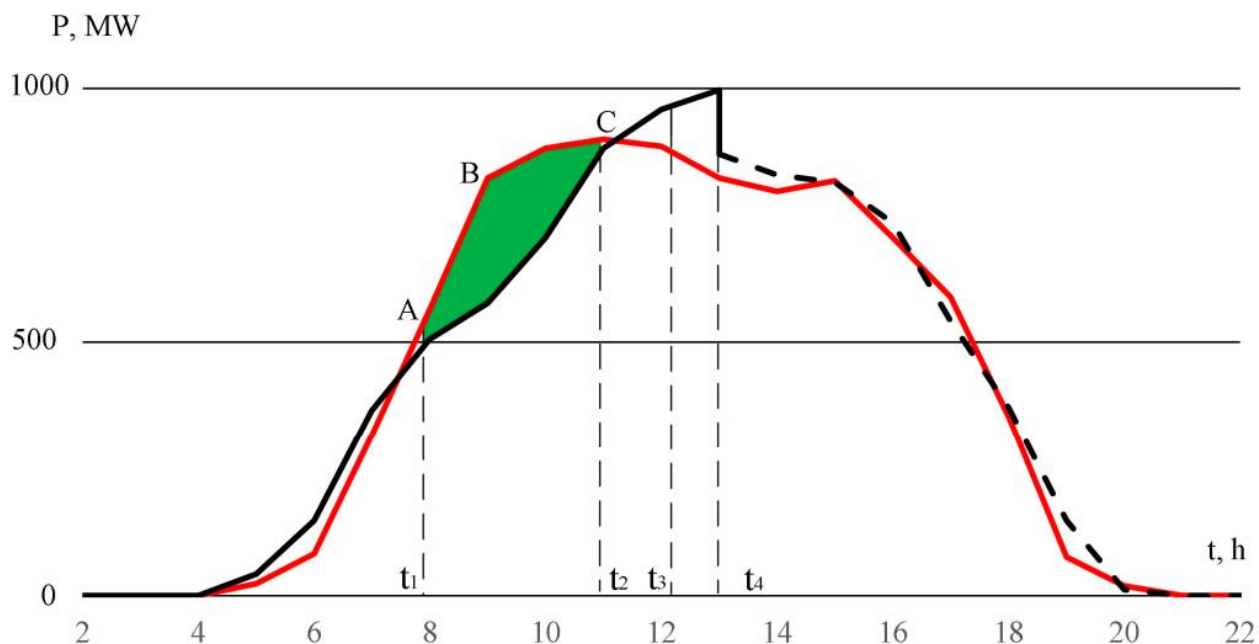


Рисунок 3.6 – Комбінація різних методів зменшення дисбалансу.

Для випадку, показаного на рис. 3.6, ми визначили значення різниці між прогнозом і «факт» вироблення електроенергії ФЕ, яку необхідно компенсувати в задачі балансування режиму ЕЕС. Кількість електроенергії, виробленої понад необхідний баланс і яка може бути використана для виробництва водню, визначається, як площа, обмежена кривими ABC і AC. Це 250,5 МВт·год.

Під час розрахунку потенційного обсягу виробництва зеленого водню за допомогою електролізу ми розрахували, що на 1 м^3 водню виділяється 4,5 кВт/год електроенергії або 50,56 кВт/год на 1 кг водню [3, 6]. Для виробництва водню можна використати 250,5 МВт·год, тобто $M = 250,5/50,56 = 4954$ кг водню на добу. Цей водень, якщо енергосистема відчуває дефіцит у виробництві електроенергії, може бути використаний для виробництва електроенергії та покращення балансу режиму EPS. Якщо енергосистема профіцитна, доцільно використовувати водень в інших галузях промисловості та на транспорті. Різницю між прогнозованою та фактичною генерацією PV у балансувальній групі можна зменшити за допомогою програмного забезпечення шляхом коригування прогнозу, як показано на рис. 3.6.

При будівництві електростанцій на відновлюваних джерелах енергії в ЕЕС не вистачає маневреної потужності, щоб компенсувати їх нестабільну генерацію. Тому, виходячи зі специфіки виробництва електроенергії ФЕ та

ВЕС, ЕЕС маємо розробити спеціальні методи та засоби для балансування режимів за участю ФЕ та ВЕС.

Існують дві умови для успішної участі ПВ та ВЕС в управлінні поточним балансом потужності та електроенергії в ЕЕС. Перший – це погодинне прогнозування генерації ФЕ та ВЕС із заданою точністю. Друга умова – використання методів і засобів накопичення електроенергії. При надлишку електроенергії в ЕЕС необхідно акумулювати електроенергію ФЕУ та ВЕС і навпаки, при дефіциті електроенергії в ЕЕС, накопичена електроенергія PV і WPP повинна подаватися в систему.

Оскільки погодинний прогноз генерації ПВ і ВЕС розробленими методами не відповідає точності, необхідній для ЕЕС, запропоновано алгоритм і програму уточнення прогнозного графіка їх генерації шляхом внутрішньодобового коригування. Критерієм коригування є умова, щоб відносне значення різниці між прогнозованими та фактичними значеннями було менше допустимої похибки. Програма внутрішньодобової корекції реалізована, як додаток до програми прогнозування добового графіка генерації на наступну добу.

Серед методів накопичення енергії в достатніх кількостях для потреб балансування режимів ЕЕС розглядаються електрохімічні акумулятори, водневі технології, біогазові установки, які маючи запаси енергоносія, можуть перетворювати його в електроенергію. Резерв системи може бути використаний, як резерв для зменшення впливу нерівномірної генерації PV та WPP на системи електропостачання, а також для координації графіків генерації та споживання. Неможливо однозначно віддати перевагу деяким із перерахованих методів і засобів через їхню різну технічну ефективність, можливість забезпечення їх енергією в необхідній кількості та через відсутність стабільних і надійних цінових показників. Тому пропонується метод оптимізації запасу потужності ЕЕС для компенсації

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Організація роботи служби з охорони праці та довкілля

Система управління охороною праці (СУОП) – це сукупність органів управління підприємством, які на підставі комплексу нормативної документації проводять цілеспрямовану, планомірну діяльність щодо здійснення завдань і функцій управління з метою забезпечення здорових безпечних і високопродуктивних умов праці. За дану частину виробництва відповідає інженер з охорони праці. Головне завдання спеціаліста – створення здорових, безпечних і високопродуктивних умов праці, покращення виробничого побуту, запобігання травматизму і профзахворюванням.

Для забезпечення створення СУОП щорічно розробляються та затверджуються на підприємстві положення про організацію управління охорони праці; щорічно оформляються накази про призначення осіб відповідальних за стан охорони праці на дільницях, а також безпечне використання об'єктів підвищеної небезпеки (котлів, що працюють під тиском, газових та кисневих балонів, пестицидів); оформляються наказ про визначення персональних обов'язків з охорони праці усіх спеціалізації, керівників дільниць та інших службових осіб; щорічно проводиться паспортизація умов праці, технічних засобів безпеки і технічного стану робочих місць; складаються плани роботи з охорони праці, комплексне, річне і оперативне планування; організовуються заходи матеріального і морального стимулювання щодо охорони праці; проводяться розслідування і вивчення причин травм, пожеж їх аналіз і облік, а також розробляються заходи щодо їх застосування;

Об'єктом управління є діяльність структурних підрозділів та служб підприємства по забезпеченню безпечних і здорових умов праці на робочих місцях, виробничих дільницях, цехах та підприємства в цілому.

4.2 Протипожежна безпека і грозозахист

Блискавко захист – це комплекс захисних захистів від блискавки, які гарантують безпеку людей, збереження людей і споруд, обладнання та матеріалів від вибухів, загоряння й руйнування. Найпростішими і надійними засобами від блискавки є створення блискавковідводів. Схема блискавкозахисту будівлі показана на рис. 4.1.

Струмопровід виконується сталлю стрічкою перерізом 25...30 мм або дротом не менше 6 мм. Заземлення виконується кутовою сталлю, трубами на відстані від установки не менше 4,5 м. Опір розтікання не повинен перевищувати 15...20 Ом. Приймаємо початкову висоту блискавковідводу 8 метрів. Визначаємо радіус конуса, в якому ймовірність попадання 95%, через висоту конуса h за формулою (4.1):

$$R_0 = 1.5 \cdot h, \text{ м. } R_0 = 1,5 \cdot 8 = 12 \text{ м.}$$

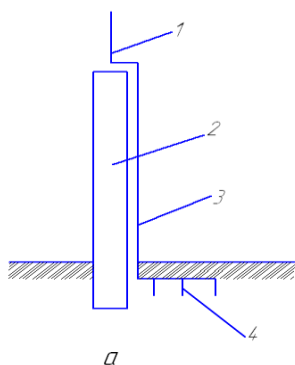


Рисунок 4.1 – Схема блискавко захисту конструкції;

1 – блискавко приймач,

2 – блискавко провідник; 3 – опора, 4 – заземлювач.

Для будинку довжиною L кількість одиночних блискавковідводів визначаємо через радіус конуса

R_0 в якому ймовірність попадання 95% за формулою:

$$N_0 = \frac{L}{2R_0}, \text{ шт, } N_0 = \frac{86}{2 \cdot 4} = 11 \text{ шт.}$$

Усі з'єднання в процесі монтажу системи блискавко захисту (Блискавко приймач – струмовідвід, струмовід – заземлювач) виконують за допомогою зварювання. Болтові з'єднання застосовують лише для тимчасових блискавко захисних пристроїв.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОЇ АВТОМАТИЧНОЇ УСТАНОВКИ.

5.1 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОЇ АВТОМАТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Обґрунтування економічної ефективності використання автоматичної системи для електропостачання за рахунок відновлювальних джерел енергії зводимо до розрахунку собі вартості устаткування та терміну окупності за зеленим тарифом (рис. 5.1).

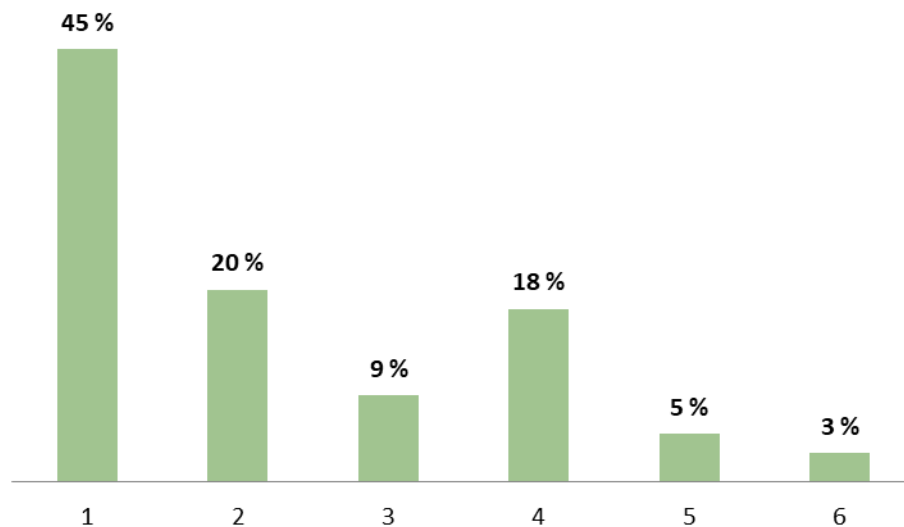


Рисунок 5.1 – Структура автоматичної системи для електропостачання за рахунок відновлювальних джерел енергії: 1 – фотомодульна система; 2 – вітроенергетична система; 3 – позабюджетні витрати; 4 – акумуляторна система автономної гібридної електростанції зі збільшеною кількістю накопичувачів енергії; 5 – електрообладнання системи автоматики; 6 – інше обладнання

Всі капіталовкладення K визначимо:

$$K = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5, \text{ грн,} \quad (5.1)$$

де Z_1 – затрати на комплектуюче обладнання, грн; Z_2 – затрати на електрообладнання системи автоматики, грн; Z_3 – затрати на технічну документацію, грн; Z_4 – затрати акумуляторну систему автономної гібридної електростанції зі збільшеною кількістю накопичувачів енергії розрахована на 3 кВт, грн; Z_5 – затрати на інше обладнання, грн.

$$K = 850 + 23000 + 68000 + 12500 + 7800 = 112150 \text{ грн.}$$

Відрахування на автоматичну систему електропостачання за рахунок відновлювальних джерел енергії I_p визначимо, грн/рік:

$$I_p = A \cdot K, \text{ грн,} \quad (5.2)$$

де A – коефіцієнт відрахування на амортизацію рівний $A = 10\%$ [13].

$$I_p = 0,1 \cdot 112150 = 11215 \text{ грн.}$$

Визначимо собі варті виробленої електроенергії автоматичної системи для електропостачання за рахунок відновлювальних джерел енергії за формулою z_e , грн/кВт·год:

$$z_e = \frac{I_p}{W_p}, \text{ грн/кВт·год.} \quad (5.3)$$

$$z_e = \frac{11215}{19669} = 0,57 \text{ грн/кВт·год.}$$

Визначимо рентабельність автоматичної системи для електропостачання за рахунок відновлювальних джерел енергії Π за зеленим тарифом, грн

$$\Pi = W_p \cdot (k_3 - z_e) \text{ грн.} \quad (5.4)$$

$$\Pi = 19669 \cdot (4,84 - 0,57) = 19664,7 \text{ грн.}$$

Термін окупності визначаємо за формулою, грн.:

$$T = \frac{K}{\Pi} \text{ років.} \quad (5.5)$$

$$T = \frac{112150}{19664,7} = 5,7 \text{ років.}$$

Таким чином термін окупності автоматичної системи для електропостачання за рахунок відновлювальних джерел енергії встановленою потужністю 3 кВт складає 5,7 років.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

На основі вивчення даної теми можна зробити висновок, що автономні гібридні електростанції засновані на традиційних і відновлюваних джерелах електроенергії є найкращим вирішенням проблем екології та стабільності електропостачання, порівняно з електростанціями на базі виключно на традиційних або відновлюваних ресурсах. Такі рішення також корисні в разі проблеми з електропостачанням віддалених населених пунктів і регіонів, де розміщено в інших енергетичних систем економічно не вигідно. У випадку з Україною в умовах війни такі електростанції може бути ідеальним рішенням проблеми електропостачання віддалених сіл і хуторів, як з екологічної, так і з економічної точки зору.

Специфічний ландшафт країни і його географічне положення сприяють наявності величезного потенціалу відновлюваної енергії. Особливо корисними є сонячна та вітрова енергія, які ідеально підходять для використання в автономних гібридних установках завдяки низьким експлуатаційним витратам і майже повній відсутності токсичних викидів у навколишнє середовище.

Проблема автономних гібридних електростанцій, пов'язана зі зносом акумуляторних (у цьому дослідженні 12-вольтних свинцево-кислотних) батарей, певною мірою вирішується за допомогою системи пасивного балансування, яка вирівнює напругу на кожній батареї від початок їх заряду, постійний моніторинг усієї системи накопичення енергії та можливість включення нових батарей у вже працюючій системі. Це зменшує знос батареї, подовжує термін служби батареї та, з менша кількістю заміни батарей, робить систему в цілому дешевшою та екологічнішою.

Метод квазіопозиційної гармонізації QOHSA стабілізує частоту навантаження енергосистеми під час переходу від відновлюваних джерел до дизель/газогенераторів та порівняння для системи навчання TLBOA QOHSA

є більш сучасним і надійним рішенням проблем метод. Це результат поєднання методу квазіопозиційного навчання QOBL та алгоритм пошуку найкращого рішення векторів HSA. Методи, розглянуті в роботі для поліпшення роботи автономних гібридних електростанцій є відмінні рішення для поточних проблеми. Однак це дослідження не може бути актуальним більше, ніж пару років через швидку швидкість розвиток технологій у цій сфері. Завдяки цьому протягом найближчого десятиліття Україна може повністю перейти на гібридні електростанції або електростанції, засновані виключно на відновлюваних джерелах.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Гальчак В. П., Боярчук В. М. Альтернативні джерела енергії. Енергія Сонця. Львів: Вид-во ЛНАУ, 2008. 135 с.
2. Гальчак В. П., Дмитрів Г. М. Розрахунок енергетичних параметрів гібридної системи теплопостачання фермерського будинку. Метод. вказівки до виконання курсового проекту. Львів, ЛДАУ, 2005. 36 с.
3. Дудюк Д. Л., Мазепа С. С., Гнатишин Я. М. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі: Навч. посіб. Львів: "Магнолія 2006", 2008. 188 с.
4. Жуковський С. С., Лабай В. Й. Системи енергопостачання і забезпечення мікроклімату будинків та споруд: Навч. пос. для ВЗО. Львів: Астрономо-геодезичне товариство, 2000. 259 с.
5. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. 984 с.
6. Кудря С. О., Головко В. М. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії: навч. посіб. К.: НТУУ "КПІ", 2011. 184 с.
7. Маляренко В. А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження. Підручник. 2-е видання. Х.: Видавництво САГА, 2010. 484 с.
8. Маляренко В.А. Енергетичні установки. Загальний курс. Х.: В-во САГША, 2008. 320 с.
9. Саницький М. А., Позняк О. Р., Марущак У. Д. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 236 с.
10. <https://uniclimate.com.ua/products/teplovi-nasosy-dlya-pryvattogo-budyunku/cooperhunter-unitherm-3-all-in-one-ch-hp12wtsirk3/>

11. <https://uniclimate.com.ua/wp-content/uploads/2023/02/instrukczya-unitherm3-aio-ua.pdf>
12. https://cooperhunter-aircon.com/?gclid=Cj0KCQjw7aqkBhDPARIsAKGa0oLWwriPnZqdYFkAdTEGwILGKZiUW6zYhudeqKqlb11QuAZmcjiDyL0aAqmlEALw_wcB
13. R. K. Sarojini, K. Palanisamy and E. De Tuglie, “A fuzzy logic- based emulated inertia control to a supercapacitor system to improve inertia in a low inertia grid with renewables,” *Energies*, Vol. 15, no. 4, Article ID 1333, 2022.
14. O. Abdel-Rahim and E. Abdelhameed, “Ultimate transformerless boost DC-DC converter for renewable energy applications,” *SVU-International Journal of Engineering Sciences and Applications*, Vol. 2, no. 2, pp. 63–69, 2021.
15. J. B. Holm-Nielsen, and D. Almakhles, “A hybrid PV-battery system for ON-grid and OFF-grid applications-controller in loop simulation validation,” *Energies*, Vol. 13, №. 3, P. 755, 2020.
16. V. Burlaka, S. Gulakov, S. Podnebennaya, E. Kudinova, and O. Savenko, “Bidirectional single stage isolated DC-AC converter,” in *Proceedings of the 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, PP. 343–346, IEEE, Kharkiv, Ukraine, 2020, October.
17. S. Deshmukh, A. R. Thorat, and I. Korachagaon, “Modelling and analysis of PV standalone system with energy management scheme,” in *Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT)*, PP. 1–5, IEEE, Bangalore, India, 2020, July.
18. K. Amer, M. Fakher, S. Ahmad, M. Irhouma, S. Altahbao and E. Salem, “Performance of domestic solar heating system with thermal storage using phase change materials,” *International Journal of Engineering Research and Development*, Vol. 16, no. 9, PP. 01–11, 2020.
19. E. S. Harsha, R. K. Nema, S. Nema, and R. D. Kulkarni, “Design & Simulation of high gain ratio Bidirectional converter for energy storage

applications,” in Proceedings of the 2020 International Conference on Computational Intelligence for Smart Power System and Sustainable Energy (CISPSSE), pp. 1–6, IEEE, Keonjhar, India, 2020, July.

20. Y. Nassar, S. Alsadi, K. Amer, A. Yousef, and M. Fakher, “Numerical analysis and optimization of area contribution of the PV cells in the PV/T flat-plate solar air heating collector,” *Solar Energy Research Update*, Vol. 6, PP. 43–50, 2019.

21. M. Schroeder and J. Jaeger, “Advanced energy flow control concept of an MMC for unrestricted operation as a multiport device,” *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 34, №. 11, PP. 11–496, 2019.

22. M. S. Chinthavali, J. Sun, P. R. V. Marthi, S. Chinthavali, S. Lee and M. Elizondo, *Models and Methods for Assessing the Value of Hvdc And Mvdc Technologies in Modern Power Grids*, Pacific Northwest National Lab, United States, May 2019.

23. S. Yassin Alsadi and Y. Fathi Nassar, “A general expression for the shadow geometry for fixed mode horizontal, step-like structure and inclined solar fields,” *Solar Energy*, Vol. 181, PP. 53–69, 2019.

A. Hafez, Y. Nassar, M. Hammdan, and S. Alsadi, “Technical and economic feasibility of utility-scale solar energy conversion systems in Saudi arabia,” *Iranian Journal of Science and Technology Transactions of Electrical Engineering*, Vol. 44, PP. 213–225, 2020.

24. H. Bayat and A. Yazdani, “A hybrid MMC-based photovoltaic and battery energy storage system,” *IEEE Power and Energy Technology Systems Journal*, Vol. 6, №. 1, PP. 32–40, 2019.

25. M. Kumar, “Solar PV based DC microgrid under partial shading condition with battery- Part 2: energy management system,” in Proceedings of the 2018 8th IEEE India International Conference on Power Electronics (IICPE), PP. 1–6, IEEE, Jaipur, India, 2018, December.