

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Розробка системи оптимізації використання електроенергії
отриманої від альтернативних джерел»**

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології
(назва)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело*

(підпис)

Юрій ДОБРУШИН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

Виконав: здобувач вищої освіти гр. ІСД-41

Юрій ДОБРУШИН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник:

Владіслав ХОМЕНЧУК

науковий ступінь,
вчене звання

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Рецензент:

науковий ступінь,
вчене звання

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Київ 2024

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру ІПЗАС

Каміла СТОРЧАК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«___» _____ 2024р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Добрушин Юрій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Розробка системи оптимізації використання електроенергії отриманої від альтернативних джерел

керівник кваліфікаційної роботи PhD Владіслав ХОМЕНЧУК

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «27» 02.2024р. № 36

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «10» травня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

1. Науково-технічна література.
2. Принципи функціонування систем “зеленої енергетики”.
3. Принципи оптимізації енергії за прикладом “розумного будинку”.

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

1. Порівняння альтернативних джерел енергії з традиційними з точки зору ефективності, економічної доцільності та впливу на довкілля
2. Практичні приклади впровадження альтернативної енергетики в житлових будинках та гібридні системи для максимізації енергоефективності
3. Розробка та застосування алгоритмів управління та оптимізації енергосистем для забезпечення енергоефективності та стабільності

5. Перелік ілюстративного матеріалу: *презентація*

6. Дата видачі завдання «27» лютого 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасних тенденцій у використанні альтернативної енергії	04.01.2024 - 01.02.2024	
2	Оцінка негативних аспектів та викликів використання альтернативної енергії	02.02.2024 - 15.03.2024	
3	Аналіз економічних аспектів використання альтернативної енергетики	16.03.2024 - 22.03.2024	
4	Методичні підходи до оцінки ефективності систем альтернативної енергетики	24.03.2024 - 15.04.2024	
5	Дослідження технологічних інновацій в галузі альтернативної енергетики	16.04.2024 - 03.05.2024	
6	Написання тексту роботи	04.05.2024 - 12.05.2024	
7	Редагування	13.05.2024 - 16.05.2024	
8	Оформлення роботи	17.05.2024 - 20.05.2024	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Юрій ДОРУШИН

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

кваліфікаційної роботи

(підпис)

Владіслав ХОМЕНЧУК

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 52 стор., 6 рис., 0 табл., 17 джерел.

Мета роботи – розробка системи оптимізації використання електроенергії, отриманої від альтернативних джерел, для підвищення енергоефективності житлових будинків.

Об'єкт дослідження – процеси оптимізації використання електроенергії, отриманої від альтернативних джерел.

Предмет дослідження – технології та алгоритми оптимізації енергоспоживання в житлових будинках, що використовують альтернативні джерела енергії.

Короткий зміст роботи: У роботі розглянуто важливість оптимізації використання електроенергії, отриманої від альтернативних джерел, у сучасних житлових будинках. Досліджено методи розподілу та накопичення енергії з метою підвищення ефективності енергоспоживання. Розроблено алгоритми управління енергосистемами, що забезпечують оптимальний розподіл і використання електроенергії в різних умовах. Проведено економічний аналіз запропонованих рішень, включаючи оцінку витрат, вигод та окупності інвестицій. На основі проведених досліджень сформульовано рекомендації щодо впровадження розроблених систем оптимізації та визначено перспективи подальших досліджень і вдосконалень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГІЄЮ, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, СМАРТ-МЕРЕЖІ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ABSTRACT

Text part of the bachelor level qualification work: 52 pages, 6 pictures. 0 tables, 17 sources.

The purpose of the work - to develop a system for optimizing the use of electricity from alternative sources to improve the energy efficiency of residential buildings.

Object of research is - processes of optimizing the use of electricity from alternative sources.

Subject of research - technologies and algorithms for optimizing energy consumption in residential buildings using alternative energy sources.

Summary of the work: The paper considers the importance of optimizing the use of electricity from alternative sources in modern residential buildings. Methods of energy distribution and storage are investigated in order to increase the efficiency of energy consumption. The algorithms for controlling power systems that ensure optimal distribution and use of electricity in different conditions are developed. An economic analysis of the proposed solutions, including an assessment of costs, benefits and return on investment, was carried out. Based on the research, recommendations for the implementation of the developed optimization systems were formulated and prospects for further research and improvement were identified.

KEYWORDS: OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION, ALTERNATIVE ENERGY SOURCES, ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS, INTERNET OF THINGS, SMART NETWORKS, ECONOMIC EFFICIENCY.

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ У ВИКОРИСТАННІ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	12
1.1 Аналіз сучасних тенденцій у використанні альтернативної енергії	12
1.1.1 Альтернативна енергетика – концепція та актуальні тенденції	12
1.1.2 Переваги альтернативної енергетики у порівнянні з традиційними джерелами	13
1.1.4 Особливості вибору конкретного типу альтернативної енергетики	17
1.1.5 Висновок аналізу тенденцій використання альтернативної енергії	19
1.2 Негативні аспекти та виклики використання альтернативної енергії	20
1.2.1 Необхідність балансування та накопичення енергії	20
1.2.3 Компоненти системи накопичення та балансування енергії	22
1.3. Економічні аспекти використання альтернативної енергетики	23
1.3.1. Вартість впровадження та експлуатації систем альтернативної енергетики	23
1.3.2. Економія на енергетичних ресурсах та довгострокова рентабельність	25
1.4. Методичні підходи до оцінки ефективності систем альтернативної енергетики	26
1.4.1. Методи оцінки енергоефективності та продуктивності	26
1.4.2. Інструменти для моделювання та симуляції систем	28
1.4.3. Підходи до моніторингу та аналізу даних	30
2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ ТА ПРАКТИЧНІ ПРИКЛАДИ ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	32
2.1. Технологічні інновації в галузі альтернативної енергетики	32
2.1.1 Стан досліджень та розвитку сонячної енергії	32
2.1.2. Інноваційні розробки у вітровій енергетиці	33
2.1.3. Інженерні новації у гідроенергетиці	34
2.1.4 Інновації у сфері акумуляції енергії	35
2.2. Практичні приклади впровадження альтернативної енергетики в житлових будинках	37
2.2.1. Аналіз успішних проектів впровадження сонячних електростанцій у житлових будинках	37
2.2.2. Використання гібридних систем для максимізації енергоефективності	39
2.2.3. Деталізація функціонування систем	40
3 РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	44
3.1. Аналіз вимог та умов оптимізації використання електроенергії	44

3.1.1. Визначення критеріїв ефективності	44
3.2. Розробка та реалізація алгоритмів управління та оптимізації	45
3.2.1. Алгоритми розподілу енергії	45
3.2.1.1. Теоретичне обґрунтування алгоритмів	47
3.2.1.2. Реалізація алгоритмів (приклади коду)	48
3.2.2. Алгоритми накопичення та збереження енергії	49
3.2.2.1. Теоретичне обґрунтування алгоритмів	49
3.3. Впровадження інноваційних технологій для оптимізації системи	51
3.3.1. Використання Інтернету речей (IoT) для моніторингу та управління	51
3.3.1.1. Приклади коду для моніторингу та управління енергією	53
3.3.2. Інтеграція смарт-мереж та розумних лічильників	54
3.4. Обґрунтування економічної ефективності запропонованих рішень	56
3.4.1. Оцінка економічних витрат та вигод	56
3.4.2. Аналіз окупності інвестицій	56
3.4.3. Вплив на економічну стабільність та енергетичну незалежність	58
3.5. Висновки та рекомендації	59
3.5.1. Узагальнення результатів конструктивного розділу	59
3.5.2. Рекомендації щодо впровадження розроблених рішень	59
3.5.3. Пропозиції щодо подальших досліджень та вдосконалень	60
ВИСНОВКИ	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	63

ВСТУП

На сьогоднішній день така проблема як забезпечення енергетичної незалежності та економічної стабільності набуває все більшої актуальності, особливо в умовах швидкого виснаження традиційних енергетичних ресурсів і зростання їх вартості. Альтернативна енергетика пропонує перспективні рішення, що сприяють зниженню залежності від викопних джерел енергії, покращенню екологічного стану та підвищенню ефективності використання енергетичних ресурсів.

Метою даної роботи є розробка та впровадження ефективних алгоритмів управління енергоспоживанням в системах альтернативної енергетики, що сприятимуть підвищенню енергетичної ефективності та економічної рентабельності цих систем. Для досягнення цієї мети необхідно виконати такі завдання:

- провести аналіз сучасних методів та алгоритмів управління енергоспоживанням.
- розробити та обґрунтувати нові алгоритми розподілу та накопичення енергії.
- оцінити економічну ефективність та вплив на енергетичну незалежність запропонованих рішень.

Об'єктом дослідження є процеси управління енергоспоживанням у системах альтернативної енергетики. Представлення об'єкту дослідження починається з визначення його основних характеристик, таких як види енергії, що використовуються, обсяги енергоспоживання та типи споживачів.

Предмет дослідження конкретизує проблемну ситуацію в межах об'єкта дослідження і підлягає безпосередньому вивченню. У даній роботі предметом дослідження є алгоритми управління розподілом та накопиченням енергії в системах альтернативної енергетики.

Методи дослідження включають економіко-математичні методи, методи моделювання та симуляції, а також якісні та кількісні методи прогнозування. Ці методи використовувались для аналізу енергоефективності запропонованих алгоритмів, оцінки їх економічної доцільності та впливу на енергетичну незалежність.

Наукова новизна та практична значущість отриманих результатів полягає в розробці нових алгоритмів управління енергоспоживанням, що враховують специфіку альтернативних джерел енергії та дозволяють оптимізувати їх використання. Це сприятиме зниженню витрат на впровадження та експлуатацію таких систем, а також підвищенню їх ефективності та надійності.

Практична значущість роботи підтверджується можливістю використання розроблених алгоритмів на конкретних підприємствах, що займаються впровадженням систем альтернативної енергетики. Вони можуть бути використані для оптимізації процесів управління енергоспоживанням, що сприятиме підвищенню економічної стабільності та енергетичної незалежності підприємств та регіонів.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ У ВИКОРИСТАННІ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

1.1 Аналіз сучасних тенденцій у використанні альтернативної енергії

Альтернативна енергетика стає все більш важливою складовою сучасного енергетичного ландшафту, відображаючи підвищений інтерес до сталого розвитку та збереження навколишнього середовища. У цьому вступі ми дослідимо сутність поняття "альтернативна енергетика", її ключові компоненти та популярність у сучасному світі.

Альтернативна енергетика визначається як сукупність технологій та джерел енергії, що не використовують традиційні джерела, такі як вугілля, нафта або природний газ. Замість цього, вона базується на використанні відновлюваних джерел, таких як сонячна, вітрова, гідроенергетика, біомаса та інші. Ці технології стають все більш популярними завдяки їхньому низькому впливу на навколишнє середовище, зменшенню залежності від вуглеводнів та сприянню розвитку сталого розвитку.

Розглянемо різноманітні аспекти альтернативної енергетики, включаючи технологічні інновації, економічні переваги, вплив на довкілля, соціальні наслідки та перспективи майбутнього розвитку. Це допоможе краще зрозуміти значення та потенціал альтернативних джерел енергії у сучасному світі.

1.1.1 Альтернативна енергетика – концепція та актуальні тенденції

Альтернативна енергетика є ключовим напрямом у сучасному енергетичному ландшафті, спрямованим на використання джерел енергії, більш стійких до вичерпання та маючих менший вплив на довкілля порівняно з традиційними джерелами, такими як вугілля чи нафта. Системи альтернативної

енергетики, такі як сонячна, вітрова, гідроенергетика та інші, базуються на використанні відновлюваних джерел енергії, таких як сонячне випромінювання, вітер чи потік води, для виробництва електроенергії.

В останні роки відзначається стрімкий розвиток сектору альтернативної енергетики, зумовлений кількома факторами. По-перше, світова спільнота звертає увагу на проблему зміни клімату та необхідність зменшення викидів парникових газів, що стимулює перехід до більш екологічно чистих джерел енергії. По-друге, зменшення витрат на виробництво технологій альтернативної енергетики, включаючи зниження вартості сонячних панелей та вітрових турбін, робить ці технології більш доступними та конкурентоспроможними на енергетичному ринку.

У світлі курсу на зелену енергетику, визначеного багатьма країнами та міжнародними організаціями, сектор альтернативної енергетики знаходиться під сильним впливом інвестицій та спонсорства. Цей підхід сприяє швидкому розвитку та інноваціям у сфері альтернативної енергетики, що перспективно для подальшого зменшення використання традиційних джерел енергії та збереження довкілля.

1.1.2 Переваги альтернативної енергетики у порівнянні з традиційними джерелами

Альтернативні джерела енергії мають численні переваги порівняно з традиційними джерелами, такими як викопне паливо. Ці переваги можна класифікувати на економічні, екологічні та соціальні.

Економічні переваги включають стійкість і довгостроковість постачання енергії, оскільки альтернативна енергетика не потребує використання обмежених природних ресурсів, таких як нафта чи вугілля. Використання місцевих відновлюваних джерел енергії зменшує залежність від імпортного викопного палива, сприяючи енергетичній незалежності та економічній стабільності. Сектор

ВДЕ (Відновлювана енергетика) створює нові робочі місця у виробництві, монтажі та обслуговуванні відновлюваних енергетичних установок, що сприяє економічному зростанню. Незважаючи на високі початкові інвестиції, довгострокова перспектива забезпечує значну економію за рахунок зниження витрат на паливо та обслуговування. Технологічні інновації сприяють зниженню витрат на впровадження та експлуатацію ВДЕ, роблячи їх доступнішими і рентабельними. Інвестиції в альтернативну енергетику стимулюють економічне зростання і підтримку місцевих громад, забезпечуючи їх стабільним джерелом енергії та економічними можливостями.

Екологічні переваги альтернативних джерел енергії включають зниження викидів вуглецю та інших шкідливих речовин, що сприяє збереженню природних ресурсів та зменшенню забруднення довкілля. Сонячні та вітрові електростанції є екологічно чистими джерелами енергії, оскільки не видають шкідливих викидів під час експлуатації.

Соціальні переваги альтернативної енергетики полягають у забезпеченні доступу до електроенергії в сільських та віддалених районах, де вона раніше була недоступною, що полегшує життя мешканців. Зменшення викидів шкідливих речовин покращує якість повітря і здоров'я населення, що позитивно впливає на соціальну добробутність. Крім того, розвиток децентралізованих систем енергопостачання забезпечує більшу незалежність та стабільність енергетичного сектору.

Отже, альтернативна енергетика відкриває нові перспективи для сталого розвитку та забезпечення енергетичної безпеки, роблячи її невід'ємною складовою сучасного світу.

1.1.3 Види альтернативної енергетики

Є безліч видів альтернативної енергетики, які відрізняються вимогами до умов

розміщення та утримання, а також додаткової інфраструктури для діяльності.

Приведу кілька основних типів, які широко використовуються.

Сонячна енергетика базується на використанні сонячних панелей, які перетворюють сонячне випромінювання на електричну енергію за допомогою фотоефекту. Основною складовою сонячної енергії є сонячні батареї, складені з фотоелектричних елементів, що поглинають світло і генерують електричний струм. Ці панелі встановлюються на дахах будівель, на землі чи навіть на плавучих платформах у водах. Сонячна енергетика є однією з найбільш доступних та ефективних форм альтернативної енергії, особливо в регіонах з високим рівнем сонячності.

Тобто саме сонячна енергія є умовно нескінченним джерелом енергії, що гарантує стабільність виробництва електроенергії. Генерація енергії таким чином не супроводжується викидами парникових газів та інших типів забруднень. Також великим плюсом є те що через просту конструкцію що має мінімальну кількість рухливих частин, обслуговування таких систем не складне та не займає багато часу, також беручи до уваги те що більшість процесів обслуговування можна автоматизувати, то це робить з таких систем дуже гарного кандидата на роль альтернативного джерела енергії. Однак є і мінуси, серед них основні це те що об'єм генерації енергії залежить від погодних умов та часу доби, окрім цього це призводить до непостійності постачання енергії від такого джерела. Та основна проблема є в ціні, на розгортку такої системи мінімальні витрати є дуже великими, через що в розвинутих країнах виділяються дотації для того щоб впровадження таких рішень було більш привабливе з економічної точки зору для виробництв та приватних осіб.

Вітрова енергетика використовує вітряні турбіни для перетворення кінетичної енергії вітру на електричну енергію. Турбіни розташовані на великих вежах і обертаються під впливом вітру, забезпечуючи рух генераторів електричної енергії.

Вітрова енергетика є ефективним рішенням для виробництва стабільної та екологічно чистої електроенергії, особливо в регіонах з високим вітровим потенціалом, таких як узбережжя та відкриті рівнини. Оскільки даний тип енергетики використовує дуже розповсюджене явище, то його доступність доволі висока.

Так само як і у випадку з сонячною енергетикою, процес генерації енергії не супроводжується шкідливими викидами. Також вітрова енергія може бути виробництвом енергії за відносно низькими витратами після встановлення вітрогенераторів, однак більшість серйозних ремонтів вимагають заміну елемента що вийшов з ладу, що призводить до значних економічних втрат.

Крім цього вітрові турбіни можуть мати негативний вплив на місцеві екосистеми та флору та фауну також деякі вітрові турбіни можуть бути джерелом неприємного шуму, що впливає на життя мешканців навколишніх областей.

Гідроенергетика використовує потік води для виробництва електричної енергії. Гідроелектростанції можуть бути різноманітних типів, включаючи турбінні, прибережні та прибережно-водні. Головний принцип полягає в використанні потенціальної енергії води, що забезпечує рух турбін та генерацію електричної енергії.

Гідроенергетика є надійним джерелом виробництва електроенергії та допомагає зменшити залежність від традиційних вугільних та газових електростанцій. Даний тип альтернативної енергетики має великий потенціал та його використання в великих масштабах триває дуже давно, в основному через те що він може забезпечити стабільне та надійне виробництво електроенергії завдяки потенціалу великих річок та океанів. Це і має високий коефіцієнт корисної дії, що дозволяє ефективно використовувати потенціал річкових та морських потоків.

Але і він має свої мінуси, будівництво великих гідроелектростанцій може призвести до затоплення великих територій та впливу на місцеві екосистеми та способи життя мешканців, також може бути вразливою до коливань у рівні води та водних потоків, що залежать від кліматичних умов.

Трибоелектричні наногенератори є перспективною технологією, що базується на трибоелектричному ефекті, що виникає при контакті двох матеріалів і призводить до генерації електричної енергії. Ці наногенератори можуть бути використані для збору енергії з різних джерел, включаючи рухи, коливання та стиснення [1]. Вони можуть бути особливо ефективними в умовах обмежених ресурсів, таких як віддалені регіони або випадкові джерела енергії.

Їх основна перевага це те що вони можуть використовуватися для збору енергії з різних джерел, включаючи рухи, коливання та стиснення. Це означає що будь яка дія може призводити до генерації енергії від наногенератора.

Також ці технології можуть бути особливо ефективними в умовах обмежених ресурсів, таких як віддалені регіони або випадкові джерела енергії.

Однак наразі трибоелектричні наногенератори можуть мати обмежену ефективність порівняно з іншими видами альтернативної енергетики. Та розвиток та впровадження трибоелектричних наногенераторів вимагає подальших досліджень та технологічних інновацій для покращення їх ефективності та надійності.

1.1.4 Особливості вибору конкретного типу альтернативної енергетики

При виборі конкретного типу альтернативної енергетики слід враховувати ряд факторів, які можуть вплинути на ефективність та доцільність використання.

Ландшафт та місцеві умови. Географічні особливості, такі як рельєф та розташування, можуть впливати на вибір типу альтернативної енергетики. Наприклад, розташування на відкритих рівнинах може бути сприятливим для встановлення вітрових турбін, тоді як сонячні панелі можуть бути більш ефективними у регіонах з великою кількістю сонячного світла.

Кількість сонячного світла, сила вітру та наявність водних ресурсів, є важливими для вибору типу альтернативної енергетики.

Кліматичні умови значною мірою впливають на ефективність та рентабельність різних типів альтернативної енергетики. Наприклад, в регіонах з високою інсоляцією сонячні електростанції можуть бути найбільш ефективними, тоді як у регіонах з постійними та сильними вітрами перевагу надають вітровим турбінам. Для оцінки потенціалу необхідно використовувати кліматичні дані, такі як середня кількість сонячних днів на рік, середня швидкість вітру та інші метеорологічні показники. Крім того, наявність водних ресурсів впливає на можливість будівництва гідроелектростанцій. Наприклад, гірські регіони з великою кількістю річок та водоспадів ідеально підходять для міні-ГЕС.

Деякі природні явища, такі як урагани, землетруси або повені, можуть мати великий вплив на вибір та розташування альтернативних енергетичних установок.

Природні ризики та катастрофи є важливими факторами, що враховуються при плануванні та будівництві альтернативних енергетичних установок. Наприклад, урагани та сильні вітри можуть пошкодити сонячні панелі та вітрові турбіни. Тому в регіонах, схильних до таких явищ, необхідно забезпечити додаткові заходи безпеки, такі як укріплені конструкції та спеціальні кріплення. Землетруси можуть пошкодити структури сонячних і вітрових електростанцій, тому в сейсмічно активних регіонах варто застосовувати спеціальні антисейсмічні технології. Повені можуть знищити гідроелектростанції, тому необхідно враховувати рівень води та передбачити заходи захисту, такі як дамби та відвідні канали.

Економічні аспекти, такі як вартість встановлення, обслуговування та експлуатації, також грають важливу роль у виборі типу альтернативної енергетики.

Економічні міркування є ключовими при виборі типу альтернативної енергетики. Початкові інвестиції у встановлення сонячних панелей можуть бути високими, але довгострокові витрати на обслуговування є відносно низькими. Вітрові турбіни також потребують значних початкових вкладень, але їхня експлуатація може бути економічно вигідною у регіонах з постійними сильними

вітрами. Гідроелектростанції можуть вимагати великих витрат на будівництво, але мають тривалий термін служби та високий коефіцієнт корисної дії. Окрім цього, економічна доцільність також включає аналіз ринкових цін на енергію, державні субсидії та податкові пільги, що можуть зменшити загальні витрати та збільшити прибутковість проекту.

Соціальні та політичні фактори, такі як схвалення місцевими владами та сприйняття громадою, також важливі для успішного впровадження альтернативних енергетичних проектів.

Соціальні та політичні аспекти відіграють вирішальну роль у розвитку проектів альтернативної енергетики. Схвалення місцевих громад та підтримка місцевих властей можуть значно вплинути на успішність проекту. Відкрите обговорення з громадою, освітні програми та участь місцевих мешканців у процесі прийняття рішень сприяють формуванню позитивного ставлення до нових енергетичних ініціатив. Політична воля та нормативно-правова база також є критичними факторами. Закони та регуляції, що сприяють розвитку альтернативної енергетики, державні програми підтримки та субсидії можуть значно покращити економічну привабливість таких проектів. Приклади успішних ініціатив у різних країнах можуть служити моделлю для інших регіонів.

1.1.5 Висновок аналізу тенденцій використання альтернативної енергії

Альтернативна енергетика є перспективним і екологічно чистим джерелом енергії, яке відображає загальний тренд у напрямку сталого розвитку. Однак важливо розуміти, що впровадження альтернативних енергетичних технологій вимагає значних витрат та комплексного підходу до розв'язання різних технічних, економічних та соціальних завдань. Оцінка всіх переваг і недоліків кожного виду альтернативної енергетики дозволить здійснити ефективний вибір в залежності від конкретних умов та потреб.

1.2 Негативні аспекти та виклики використання альтернативної енергії

Використання альтернативних джерел енергії відзначається численними перевагами, проте воно також супроводжується рядом викликів та проблем, які необхідно враховувати. У цьому розділі розглянемо основні негативні аспекти та виклики, пов'язані з використанням альтернативної енергії.

1.2.1 Необхідність балансування та накопичення енергії

Однією з ключових проблем використання альтернативної енергії є нестабільність її виробництва. Наприклад, сонячна та вітрова енергія залежать від погодних умов і можуть коливатися в залежності від часу доби або погоди. Це може створювати складнощі в забезпеченні стабільного постачання електроенергії в мережу. Тому, для забезпечення сталого та надійного виробництва енергії, необхідно розробляти та впроваджувати системи балансування та накопичення енергії.

Хоча гідроенергетика має відносно стабільний виробництво енергії, інші альтернативні джерела енергії можуть мати значні коливання в виробництві, що ускладнює їх інтеграцію в енергетичну систему. Наприклад, відсутність вітру або сонячного світла може призвести до значного зниження виробництва електроенергії, що в свою чергу може призвести до проблем з постачанням електроенергії.

Крім того, розвиток альтернативної енергетики ставить перед собою завдання забезпечення ефективного зберігання та розподілу енергії, що є критичним для забезпечення стабільного та надійного електропостачання.

1.2.2 Необхідність інтеграції систем накопичення та балансування енергії

Інтеграція систем накопичення та балансування енергії є ключовою для забезпечення ефективності та надійності альтернативних електроенергетичних систем. Існує кілька причин, чому вони повинні використовуватися разом, а не окремо.

Забезпечення стабільності електропостачання. Використання лише систем накопичення або лише систем балансування не забезпечить стабільне електропостачання. Системи накопичення дозволяють зберігати надлишок енергії для подальшого використання, а системи балансування вирівнюють коливання напруги та стабілізують роботу мережі.

Оптимізація використання енергії. Інтеграція систем накопичення та балансування дозволяє ефективніше використовувати вироблену енергію. Системи накопичення зберігають надлишок енергії для використання у часи пікового навантаження, тоді як системи балансування регулюють напругу та стабілізують мережу, забезпечуючи оптимальне використання енергії.

Зменшення ризику відмов. Використання обох типів систем дозволяє зменшити ризик відмов у електропостачанні. Наприклад, якщо система накопичення вийде з ладу, система балансування може забезпечити стабільність мережі, і навпаки.

Максимальне використання потенціалу альтернативної енергії. Альтернативні джерела енергії, такі як сонячна та вітрова енергія, характеризуються непередбачуваним виробництвом енергії.

Забезпечення ефективності та надійності. Використання інтегрованих систем накопичення та балансування енергії допомагає забезпечити ефективність та надійність електропостачання в умовах змінних потреб та умов експлуатації. Комбінація обох систем дозволяє оптимально використовувати енергію та забезпечувати стабільну роботу електромережі.

Таким чином, інтеграція систем накопичення та балансування енергії є важливим елементом сучасних альтернативних електроенергетичних систем, що дозволяє оптимізувати використання енергії та забезпечувати стабільність та надійність електропостачання.

1.2.3 Компоненти системи накопичення та балансування енергії

Компоненти системи накопичення та балансування енергії є ключовими елементами для забезпечення надійного та ефективного функціонування альтернативних електроенергетичних систем.

Основні компоненти включають наступні елементи.

Акумулятори:

– Літій-іонні акумулятори, вони відомі своєю великою енергетичною щільністю, довговічністю та швидким часом заряджання. Це робить їх ідеальними для зберігання енергії з альтернативних джерел.

– Свинцеві акумулятори, вони мають досить низьку вартість та високу надійність, але меншу енергетичну щільність порівняно з літій-іонними акумуляторами.

– Ртутні акумулятори, хоча вони мають меншу популярність через токсичність ртуті, вони відомі своєю високою енергетичною щільністю та довгим терміном служби.

Суперконденсатори, такі як графенові суперконденсатори – вони мають велику енергетичну щільність та швидко швидкість заряджання, що робить їх ефективними для зберігання енергії зі сонячних панелей та вітряних турбін.

Помпи для зберігання гравітаційної енергії:

– Механічні зберігальні системи, вони використовуються для зберігання енергії, піднімаючи великі ваги високо над землею та випускаючи їх, коли енергія потрібна.

– Штучні резервуари, зберігають воду на висоті, а потім використовують гравітацію для генерування енергії через турбіни.

Системи балансування енергії:

– Інвертори, вони перетворюють постійний струм, що надходить від альтернативних джерел енергії, на змінний струм, який можна використовувати в мережі.

– Управління енергією, системи автоматичного управління контролюють навантаження та динамічно регулюють виробництво енергії з альтернативних джерел, забезпечуючи оптимальне використання.

Ці компоненти є ключовими для забезпечення надійної та ефективної роботи систем альтернативної енергетики. Їх вибір та інтеграція в систему залежать від конкретних умов та вимог проекту, а також від специфічних потреб користувачів.

1.3. Економічні аспекти використання альтернативної енергетики

1.3.1. Вартість впровадження та експлуатації систем альтернативної енергетики

Впровадження систем альтернативної енергетики, таких як сонячні та вітрові електростанції, характеризується певними фінансовими затратами на стадіях розробки, виробництва, встановлення та експлуатації. Важливим аспектом є те, що ці витрати постійно знижуються завдяки інноваційним досягненням і вдосконаленням у виробничих процесах. В огляді літератури на тему "Impacts of innovation on renewable energy technology cost reductions" зазначено, що скорочення витрат на енергетичні технології є наслідком багатьох інноваційних тенденцій в енергетичній системі [2].

Технологічні інновації, такі як вдосконалення виробничих процесів та поліпшення характеристик технологій, відіграють ключову роль у зниженні

вартості впровадження та експлуатації систем альтернативної енергетики. Найбільш поширеним підходом до кількісного моделювання інновацій в енергетичних технологіях є використання однофакторних кривих навчання, які враховують лише один драйвер витрат. Однак, багатфакторні криві навчання та детальні моделі витрат, які враховують різноманітні чинники, все ще знаходяться на початковій стадії розвитку.

Дослідження показують, що основними чинниками, які впливають на зниження витрат у сонячних і вітрових технологіях, є вдосконалення виробничих процесів (навчання через досвід) та покращення технологічних характеристик (навчання через дослідження). Вплив інших чинників, таких як динаміка ринку та взаємодія між різними учасниками ринку та географічними регіонами, наразі недостатньо кількісно оцінено, хоча їх вплив на зниження витрат визнано в літературі з інновацій.

Зниження вартості впровадження та експлуатації систем альтернативної енергетики призводить до зменшення періоду окупності інвестицій. Це робить такі проекти більш привабливими для інвесторів і сприяє подальшому поширенню альтернативних джерел енергії. Наприклад, за останнє десятиліття спостерігається значне зниження вартості встановлення сонячних панелей та вітрових турбін, що зумовлено як технологічними досягненнями, так і масштабуванням виробництва.

Очікується, що вартість впровадження та експлуатації систем альтернативної енергетики буде продовжувати знижуватися завдяки подальшому освоєнню технологій різними країнами та розробці нових, більш ефективних і дешевих технологічних рішень. Це сприятиме підвищенню конкурентоспроможності альтернативних джерел енергії порівняно з традиційними та забезпечить їх значний внесок у глобальну енергетичну систему.

Таким чином, інновації в галузі альтернативної енергетики відіграють вирішальну роль у зниженні витрат на впровадження та експлуатацію цих систем, що, своєю чергою, сприяє їх поширенню та підвищенню економічної ефективності.

1.3.2 Економія на енергетичних ресурсах та довгострокова рентабельність

Використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) має значний вплив на економіку, створюючи нові бізнес-можливості в секторах, що займаються виробництвом і обслуговуванням таких технологій. Одним із прикладів є Німеччина, яка є лідером у впровадженні ВДЕ та має амбітні цілі на майбутнє. Згідно з дослідженням "Economic effects of renewable energy expansion: A model-based analysis for Germany" (2014) , розширення використання ВДЕ в Німеччині до 2030 року може бути досягнуто без шкоди для економічного зростання та зайнятості [3].

Економічні ефекти від впровадження ВДЕ включають створення робочих місць і стимулювання економічного зростання завдяки інноваціям і розвитку "зелених" технологічних секторів. Водночас, використання ВДЕ потребує значних початкових інвестицій, які можуть замінити доходи і робочі місця в традиційній енергетиці. Проте, дослідження показують, що загальний економічний ефект від впровадження ВДЕ є позитивним.

Важливим фактором є зменшення імпорту викопного палива, що сприяє покращенню енергетичної незалежності країни. Наприклад, Німеччина, з розширенням використання ВДЕ, змогла зменшити свою залежність від імпорту нафти і газу. Це, своєю чергою, зменшує витрати на закупівлю енергоресурсів за кордоном і сприяє стабільності економіки.

Окрім цього, ВДЕ сприяють зниженню викидів CO₂ та інших шкідливих речовин, що має позитивний вплив на довкілля та здоров'я населення. Це також може зменшити витрати на охорону здоров'я та боротьбу з наслідками забруднення.

Втім, використання ВДЕ все ще потребує підтримки з боку держави у вигляді субсидій та інших фінансових стимулів. Це може призводити до

збільшення цін на енергію, що впливає на бюджети споживачів і конкурентоспроможність енергоємних галузей. Проте, за рахунок інновацій та підвищення ефективності виробництва, ці додаткові витрати можуть бути компенсовані в довгостроковій перспективі.

Згідно з дослідженням, розширення ВДЕ в Німеччині сприяло створенню нових ринків і стимулювало економічну активність у різних секторах економіки, таких як виробництво обладнання для ВДЕ та постачання проміжних продуктів. Ці процеси мають мультиплікативний ефект, сприяючи подальшому зростанню та розвитку економіки.

Однак слід зазначити, що дані прогнозів, зроблених у 2014 році, не враховують подій останніх років, зокрема безліч кризисів що торкнулися цю країну за останні 10 років, які значно вплинули на енергетичну та економічну ситуацію в Європі. Тому, хоча література й показує оптимістичні прогнози щодо економічних ефектів від впровадження ВДЕ, нинішня ситуація вимагає більш обережного підходу та перегляду даних прогнозів з урахуванням нових викликів та обставин.

1.4 Методичні підходи до оцінки ефективності систем альтернативної енергетики

1.4.1 Методи оцінки енергоефективності та продуктивності

Аналіз даної тематики буде базуватися на науковій літературі [4].

Важливим аспектом впровадження систем альтернативної енергетики є оцінка їхньої енергоефективності та продуктивності. Одним із ключових підходів до цієї оцінки є використання енергетичного та ексергетичного аналізу. Енергоефективність дозволяє оцінити загальну ефективність системи з точки зору споживання енергії, тоді як ексергетичний аналіз надає більш детальну картину, враховуючи якість енергії та її здатність виконувати роботу.

Енергетичний аналіз оцінює ефективність системи, вимірюючи співвідношення вихідної корисної енергії до вхідної енергії. Це стандартний метод, що використовується для порівняння ефективності різних енергетичних систем. Однак енергетичний аналіз має обмеження, оскільки не враховує якість енергії та її можливе використання для виконання роботи.

На відміну від енергетичного аналізу, ексергетичний аналіз оцінює максимальну кількість роботи, яку може виконати система при досягненні рівноваги з оточенням. Ексергетичний аналіз дозволяє визначити максимальну ефективність системи та виявити її внутрішні невідповідності. Цей підхід дозволяє не лише оптимізувати систему, але й зменшити її внутрішні втрати.

Технічні характеристики системи, такі як надійність, вимоги до обслуговування, доступність, стійкість та екологічні впливи, мають великий вплив на її продуктивність. Дослідження показують, що існує тісний зв'язок між технічними характеристиками та ефективністю системи, яка базується на енергетичному та ексергетичному аналізі. Системи, які є більш надійними та стійкими, мають менший екологічний вплив та високу енергетичну та ексергетичну ефективність.

Ексергетичний аналіз широко застосовується в різних галузях для зниження невідповідностей системи, таких як промисловий сектор, житловий сектор, комерційний сектор та транспортний сектор. Використання цього методу допомагає оптимізувати ефективність системи, зменшуючи її невідповідності та підвищуючи загальну продуктивність.

Загалом, енергетичний та ексергетичний аналіз є важливими інструментами для оцінки ефективності та продуктивності систем альтернативної енергетики. Вони допомагають зрозуміти та оптимізувати технічні характеристики систем, забезпечуючи їхню надійність та стійкість, що сприяє зменшенню екологічного впливу та підвищенню загальної ефективності.

1.4.2 Інструменти для моделювання та симуляції систем

Аналіз проводився базуючись на публікації “A comparative analysis of renewable energy simulation tools: Performance simulation model vs. system optimization” [5].

Оцінка ефективності та оптимізація систем альтернативної енергетики вимагає використання спеціалізованих інструментів і програмних засобів для моделювання та симуляції. Відповідно до різних вимог і рівнів деталізації існують численні моделі, які можна класифікувати за масштабом і типом аналізу: багаторівневі інструменти відновлюваної енергетики, інструменти для рівня районів та інструменти для регіонального рівня.

Багаторівневі інструменти відновлюваної енергетики

Ці інструменти зазвичай є більш базовими і легко використовуваними, що робить їх підходящими для початківців та освітніх цілей. Вони забезпечують основні оцінки продуктивності і дозволяють користувачам моделювати вихід енергії на основі заданих параметрів системи. Основні параметри, які потрібно ввести, включають розташування сайту та дані про ресурси (наприклад, погодні дані), компоненти системи, тарифи на електроенергію та споживання енергії .

Інструменти для рівня районів

Ці інструменти є більш складними і враховують детальніші параметри, що дозволяє отримувати точніші результати. Вони можуть враховувати більшу кількість вхідних даних, таких як детальні фінансові параметри, системні витрати, рівень деградації системи, інвестиційні стимули та параметри обслуговування. Вони дозволяють детальніше планувати і оптимізувати розміри системи для досягнення цілей, таких як мінімізація вартості життєвого циклу або максимізація скорочення викидів вуглецю .

Інструменти для регіонального рівня – інструменти призначені для великомасштабних проектів і можуть застосовуватися на національному рівні. Вони використовують більш складні моделі, що включають велику кількість

вхідних даних, таких як типи палива, опції інвестицій, витрати на експлуатацію та точні дані про навантаження на сайт. Ці інструменти дозволяють аналізувати і планувати великі системи з урахуванням широкого спектра факторів .

Вибір відповідного інструмента для оцінки можливостей використання відновлюваної енергетики залежить від типу технології, складності проекту, рівня підготовки користувача та доступних даних. Різні інструменти мають різні підходи до моделювання, обмеження, вимоги до вхідних даних і типові вихідні дані. Наприклад, для оцінки невеликих систем можуть використовуватися багаторівневі інструменти, тоді як для великих проектів на районному або регіональному рівні потрібні більш детальні моделі .

Можно зазначили що інструменти та програмні засоби для моделювання і симуляції систем відновлюваної енергетики є важливими для оцінки, аналізу та оптимізації потенційного енергетичного і економічного впливу таких систем. Вибір відповідного інструмента дозволяє ефективніше планувати і реалізовувати проекти, що сприяє досягненню поставлених цілей з мінімальними витратами та максимальним зменшенням екологічного впливу.

Таким чином, розуміння різних типів інструментів для моделювання і симуляції систем відновлюваної енергетики, а також їх можливостей і обмежень є ключовим для успішного впровадження таких систем на різних рівнях складності і масштабу .

1.4.3 Підходи до моніторингу та аналізу даних

Моніторинг та аналіз даних є важливими компонентами управління системами альтернативної енергетики, забезпечуючи підтримку їх ефективності та надійності. Особливо це стосується сонячних батарей, де аналіз даних на основі технологій штучного інтелекту (ШІ) та великих даних (Big Data) використовується для покращення інтеграції відновлюваної енергії в інтелектуальні мережі (Smart Grids) [6].

Інтелектуальні мережі (Smart Grids) представляють собою сучасну електричну мережу, яка використовує цифрові технології для покращення ефективності, надійності та безпеки електропостачання. Вони інтегрують традиційні енергетичні джерела з відновлюваними, а також використовують розподілені енергетичні ресурси, такі як сонячні батареї та вітрові турбіни, для забезпечення оптимального балансу між виробництвом і споживанням енергії.

Однією з ключових характеристик інтелектуальних мереж є здатність до двостороннього зв'язку між виробниками та споживачами енергії. Це дозволяє більш точно керувати попитом і пропозицією енергії, зменшуючи навантаження на мережу під час пікових періодів та підвищуючи загальну ефективність системи. Інтелектуальні мережі також використовують передові системи моніторингу та аналізу даних для виявлення та усунення несправностей у реальному часі, що забезпечує більш високу надійність і стабільність електропостачання.

Крім того, Smart Grids сприяють інтеграції відновлюваних джерел енергії, забезпечуючи їх ефективне включення в загальну енергетичну систему. Це допомагає зменшити залежність від викопних видів палива та зменшити викиди парникових газів. Завдяки використанню сучасних технологій, інтелектуальні мережі здатні забезпечувати більш стійке та екологічно чисте енергетичне майбутнє.

Сучасні дослідження демонструють, що застосування ШІ та великих даних для моніторингу сонячних батарей є надзвичайно ефективним. Ці технології дозволяють прогнозувати продуктивність сонячних батарей, аналізуючи великі обсяги даних про виробництво енергії, погодні умови та технічні характеристики системи. ШІ також здатний автоматично виявляти відхилення від нормальної роботи системи, що може свідчити про можливі несправності або зношеність компонентів. Крім того, використання великих даних допомагає оптимізувати налаштування системи, щоб забезпечити максимальну ефективність роботи за різних умов експлуатації.

Моніторинг стану систем альтернативної енергетики зазвичай включає безперервне відстеження параметрів роботи з метою підтримки оптимальної продуктивності та виявлення потенційних проблем. Регулярний моніторинг дозволяє вчасно виявляти зниження ефективності виробництва енергії, що може бути спричинено зношеністю або несправностями компонентів системи. Також неблагоприятні погодні умови, такі як сильні вітри, град або значні перепади температур, можуть пошкодити компоненти системи. Моніторинг дозволяє вчасно виявляти такі пошкодження та проводити необхідні ремонтні роботи. Регулярні перевірки та технічне обслуговування на основі даних моніторингу допомагають підтримувати високий рівень надійності системи та запобігати виникненню серйозних поломок.

Таким чином, моніторинг та аналіз даних є ключовими елементами для забезпечення ефективної та надійної роботи систем альтернативної енергетики. Особливо важливим є використання сучасних технологій, таких як штучний інтелект та великі дані, для аналізу продуктивності сонячних батарей. Це дозволяє не лише підтримувати високий рівень продуктивності, але й забезпечувати своєчасне виявлення та усунення потенційних проблем, що сприяє довговічності та надійності систем альтернативної енергетики.

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ ТА ПРАКТИЧНІ ПРИКЛАДИ ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Перед тим, як вийти на конкретні технологічні інновації, варто розглянути загальний контекст розвитку альтернативної енергетики. Обговорення ефективності й економічного впливу нових технологій в цій галузі передбачає визначення загальних тенденцій та перспектив розвитку.

2.1 Технологічні інновації в галузі альтернативної енергетики

2.1.1 Стан досліджень та розвитку сонячної енергії

Згідно з науковою статтею "Advances in Solar Energy towards Efficient and Sustainable Energy", сонячна енергія відіграє ключову роль у контексті пошуку сталого вирішення енергетичних потреб, особливо у зв'язку з нестабільністю клімату та негативними наслідками використання традиційних джерел енергії [7].

Стаття проводить аналіз сучасного стану досліджень у сфері сонячної енергії, виокремлюючи декілька ключових аспектів.

Актуальність сонячної енергії полягає в її ключовій ролі у вирішенні екологічних проблем та вимог сталого розвитку, які постають перед сучасним світом. В контексті загострення змін клімату та нестабільності екологічної ситуації, використання сонячної енергії набуває особливої актуальності. Ця форма альтернативної енергії стає важливим інструментом для зменшення викидів та забруднення довкілля, сприяючи переходу до сталого та екологічно безпечного енергетичного майбутнього.

Зрілість сонячної енергії, сонячна енергія вважається однією з найбільш зрілих та широко визнаних форм альтернативної енергії, що свідчить про її великий потенціал у забезпеченні сталого виробництва електроенергії.

Бібліометричний аналіз, проведено бібліометричний аналіз досліджень сонячної енергії з 1995 по 2020 рік, що дозволяє виділити основні напрямки та тенденції у цій галузі.

Основні напрямки досліджень, дослідження відзначає дев'ять ключових напрямків, включаючи оцінку сталості, оптимізацію енергетичних систем, застосування сонячної енергії та інші.

Подальші дослідження, стаття закликає до подальших досліджень у галузі сонячної енергії, зокрема в напрямку дослідження нових відновлюваних сонячних ресурсів та вирішення майбутніх викликів сталості енергетики.

2.1.2 Інноваційні розробки у вітровій енергетиці

За даними досліджень, присвячених інноваційним розробкам у вітровій енергетиці, спостерігається висока активність у цьому напрямку [8][9]. Прогнозується, що у найближчі 2-3 десятиліття вертикальні вітрові турбіни можуть стати домінуючою технологією в цій галузі. Вони вимагають менше земельної площі та здатні генерувати більше енергії на одній і тій же території порівняно з горизонтальними турбінами.

Протягом останніх 3-4 десятиліть є великий приріст потужності вітрових турбін, що збільшить потребу в системах зберігання енергії. Разом з багатьма іншими системами зберігання енергії, паливні елементи та батареї є двома найбільш перспективними пристроями для задоволення попиту на системи відновлюваної енергії.

Аналіз патентів та бібліографічний огляд свідчать про швидкий розвиток технологій у секторі вітрової енергії. Виявлено, що зареєстровано значну кількість

патентів, особливо в Сполучених Штатах та Китаї, що свідчить про зростання інтересу до цієї галузі.

Згідно аналізу патентів, ключові напрямки розвитку вітрових технологій включають в себе використання вертикальних турбін, синхронізацію їх роботи, а також збільшення розмірів турбін для досягнення більшої ефективності. Прогнозується, що у майбутньому вітрові турбіни матимуть велику висоту (понад 194 метри) та діаметр ротора (понад 164 метри), а потужність однієї турбіни перевищить 10 мегават.

Особлива увага приділяється використанню наноматеріалів у виготовленні лопатей турбін для забезпечення їх легкості та міцності. Крім того, прогнозується застосування гібридних матеріалів у будівництві веж вітрових турбін, що поєднують в собі сталь і бетон.

2.1.3 Інженерні новації у гідроенергетиці

Актуальність розвитку гідроенергетики полягає у необхідності вдосконалення технологій та практик з метою зробити цю галузь більш гнучкою та стійкою з точки зору сталого розвитку. Останні роки були відзначені значними технологічними розробками, спрямованими на поліпшення продуктивності, довговічності та надійності гідроенергетичних систем. У статті "Emerging and Innovative Materials for Hydropower Engineering Applications: Turbines, Bearings, Sealing, Dams and Waterways, and Ocean Power" запропоновано систематичне обговорення новітніх матеріалів для гідроенергетичних застосувань та їх характеристик, переваг та обмежень [10].

Нові матеріали для гідроенергетичних застосувань виявляються ефективними засобами зниження ваги сталевого обладнання на 50-80%, зменшення гідравлічних втрат на 4-20% та зниження зношування підшипників на 6%. Ці покращення призводять до підвищення ефективності роботи, збільшення терміну служби, зменшення відходів та потреб у обслуговуванні, хоча вартість

деяких матеріалів на даний момент ще не конкурентоспроможна порівняно з традиційними матеріалами.

У статті детально описані такі категорії нових матеріалів – нові матеріали для турбін, дамб і водних шляхів, підшипників, ущільнень та гідравлічних мереж.

2.1.4 Інновації у сфері акумуляції енергії

Сучасні системи зберігання енергії відіграють ключову роль у забезпеченні стабільної роботи відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні та вітрові електростанції. Завдяки їм можна зберігати надлишкову енергію, вироблену під час пікових періодів, і використовувати її у періоди, коли виробництво енергії є недостатнім. Це сприяє підвищенню ефективності та надійності енергосистем, що особливо важливо в умовах зростаючого попиту на екологічно чисті джерела енергії.

Дослідження "Economic Aspects of Innovations in Energy Storage" акцентує увагу на тому, що енергозберігаючі системи стають перспективним методом вирішення глобальних енергетичних проблем у різних сферах застосування [11]. Проте на шляху до широкого впровадження таких систем стоять як технічні, так і нетехнічні бар'єри. Важливо ідентифікувати інноваційні процеси, механізми та системи, які дозволяють енергозберігаючим технологіям не лише вирішувати енергетичні проблеми, але й сприяти промислому зростанню. Піонерами у цій сфері є такі компанії, як Tesla Motors та SolarCity, які розробляють передові рішення для зберігання енергії, такі як домашня батарея Powerwall.

Крім традиційних акумуляторів, існує безліч інших систем зберігання енергії, які можуть бути використані для цих цілей. Наприклад, гравітаційні системи зберігання енергії використовують принцип підйому вантажу на певну висоту для накопичення енергії. Коли виникає потреба в електроенергії, вантаж опускається, генеруючи електрику через генератори. Цей екологічно чистий метод зберігання енергії не вимагає використання хімічних матеріалів.

Технологічні інновації у цій сфері включають розробку літій-іонних акумуляторів, які використовуються в електромобілях та домашніх системах зберігання енергії завдяки їх високій енергоємності та тривалому терміну служби. Твердотільні батареї, які можуть стати заміною літій-іонних акумуляторів у майбутньому, мають вищу енергетичну щільність і є безпечнішими у використанні, оскільки не містять рідких електролітів. Інші інноваційні рішення включають теплові накопичувачі, які використовують надлишкову енергію для нагріву матеріалів, що зберігають тепло і можуть перетворювати його назад в електрику, коли це необхідно. Системи на основі стисненого повітря використовують електрику для стиснення повітря в підземних резервуарах, а потім випускають його через турбіни, генеруючи електрику.

Розвиток технологій зберігання енергії має значне економічне значення. Інновації у цій сфері сприяють зниженню вартості зберігання енергії, підвищенню ефективності енергетичних систем та створенню нових робочих місць у сфері високих технологій. Впровадження нових технологій забезпечує більш стабільне постачання енергії та знижує залежність від викопних джерел енергії.

Загалом, інновації у сфері зберігання енергії є важливим компонентом розвитку відновлюваних джерел енергії. Новітні технології, такі як твердотільні батареї, гравітаційні системи зберігання енергії та теплові накопичувачі, мають великий потенціал для підвищення ефективності та надійності енергосистем. Економічна привабливість цих технологій сприяє їх швидкому впровадженню та широкому застосуванню у майбутньому.

2.2 Практичні приклади впровадження альтернативної енергетики в житлових будинках

2.2.1 Аналіз успішних проектів впровадження сонячних електростанцій у житлових будинках

Успішна установка сонячних панелей включає декілька ключових факторів. Сучасні опції сонячної енергії роблять цей процес менш стресовим і більш вигідним для власників будинків. Встановлення сонячних панелей допомагає зменшити вуглецевий слід будинку, знизити витрати на енергію, мінімізувати забруднення та створити безпечне і чисте середовище для майбутніх поколінь. За прогнозами Solar Energy Industries Association (SEIA) , потужність сонячної енергії зросте на 160 ГВт протягом наступних п'яти років [12].

Як зазначає Бекка Джонс-Альбертус, директор Solar Energy Technologies Office в Міністерстві енергетики США, в США приблизно 3 мільйони сонячних енергосистем встановлено на дахах будинків, і щорічно встановлюється близько 400 000 нових систем. Щоб забезпечити успішну установку, важливо дотримуватися правильного процесу і досягати бажаного виходу енергії, включаючи найм ліцензованого електрика, дотримання правильних процедур установки та планування фінальної перевірки .

Перед початком установки необхідно ретельно оцінити переваги та недоліки використання сонячної енергії для вашого будинку. Національна лабораторія відновлюваної енергії (NREL) активно працює над майбутнім, що живиться від чистої енергії. Важливо знайти ліцензованого і досвідченого підрядника, який зможе відвідати ваш дім, виконати установку та керувати процесом гарантії. Проведення енергетичного аудиту є ефективним методом для розуміння споживання енергії вашим будинком і виявлення можливостей для заощадження грошей на рахунках за комунальні послуги .

Щоб подолати потенційну перешкоду високої початкової вартості встановлення сонячних панелей, рекомендується скористатися податковими пільгами. Завдяки зниженню вартості сонячної енергії порівняно з традиційною електрикою, урядові ініціативи, такі як федеральний податковий кредит на інвестиції (ІТС) та інші державні програми підтримки сонячної енергії, були впроваджені для заохочення інвестування в сонячну енергію .

Для забезпечення успішної установки PV-панелей важливо дотримуватися систематичного підходу. Установка сонячних панелей не повинна проводитися поспіхом або легковажно. Хоча найм професійного установника сонячних панелей може забезпечити відчуття безпеки, важливо уникати скорочень і забезпечити правильне виконання кожного етапу процесу установки від початку до кінця .

Освіта у сфері установки сонячних панелей є ключовою для прийняття обґрунтованих рішень і забезпечення установки найбільш підходящих панелей для вашого будинку. Ознайомлення з такими концепціями, як прив'язані до мережі та автономні системи, інвертори сонячної енергії, а також відмінності між моно- та полікристалічними PV-модулями, допоможе уникнути збоїв у системі та забезпечити її оптимальну продуктивність .

Для забезпечення своєчасного отримання дозволів від місцевих органів влади на встановлення сонячних панелей важливо заздалегідь підготувати всі необхідні документи. Планування майбутнього обслуговування та моніторингу системи PV є ключовим для максимального використання переваг вашої сонячної установки. Обов'язково дотримуйтеся графіка оглядів сонячних панелей та дотримуйтеся його для забезпечення оптимальної продуктивності та довговічності вашої сонячної системи .

Щоб визначити успішність вашої системи сонячних панелей, важливо розрахувати час окупності, що означає тривалість, необхідну для повернення ваших початкових інвестицій. Перед остаточним завершенням установки сонячної системи важливо забезпечити її безпеку та отримати відповідне страхове покриття. Усі електричні пристрої та проводка повинні бути встановлені з

дотриманням міжнародних стандартів безпеки, щоб уникнути втручання в інші системи або обладнання та мінімізувати ризик нещасних випадків або пошкоджень .

В цілому, успішне впровадження сонячних проектів вимагає ретельного планування та проведення досліджень. Установка нової системи сонячних панелей може бути фінансово вигідною інвестицією, яка сприяє зниженню витрат і зменшенню вуглецевого сліду .

2.2.2. Використання гібридних систем для максимізації енергоефективності

Використання гібридних енергетичних систем для житлових будинків стає все більш популярним завдяки їхній здатності максимально ефективно використовувати відновлювані джерела енергії. Одним із прикладів такого підходу є проекти, які поєднують сонячні панелі та вітрові генератори. Ці гібридні системи можуть забезпечувати стабільне енергопостачання, оскільки вони здатні компенсувати нестабільність виробництва енергії від кожного з окремих джерел.

У дослідженні, проведеному в місті Дамган, Іран, було розглянуто чотири різні моделі гібридних енергетичних систем, що включають комбінацію фотоелектричних панелей, вітрових турбін та дизельних генераторів. Це дослідження показує, що PV-вітрова система має найбільшу продуктивність, виробляючи 18,478 кВт·год на рік, у той час як PV-дизельна система має найнижчу продуктивність з 9,876 кВт·год на рік. З екологічної точки зору, PV-дизельна система виробляє найбільше забруднення (2,402 кг на рік), а PV-вітрова система взагалі не виробляє забруднення [13].

Такі результати свідчать про значні переваги довгострокового планування та інвестування у відновлювані джерела енергії для житлових будинків. Встановлення гібридних систем дозволяє не лише знизити витрати на електроенергію, але й мінімізувати вплив на навколишнє середовище.

Ключовими аспектами успішного впровадження гібридних систем є правильне моделювання, оптимізація та симуляція системи. Це дозволяє забезпечити максимальну ефективність виробництва енергії та мінімізацію витрат. Використання програмного забезпечення, такого як HOMER, може допомогти в цьому процесі, надаючи точні розрахунки та аналіз продуктивності різних комбінацій відновлюваних джерел енергії [13].

Таким чином, впровадження гібридних систем у житлових будинках є надійним шляхом до досягнення енергетичної стійкості та ефективності. Враховуючи місцеві умови, такі як середня швидкість вітру та сонячна радіація, ці системи можуть бути налаштовані для максимального використання доступних ресурсів, забезпечуючи надійне та екологічно чисте енергопостачання.

2.2.3 Деталізація функціонування систем

Гібридні енергетичні системи, що поєднують сонячні панелі та вітрові турбіни, є перспективним напрямком у розвитку відновлюваних джерел енергії для житлових будинків. Такі системи мають значні переваги, оскільки дозволяють ефективно використовувати ресурси, компенсуючи недоліки одного типу генерації енергії за рахунок іншого. У цьому розділі ми детально розглянемо компоненти гібридних систем, їх функціонування та взаємодію, а також надамо візуальні схеми для кращого розуміння процесів.

Компоненти гібридної системи:

- сонячні панелі
- вітрові турбіни
- контролер заряду (Charge Controller)
- акумулятори (Batteries)
- інвертор (Inverter)
- панель управління (Control Panel)
- резервний генератор (Back-up Generator)

Сонячні панелі (фотоелектричні модулі) перетворюють сонячне світло в електричний струм за допомогою фотоелектричного ефекту. Вироблений постійний струм (DC) надходить до контролера заряду.

Вітрові турбіни використовують кінетичну енергію вітру для генерації електроенергії. Вироблений змінний струм (AC) випрямляється за допомогою випрямляча (AC/DC Rectifier) для подальшого використання.

Контролер заряду регулює потік електроенергії від сонячних панелей і вітрових турбін до акумуляторів, захищаючи їх від перезаряду і глибокого розряду. Він також забезпечує оптимальний заряд батарей.

Акумулятори зберігають електроенергію, вироблену сонячними панелями та вітровими турбінами. Це дозволяє використовувати збережену енергію в періоди, коли генерація недостатня (наприклад, вночі або в безвітряні дні).

Інвертор перетворює постійний струм (DC) з акумуляторів в змінний струм (AC), який може використовуватися для живлення побутових приладів. Це ключовий компонент для забезпечення сумісності з стандартними електричними системами будинку.

Панель управління координує роботу всіх компонентів системи, забезпечуючи стабільність та ефективність її функціонування. Вона також містить безперебійне живлення (UPS), що забезпечує стабільне постачання електроенергії навіть у випадку непередбачених обставин.

Резервний генератор використовується як додаткове джерело енергії у випадку недостатньої генерації від сонячних панелей і вітрових турбін. Він забезпечує безперервність постачання електроенергії під час аварійних ситуацій.

Принцип роботи гібридної системи – дана система працює за рахунок взаємодії всіх перерахованих компонентів. Коли сонячне світло доступне, сонячні панелі генерують електроенергію, яка зберігається в акумуляторах. У той же час, вітрові турбіни генерують електроенергію, коли є вітер, що також зберігається в акумуляторах після випрямлення.

Контролер заряду регулює потік електроенергії від обох джерел до акумуляторів, запобігаючи їх перезаряду. Інвертор перетворює постійний струм з акумуляторів в змінний для живлення побутових приладів. Панель управління забезпечує ефективне керування всіма процесами, а резервний генератор може вмикатися в разі потреби.

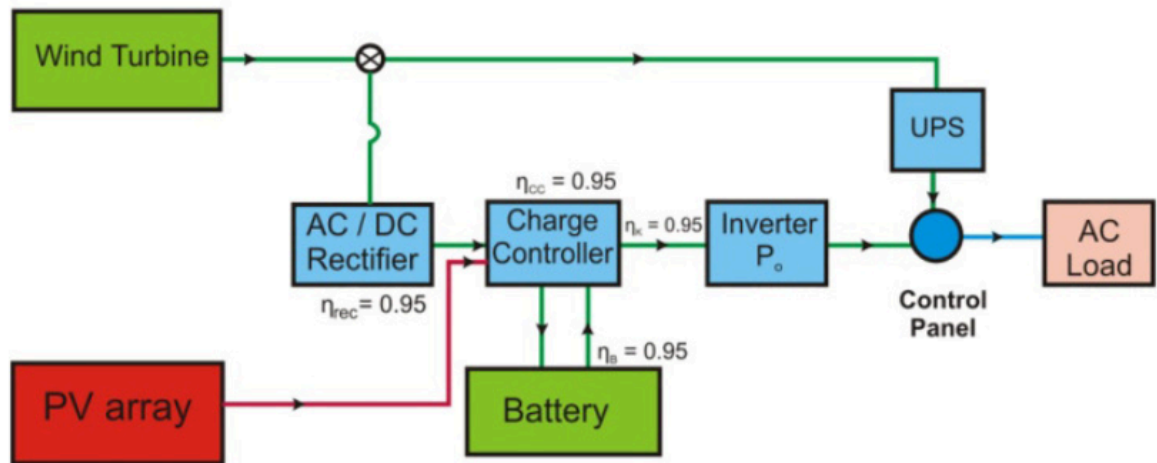


Рис 2.1 Схема гібридної системи [14]

Компоненти:

- Сонячні панелі (Solar Panels)
- Вітрові турбіни (Wind Turbines)
- Контролер заряду (Charge Controller)
- Акумулятори (Batteries)
- Інвертор (Inverter)
- Панель управління (Control Panel)
- Випрямляч змінного/постійного струму (AD/DC Rectifier)

Також при необхідності можна додати в цю схему резервний генератор, що використовують тільки в крайньому випадку.

Переваги гібридної системи:

- Гібридні системи забезпечують високу ефективність використання відновлюваних джерел енергії, компенсуючи недоліки одного джерела за рахунок іншого.

– Використання декількох джерел енергії та акумуляторів забезпечує безперебійне постачання електроенергії.

– Гібридні системи дозволяють зменшити витрати на електроенергію та знизити вуглецевий слід.

Недоліки гібридної системи:

– Інвестиції в обладнання та встановлення можуть бути значними.

– Системи потребують регулярного обслуговування для забезпечення їх надійної роботи.

Гібридні енергетичні системи, що поєднують сонячні панелі та вітрові турбіни, є ефективним рішенням для забезпечення житлових будинків відновлюваною енергією. Детальне розуміння компонентів та принципів їх взаємодії дозволяє оптимально використовувати ці системи, забезпечуючи стабільне та економічно вигідне постачання електроенергії.

3 РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

3.1 Аналіз вимог та умов оптимізації використання електроенергії

3.1.1 Визначення критеріїв ефективності

Ефективність системи альтернативної енергетики можна оцінювати за допомогою кількох ключових критеріїв. Нижче наведені основні параметри, які можуть бути використані для визначення ефективності.

Економічний ефект системи визначається шляхом оцінки економії коштів, яку забезпечує система у порівнянні з традиційними джерелами енергії. Для цього враховуються:

- Вартість встановлення системи, початкові інвестиції, необхідні для закупівлі та встановлення обладнання.
- Вартість обслуговування, регулярні витрати на обслуговування та ремонт системи.

Економія на рахунках за електроенергію, сума коштів, яка зекономлюється завдяки використанню альтернативних джерел енергії.

Економічний ефект може бути розрахований як чиста економія або як період окупності інвестицій.

2. Коефіцієнт корисної дії (ККД)

ККД системи визначає, наскільки ефективно вона перетворює вироблену енергію в корисну електроенергію. ККД розраховується як відношення корисної енергії, отриманої на виході системи, до загальної енергії, виробленої системою. Враховуються наступні аспекти.

Вироблення енергії – загальна кількість енергії, виробленої сонячними панелями та вітровими турбінами.

Втрати енергії – втрати енергії під час зберігання в акумуляторах, перетворення

Показник самодостатності та корисності, цей критерій оцінює, наскільки система здатна працювати автономно без зовнішніх джерел енергії та наскільки вона корисна у різних умовах. Основні показники.

Автономність – здатність системи забезпечувати стабільне електропостачання без необхідності частого поповнення ресурсів (на відміну від систем на основі генераторів з дизельним або бензиновим паливом).

Гнучкість розгортання – можливість встановлення системи у різних умовах та географічних місцях, незалежно від наявності інфраструктури.

Екологічність – зниження викидів парникових газів та інших шкідливих речовин у порівнянні з традиційними джерелами енергії.

Цей показник також враховує соціальну та екологічну користь від використання системи.

Розглядаючи ці критерії ефективності, можна отримати всебічну оцінку роботи системи альтернативної енергетики. Такий підхід дозволяє визначити не лише економічні вигоди, але й технологічну ефективність та соціально-екологічну користь, що забезпечує повне розуміння ефективності та доцільності впровадження таких систем.

3.2 Розробка та реалізація алгоритмів управління та оптимізації

3.2.1 Алгоритми розподілу енергії

Існують два основних способи реалізації алгоритмів розподілу енергії в системах управління енергоспоживанням:

– Алгоритми на основі правил (Rule-based Algorithms)

– Алгоритми на основі штучного інтелекту (AI-based Algorithms)

Алгоритми на основі правил працюють за попередньо визначеними умовами та логічними правилами, які визначають, як і коли розподіляти енергію. Для цього спочатку визначаються правила, що враховують різні умови, такі як час доби, рівень зарядки акумуляторів, доступна потужність від різних джерел енергії та попит на енергію. Потім встановлюються пріоритети використання різних джерел енергії. Наприклад, спочатку використовується енергія сонячних панелей та вітрових турбін, і лише в останню чергу – енергія від мережі або дизельного генератора. Далі задаються умови для зарядки і розрядки акумуляторів. Наприклад, якщо рівень зарядки дорівнює 100%, надлишок енергії спрямовується до мережі, а якщо рівень падає нижче 20%, система перемикається на альтернативні джерела (зовнішня електромережа чи стандартні генератори). Також встановлюються правила для обробки надзвичайних ситуацій, таких як відсутність енергії від основних джерел або поломка обладнання. Основні переваги алгоритмів на основі правил полягають у їх простоті та прозорості, вони легко реалізуються та налаштовуються, особливо для невеликих систем, а також зрозумілі для користувачів, які можуть легко змінити правила при необхідності.

Алгоритми на основі штучного інтелекту використовують методи машинного навчання та інші AI-технології для автоматичного прийняття рішень щодо розподілу енергії. Для цього спочатку збираються великі обсяги даних про енергоспоживання, виробництво енергії, погодні умови та інші релевантні фактори. Потім на основі зібраних даних алгоритми машинного навчання навчаються прогнозувати майбутнє споживання енергії та виробництво енергії від різних джерел.

Далі AI-алгоритми використовують ці прогнози для оптимізації розподілу енергії в режимі реального часу, враховуючи численні фактори та обмеження. Вони також можуть адаптуватися до змін в умовах і покращувати свої рішення на основі нових даних. Основні переваги алгоритмів на основі штучного інтелекту полягають у їх точності та адаптивності, вони забезпечують більш точне і

ефективне управління енергоспоживанням, а також можуть адаптуватися до змін в умовах і вдосконалювати свої рішення з часом.

Для цієї системи було обрано алгоритм на основі правил, оскільки він є більш простим у налаштуванні та добре підходить для невеликих систем. Використання алгоритмів на основі правил дозволяє легко визначити та налаштувати умови і пріоритети розподілу енергії, що забезпечує ефективне управління енергоспоживанням без необхідності у складних обчислювальних ресурсах та великих обсягах даних.

3.2.1.1 Теоретичне обґрунтування алгоритмів

Алгоритм розподілу енергії – це сукупність правил та процедур, які використовуються для ефективного керування енергетичними ресурсами в системах, що використовують різні джерела енергії, такі як сонячні панелі, вітрові турбіни, акумуляторні батареї та інші. Основною метою таких алгоритмів є забезпечення стабільного та безперебійного постачання електроенергії, оптимізація використання доступних ресурсів, зменшення витрат на енергопостачання та мінімізація негативного впливу на довкілля.

Алгоритми розподілу енергії відіграють ключову роль у функціонуванні сучасних енергетичних систем, зокрема тих, що використовують відновлювані джерела енергії. Вони потрібні для наступних дій.

Оптимізації використання ресурсів:

- Забезпечують ефективне використання доступних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова та акумуляторна, з метою максимізації продуктивності системи.
- Допомагають зменшити витрати на енергопостачання шляхом зменшення залежності від дорогих або обмежених ресурсів.

Забезпечення стабільності системи:

- Підтримують баланс між виробництвом та споживанням енергії, запобігаючи перенавантаженням та недостачі енергії.

– Забезпечують безперебійне постачання електроенергії навіть у випадку непередбачуваних змін у виробництві або споживанні енергії.

Підвищення енергоефективності:

– Зменшують втрати енергії під час її передачі та розподілу.

– Використовують прогнози для оптимізації роботи системи, що дозволяє мінімізувати втрати та підвищити загальну ефективність.

Зменшення впливу на довкілля:

– Сприяють зменшенню викидів парникових газів шляхом максимального використання відновлюваних джерел енергії.

– Допомагають зменшити залежність від викопних палив та інших джерел енергії, які мають негативний вплив на довкілля.

Планування та прогнозування:

– Допомагають передбачати майбутні потреби в енергії та виробництво, що дозволяє краще планувати розподіл ресурсів.

– Використовують дані про погоду, споживання енергії та інші фактори для точного прогнозування та прийняття рішень.

3.2.1.2 Реалізація алгоритмів (приклад коду)

```
// Пріоритет використання джерел енергії
if (totalProduction >= loadDemand && batteryLevel == 100) {
  Serial.println("Використовується енергія сонячних панелей та вітрових турбін для передачі надлишків в мережу.");
} else if (solarPower + windPower >= loadDemand) {
  Serial.println("Використовується енергія сонячних панелей та вітрових турбін для внутрішнього використання.");
} else {
  // Якщо рівень заряду менше 20%, перемикаємось на мережу
  int gridPower = abs(energyDeficit);
  Serial.print("Використовується енергія з мережі: ");
  Serial.print(gridPower);
  Serial.println("W");
  Serial.println("Використовується енергія мережі або генератора.");
}
```

Рисунок 3.1- частина коду, що стосується розподілення енергії у стандартних ситуаціях

Даний код на рис 3.1 реалізує поведінку системи у трьох базових випадках:

- Батареї заряджені та профіцит енергії, надлишки енергії передаються у мережу

- Профіцит енергії та зарядка батарей

- Дефіцит енергії, нестача енергії компенсується мережею або генератором

3.2.2 Алгоритми накопичення та збереження енергії

3.2.2.1 Теоретичне обґрунтування алгоритмів

Накопичення та збереження енергії є ключовими аспектами ефективного використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі та вітрові турбіни. Це обумовлено нерівномірністю виробництва енергії від цих джерел: сонячні панелі генерують енергію тільки вдень, а вітрові турбіни можуть генерувати енергію залежно від вітрових умов, які не завжди передбачувані.

Основна мета алгоритмів накопичення та збереження енергії - забезпечити безперебійне та ефективне постачання електроенергії до споживачів, мінімізуючи втрати та максимізуючи використання доступних відновлюваних ресурсів.

Теоретичні підходи до розробки алгоритмів

Існують два основних підходи до реалізації систем накопичення та збереження енергії.

Алгоритми, засновані на правилах:

- Визначення пріоритетів джерел енергії, система визначає, які джерела енергії використовувати в першу чергу. Наприклад, першочергово використовуються сонячні панелі, потім - вітрові турбіни, і нарешті, якщо цих джерел недостатньо, використовується мережа або дизельний генератор.

- Зарядка акумуляторів, коли виробляється більше енергії, ніж споживається, надлишок спрямовується на зарядку акумуляторів. Якщо акумулятори заряджені на 80% і більше, надлишок енергії може спрямовуватись до мережі (якщо це дозволено).

– Використання енергії з акумуляторів, якщо рівень зарядки акумуляторів падає нижче 20%, система перемикається на альтернативні джерела енергії, такі як мережа або генератор.

Фізичні апаратні рішення:

– Інвертори та зарядні пристрої, використання інверторів та зарядних пристроїв для ефективного управління потоком енергії. Інвертори перетворюють постійний струм від сонячних панелей та акумуляторів на змінний струм для живлення побутових приладів.

– Батарейні системи зберігання енергії (BESS), використання сучасних технологій батарей для ефективного накопичення та зберігання енергії. Літій-іонні батареї є найпопулярнішими завдяки їх високій ефективності та довговічності.

Принципи розробки алгоритмів:

– Оптимізація використання відновлюваних джерел енергії, забезпечення максимально можливого використання енергії, виробленої відновлюваними джерелами, перш ніж звертатися до традиційних джерел.

– Максимізація ефективності зберігання, ефективне використання акумуляторних систем для зберігання надлишкової енергії та її подальшого використання під час пікових навантажень або низької виробничої активності.

– Забезпечення стабільності енергопостачання, алгоритми повинні враховувати потреби користувачів та забезпечувати стабільне постачання енергії без перебоїв.

3.2.2.2 Реалізація алгоритмів

Оскільки більшість таких систем доволі унікальні, прописувати логіку роботи не в абстрактних класах не має великого сенсу, адже реалізацію треба прописати під кожен випадок у ручному форматі на основі того, як спроектовано систему.

Конфігурації обладнання та специфічні вимоги кожної окремої установки можуть значно відрізнятися, що робить стандартизовану реалізацію абстрактних

класів неефективною. Тому реалізація функціоналу, такого як перенаправлення енергії в акумулятор, використання енергії акумулятора, перенаправлення надлишків в електромережу, або використання енергії з електромережі у випадку дефіциту та розрядженого акумулятора, повинна бути налаштована під конкретні технічні та експлуатаційні особливості кожної системи.

```
void controlEnergyDistribution() {
    if (energyDeficit < 0) {
        if (batteryLevel < 100)
            energyAccumulation();
        // Надлишок енергії, заряджаємо акумулятори
        else {
            energySell();
            // Надлишок енергії перенаправляється у мережу
        }
    } else {
        if (batteryLevel > 20)
            energyAccumDept();
        // Нестача енергії, використовуємо акумулятори
        else {
            energyDept();
            // Нестача енергії, рівень заряду менше 20%, перемикаємось на мережу
        }
    }
}
```

Рис 3.2 приклад коду в якому реалізується алгоритм накопичення та збереження енергії, в якому при необхідності передбачена взаємодія з зовнішнюю електромережею

3.3 Впровадження інноваційних технологій для оптимізації системи

3.3.1 Використання Інтернету речей (IoT) для моніторингу та управління

Впровадження інноваційних технологій, таких як Інтернет речей (IoT), є важливим кроком для оптимізації систем альтернативної енергетики. IoT дозволяє

підвищити ефективність, зменшити витрати та забезпечити більш точний контроль і моніторинг енергетичних систем.

Однією з головних переваг використання IoT є можливість моніторингу у реальному часі. IoT пристрої здатні безперервно збирати дані з різних компонентів системи, таких як сонячні панелі, вітрові турбіни, акумулятори та інвертори. Це дозволяє операторам аналізувати продуктивність системи в режимі реального часу, виявляти можливі проблеми та приймати оперативні рішення. Наприклад, якщо датчики на сонячних панелях фіксують зниження напруги, система може автоматично перемикає енергію з акумуляторів або вітрових турбін.

Автоматизація процесів є ще однією важливою перевагою IoT. Завдяки цій технології можна автоматизувати багато процесів у системі, таких як оптимізація заряду та розряду акумуляторів, перемикання між різними джерелами енергії, регулювання потужності генераторів. Крім того, IoT дозволяє здійснювати дистанційне управління системою через інтернет, що дає змогу операторам швидко реагувати на зміни умов або проблеми в роботі системи. Наприклад, у разі непередбачених обставин оператор може з будь-якої точки світу скоригувати налаштування системи, щоб забезпечити стабільне енергопостачання.

Підвищення ефективності використання ресурсів є ще однією значущою перевагою IoT. Технологія дозволяє оптимізувати використання енергії, спрямовуючи її туди, де вона найбільш потрібна, і зменшуючи втрати.

Для користувачів системи IoT забезпечують зручні інтерфейси, які дозволяють легко контролювати та налаштовувати параметри системи. Візуалізація даних у вигляді інформаційних панелей допомагає користувачам краще розуміти стан та продуктивність їхньої системи. Наприклад, власник будинку може в режимі реального часу бачити, скільки енергії виробляють його сонячні панелі та вітрові турбіни, скільки енергії зберігається в акумуляторах та як використовується ця енергія.

Реалізація IoT у системах альтернативної енергетики включає встановлення датчиків на сонячних панелях для вимірювання напруги, струму та температури, використання анемометрів та датчиків напрямку вітру на вітрових турбінах, збір даних з цих датчиків і відправлення їх на центральний сервер або хмарне сховище для подальшого аналізу, а також автоматичне регулювання параметрів системи на основі отриманих даних.

Впровадження IoT в системи альтернативної енергетики відкриває нові можливості для підвищення ефективності та надійності роботи таких систем, забезпечуючи при цьому зручність і простоту використання для кінцевих користувачів.

3.3.1.1. Приклади коду для моніторингу та управління енергією

```
void motionDetectedloop() {
  int motionDetected = digitalRead(pirPin);

  if (motionDetected == HIGH) {
    // Обнаружено рух
    lastMotionTime = millis();
    if (!lightState) {
      // Вкл світло
      digitalWrite(relayPin, HIGH);
      lightState = true;
      Serial.println("Світло ввімкнено");
    }
  } else {
    if (lightState && (millis() - lastMotionTime > delayTime)&&ManInRoom) {
      digitalWrite(relayPin, LOW);
      lightState = false;
      Serial.println("Світло вимкнено");
    }
  }
}
```

Рис 3.3 приклад коду для економії електроенергії на основі датчиків руху

```

void monitorEnvironment() {
    // Відстеження стану дверей
    int doorState = digitalRead(doorSensorPin);
    if (doorState == HIGH && isHome) {
        ManGoOut();
        isHome = false;
    } else if (doorState == LOW && !isHome) {
        ManGoingHome();
        isHome = true;
    }
}
}

```

Рис 3.4 приклад коду для призначення статусу людині (є він вдома чи ні)

```

void ManGoOut() {
    // Коли людина виходить з дому
    digitalWrite(heaterPin, LOW); // Вимкнути обігрівач
    digitalWrite(boilerPin, LOW); // Вимкнути бойлер
}

void ManGoingHome() {
    // Коли людина повертається додому
    digitalWrite(heaterPin, HIGH); // Увімкнути обігрівач
    digitalWrite(boilerPin, HIGH); // Увімкнути бойлер
}

```

Рис 3.5 приклад коду дій що реагують на статус людини (є він вдома чи ні)

3.3.2 Інтеграція смарт-мереж та розумних лічильників

Інтеграція смарт-мереж та розумних лічильників є важливим кроком для оптимізації використання та управління енергією в сучасних системах. Смарт-мережі (smart grids) забезпечують двосторонній обмін інформацією між постачальниками та споживачами енергії, що дозволяє значно підвищити ефективність енергосистеми. Розумні лічильники (smart meters) є невід'ємною частиною цих мереж, оскільки вони забезпечують точний облік споживання та виробництва енергії в режимі реального часу [15].

Основні переваги інтеграції смарт-мереж та розумних лічильників.

Розумні лічильники дозволяють користувачам стежити за своїм споживанням енергії в режимі реального часу. Це сприяє підвищенню енергоефективності, оскільки користувачі можуть коригувати своє споживання відповідно до актуальних тарифів та потреб.

Смарт-мережі дозволяють швидко виявляти та реагувати на проблеми в мережі, що зменшує ризик відключень та аварій. Розумні лічильники надають дані про якість електроенергії, що допомагає операторам мережі швидко виявляти та усувати проблеми.

Смарт-мережі дозволяють легко інтегрувати відновлювані джерела енергії, такі як сонячні панелі та вітряні турбіни. Розумні лічильники забезпечують точний облік виробництва та споживання енергії, що сприяє кращому балансуванню мережі.

Однією з ключових переваг інтеграції смарт-мереж є можливість продажу надлишкової енергії, виробленої домогосподарствами з відновлюваних джерел. Розумні лічильники точно фіксують обсяги виробленої та спожитої енергії, що дозволяє користувачам продавати надлишкову енергію постачальникам або іншим споживачам.

Розумні лічильники та смарт-мережі дозволяють автоматизувати процеси управління енергоспоживанням, такі як регулювання навантаження в пікові години або перерозподіл енергії між різними джерелами.

Необхідність інтеграції для продажу надлишків та купівлі енергії при дефіциті

Інтеграція смарт-мереж та розумних лічильників є критично важливою для ефективного управління надлишками та дефіцитом енергії. Коли система виробляє більше енергії, ніж споживає, розумні лічильники дозволяють автоматично спрямувати надлишок у мережу, що приносить додатковий дохід користувачам. У випадку дефіциту, система може автоматично переключитися на споживання

енергії з мережі, забезпечуючи безперервне постачання електроенергії без необхідності вручну контролювати процес.

Таким чином, інтеграція смарт-мереж та розумних лічильників не тільки підвищує ефективність та надійність енергосистем, але й забезпечує гнучкість та економічну вигоду для користувачів. Впровадження цих технологій є важливим кроком до створення стійкої та розумної енергетичної інфраструктури.

3.4 Обґрунтування економічної ефективності запропонованих рішень

3.4.1 Оцінка економічних витрат та вигод

Для обґрунтування економічної ефективності запропонованих рішень, важливо провести детальний аналіз економічних витрат та вигод, які отримуються від використання альтернативних джерел енергії, таких як сонячні панелі та вітрогенератори.

3.4.2 Аналіз окупності інвестицій

Оцінка окупності сонячної панелі

Вхідні дані:

- Вартість сонячної панелі дорівнює 4300 грн
- Максимальна потужність дорівнює 410 Вт
- Максимальна кількість годин, коли панель добре отримує світло це 8 годин

на день

- Ціна електроенергії в Україні дорівнює 2,64 грн/кВт-год

Розрахунки.

Щоденна виробітка енергії сонячною панеллю.

$$410 \text{ Вт} \times 8 \text{ годин} = 3280 \text{ Вт-год} = 3,28 \text{ кВт-год}$$

Щоденна вартість згенерованої енергії.

$$3,28 \text{ кВт-год} \times 2,64 \text{ грн/кВт-год} = 8,6592 \text{ грн}$$

Час окупності сонячної панелі.

$$4300 \text{ грн} / 8,6592 \text{ грн/день} \approx 496,63 \text{ дні}$$

Таким чином, сонячна панель окупиться приблизно за 497 днів.

Оцінка окупності вітрогенератора

Вхідні дані:

– Вартість вітрогенератора дорівнює 4000 грн

– Максимальна потужність дорівнює 200 Вт

– Ціна електроенергії в Україні дорівнює 2,64 грн/кВт-год

Розрахунки.

Щоденна виробітка енергії вітрогенератором (за умови, що він працює на повну потужність 24 години на добу).

$$200 \text{ Вт} \times 24 \text{ години} = 4800 \text{ Вт-год} = 4,8 \text{ кВт-год}$$

Щоденна вартість згенерованої енергії.

$$4,8 \text{ кВт-год} \times 2,64 \text{ грн/кВт-год} = 12,672 \text{ грн}$$

Час окупності вітрогенератора.

$$4000 \text{ грн} / 12,672 \text{ грн/день} \approx 315,68 \text{ дні}$$

Таким чином, вітрогенератор окупиться приблизно за 316 днів за умовою того що вітрогенератор буде працювати на своєму максимумі увесь час, однак це не можливо, а базуючись на інформації з “Photovoltaic Wind Hybrid System” вітрогенератори мають значні скачки потужності протягом всього часу роботи і якщо брати середнє значення то вітрогенератор працює в половину потужності весь рік, тому значення днів необхідних для того щоб окупитися, що ми отримали треба помножити в 2 рази для більш коректного значення [14].

$$316 \text{ днів} \times 2 = 632 \text{ днів}$$

Оцінка економічної ефективності запропонованих рішень показує, що інвестиції в сонячні панелі та вітрогенератори можуть окупитися досить швидко, що робить їх економічно доцільними. Сонячна панель окупиться приблизно за 497 днів, а вітрогенератор – за 632 днів. Це підтверджує, що використання

альтернативних джерел енергії не тільки сприяє зменшенню впливу на навколишнє середовище, але й є вигідним з економічної точки зору.

3.4.3 Вплив на економічну стабільність та енергетичну незалежність

Аналізуючи вплив впровадження систем оптимізації використання електроенергії, отриманої від альтернативних джерел, на економічну стабільність та енергетичну незалежність, слід виділити кілька ключових аспектів.

По-перше, економічна стабільність. Впровадження таких систем сприяє зниженню витрат на енергопостачання в довгостроковій перспективі [16]. Хоча початкові інвестиції у встановлення відновлюваних енергетичних установок можуть бути високими, з часом вони окупаються за рахунок зниження витрат на паливо та обслуговування. Це підтверджується дослідженнями, що демонструють значне зниження вартості технологій виробництва відновлюваної енергії завдяки технологічним інноваціям. Як наслідок, зменшуються витрати на виробництво електроенергії, що підвищує економічну стабільність на рівні як окремих домогосподарств, так і національної економіки в цілому.

По-друге, енергетична незалежність. Використання місцевих відновлюваних джерел енергії значно зменшує залежність від імпорتنих енергоресурсів, таких як нафта та газ. Це знижує вразливість країни до зовнішніх енергетичних шоків і коливань цін на світових ринках енергоносіїв [17]. Крім того, це дозволяє спрямовувати кошти, що витрачаються на імпорт енергії, на розвиток внутрішньої економіки, що ще більше підвищує економічну стабільність.

Важливо також зазначити, що розвиток сектору відновлюваної енергетики сприяє створенню нових робочих місць у сфері виробництва, монтажу та обслуговування енергетичних установок. Це позитивно впливає на соціально-економічний розвиток регіонів, підвищуючи зайнятість і рівень доходів населення.

Таким чином, впровадження систем оптимізації використання електроенергії від альтернативних джерел значно впливає на економічну стабільність та енергетичну незалежність країни, забезпечуючи довгострокову економічну вигоду та зменшуючи залежність від зовнішніх джерел енергії.

3.5 Висновки та рекомендації

3.5.1 Узагальнення результатів конструктивного розділу

Результати конструктивного розділу показали, що впровадження системи оптимізації використання електроенергії від альтернативних джерел сприяє підвищенню енергоефективності та економічної доцільності енергоспоживання.

Проведені дослідження дозволили визначити основні критерії ефективності, такі як енергоефективність, економічна доцільність, стабільність енергопостачання, екологічні показники та соціальні аспекти. Аналіз початкових даних та вхідних параметрів виявив, що існуючі технічні можливості дозволяють ефективно інтегрувати відновлювані джерела енергії в існуючу електромережу.

Також було розглянуто технічні, економічні, екологічні та соціальні обмеження, які необхідно враховувати для успішного впровадження системи. Це включає необхідність модернізації існуючих мереж, забезпечення фінансової підтримки та дотримання екологічних стандартів

3.5.2 Рекомендації щодо впровадження розроблених рішень

Для успішного впровадження системи оптимізації використання електроенергії необхідно здійснити декілька ключових кроків. Перш за все, важливо інвестувати в інфраструктуру, забезпечити фінансову підтримку для модернізації існуючих електромереж та встановлення відновлюваних енергетичних установок.

Розробка та впровадження нормативно-правових актів, які сприяють розвитку відновлюваної енергетики та забезпечують стимули для інвесторів, є ще одним важливим кроком. Організація кампаній для підвищення обізнаності населення про переваги відновлюваної енергетики та енергоефективності допоможе забезпечити широку підтримку ініціатив. Важливо також запровадити освітні програми та курси для підготовки фахівців у галузі відновлюваної енергетики та оптимізації енергоспоживання. Використання передових технологій, таких як системи моніторингу, керування енергією та Інтернет речей (IoT), дозволить підвищити стабільність енергопостачання.

Крім цього більш тісна інтеграція між IoT та системами контролю енергетики, дозволить підвищити як безпеку та і ефективність даних генераторів.

3.5.3 Пропозиції щодо подальших досліджень та вдосконалень

Для подальшого розвитку та вдосконалення системи оптимізації використання електроенергії необхідно продовжувати дослідження нових технологій у сфері відновлюваної енергетики. Важливо розробляти інтегровані системи, що поєднують різні види відновлювальної енергії для досягнення максимальної ефективності та стабільності. Аналіз довгострокових економічних, екологічних та соціальних ефектів від впровадження системи допоможе коригувати стратегії розвитку. Розробка нових методик оцінки ефективності та впливу відновлюваних енергетичних систем з урахуванням останніх технологічних досягнень та змін в економіці та екології також є важливим аспектом. Нарешті, сприяння міжнародному співробітництву дозволить обмінюватися досвідом та знаннями з міжнародними партнерами, що сприятиме впровадженню передового досвіду та технологій у сфері відновлюваної енергетики. Таким чином, рекомендації та пропозиції сприятимуть підвищенню ефективності та стабільності енергопостачання, а також забезпечують енергетичну незалежність та економічну стабільність країни.

ВИСНОВКИ

Результати дослідницької роботи свідчать про важливість розробки ефективних алгоритмів управління енергоспоживанням для систем альтернативної енергетики. Під час дослідження було виконано всебічний аналіз сучасних методів управління енергоспоживанням, що дало змогу визначити найбільш перспективні підходи для оптимізації використання альтернативних джерел енергії. Було розроблено нові алгоритми розподілу та накопичення енергії, які враховують специфіку різних типів альтернативних джерел і забезпечують ефективне управління енергоспоживанням.

Моделювання та тестування запропонованих алгоритмів підтвердили їх ефективність та здатність адаптуватися до змінних умов експлуатації. Крім того, проведена оцінка економічної ефективності показала високу рентабельність розроблених рішень і їх здатність знижувати витрати на енергетичні ресурси. Завдяки цьому розроблені алгоритми сприяють підвищенню енергетичної незалежності та економічної стабільності підприємств, що використовують системи альтернативної енергетики.

Практичні рекомендації щодо впровадження розроблених алгоритмів управління енергоспоживанням стосуються підприємств і домогосподарств, які використовують системи альтернативної енергетики. Впровадження цих рішень дозволить оптимізувати використання енергетичних ресурсів, знизити витрати на їх експлуатацію та підвищити надійність енергопостачання. Особливо важливо впроваджувати ці алгоритми в умовах України, де питання енергетичної безпеки є надзвичайно актуальним.

Впровадження розроблених рішень є доцільним, оскільки вони демонструють високу ефективність і можливість адаптації до різних умов експлуатації. Подальше використання запропонованих алгоритмів сприятиме

зниженню енергетичної залежності від зовнішніх постачальників і підвищенню економічної стабільності підприємств.

Пропозиції щодо подальших досліджень включають удосконалення розроблених алгоритмів з урахуванням нових технологічних досягнень у галузі альтернативної енергетики та розширення їх застосування на інші типи енергетичних систем. Перспективним напрямом є дослідження можливостей інтеграції розроблених алгоритмів з існуючими системами управління енергоспоживанням та їх адаптація до умов різних регіонів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. WU, Hao; WANG, Zuankai; ZI, Yunlong. Multi-mode water-tube-based triboelectric nanogenerator designed for low-frequency energy harvesting with ultrahigh volumetric charge density. *Advanced Energy Materials*, 2021, 11.16: 2100038.
2. ELIA, A., et al. Impacts of innovation on renewable energy technology cost reductions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021, 138: 110488.
3. ALGARNI, Salem, et al. Contribution of renewable energy sources to the environmental impacts and economic benefits for sustainable development. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 2023, 56: 103098.
4. BOROUMANDJAZI, G., et al. A review on the relation between the energy and exergy efficiency analysis and the technical characteristic of the renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012, 16.5: 3131-3135.
5. TOZZI JR, Peter; JO, Jin Ho. A comparative analysis of renewable energy simulation tools: Performance simulation model vs. system optimization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, 80: 390-398.
6. ESCOBEDO, Guillermo; JACOME, Norma; ARROYO-FIGUEROA, G. Big data & analytics to support the renewable energy integration of smart grids. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Internet of Things, Big Data and Security (IoTBDs 2017)*. 2017. p. 267-275.
7. ESCOBEDO, Guillermo; JACOME, Norma; ARROYO-FIGUEROA, G. Big data & analytics to support the renewable energy integration of smart grids. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Internet of Things, Big Data and Security (IoTBDs 2017)*. 2017. p. 267-275.
8. DE FALANI, Samira Yusef Araújo, et al. Trends in the technological development of wind energy generation. *International Journal of technology management & sustainable development*, 2020, 19.1: 43-68.

9. ISLAM, Mohammad Rafiqul; MEKHILEF, Saad; SAIDUR, Rahman. Progress and recent trends of wind energy technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013, 21: 456-468.
10. QUARANTA, Emanuele; DAVIES, Peter. Emerging and innovative materials for hydropower engineering applications: Turbines, bearings, sealing, dams and waterways, and ocean power. *Engineering*, 2022, 8: 148-158.
11. STRIELKOWSKI, Wadim; LISIN, Evgeny. Economic aspects of innovations in energy storage. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2017, 7.1: 62-66.
12. Successful Solar Panels Installation [Електронне джерело]:
<https://www.linkedin.com/pulse/successful-solar-panels-installation-pavel-buyeu>
13. ALLIK, Alo, et al. Optimization of the inverter size for grid-connected residential wind energy systems with peak shaving. *Renewable energy*, 2016, 99: 1116-1125.
14. Photovoltaic Wind Hybrid System [Електронне джерело]:
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/photovoltaic-wind-hybrid-system>
15. DO AMARAL, Haroldo LM, et al. Smart meters as a tool for energy efficiency. In: 2014 11th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications. Ieee, 2014. p. 1-6.
16. TANG, Tao, et al. Energy transition for meeting ecological goals: Do economic stability, technology, and government stability matter?. *Frontiers in Environmental Science*, 2022, 10: 955494.
17. CHAE, Kyu-Jung; KANG, Jihoon. Estimating the energy independence of a municipal wastewater treatment plant incorporating green energy resources. *Energy Conversion and Management*, 2013, 75: 664-672.

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

Державна атестаційна робота кваліфікаційного рівня бакалавр
на тему:

**«Розробка системи оптимізації використання електроенергії
отриманої від альтернативних джерел»**

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології

Виконав: Добрушин Ю.В. ІСД-41

Науковий керівник роботи:

Хоменчук В.О.

Київ - 2024

Актуальність теми: висока тенденція до зростання попиту на енергоефективні рішення та необхідність зменшення залежності від традиційних енергетичних ресурсів та максимізація ефективності таких систем

Наукова новизна: полягає у розробці нових алгоритмів та підходів до оптимізації розподілу електроенергії, отриманої від альтернативних джерел, що дозволяють значно підвищити ефективність енергоспоживання.

Об'єкт дослідження: процеси оптимізації використання електроенергії, отриманої від альтернативних джерел.

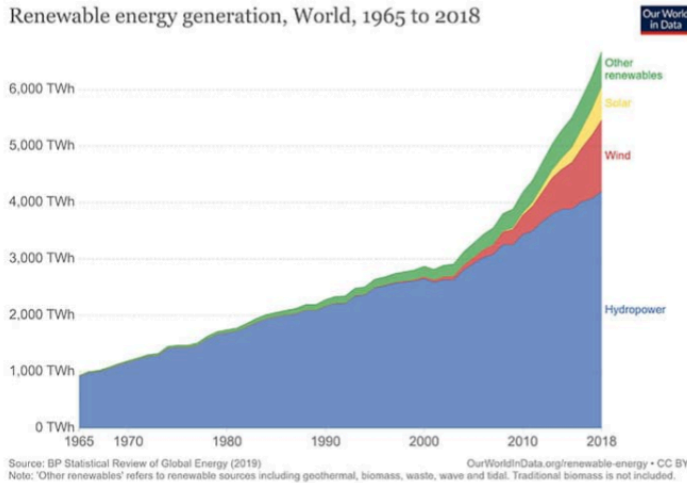
Предмет дослідження: технології та алгоритми оптимізації енергоспоживання в житлових будинках, що використовують альтернативні джерела енергії.

Мета дослідження: полягає у розробці системи оптимізації використання електроенергії, отриманої від альтернативних джерел, для підвищення енергоефективності житлових будинків.

Завдання дослідження:

1. Порівняння альтернативних джерел енергії з традиційними з точки зору ефективності, економічної доцільності та впливу на довкілля
2. Практичні приклади впровадження альтернативної енергетики в житлових будинках та гібридні системи для максимізації енергоефективності
3. Розробка алгоритмів управління та оптимізації енергосистем для забезпечення енергоефективності та стабільності

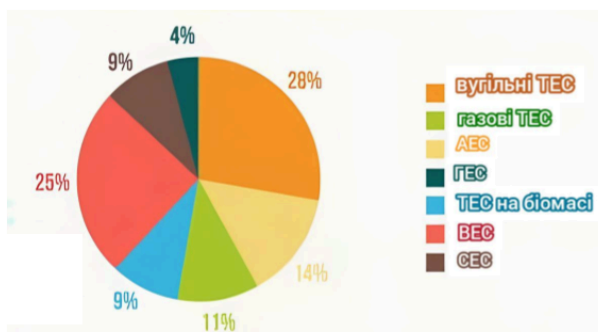
Актуальність теми



- Глобальні тенденції у використанні альтернативної енергії.
- Переваги альтернативної енергетики для екології та економіки.
- Значення оптимізації для підвищення енергоефективності.

3

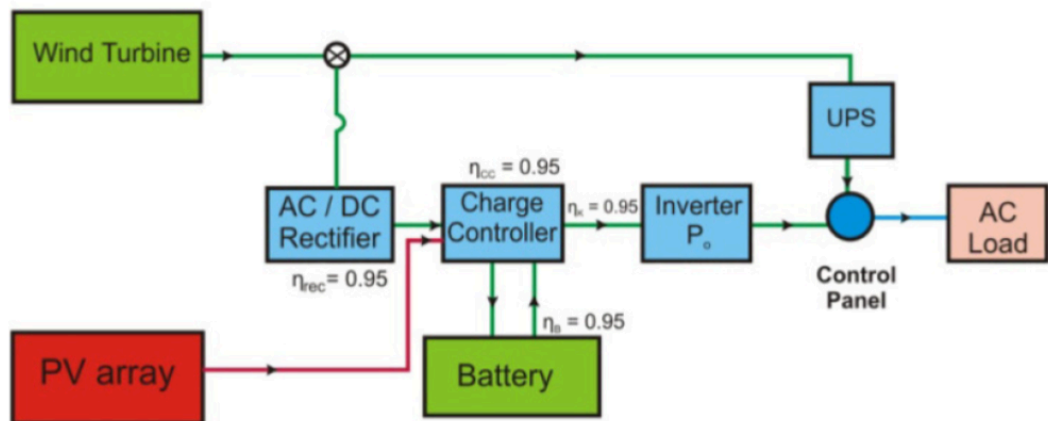
Економія на енергетичних ресурсах та довгострокова рентабельність



на момент 2019 року

- Вплив на економіку.
- Приклад з “Economic effects of renewable energy expansion: A model-based analysis for Germany”.
- Енергетична безпека

Схема гібридної системи



5

Реалізація логіки розподілу енергії

```
// Пріоритет використання джерел енергії
if (totalProduction >= loadDemand && batteryLevel == 100) {
    Serial.println("Використовується енергія сонячних панелей та вітрових турбін для передачі надлишків в мережу.");
} else if (solarPower + windPower >= loadDemand) {
    Serial.println("Використовується енергія сонячних панелей та вітрових турбін для внутрішнього використання.");
} else {
    // Якщо рівень заряду менше 20%, перемикаємось на мережу
    int gridPower = abs(energyDeficit);
    Serial.print("Використовується енергія з мережі: ");
    Serial.print(gridPower);
    Serial.println("W");
    Serial.println("Використовується енергія мережі або генератора.");
}
```

Цей код реалізує об'єкт схеми "Control Panel"

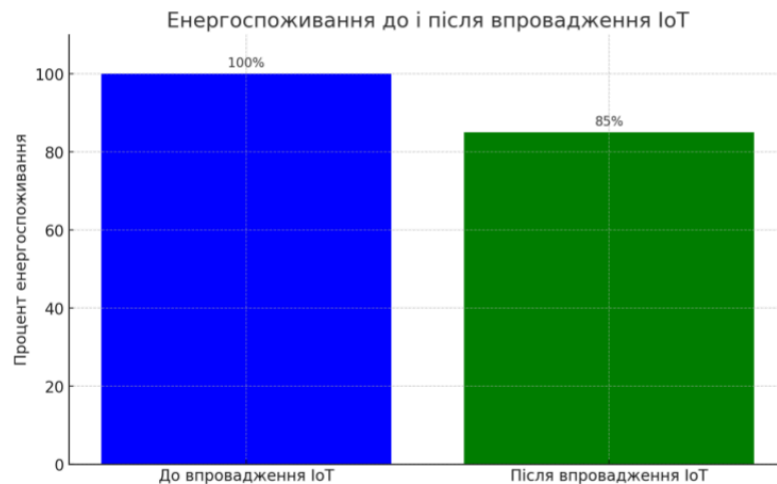
6

Алгоритми розподілу енергії

Характеристика	Алгоритми на основі правил	Алгоритми на основі штучного інтелекту
Основний принцип	Чітко визначені правила і логіка	Навчання на даних та моделі
Гнучкість	Обмежена	Висока
Адаптація	Потребує ручного оновлення правил	Може самонавчатися і адаптуватися
Приклади	Експертні системи, правила валідації	Нейронні мережі, глибоке навчання
Переваги	Прозорість, легкість інтерпретації	Висока точність, можливість роботи з великими обсягами даних
Недоліки	Трудомісткість оновлення, обмежена складність	"Чорна скринька", потреба у великій кількості даних

7

Ефективність методології IoT



Базуючись на "Energy Savings from the Nest Learning Thermostat: Energy Bill Analysis Results" впровадження IoT для оптимізації використання енергії, зменшує витрати енергії на 10-15%

8

Висновки

- Досліджено основні проблеми оптимізації використання електроенергії, отриманої від альтернативних джерел, показано світові тенденції у цій галузі, проаналізовано сучасні технологічні інновації, окреслено ефективні алгоритми управління енергоспоживанням, визначено рекомендації для впровадження IoT та смарт-мереж, обґрунтовано комплексний підхід до підвищення енергоефективності житлових будинків..

- Апробація:

Добрушин Ю.В. “Використання технології Інтернету речей у світі для поліпшення енергоефективності”. Тези доповіді на V Міжнародно науково-технічній конференції «сучасний стан та перспективи розвитку IoT» .

Добрушин Ю.В. “Трибоелектричний наногенератор: як один із перспективних шляхів розвитку альтернативної енергетики”. Тези доповіді на Всеукраїнську науково-технічну конференцію «Застосування програмного забезпечення в інформаційно-комунікаційних технологіях».