

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

менеджменту

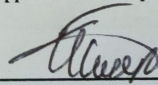
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Дослідження впливу фотоелектричних станцій для підвищення
енергоефективності локальних електричних систем

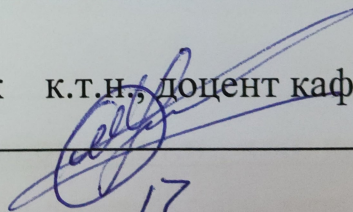
Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕМ-23м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та
електромеханіка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)



Петрунь С.В.
(прізвище та ініціали)

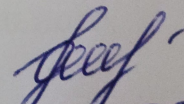
Керівник к.т.н., доцент каф. ЕСЕМ



Кравець О.М.
(прізвище та ініціали)

«10» 12 2024 р.

Опонент:

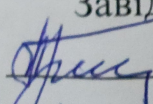


к.т.н., доцент каф. ЕСС Сікорська О.В.
(прізвище та ініціали)

«19» 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕМ

 Д.Т.Н., проф. Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)

«16» грудня 2024 р.

Вінниця – 2024 року

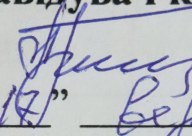
Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

 проф. М. Й. Бурбело
“17” Вересня 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Петруню Сергію Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження впливу фотоелектричних станцій для підвищення енергоефективності локальних електричних систем

керівник роботи Кравець Олександр Миколайович к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
“17” грудня 2024 року № 310

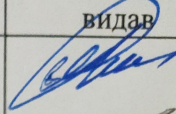
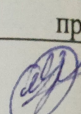
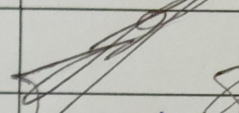
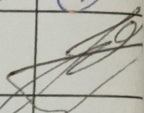
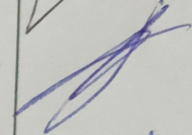
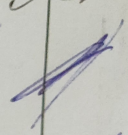
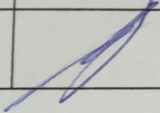
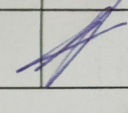
2. Термін подання студентом роботи “10” грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Перелік літературних джерел за тематикою роботи. Посилання на періодичні видання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Аналіз сучасного стану локальних електричних систем та їх енергоефективності. 2. Дослідження фотоелектричних станцій та їх вплив на енергоефективність локальних електричних систем 3. Використання акумуляторних накопичувачів великої потужності для підвищення ефективності

локальних електричних систем 4. Економічна частина 5. Охорона праці
Висновки. Список використаних джерел. Додатки

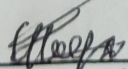
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Визначення що таке ФЕС. 2. Основні її елементи. 3. Переваги та недоліки
використання ФЕС. 4. Базові поняття ESS 5. Економічна доцільність. 6.
Система накопичення. 7. Економічна частина 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Кравець О.М., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Економічна частина	Шулє Ю.А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Войтюк Ю.П., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Нормконтроль	Войтюк Ю.П., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		

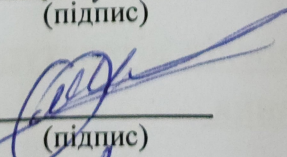
7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

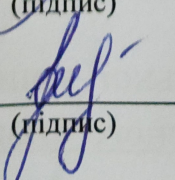
№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Прізвище
1	Аналіз сучасного стану локальних електричних систем та їх енергоефективності	01.10	Вик
2	Дослідження фотоелектричних станцій та їх вплив на енергоефективність локальних електричних систем	14.10	Вик
3	Використання акумуляторних накопичувачів великої потужності для підвищення ефективності локальних електричних систем	28.10	Вик
4	Економічна частина	11.11	Вик
5	Охорона праці	25.11	Вик
6	Виконання ілюстративної частини	10.12	Вик

Студент 
(підпис)

Петрунь С.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи 
(підпис)

Кравець О.М.
(прізвище та ініціали)

Опонент 
(підпис)

Сікорська О.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.311.1

Петрунь Сергій Вікторович «Дослідження впливу фотоелектричних станцій для підвищення енергоефективності локальних електричних систем». Магістерська дипломна робота. – Вінниця: ВНТУ. – 2024. – 77 с. Бібліогр.: 26. Рис. : 12. Табл. : 2.

У даній бакалаврській роботі проведено аналіз сучасного стану локальних електричних систем та їх енергоефективності. Розглянуто обсяги виробництва та використання електроенергії в таких системах, а також визначено фактори, що впливають на їх енергоефективність. Виявлено проблеми та перешкоди, які ускладнюють підвищення енергоефективності локальних електричних систем.

Далі проведено дослідження фотоелектричних станцій та їх впливу на енергоефективність локальних електричних систем. Надано опис принципу дії фотоелектричних станцій та проаналізовано досвід їх використання в локальних електричних системах. Оцінено вплив фотоелектричних станцій на енергоефективність цих систем. Завершуючи роботу, було прораховано економічну частину, для станції, з використанням ESS та без нього. Також було визначено та надано певні рекомендації з термінами окупності в обох випадках, для підвищення енергоефективності локальних електричних систем.

Ключові слова: локальні електричні системи, енергоефективність, фотоелектричні станції, відновлювана енергія, економічні розрахунки.

ANNOTATION

Petrun Serhiy Viktorovych “Study of the impact of photovoltaic stations on increasing the energy efficiency of local electrical systems”. Master's thesis. – Vinnytsia: VNTU. – 2024. – 77 p. Bibliography: 26. Fig. : 12. Tab. : 2.

This bachelor's thesis analyzes the current state of local electrical systems and their energy efficiency. The volumes of electricity production and use in such systems are considered, and the factors affecting their energy efficiency are also determined. Problems and obstacles that complicate the increase in the energy efficiency of local electrical systems are identified.

Next, a study of photovoltaic plants and their impact on the energy efficiency of local electrical systems is conducted. A description of the principle of operation of photovoltaic plants is provided and the experience of their use in local electrical systems is analyzed. The impact of photovoltaic plants on the energy efficiency of these systems is assessed.

In concluding the work, the economic part was calculated for the plant, with and without the use of ESS. Certain recommendations with payback periods in both cases were also determined and provided to increase the energy efficiency of local electrical systems.

Keywords: local electrical systems, energy efficiency, photovoltaic plants, renewable energy, economic calculations.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ТА ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	10
1.1 Обсяги виробництва та використання електроенергії в локальних електричних системах.....	10
1.2 Фактори , що впливають на енергоефективність локальних електричних систем.....	13
1.3 Проблеми та перешкоди в підвищенні енергоефективності локальних електричних систем.....	18
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА ЇХ ВЛИВ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ	24
2.1 Опис принципу дії фотоелектричних станцій	24
2.2 Аналіз досвіду використання фотоелектричних станцій у локальних електричних системах.....	30
2.3 Оцінка впливу фотоелектричних станцій на енергоефективність локальних енергетичних систем	35
3 ВИКОРИСТАННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ВЕЛИКОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ	39
3.1 Базові поняття ESS	39
3.2 Економічна доцільність використання накопичувачів енергії	41
3.3 Екологія ефективності накопичувачів енергії	45
3.4 Система накопичення енергії (ESS) на основі літій-залізо-фосфатних батареї (LiFePO ₄)	50
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	58
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	67
4.1 Загальна характеристика та стан безпеки праці	67

4.2 Виробничі санітарія.....	68
4.3 Захисні заходи в електроустановах	68
4.4 Пожежобезпека.....	69
4.5 Небезпека рухомих елементів	70
ВИСНОВКИ	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72
ДОДАТОКИ	75
ДОДАТОК А Технічне завдання.....	76
ДОДАТОК Б Протокол перевірки текстових запозичень.....	79
ДОДАТОК В Ілюстративна частина	80

ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток локальних електричних систем та підвищення їх енергоефективності мають вирішальне значення для сучасного енергетичного сектору, зокрема в контексті глобальних викликів, таких як зміна клімату, перехід до відновлюваних джерел енергії та зниження енергетичних витрат. Одним із перспективних рішень є інтеграція фотоелектричних станцій, використання акумуляторних накопичувачів енергії та гібридних енергетичних систем, що здатні підвищити стабільність та ефективність локальних мереж.

Україна, як країна з високим потенціалом у сфері відновлюваної енергетики, стикається з необхідністю модернізації своєї енергетичної інфраструктури. Значна залежність від викопного палива та застарілість існуючих мереж вимагають впровадження інноваційних рішень. Використання акумуляторних систем великої потужності у поєднанні з фотоелектричними станціями може забезпечити гнучкість енергетичних мереж, підвищити ефективність управління енергопотоками та сприяти зниженню витрат.

Аналіз сучасного стану локальних електричних систем свідчить про численні проблеми: висока вуглецева інтенсивність, застарілі технології, недостатня інтеграція відновлюваних джерел енергії та недостатній рівень впровадження акумулюючих технологій. Водночас досвід використання акумуляторних систем у комбінації з відновлюваними джерелами показує значний потенціал для оптимізації енергетичних систем.

Таким чином, дослідження можливостей інтеграції фотоелектричних станцій, акумуляторних накопичувачів енергії та розробка гібридних рішень є актуальним завданням для досягнення сталого розвитку енергетичного сектора України.

Також за результатами даної роботи опубліковано тези конференції.[26]

Мета та завдання роботи. Метою роботи є розробка рекомендацій щодо використання фотоелектричних станцій і акумуляторних накопичувачів енергії

для підвищення енергоефективності локальних електричних систем. Для досягнення мети поставлені такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан локальних електричних систем і їх енергоефективність;
- дослідити принцип дії фотоелектричних станцій та акумуляторних накопичувачів енергії;
- оцінити вплив фотоелектричних станцій та акумуляторів на стабільність і ефективність локальних електричних систем;
- розробити оптимальну модель інтеграції фотоелектричних станцій з акумуляторними системами;
- провести техніко-економічний аналіз запропонованих рішень.

Об'єкт дослідження: локальні електричні системи, що використовують фотоелектричні станції та акумуляторні накопичувачі енергії.

Предмет дослідження: принципи інтеграції акумуляторних систем і фотоелектричних станцій у локальні мережі для підвищення їх енергоефективності.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ТА ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

1.1 Обсяги виробництва та використання електроенергії в локальних електричних системах

Виробництво та використання електроенергії є важливими складовими сучасної енергетичної системи. Локальні електричні системи грають ключову роль у забезпеченні сталого розвитку та енергетичної безпеки на рівні регіонів і міст. Дослідження обсягів виробництва та використання електроенергії дозволяє оцінити поточний стан та тренди в цій галузі, виявити фактори, що впливають на енергоефективність, а також визначити можливості для подальшого розвитку та оптимізації енергетичної системи. У цьому розділі ми розглянемо обсяги виробництва та споживання електроенергії в локальних електричних системах, аналізуючи статистичні дані та виявляючи ключові тенденції і виклики, що стоять перед нами.[1]

З огляду [2] на статистичні дані щодо виробництва та споживання електроенергії в локальних системах України у 2021 році, можна зробити наступні аналізи:

1. Виробництво електроенергії: Загальний обсяг виробництва електроенергії в локальних системах України становив 156,576 мільярда кіловат-годин. Найбільшу частку виробництва склали атомні електростанції (55,1%), теплоелектростанції та теплоелектроцентралі (29,3%), а також гідроелектростанції (6,7%). Варто зазначити, що виробництво електроенергії з альтернативних джерел також зросло на 15,3% до 12,52 мільярда кіловат-годин.

2. Споживання електроенергії: Загальне споживання електроенергії зросло на 5,7% до 154,82 мільярда кіловат-годин. Споживання електроенергії промисловістю збільшилося на 6% до 52,27 мільярда кіловат-годин, що свідчить про зростання виробничих потреб. Споживання електроенергії населенням склало 38,66 мільярда кіловат-годин (+5,8%), комунально-побутові споживачі

спожили 15,02 мільярда кіловат-годин (+5,8%), а інші непромислові споживачі - 8,6 мільярда кіловат-годин (+16,5%). Примітно, що експорт електроенергії зменшився на 26,5% до 34,96 мільярда кіловат-годин порівняно з попереднім роком.[2]

3. Структура споживання: Частка промисловості у загальному обсязі споживання електроенергії залишається стабільною і становить 41,7%, тоді як частка населення скоротилася з 31% до 30,8%. Це може вказувати на збільшення промислової активності та виробничих потреб.[2]

Аналізуючи тенденції в зростанні обсягів виробництва та споживання електроенергії в локальних електричних системах, можна відзначити позитивну динаміку. У 2021 році в Україні спостерігалось зростання виробництва електроенергії на 5,2%, що свідчить про поступове збільшення потужностей та розвиток енергетичної інфраструктури. Атомні електростанції залишаються основним джерелом виробництва, але важливу роль відіграють також теплоелектростанції, гідроелектростанції та альтернативні джерела енергії.[2]

Що стосується споживання електроенергії, його обсяг також зростає на 5,7%. Значний внесок у споживання робить промисловість, населення та комунально-побутові сектори. Примітно, що експорт електроенергії зменшився, що може свідчити про збільшення внутрішнього споживання та залежність від власних енергетичних ресурсів.[3]

Варто зазначити, що виробництво електроенергії з альтернативних джерел також зросло, що свідчить про поступове перехід до більш сталого та екологічно чистого енергетичного міксу.

Ці тенденції свідчать про потребу в подальшому розвитку та модернізації енергетичної системи з метою забезпечення сталого та ефективного виробництва та споживання електроенергії. Необхідність зменшення залежності від традиційних джерел та прискорення розвитку альтернативних джерел енергії стає важливим завданням для забезпечення енергетичної безпеки та сталого розвитку країни. [3]

Ми можемо визначити основні сектори, які використовують електроенергію в локальних електричних системах.

Основні сектори, які використовують електроенергію в локальних системах електропостачання, це побутові, промислові та комерційні .[4]

Промисловий сектор включає в себе важку промисловість: сектори, такі як металургія, хімічна промисловість, нафтохімічна та газохімічна промисловість, машинобудування, сталевиробництво та автомобільна промисловість. Легку промисловість: легка промисловість, включаючи текстильну, швейну, взуттєву та інші галузі. Харчову промисловість: харчова промисловість, включаючи переробку сільськогосподарської продукції, молокопереробну та м'ясопереробну промисловість. [4]

Житлово-комунальний сектор включає в себе: житлові будинки , будівлі, що використовуються для комерційних цілей, такі як офіси, магазини, ресторани, готелі та інші комерційні приміщення , школи, університети, лікарні, бібліотеки, музеї та інші громадські установи[4]

Транспортний сектор є ще одним значним споживачем електроенергії в локальних електричних системах. Він включає різні види транспорту, такі як автомобілі, залізниці, морський та повітряний транспорт. [4]

Розгляд впливу різних факторів на обсяги виробництва та використання електроенергії дозволяє зрозуміти динаміку розвитку цих секторів та їх внесок у загальну споживану потужність.

Промисловість, як вже зазначалося, є одним із ключових споживачів електроенергії. Зростання промислової активності та розширення виробництва впливають на збільшення потреб у електроенергії. Залежно від галузей промисловості, які переважають у конкретній локальній системі, споживання електроенергії може бути пов'язане з роботою обладнання, освітленням, нагріванням, процесами холодильності тощо. [4]

Житлово-комунальний сектор також впливає на обсяги використання електроенергії. Зростання населення, зміни в структурі житлового фонду та розвиток комунальних послуг призводять до збільшення споживання

електроенергії у цьому секторі. Потреби у освітленні, опаленні, електричних приладах та електроніці стають все більшими, що вимагає забезпечення достатньої потужності та енергоефективних рішень. [4]

Транспорт є ще одним фактором, який може впливати на обсяги використання електроенергії. Зростання використання електромобілів та електричних транспортних засобів призводить до збільшення попиту на електроенергію для зарядки. Розвиток інфраструктури зарядних станцій стає важливим завданням для забезпечення популяризації електричного транспорту та зниження залежності від використання традиційних джерел палива. [4]

До інших факторів, які можуть впливати на обсяги виробництва та споживання електроенергії, належать торгівля, послуги, сільське господарство та інші галузі економіки. Кожна з цих сфер має свої особливості та специфічні вимоги до енергетичного забезпечення.

Враховуючи ці різноманітні фактори та їх вплив на обсяги виробництва та споживання електроенергії в локальних системах, стає зрозумілим, що балансування попиту та постачання електроенергії вимагає комплексного підходу та постійного вдосконалення енергетичної інфраструктури. Оптимізація розподілу ресурсів, впровадження енергоефективних технологій та стимулювання використання відновлюваних джерел енергії можуть сприяти раціональному використанню електроенергії та сталому розвитку локальних електричних систем.[3-4]

1.2 Фактори, що впливають на енергоефективність локальних електричних систем

Енергоефективність локальних електричних систем відноситься до їх здатності ефективно використовувати та зберігати електроенергію з мінімальними втратами. Це означає, що система працює ефективно, використовуючи необхідну кількість електроенергії для задоволення потреб

споживачів, при цьому мінімізуючи втрати енергії та знижуючи негативний вплив на довкілля.

Енергоефективність вимірюється в співвідношенні між витратами електроенергії та досягнутою корисною роботою або послугою. Чим вище енергоефективність системи, тим менше електроенергії необхідно для досягнення певного результату.

Вдосконалення енергоефективності локальних електричних систем є важливим завданням з точки зору сталого розвитку та енергетичної ефективності. Це допомагає знижувати споживання енергії, зменшувати викиди шкідливих викидів та екологічний вплив системи, а також забезпечує економічну вигоду шляхом зниження витрат на електроенергію.

Важливими аспектами енергоефективності є оптимізація процесів, використання енергозберігаючих технологій та обладнання, ефективне управління енергоспоживанням та свідоме споживання електроенергії. Постійна увага до покращення енергоефективності допомагає забезпечити стійке та ефективне функціонування локальних електричних систем з максимальним використанням доступних ресурсів.

Визначимо декілька основних факторів від яких залежить енергоефективність локальних електричних :[5]

1. Технології та обладнання: Використання енергоефективних технологій та обладнання є важливим чинником в підвищенні ефективності системи. Вдосконалені процеси виробництва, оптимізація систем освітлення, енергозберігаючі пристрої та інші інновації можуть значно зменшити споживання електроенергії.

2. Енергетичне управління: Ефективне управління та моніторинг енергоспоживання дозволяють виявляти непотрібне витрачання електроенергії та впроваджувати заходи для його зменшення. Використання систем автоматизації, регулювання та контролю може допомогти оптимізувати виробничі процеси та забезпечити раціональне використання електроенергії.

3. Енергетична інфраструктура: Розвиток та модернізація енергетичної інфраструктури, включаючи передачу та розподіл електроенергії, грає важливу роль у підвищенні енергоефективності. Впровадження сучасних технологій у системи розподілу, забезпечення стабільності мережі та зменшення втрат може сприяти оптимальному використанню електроенергії.

4. Свідоме споживання електроенергії: Наявність свідомого споживача, який розуміє важливість раціонального використання електроенергії, є ключовим фактором. Енергоефективні практики, такі як використання енергозберігаючих освітлювальних приладів, вимикання електроприладів у режимі очікування та усвідомлене використання електричних пристроїв, можуть сприяти зменшенню енергоспоживання.

Ці фактори взаємодіють між собою і мають значний вплив на енергоефективність локальних електричних систем, сприяючи зменшенню споживання електроенергії та підвищенню її використання.[5]

Розглянемо вплив технологічних аспектів, таких як типи використовуваного обладнання та технологічні процеси, на енергоефективність.

Технологічні аспекти, зокрема типи використовуваного обладнання та технологічні процеси, мають суттєвий вплив на енергоефективність локальних електричних систем. Вибір ефективного обладнання та оптимізація технологічних процесів можуть сприяти зменшенню витрат електроенергії та покращенню загальної продуктивності системи.[6]

Один з ключових факторів - це тип використовуваного обладнання. Вибір енергоефективних пристроїв та машин дозволяє зменшити споживання електроенергії без втрати функціональності. Використання сучасних технологій, таких як LED-освітлення, високоефективні мотори та устаткування зі зниженим енергоспоживанням, сприяє зниженню енергетичних витрат і забезпечує більш ефективне використання електроенергії. [6]

Технологічні процеси також грають важливу роль у енергоефективності. Оптимізація та покращення технологічних процесів дозволяють знижувати енергетичні втрати та оптимізувати споживання електроенергії. Наприклад,

використання автоматизованих систем управління, регулювання та моніторингу дозволяє точно контролювати споживання електроенергії та адаптувати його до актуальних потреб. [6] Постійний розвиток технологій сприяє появі нових енергоефективних рішень та інноваційних технологій, які сприяють покращенню енергоефективності. Важливо підтримувати інвестиції у дослідження та розвиток в галузі енергоефективних технологій, щоб забезпечити постійний прогрес у використанні електроенергії та зменшення негативного впливу на довкілля.

Узагальнюючи, вплив технологічних аспектів, таких як типи використовуваного обладнання та технологічні процеси, на енергоефективність локальних електричних систем є значимим. Вибір енергоефективного обладнання та оптимізація технологічних процесів сприяють зменшенню споживання електроенергії та покращенню продуктивності системи, що має позитивний вплив на сталість, економіку та екологію.

Також не слід забувати про фактори зовнішнього середовища, такі як кліматичні умови та доступні джерела енергії, мають суттєвий вплив на енергоефективність локальних електричних систем. Розглянемо їх вплив ближче.

Кліматичні умови є одним з ключових факторів, які впливають на споживання електроенергії. В залежності від регіону, клімат може вимагати використання опалення, кондиціонування повітря, охолодження або інших систем регулювання температури. Такі системи споживають значну кількість електроенергії. При розробці локальних електричних систем важливо враховувати кліматичні умови та використовувати енергоефективні технології, що дозволять зменшити енергетичні втрати та оптимізувати споживання.

Доступні джерела енергії також впливають на енергоефективність системи. Наявність відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова або гідроенергія, впливає на можливості використання енергетичних ресурсів більш стало та ефективно. Використання цих джерел дозволяє зменшити залежність від

традиційних джерел, таких як вугілля або газ, та знизити викиди шкідливих речовин у довкілля.[7]

Урахування кліматичних умов та доступних джерел енергії є ключовим елементом в плануванні та розробці енергоефективних локальних електричних систем. Це дозволяє адаптувати систему до специфічних потреб регіону та використовувати енергетичні ресурси ефективно, що сприяє сталому розвитку та збереженню енергії.

Зокрема також варто згадати про організаційні аспекти, такі як управління енергією та енергетичні політики, відіграють важливу роль у досягненні енергоефективності локальних електричних систем. Давайте розглянемо їх вплив на ефективність системи.

Управління енергією є суттєвим аспектом в досягненні енергоефективності. Це включає в себе планування, моніторинг, контроль та оптимізацію споживання електроенергії. Шляхом впровадження енергоменеджменту та енергетичних аудитів, організації можуть ідентифікувати можливості для зменшення споживання енергії та покращення енергоефективності. Встановлення систем моніторингу та управління дозволяє відстежувати та контролювати споживання електроенергії, виявляти енергетичні втрати та приймати вчасні заходи для їх усунення.[8]

Енергетична політика, розроблена на рівні організації або країни, визначає стратегічні напрямки розвитку та планування в енергетичній сфері. Спрямованість на підвищення енергоефективності та сталий розвиток допомагають зменшити споживання електроенергії та оптимізувати використання ресурсів. Впровадження енергоефективних політик, таких як стимулювання використання відновлюваних джерел енергії, встановлення нормативів щодо енергоефективності або надання пільг енергоефективним компаніям, сприяє створенню сприятливих умов для ефективного використання електроенергії.[8]

Організаційні аспекти включають також залучення та освіту співробітників щодо енергоефективного споживання електроенергії.

Проведення навчань, інформування про правильне використання енергетичного обладнання та впровадження енергозберігаючих практик можуть сприяти зниженню споживання електроенергії в організації.

Таким чином, ефективне управління енергією та впровадження енергетичних політик сприяють зростанню енергоефективності локальних електричних систем. Це залежить від ефективного контролю, моніторингу, використання передових технологій та залучення персоналу до здійснення енергозберігаючих практик .

1.3 Проблеми та перешкоди в підвищенні енергоефективності локальних електричних систем

Виявлення основних проблем та перешкод, що заважають досягненню високої енергоефективності є важливим кроком для подальшого вдосконалення локальних електричних систем. Декілька з таких проблем можуть включати:[9]

1. Застаріле обладнання: Використання застарілого обладнання може призводити до енергетичних втрат та низької ефективності. Важливо оновлювати технологічну базу і замінити застаріле обладнання на більш енергоефективне.

2. Недостатня свідомість та навички персоналу: Брак свідомості щодо енергоефективних практик і недостатні навички персоналу можуть утруднювати впровадження енергоефективних заходів. Необхідно проводити навчання та підвищувати свідомість персоналу щодо енергозбереження.

3. Відсутність інтегрованого підходу: Відсутність інтегрованого підходу до управління енергією та відсутність координації між різними секторами можуть призводити до недосягнення потенційних енергозбережень. Важливо розробляти комплексні стратегії та співпрацювати між різними зацікавленими сторонами.

4. Високі витрати на впровадження: Впровадження енергоефективних технологій та заходів може бути пов'язане зі значними витратами. Фінансові

обмеження можуть утруднювати впровадження енергоефективних рішень. Важливо розглядати довгострокові переваги енергозбереження та розробляти фінансові механізми підтримки.

5. Недостатня підтримка та регулювання: Недостатня підтримка з боку уряду, недосконалі нормативно-правові акти та недостатня регуляторна база можуть утруднювати реалізацію енергоефективних заходів. Важливо створювати сприятливі умови та розвивати ефективну регуляторну політику.

Більш детально розглянемо фінансові аспекти [10], зокрема обмежений бюджет для впровадження енергоефективних заходів, він є важливим елементом в оцінці можливостей покращення енергоефективності в локальних електричних системах. Зважаючи на раніше описану інформацію, де було зазначено, що впровадження енергоефективних технологій та заходів, може бути пов'язане зі значними витратами, обмеженість бюджету може становити перешкоду для їх реалізації.

Для подолання цієї проблеми можна розглядати декілька підходів. Перш за все, важливо провести аналіз енергозбережень, щоб визначити потенційні переваги та економічну вигоду від впровадження енергоефективних заходів. Це може допомогти обґрунтувати інвестиції та залучити фінансування зовнішніх джерел, таких як державні програми, інвестиційні фонди або позикові ресурси.[10]

Крім того, можливим рішенням є розробка фінансових механізмів підтримки, таких як фінансування зелених проектів, субсидії або податкові пільги для енергоефективних ініціатив. Це може знизити фінансові бар'єри та стимулювати організації до впровадження енергоефективних заходів.

Додатково, важливо розглянути можливості енергетичного аутсорсингу або партнерства з енергетичними компаніями, де можуть бути доступні фінансові рішення, що базуються на спільному фінансуванні та розподілі ризиків.[10]

Враховуючи обмежений бюджет, інноваційні фінансові підходи та пошук додаткових джерел фінансування можуть допомогти подолати фінансові

перешкоди і забезпечити ефективне впровадження енергоефективних заходів в локальних електричних системах.

Також, однією з основних проблем, яка заважає досягненню високої енергоефективності в локальних електричних системах, є технологічні перешкоди [11], зокрема відсутність доступних технологій або відсталість існуючих. Відповідно до раніше наданої інформації, вибір ефективних технологій та обладнання є критично важливим для досягнення високої енергоефективності.

Відсутність доступних технологій, що відповідають конкретним потребам локальних електричних систем, може стати суттєвою перешкодою. В таких випадках, необхідні дослідження та розвиток нових технологій, які б забезпечували високу енергоефективність. Це може включати розробку нових матеріалів, вдосконалення процесів виробництва та впровадження інноваційних рішень.

Крім того, проблема може полягати у відсталості існуючих технологій та обладнання. [11] Старі системи можуть бути менш енергоефективними, а обслуговування та ремонт їх можуть бути складними або дорогими. В таких випадках, необхідна модернізація та оновлення технологій з метою підвищення енергоефективності.

За для вирішення цих технологічних перешкод важливо систематично моніторити технологічні тенденції та інновації. Співпраця з науковими та дослідницькими організаціями, університетами та промисловими партнерами є важливим аспектом для обміну знаннями та впровадження передових технологій. Крім того, підтримка урядових ініціатив та програм, спрямованих на розвиток та впровадження сучасних енергоефективних технологій, є необхідною.

Існують іще соціальні та регуляторні проблеми, їх також варто розглянути.

Однією з соціальних проблем, яка впливає на досягнення високої енергоефективності [12], є недостатня свідомість та культура енергоефективності серед населення. Як зазначалося раніше, ефективно

використання електроенергії залежить від усвідомленого споживання та поведінки користувачів. Недостатня свідомість може призводити до неправильного використання електроенергії та втрат енергії.

Щодо регуляторних, одна з проблем є відсутність адекватного законодавства та нормативних вимог щодо енергоефективності. [12] Як було відзначено раніше, ефективне управління енергією та впровадження енергетичних політик є важливими чинниками для досягнення високої енергоефективності. Відсутність відповідних нормативів та законодавства може ускладнювати впровадження енергоефективних заходів та зменшувати мотивацію для їх реалізації.

Для подолання соціальних проблем, пов'язаних з недостатньою свідомістю та культурою енергоефективності, необхідно проводити систематичну освітню роботу та інформування населення про переваги енергоефективного споживання. Це може включати проведення кампаній, навчальних програм та поширення інформації про енергоефективні технології та практики.

У випадку регуляторних аспектів, важливо розробляти та впроваджувати адекватне законодавство [13], яке сприятиме енергоефективності. Це може включати встановлення стандартів енергоефективності для різних секторів, фінансові стимули та пільги для енергоефективних рішень, а також механізми моніторингу та контролю за їх виконанням.

Після ретельного аналізу обсягів виробництва та використання електроенергії в локальних електричних системах можна зробити висновок, що ці системи є ключовими у складі енергетичної інфраструктури. Промисловий сектор, житлово-комунальний сектор та транспорт використовують значні обсяги електроенергії, і досягнення високої енергоефективності в цих секторах має велике значення для сталого розвитку.

Фактори, які впливають на енергоефективність локальних електричних систем, включають технологічні аспекти, такі як типи обладнання та технологічні процеси, а також фактори зовнішнього середовища, такі як кліматичні умови та доступні джерела енергії. Організаційні аспекти, такі як

управління енергією та енергетичні політики, також мають велике значення у досягненні високої енергоефективності.

Проблеми та перешкоди, [9] що заважають досягненню високої енергоефективності, включають фінансові аспекти, такі як обмежений бюджет для впровадження енергоефективних заходів, а також технологічні перешкоди, такі як відсутність доступних технологій або відсталість існуючих. Соціальні проблеми, такі як недостатня свідомість та культура енергоефективності у населення, а також відсутність адекватного законодавства та нормативних вимог, також становлять виклики для підвищення енергоефективності.

Загальною метою є впровадження енергоефективних заходів, які базуються на ретельному аналізі та плануванні. Для цього необхідно сприяти розвитку нових технологій, сприяти свідомості та освіті населення, а також створювати адекватні правові та нормативні умови. Систематичний моніторинг технологічних тенденцій, співпраця з науковими та дослідницькими організаціями, університетами та промисловими партнерами, а також підтримка урядових ініціатив та програм є важливими компонентами для досягнення високої енергоефективності в локальних електричних системах.[9-13]

Аналізуючи різні аспекти енергоефективності локальних електричних систем, стає очевидним, що досягнення високої енергоефективності є складним завданням, яке вимагає системного підходу та рішучих дій у різних напрямках.

Перший пункт показує, що обсяги виробництва та використання електроенергії в локальних системах постійно зростають, особливо в промислових, житлово-комунальних та транспортних секторах.

Другий пункт підкреслює важливість технологічних аспектів, таких як типи обладнання та технологічні процеси, на енергоефективність. Також зазначається вплив факторів зовнішнього середовища, таких як кліматичні умови та доступні джерела енергії, а також організаційних аспектів, таких як управління енергією та енергетичні політики.

Третій пункт вказує на проблеми та перешкоди, які ускладнюють досягнення високої енергоефективності. Це включає фінансові аспекти,

обмежений бюджет для впровадження енергоефективних заходів, технологічні перешкоди, такі як відсутність доступних технологій або відсталість існуючих, а також соціальні проблеми, такі як недостатня свідомість та культура енергоефективності у населення, та регуляторні аспекти, зокрема відсутність адекватного законодавства та нормативних вимог.

Враховуючи ці висновки, можна стверджувати, що для досягнення високої енергоефективності локальних електричних систем необхідно впроваджувати комплексні заходи, такі як розробка та використання ефективних технологій, підвищення свідомості громадськості та встановлення адекватного законодавства. [9-13]

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

2.1 Опис принципу дії фотоелектричних станцій

Фотоелектричний ефект є фізичним явищем, коли світло, падаючи на поверхню матеріалу, викликає вибивання електронів з атомів або молекул цього матеріалу. Це призводить до створення електричного струму, який може бути використаний для виробництва електричної енергії. Фотоелектричні станції, також відомі як сонячні фотоелектричні станції або сонячні панелі, використовують цей принцип для перетворення сонячної енергії в електричну енергію.[14]

Процес фотоелектричного ефекту можна пояснити наступним чином: коли світло падає на поверхню фотоелектричного матеріалу, фотони, які складають світло, взаємодіють з електронами в матеріалі. Фотон передає свою енергію електрону, в результаті чого електрон отримує достатню енергію для того, щоб зрушитись зі свого зв'язку з атомом або молекулою і перейти у вільний стан. Отримані вільні електрони можуть пересуватись у матеріалі, що створює електричний струм.

Фотоелектричні станції складаються з фотоелектричних панелей, які містять напівпровідникові матеріали, зазвичай кремній. Кремній має особливі властивості, які дозволяють йому здійснювати фотоелектричний ефект. У фотоелектричних панелях кремній обробляється таким чином, щоб утворити рп-перехід. У шарі Р (позитивний) кремнія домішки, такі як бор або галій, додаються до кремнію, що створює надлишок дірок. У шарі N (негативний) кремнія домішки, такі як фосфор або арсен, додаються до кремнію, що створює надлишок електронів. При виникненні світла фотони падають на рп-перехід, де вони передають свою енергію електронам або дірам, залежно від напрямку струму.[15]

Електрони, що отримали достатню енергію від світла, починають рухатись уздовж рп-переходу і утворюють електричний струм. Цей струм може бути зібраний за допомогою металевих контактів на верхній та нижній сторонах фотоелектричних панелей. Підключення зовнішніх проводів до цих контактів дозволяє використовувати отриманий струм для живлення електричних пристроїв або для зберігання в акумуляторних батареях.

Фотоелектричні станції мають ряд переваг. Вони використовують відновлювану енергію сонця, що робить їх екологічно чистими джерелами енергії. Вони не викидають шкідливих викидів та не спричиняють забруднення навколишнього середовища. Фотоелектричні станції також мають довгий термін служби та потребують мінімального технічного обслуговування. Крім того, вони можуть бути встановлені навіть у віддалених районах, де немає доступу до мережі електропостачання.[16]

У випадку локальних електричних систем фотоелектричні станції можуть бути використані для забезпечення енергії житловим будинкам, комерційним спорудам або промисловим об'єктам. Вони дозволяють зменшити залежність від традиційних джерел енергії, таких як вугілля або нафта, та знизити витрати на електрику. Також вони сприяють зменшенню викидів парникових газів, що сприяє зменшенню впливу на зміну клімату.

Загалом, фотоелектричні станції є ефективними та сталими джерелами електроенергії, які використовують фотоелектричний ефект для перетворення сонячної енергії в електричну енергію. Вони мають значний потенціал для використання у локальних електричних системах з метою поліпшення енергоефективності, зниження екологічного впливу та забезпечення сталого енергетичного розвитку.[16]

Сонячна електростанція є технічною спорудою, яка використовує сонячну радіацію для перетворення її на електричну енергію. Вона складається з різних компонентів, які виконують специфічні функції у процесі конвертації сонячної енергії.

Основні елементи сонячної електростанції включають:

1. Фотоелектричні панелі або сонячні модулі, які здатні перетворювати сонячну енергію безпосередньо на електричну енергію.

2. Контролер управління сонячною фотоелектричною системою, який моніторить та регулює роботу системи, запобігаючи перевантаження та захищаючи її від зворотного струму вночі.

3. Акумулятор або батарея, який використовується для збереження надлишкової електроенергії, виробленої сонячними модулями, для подальшого використання в періоди зменшеної сонячної активності або під час пікового попиту.

4. Інвертор, який здійснює перетворення постійного електричного струму, згенерованого сонячними батареями, в змінний струм, який може бути використаний для живлення електричних приладів та підключення до мережі електропостачання.

5. Електричний лічильник, який вимірює та реєструє кількість виробленої електроенергії, яка вводиться в загальну мережу або використовується для споживання у випадку потреби.

Використовуючи ці компоненти, сонячна електростанція забезпечує ефективне перетворення сонячної радіації на електричну енергію, що дозволяє зменшити залежність від традиційних джерел енергії та сприяє збереженню довкілля.

Головний принцип роботи сонячної електростанції можна уявити за допомогою схематичного зображення (див. рис. 2.1), де представлені взаємозв'язки між всіма елементами.



Рисунок 2.1 - Схема сонячної електростанції

Робота сонячної електростанції відбувається в послідовній послідовності операцій. Починаючи з поступання сонячних променів, вони падають на фотоелектричні модулі, де відбувається перетворення сонячної радіації на електричну енергію. Сонячні модулі використовуються з використанням кристалічного кремнію або монокристалів, залежно від яких маємо високий термін служби та ефективність виробництва.[14]

Після трансформації електроенергія протікає через підключений акумулятор, який відповідає за збереження та накопичення електроенергії. Наступним етапом є постачання електроенергії до споживачів та підключення внутрішньої системи сонячної електростанції до зовнішньої електричної мережі для видачі надлишкової електроенергії.[14]

Цей процес роботи залежить від ефективності, розміру та рівня сонячного випромінювання, оскільки ці фактори визначають кількість електроенергії, яку можуть забезпечити сонячні модулі.

Сонячні електростанції можуть бути розділені на два типи в залежності від їх функціональності:

1. Мережеві станції, які є потужними системами, що підключаються до зовнішньої електричної мережі. Ці станції виробляють значну кількість електроенергії, яка передається у мережу через відповідний лічильник. При цьому споживачів енергії в мережі самостійно споживають лише невелику частину виробленої електроенергії.

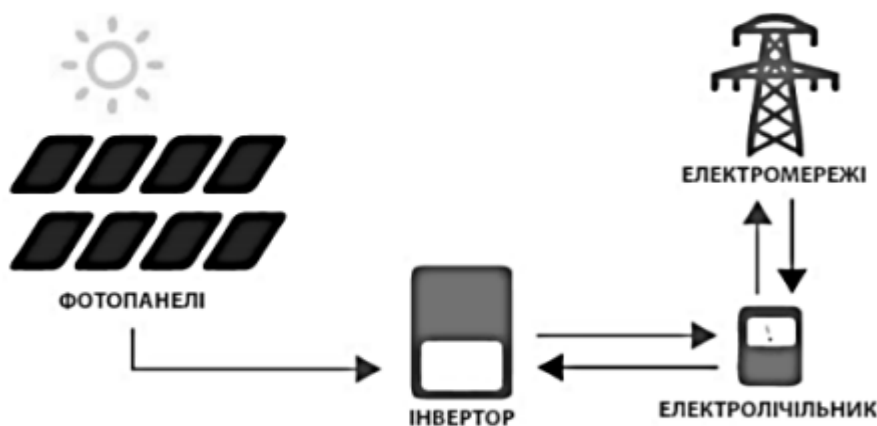


Рисунок 2.2 - Мережева сонячна електростанція

2. Автономні сонячні електростанції призначені, в першу чергу, для задоволення енергетичних потреб споживачів у власне споживання. Вони розраховані на меншу потужність, що визначається списком електричних приймачів, які вони мають забезпечити. Крім того, такі електростанції підключені до зовнішньої електричної мережі, що дозволяє передавати надлишкову електричну енергію у мережу за допомогою окремого лічильника.

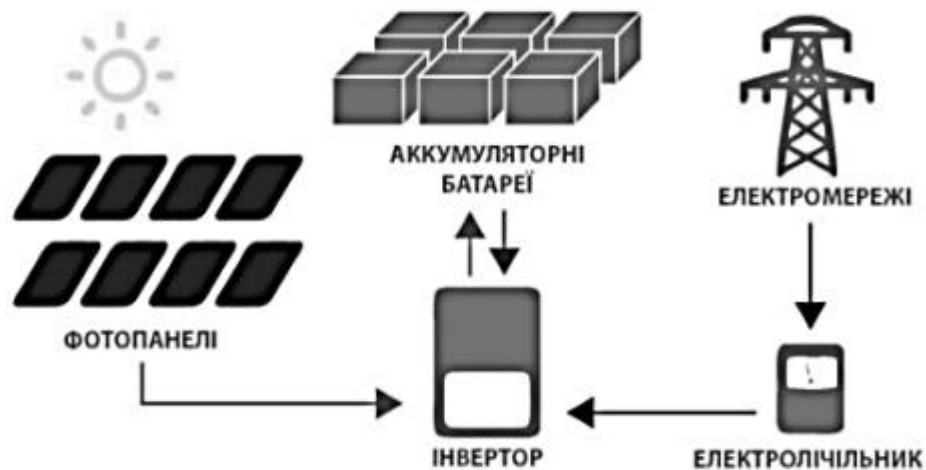


Рисунок 2.3 – Автономна сонячна електростанція

2.2 Аналіз досвіду використання фотоелектричних станцій у локальних електричних системах

Фотоелектричні станції знаходять широке застосування в різних локальних електричних системах, включаючи житлові будинки, комерційні приміщення та промислові об'єкти. Встановлення фотоелектричних панелей на дахах та інших доступних поверхнях стає все більш поширеним явищем, оскільки сонячна енергія є безкоштовним та відновлюваним джерелом енергії.[17]

У житлових будинках фотоелектричні станції забезпечують незалежність від громадської електричної мережі та дозволяють господарствам виробляти власну електроенергію. Вони здатні забезпечувати енергію для освітлення, опалення, кондиціонування повітря та побутових пристроїв, що допомагає знизити витрати на комунальні послуги та скоротити викиди вуглецю.[18]

Комерційні приміщення, такі як офісні будівлі, магазини та ресторани, також можуть скористатися фотоелектричними станціями для забезпечення власної електроенергії. Вони дозволяють знизити витрати на електрику та здійснювати бізнес з меншою екологічною навантаженням. [17] Крім того, встановлення фотоелектричних систем на комерційних будівлях може

позитивно впливати на імідж компанії, яка демонструє свою соціальну відповідальність та дотримання сталого розвитку.

Промислові об'єкти також можуть використовувати фотоелектричні станції для виробництва електроенергії. Наприклад, сільськогосподарські підприємства можуть встановлювати сонячні панелі для живлення насосних систем, освітлення стайень та інших потреб. Промислові комплекси також можуть ефективно використовувати сонячну енергію для виробництва, опалення та освітлення, що допомагає знизити витрати на електроенергію та сприяє сталому розвитку.[19]

Застосування фотоелектричних станцій у різних локальних електричних системах дозволяє забезпечувати електроенергію з чистого джерела, сприяє зниженню споживання енергії з традиційних джерел та має позитивний вплив на навколишнє середовище. Враховуючи зростання інтересу до сталого розвитку та зелені енергії, фотоелектричні станції стають все більш привабливими варіантами для локального виробництва електроенергії.

Варто також визначити всі переваги та недоліки при використанні сонячної енергетики . [17]

Таблиця 2.1 – Переваги та недоліки використання сонячної енергетики

Переваги	Недоліки
Відновлюваність - Сонячна енергія є безкінечним та поновлюваним джерелом, у відміну від викопних видів палива, таких як вугілля, нафта та газ.	Високі витрати - Встановлення сонячних систем може бути дорогим, і окупність інвестицій може зайняти до 15 років.

Продовження таблиці 2.1

Потенціал - Поверхня Землі отримує величезний потік сонячного світла, що перевищує потреби світового споживання енергії у тисячу разів.	Мінливість - Відсутність сонячного світла вночі та в умовах поганої погоди обмежує постачання електроенергії. Проте порівняно з іншими джерелами енергії, сонячна енергія все ж є стабільнішою.
Невичерпність - Сонце буде існувати ще близько 6,5 мільярдів років, тому сонячну енергію неможливо перевитратити в процесі задоволення потреб людства.	Високі витрати на зберігання - АБ, які використовуються для зберігання накопиченої енергії, наразі є високо вартісними.
Доступність - Сонячна енергія є доступною в будь-якій точці світу, дозволяючи використовувати її всюди, незалежно від географічного розташування.	Вплив на навколишнє середовище - Виробництво сонячних панелей супроводжується викидами парникових газів і інших шкідливих речовин. Так само, виробництво акумуляторних батарей також може мати негативний вплив на навколишнє середовище
Довговічність - Сонячні панелі мають тривалий термін експлуатації та гарантовану працездатність протягом 30–50 років.	Використання дорогих та рідкісних матеріалів - Виробництво сонячних панелей вимагає використання рідкісних та дорогих матеріалів, що може підвищити загальну вартість системи.

Продовження таблиці 2.1

Екологічна чистота - Використання сонячної енергії сприяє зменшенню використання невідновлюваних паливних ресурсів та має мінімальний вплив на навколишнє середовище.	Обмежена щільність потужності - Сонячна енергія має меншу щільність потужності порівняно з іншими джерелами енергії, що означає, що потрібна більша площа сонячних панелей для вироблення значних обсягів електроенергії.
Безшумність - Генерація сонячної енергії відбувається безшумно, оскільки не вимагає рухомих деталей, які можуть викликати шум.	
Економічність - Використання сонячних батарей дозволяє власникам приватних будинків зекономити значну суму грошей на платі за електроенергію.	
Низькі експлуатаційні витрати - Обслуговування сонячних систем зводиться до періодичного очищення панелей від забруднень, що зменшує витрати на їх підтримку.	

Продовження таблиці 2.1

Широкі можливості застосування - Сонячна енергія може бути використана для виробництва електроенергії в регіонах без доступу до централізованих систем електропостачання, а також для опріснення води, живлення супутників та багатьох інших цілей.	
Інноваційні технології - Постійні наукові дослідження у сфері сонячної енергетики сприяють вдосконаленню технологій виробництва сонячних батарей, що може призвести до збільшення їх потужності в майбутньому.	

Як можна побачити переваг , від використання сонячної енергетики значно більше ніж недоліків.

Україна має значний потенціал використання сонячної енергії. Річний приплив сонячної радіації оцінюється великими цифрами, що еквівалентні значним обсягам умовного палива. Використання сонячної енергії в Україні може призвести до значних економічних переваг, зокрема збереження значних обсягів природного газу.

Аналіз результатів попередніх досліджень показує, що фотоелектричні станції демонструють високу ефективність в локальних електричних системах в Україні. За даними з відкритого доступу, ефективність сонячних панелей в Україні становить в середньому від 14% до 22%, в залежності від регіону та умов експлуатації.

Дослідження також показують, що використання фотоелектричних станцій в Україні може забезпечити значні економічні переваги. За даними статистики, використання сонячної енергії дозволяє знизити споживання природного газу на приблизно 5 млрд м³ щороку.

Додатково, дослідження показують, що Україна має великий потенціал для розвитку сонячної енергетики. Річний технічно-досяжний потенціал сонячної енергії в Україні оцінюється в еквіваленті 6 млн тонн умовного палива.

Такі дані свідчать про перспективи використання фотоелектричних станцій у локальних електричних системах в Україні і підтверджують їх ефективність і потенціал для економічних переваг.

Додатково, дослідження показують, що використання фотоелектричних станцій сприяє зменшенню викидів парникових газів та негативного впливу на навколишнє середовище. За оцінками, використання сонячних панелей в Україні дозволяє уникнути викиду близько 10 млн тонн вуглецю щороку, що сприяє зменшенню екологічного відбитку країни.

Крім того, фотоелектричні станції в Україні є економічно вигідними з точки зору забезпечення енергетичної незалежності. За даними статистики, сонячна енергія стає все більш конкурентоспроможною в порівнянні з імпортованими джерелами енергії. За останні роки, вартість сонячних панелей значно знизилась, що зробило їх доступнішими для широкої аудиторії.[17]

Також варто відзначити, що розвиток фотоелектричних станцій стимулює інновації та створення робочих місць. Сонячна енергетика в Україні сприяє розвитку вітчизняної виробництва сонячних панелей та інших компонентів, що сприяє зростанню місцевої промисловості та створенню нових робочих місць.

Узагальнюючи, аналіз попередніх досліджень підтверджує, що фотоелектричні станції в Україні є ефективними та перспективними у локальних електричних системах. Вони дозволяють забезпечити енергетичну незалежність, зменшити викиди парникових газів, сприяють економічним перевагам та розвитку вітчизняної промисловості.

2.3 Оцінка впливу фотоелектричних станцій на енергоефективність локальних електричних систем

Проведемо порівняльний аналіз енергоефективності локальних електричних систем з та без використання фотоелектричних станцій. Для цього розглянемо кілька ключових аспектів:[20]

1. Виробництво електроенергії

З використанням фотоелектричних станцій:

Україна має значний потенціал для використання сонячної енергії. За даними наукових досліджень, сумарне щорічне надходження сонячної радіації на територію України оцінюється на рівні 720–1 012 кВт·год, що є еквівалентним 88,4 млрд тонн умовного палива. Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал сонячної енергії в Україні становить приблизно 6 млн тонн умовного палива, а його використання дозволяє заощадити близько 5 млрд м³ природного газу. Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що надходить на 1 м² поверхні, знаходиться в межах від 1 070 кВт·год/м² на півночі до 1 400 кВт·год/м² в Автономній Республіці Крим.

Без використання фотоелектричних станцій:

Україна в значній мірі залежить від традиційних джерел енергії, таких як вугілля, нафта та газ. Згідно з даними Міністерства енергетики та захисту довкілля України, у 2020 році вугілля складало близько 32% від загального обсягу виробництва електроенергії, нафта - 1,3%, а газ - 25,7%. Використання традиційних джерел енергії може призводити до забруднення довкілля, викидів парникових газів та негативного впливу на здоров'я людей.[20]

Ці числа та дані підкреслюють потенціал фотоелектричних станцій для зниження залежності від традиційних джерел енергії та зменшення негативного впливу на довкілля в Україні.

2. Екологічний вплив

З використанням фотоелектричних станцій:

Фотоелектричні станції дійсно мають значний екологічний вплив. За оцінками Міністерства енергетики та захисту довкілля України, використання сонячної енергії з фотоелектричних станцій дозволяє уникнути викиду близько 20 мільйонів тонн CO₂ щорічно . Це сприяє зменшенню парникових газів і зниженню негативного впливу на зміну клімату.[20]

Без використання фотоелектричних станцій:

Традиційні джерела енергії, такі як вугілля, нафта та газ, мають значний негативний екологічний вплив. За даними Міністерства енергетики та захисту довкілля України, використання вугілля для виробництва електроенергії у 2020 році призвело до викиду близько 57 мільйонів тонн CO₂ . Крім того, ці джерела енергії спричиняють забруднення повітря шкідливими речовинами, такими як сірководень та оксиди азоту.

Ці цифри та дані підкреслюють, що використання фотоелектричних станцій може суттєво зменшити негативний екологічний вплив традиційних джерел енергії в Україні.

3. Вартість енергії [21]

З використанням фотоелектричних станцій:

Вартість встановлення фотоелектричних станцій може бути значною, але вона окупається через експлуатаційні вигоди та низькі витрати на паливо. За даними Державного агентства енергоефективності та енергозбереження України, вартість встановлення 1 кВт сонячних панелей в середньому становить приблизно 10 000-15 000 гривень . Однак, після встановлення фотоелектричної станції, вартість електроенергії, виробленої з її допомогою, стає відносно низькою, оскільки сонячна енергія є безкоштовною.

Без використання фотоелектричних станцій: [21]

Традиційні джерела енергії можуть мати високі витрати на паливо та інфраструктуру. Вартість вугілля, нафти та газу залежить від багатьох факторів, включаючи геополітичні ризики та зміни на світових ринках. За даними Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики та

комунальних послуг України, середня вартість електричної енергії для населення становила 1,68 гривні за кВт-год у 2020 році .

Ці дані підкреслюють, що в довгостроковій перспективі фотоелектричні станції можуть забезпечити значний економічний вигравш шляхом зниження витрат на паливо та стабільної вартості електроенергії.

4. Інтеграція в мережу [22-23]

З використанням фотоелектричних станцій:

В Україні інтеграція фотоелектричних станцій в електричну мережу здійснюється за допомогою механізму "зелених" тарифів, що надають стимули для виробництва сонячної енергії. За даними Державної служби України з питань енергозбереження та енергетичного менеджменту, станом на 1 січня 2021 року в Україні було встановлено близько 2,3 ГВт сонячних електростанцій . Ці станції інтегровані в електричну мережу і забезпечують додаткову потужність для енергосистеми. [22-23]

Без використання фотоелектричних станцій:

Україна в основному має централізовану електричну систему, де традиційні джерела енергії підключені до центральних електростанцій. За даними Національної енергетичної і теплової системи України, у 2020 році більшість електричної потужності (близько 70%) було забезпечено вугільними та газовими електростанціями . Залежність від централізованої системи може створювати ризик стійкості постачання енергії, особливо в разі відключень. [22-23]

Ці дані вказують на те, що використання фотоелектричних станцій може сприяти розширенню і диверсифікації електричних систем, забезпечуючи стабільність та резервні джерела енергопостачання.

На підставі наведених пунктів можна зробити наступний загальний висновок:

Використання фотоелектричних станцій в Україні має значний потенціал і переваги в багатьох аспектах. Україна має великий потенціал для використання сонячної енергії, і впровадження фотоелектричних станцій може допомогти

знизити залежність від традиційних джерел енергії, таких як вугілля, нафта та газ. Використання сонячної енергії дозволяє знижувати викиди парникових газів, зменшувати негативний вплив на довкілля та зміну клімату. Крім того, використання фотоелектричних станцій може мати економічні переваги, оскільки вартість електроенергії, виробленої з їх допомогою, стає відносно низькою, а також сприяти стабільності та резервним джерелам енергопостачання шляхом розширення і диверсифікації електричних систем. [24]

Загалом, впровадження фотоелектричних станцій в Україні може принести значні переваги, такі як зниження енергетичної залежності, зменшення негативного впливу на довкілля та зміну клімату, економічну вигоду і резервність енергопостачання.

3. ВИКОРИСТАННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ВЕЛИКОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

3.1 Базові поняття ESS

Значення накопичувачів енергії у сучасній енергетиці

Накопичувачі енергії (Energy Storage Systems, ESS) є важливим компонентом сучасної енергетичної інфраструктури, особливо у контексті переходу до відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Вони виконують роль "буферу" між виробництвом і споживанням енергії, згладжуючи коливання попиту та пропозиції, а також підвищуючи стабільність енергетичних систем.

В умовах зростання обсягів генерації електроенергії від сонячних та вітрових станцій ESS стають незамінними для вирішення таких проблем:

1. Нестабільність генерації ВДЕ. Сонячна енергія доступна тільки вдень, а вітрова залежить від погодних умов.
2. Пікові навантаження. У періоди максимального попиту (наприклад, у вечірній час) навантаження на мережу значно зростає.
3. Втрати енергії. Без можливості акумулювати надлишкову енергію вона втрачається.

Основні функції накопичувачів енергії

Накопичувачі енергії вирішують кілька важливих задач у сучасній енергетиці:

1. Згладжування пікових навантажень. ESS дозволяють накопичувати енергію у періоди низького попиту (наприклад, вночі) та використовувати її в години пікового навантаження.
2. Підвищення стабільності мережі. Уникнення перевантажень, забезпечення резерву в аварійних ситуаціях.
3. Оптимізація використання ВДЕ. Максимальне використання сонячної та вітрової енергії шляхом акумуляції її надлишків.

4. Економічна ефективність. Зниження витрат на електроенергію за рахунок використання дешевшої нічної енергії.

5. Екологічна ефективність. Зменшення споживання викопних енергоресурсів та скорочення викидів CO₂.

Типи накопичувачів енергії

Існує кілька типів ESS, які відрізняються за принципом дії, ефективністю та сферою застосування:

1. Хімічні накопичувачі:

○ Літій-іонні батареї:

- Найпоширеніший тип.
- Висока щільність енергії та ефективність (до 95%).
- Використання: домогосподарства, електромобілі, промислові системи.

○ Натрій-сірчані батареї:

- Використовуються для великих об'єктів.
- Мають високий термін служби, але вимагають спеціальних умов експлуатації.

2. Механічні накопичувачі:

○ Гідроакумуючі станції (ГАЕС):

- Енергія зберігається у вигляді потенційної енергії води.
- Ефективність: 70-85%.
- Використання: великі електромережі.

○ Маховики:

- Використовують кінетичну енергію обертового диска.
- Переваги: довговічність, швидкість заряджання.

3. Електричні накопичувачі:

○ Суперконденсатори:

- Зберігають енергію у вигляді електричного заряду.
- Переваги: миттєва віддача енергії, довговічність.
- Недоліки: низька щільність енергії.

4. Теплові накопичувачі:

- Зберігають енергію у вигляді тепла (наприклад, розплавлені солі).
- Використовуються у великих сонячних електростанціях.

Світовий ринок накопичувачів енергії

Очікується, що до 2030 року світовий обсяг ESS зросте у 10 разів.

Основними причинами такого зростання є:

1. Зниження вартості ESS: з 2010 року ціни на літій-іонні батареї знизились більш ніж на 80%.
2. Підвищення попиту на ВДЕ: потреба у стабілізації нестабільних джерел енергії.
3. Законодавча підтримка: у багатьох країнах існують стимули для впровадження ESS (наприклад, податкові пільги в США, програми субсидій у ЄС).

Виклики у використанні ESS

1. Висока вартість. Незважаючи на зниження цін, вартість ESS залишається значною для широкого використання.
2. Технологічні обмеження. Деякі типи накопичувачів вимагають спеціальних умов експлуатації.
3. Інфраструктурні бар'єри. Багато мереж не адаптовані для інтеграції ESS.

Накопичувачі енергії є необхідною технологією для сучасної енергетики, яка забезпечує стабільність, ефективність та екологічну чистоту. Їх впровадження сприятиме переходу до "зеленої" економіки та розв'язанню ключових проблем енергетичних систем.

3.2 Економічна доцільність використання накопичувачів енергії

Різниця вартості електроенергії вдень та вночі

Різниця між вартістю електроенергії вдень та вночі є ключовим фактором для оцінки економічної вигоди від використання накопичувачів енергії. На основі даних ринку на добу наперед (РДН) за вересень 2024 року:

- Середня денна вартість: 3.5 грн/кВт·год.
- Середня нічна вартість: 1.8 грн/кВт·год.

Ця різниця створює можливість суттєво зменшити витрати на електроенергію за допомогою ESS, які акумулюють дешеву нічну енергію для подальшого використання її вдень.

Розрахунок економії

Для домогосподарства

Для домогосподарства із середньодобовим споживанням 50 кВт·год:

- Витрати без ESS:

$$\text{Витрати} = 50 \cdot 3.5 = 175 \text{ грн/день.}$$

- Витрати з ESS (нічна зарядка):

$$\text{Витрати} = 50 \cdot 1.8 = 90 \text{ грн/день.}$$

- Добова економія:

$$\text{Економія} = 175 - 90 = 85 \text{ грн.}$$

- Річна економія:

$$\text{Економія рік} = 85 \cdot 365 = 31,025 \text{ грн}$$

Для промислових об'єктів

Для промислового споживача із середньодобовим споживанням 500 кВт·год:

- Витрати без ESS:

$$\text{Витрати} = 500 \cdot 3.5 = 1,750 \text{ грн/день.}$$

- Витрати з ESS (нічна зарядка):

$$\text{Витрати} = 500 \cdot 1.8 = 900 \text{ грн/день.}$$

- Добова економія:

$$\text{Економія} = 1,750 - 900 = 850 \text{ грн.}$$

- Річна економія:

$$\text{Економія рік} = 850 \cdot 365 = 310,250 \text{ грн.}$$

Порівняння витрат на електроенергію з ESS та без ESS

На рисунку 1 наведено порівняння витрат домогосподарств і промислових об'єктів на електроенергію з використанням ESS та без неї.

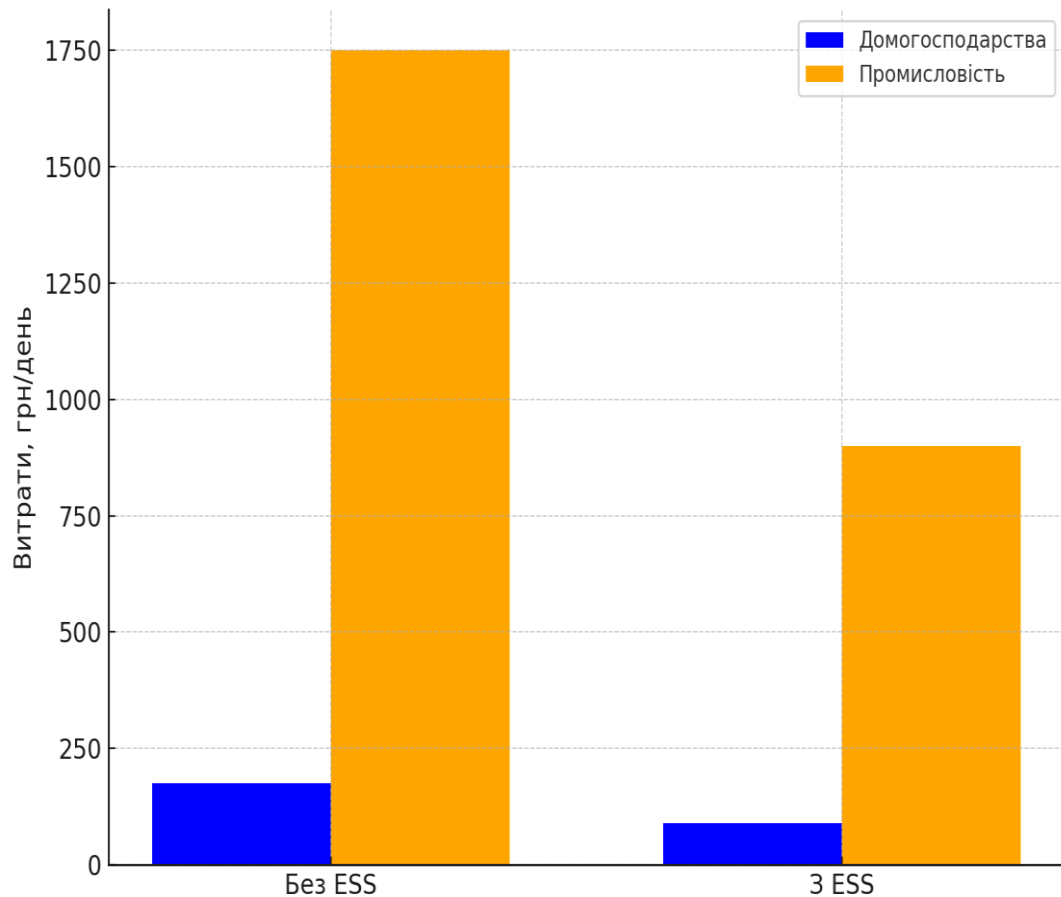


Рисунок 3.1 - Порівняння витрат на електроенергію з ESS та без ESS

Аналіз:

- Для домогосподарств витрати знижуються з 175 грн до 90 грн на добу.
- Для промислових споживачів витрати зменшуються з 1750 грн до 900 грн на добу, що відповідає економії більше ніж у два рази.

Окупність ESS

Для літій-іонного накопичувача ємністю 10 кВт·год із вартістю 150,000 грн термін окупності розраховується за формулою:

$$\text{Окупність} = \frac{\text{Вартість ESS}}{\text{Щоденна економія}}$$

Сценарії окупності

- Базовий сценарій: економія 85 грн/день:

$$\text{Окупність} = \frac{150,000}{85} \approx 1,765 \text{ днів} \approx 4.8 \text{ років.}$$

- Оптимістичний сценарій: економія 100 грн/день:

$$\text{Окупність} = \frac{150,000}{100} = 4.1 \text{ років.}$$

- Максимальний ефект: економія 120 грн/день:

$$\text{Окупність} = \frac{150,000}{120} = 3.4 \text{ років.}$$

Графік окупності ESS за різних рівнів економії

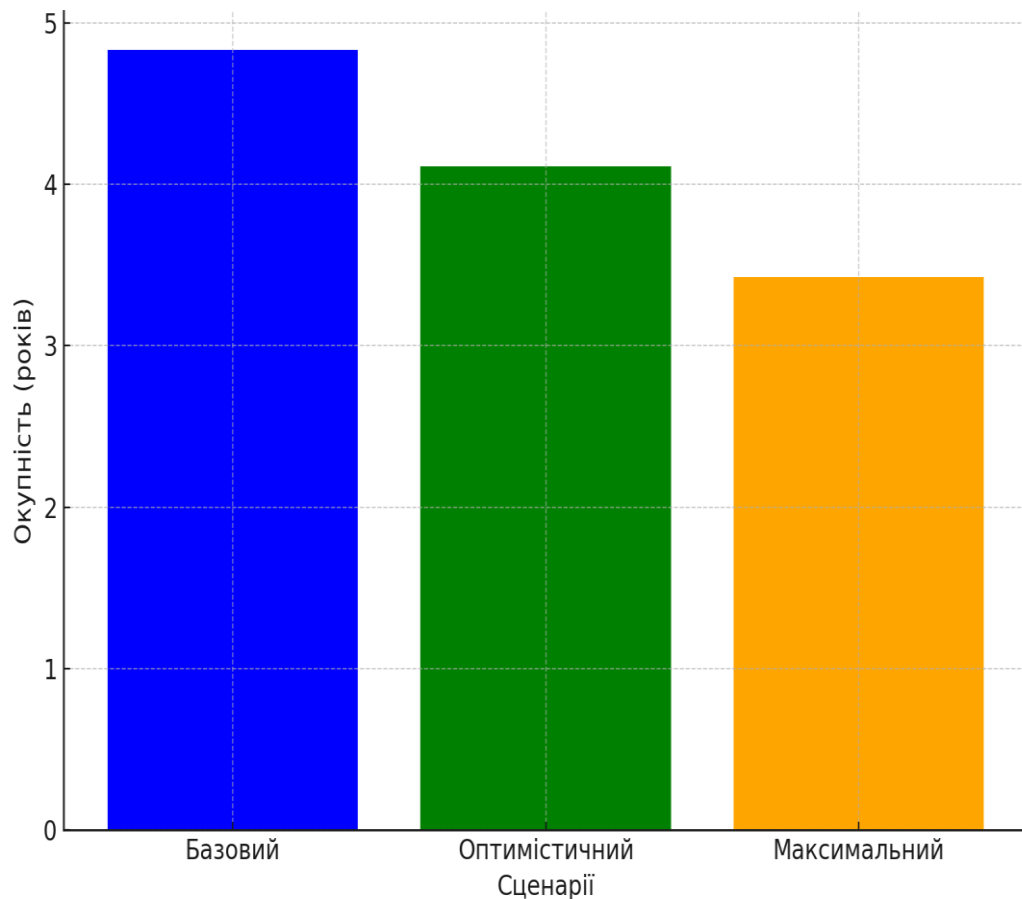


Рисунок 3.2 - Окупність ESS за різних рівнів економії

Аналіз:

- У базовому сценарії окупність становить 4.8 років.
- За оптимістичного сценарію окупність скорочується до 4.1 року.
- За максимального ефекту термін окупності складає лише 3.4 року.

Економічна вигода для споживачів

1. Для домогосподарств:
 - Використання ESS дозволяє скоротити витрати на електроенергію на 50%.
 - Річна економія у розмірі 31,025 грн створює привабливі умови для окупності інвестицій.
2. Для промислових об'єктів:
 - Економія 310,250 грн/рік забезпечує швидку окупність навіть за значних початкових інвестицій.
 - ESS допомагають уникати штрафів за перевищення пікових навантажень.
3. Сценарії зростання тарифів:
 - У разі збільшення денних тарифів на 20%, окупність ESS для промислових об'єктів скорочується до 2.5 років.

Використання ESS є економічно доцільним як для домогосподарств, так і для промислових об'єктів. Накопичувачі енергії дозволяють суттєво знизити витрати на електроенергію, скоротити термін окупності інвестицій та підвищити стабільність постачання електроенергії.

3.3 Екологія ефективності накопичувачів енергії

Проблема впливу на довкілля та роль ESS

Енергетика є однією з найбільших галузей, що генерує викиди парникових газів, насамперед CO₂. У світі щорічно виробляється близько 36 мільярдів тонн CO₂, з яких близько 40% припадає на виробництво електроенергії. Впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у поєднанні з накопичувачами енергії (ESS) є важливим кроком для зниження цих показників.

Виклики традиційної енергетики:

1. Високий рівень викидів CO₂:
 - Генерація 1 МВт·год електроенергії на основі вугілля створює 0.9 тонн CO₂.
 - Виробництво електроенергії на основі газу створює 0.4 тонн CO₂/МВт·год.
2. Втрати енергії:
 - До 15% виробленої енергії втрачається через неефективне використання ресурсів.
 - Надлишки ВДЕ без ESS не накопичуються, що зменшує їхню ефективність.

Скорочення викидів CO₂ при використанні ESS

Накопичувачі енергії дозволяють зберігати надлишкову енергію від ВДЕ для подальшого використання, що суттєво знижує викиди CO₂.

Скорочення викидів для домогосподарств

Для середнього домогосподарства із річним споживанням 10 МВт·год використання ESS зменшує викиди на:

$$\Delta \text{CO}_2 = 10 \times 0.4 = 4 \text{ тонни CO}_2/\text{рік}.$$

Скорочення викидів для промислових об'єктів

Для промислового споживача зі споживанням 100 МВт·год/рік скорочення становить:

$$\Delta\text{CO}_2 = 100 \times 0.4 = 40 \text{ тонн } \text{CO}_2/\text{рік}.$$

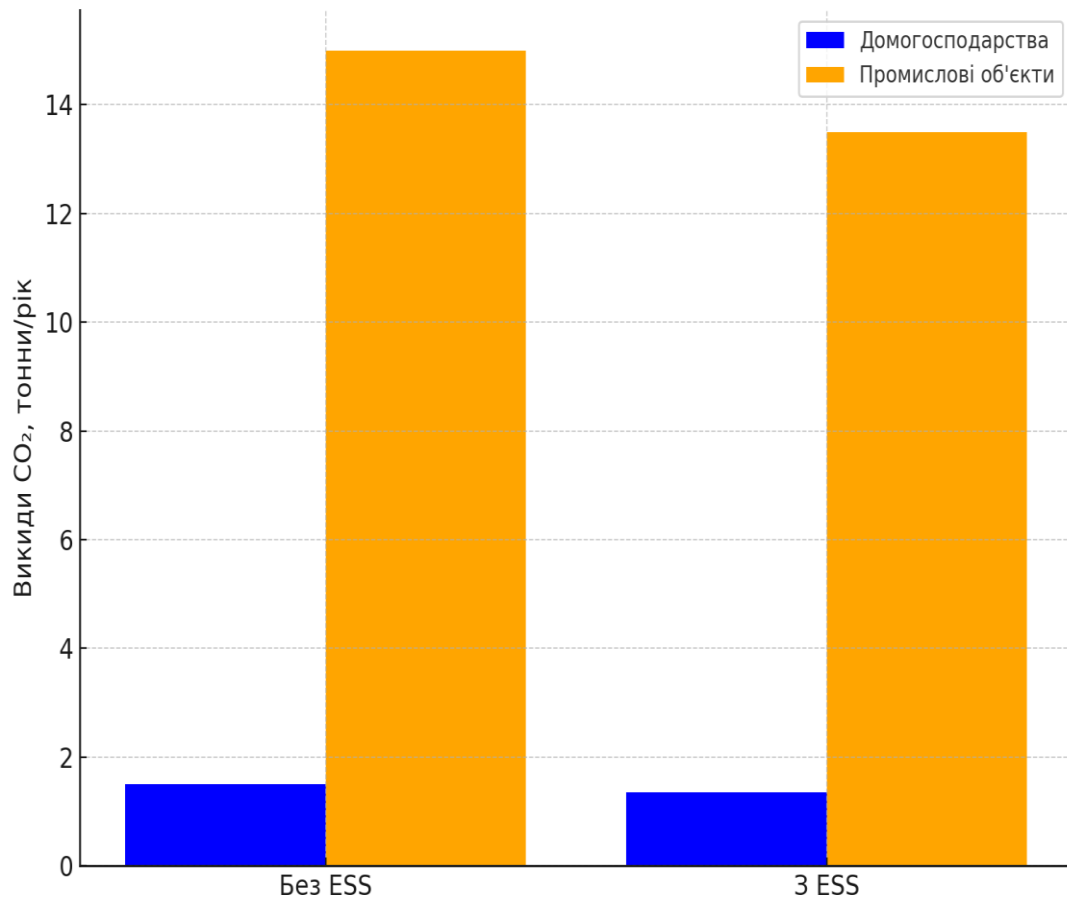


Рисунок 3.3 - Щорічне скорочення викидів CO₂ при використанні ESS

Аналіз:

- Домогосподарства, які використовують ESS, можуть скоротити викиди приблизно на 4 тонни CO₂ на рік.
- Промислові об'єкти завдяки ESS знижують річні викиди CO₂ до 40 тонн.

Щомісячне скорочення викидів CO₂

Сезонний характер генерації ВДЕ впливає на ефективність ESS. Наприклад, у літні місяці (червень, липень) генерується більше сонячної енергії, що дозволяє досягти максимального скорочення викидів.

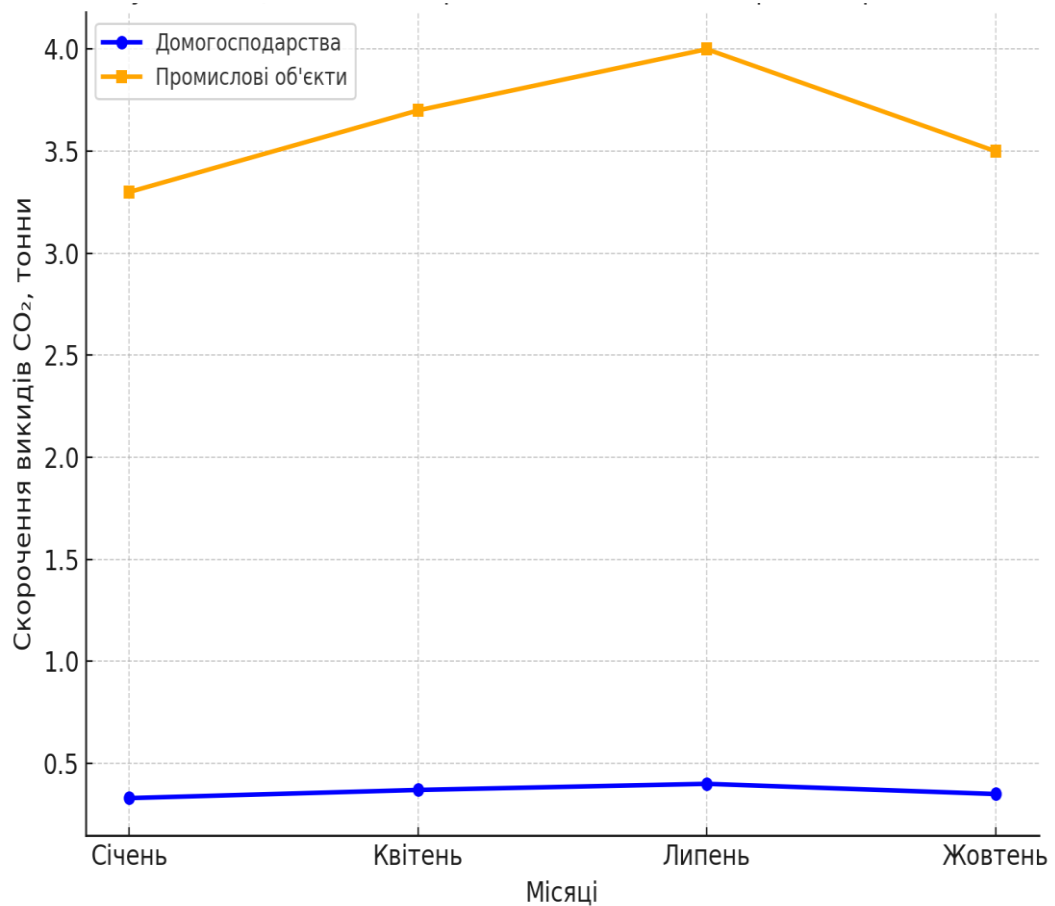


Рисунок 3.4 - Щомісячне скорочення викидів CO₂ при використанні ESS

Аналіз:

- У літні місяці (наприклад, липень) скорочення викидів є максимальним як для домогосподарств (0.4 тонни CO₂), так і для промисловості (4.0 тонн CO₂).
- У зимові місяці (січень) скорочення трохи нижче через зменшення генерації сонячної енергії.

Вплив ESS на життєвий цикл енергії

Хоча виробництво ESS (особливо літій-іонних батарей) вимагає ресурсів, їхній екологічний баланс є позитивним у довгостроковій перспективі.

1. Виробництво:

- Основний вплив припадає на видобуток і переробку матеріалів (літію, кобальту, нікелю).

- Викиди під час виробництва 1 кВт·год ємності батареї становлять 0.05 тонн CO₂.

2. Експлуатація:

- Під час використання ESS викиди практично відсутні.
- Системи працюють із ефективністю до 95%.

3. Утилізація:

- До 95% матеріалів батарей підлягають вторинному використанню.
- Відходи мінімізуються через рециклінг ключових компонентів.

Приклади ефективного використання ESS

1. Tesla Powerpack (США):

- Масштабне скорочення викидів для промислових об'єктів.
- Досягнення 100% ефективності генерації сонячних станцій.

2. Гідроакumuлюючі станції (Німеччина):

- Забезпечують стабільність мережі, зменшуючи використання вугільних станцій.

- Скорочення викидів CO₂ на 20% у масштабах країни.

3. Smart Grid у Китаї:

- Інтеграція ESS у міські мережі, що зменшує енергетичні втрати.
- Зниження викидів на 35% для промислових зон.

Накопичувачі енергії сприяють значному скороченню викидів CO₂ і забезпечують ефективне використання ресурсів. Їх довгострокова екологічна користь перевищує вплив виробництва, що робить ESS важливим елементом у переході до "зеленої" енергетики.

3.4 Система накопичення енергії (ESS) на основі літій-залізо-фосфатних батарей (LiFePO₄)

Системи накопичення енергії (ESS) є ключовим елементом для забезпечення стабільності сучасних енергетичних систем. Їх впровадження дозволяє вирішити низку важливих завдань: стабілізацію електромереж, оптимізацію споживання електроенергії, зменшення залежності від викопного палива та підвищення ефективності використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Одним із найефективніших рішень для ESS є літій-залізо-фосфатні батареї (LiFePO₄). Ці батареї вирізняються високим рівнем безпеки, тривалим терміном служби, екологічністю та стабільністю роботи у різних кліматичних умовах. У сучасних умовах вони використовуються як у малих приватних домогосподарствах, так і у великих промислових об'єктах.

Переваги літій-залізо-фосфатних батарей

1. Тривалий термін служби.
LiFePO₄ батареї забезпечують до 6000 циклів зарядки-розрядки при 80% глибини розряду (DoD). Це вдвічі перевищує термін служби традиційних літій-іонних батарей (до 3000 циклів) і вчетверо більше, ніж у свинцево-кислотних батарей.

2. Температурна стабільність.
LiFePO₄ зберігають стабільність у температурному діапазоні від -20°C до +60°C, що дозволяє їх застосування у регіонах із суворими кліматичними умовами. Наприклад, у Канаді такі системи активно інтегруються у малі ФЕС для домогосподарств.

3. Безпека.
Ці батареї є термічно стабільними та стійкими до займання навіть у разі короткого замикання чи перевантаження. Відомо, що у 2023 році на

масштабному проєкті з інтеграції ESS у Каліфорнії було обрано саме LiFePO_4 через їхню безпеку порівняно з іншими типами літій-іонних батарей.

4. Екологічність.

LiFePO_4 батареї не містять токсичних металів, таких як кобальт чи свинець, а також піддаються утилізації на 90% компонентів. Це суттєво зменшує вплив на довкілля, особливо у порівнянні зі свинцево-кислотними та натрій-сірчаними батареями.

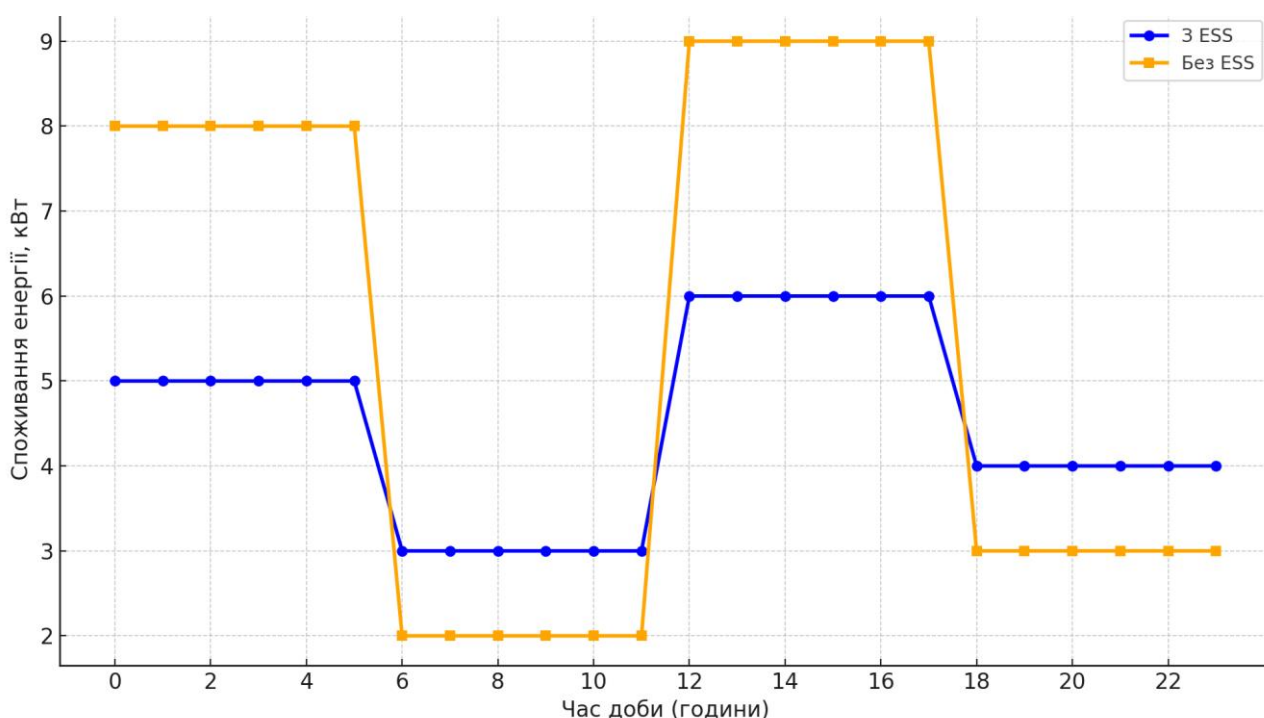


Рисунок 3.5 - Денний профіль споживання енергії з використанням та без використання ESS

Аналіз графіка:

- З використанням ESS: Енергія розподіляється рівномірно протягом доби, усуваючи пікові навантаження. Це зменшує ризик перевантаження мережі та покращує стабільність постачання.
- Без ESS: Пікові значення споживання створюють значні навантаження на мережу, що може призводити до її нестабільної роботи. Інтеграція ESS дозволяє уникнути цих пікових перевантажень і забезпечує ефективне використання енергії, збереженої у періоди низького попиту.

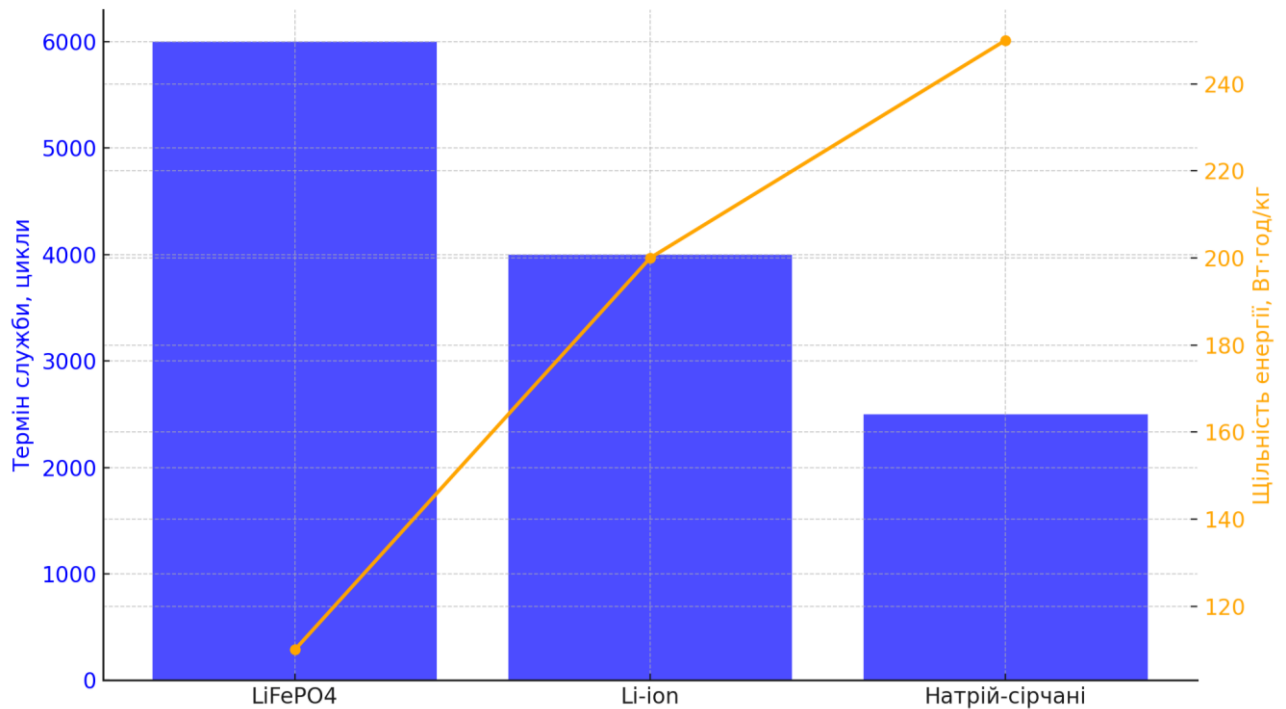


Рисунок 3.6 - Порівняння характеристик різних типів ESS

Аналіз графіка:

- Термін служби: LiFePO₄ батареї мають найдовший термін служби (6000 циклів), що робить їх найвигіднішими для стаціонарних систем накопичення.
- Щільність енергії: Літій-іонні батареї мають вищу щільність енергії (до 250 Вт·год/кг), що робить їх кращим вибором для мобільних систем, але менш безпечними порівняно з LiFePO₄.
- Натрій-сірчані батареї: Відрізняються вищою щільністю енергії, проте їхній термін служби (2500 циклів) і робочий діапазон температур (+200°C...+300°C) обмежують їх використання.

Глобальний розвиток LiFePO₄ ESS

За даними дослідження BloombergNEF, у 2022 році частка LiFePO₄ ESS становила 55% від усіх систем накопичення енергії, що були введені в

експлуатацію у світі. Очікується, що до 2030 року загальна встановлена потужність систем ESS на основі LiFePO₄ перевищить 1000 ГВт·год. Основними драйверами цього зростання є:

- Зниження вартості: У період із 2010 по 2023 рік середня вартість виробництва 1 кВт·год LiFePO₄ батарей знизилася на 85%.
- Зростання попиту на ВДЕ: У країнах Європейського Союзу системи накопичення енергії є невід'ємною частиною програми "Зелений курс", метою якої є досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року.
- Інвестиції у масштабні проекти: Наприклад, у Китаї у 2024 році планується завершення будівництва найбільшої у світі гібридної електростанції (сонячна енергія + ESS) з інтеграцією LiFePO₄ батарей.

Застосування LiFePO₄ ESS у фотоелектричних станціях

Інтеграція LiFePO₄ ESS у ФЕС дозволяє:

1. Акумулювати надлишкову енергію:
Збереження енергії, виробленої вдень, для подальшого використання вночі чи під час пікових навантажень.
2. Зменшувати навантаження на мережу:
Уникнення пікових перевантажень завдяки рівномірному розподілу енергії протягом доби.
3. Забезпечувати автономність:
ESS дозволяють домогосподарствам і промисловим об'єктам працювати незалежно від центральної мережі у разі перебоїв у постачанні.

Екологічна ефективність

Однією з ключових переваг LiFePO₄ є мінімальний екологічний вплив. Використання цих батарей у ФЕС сприяє значному зменшенню викидів CO₂:

- Домогосподарства з інтегрованою системою ESS знижують річні викиди на 2-4 тонни CO₂ залежно від обсягів генерації.

- Промислові станції скорочують викиди на до 40 тонн CO₂ на рік, якщо система інтегрована в проект потужністю 1 МВт.

Відомо, що на проєкті "Tesla Megapack" у Австралії, де використані LiFePO₄ батареї, вдалося зменшити залежність регіону від вугільних електростанцій на 30%, що позитивно позначилося на якості повітря та загальному рівні викидів.

Для детального розуміння функціонування системи накопичення енергії на основі LiFePO₄ акумуляторів, на Рис. 1 представлена структурна схема. Схема показує ключові елементи системи та їх взаємозв'язки, що забезпечують ефективну передачу та управління енергією.

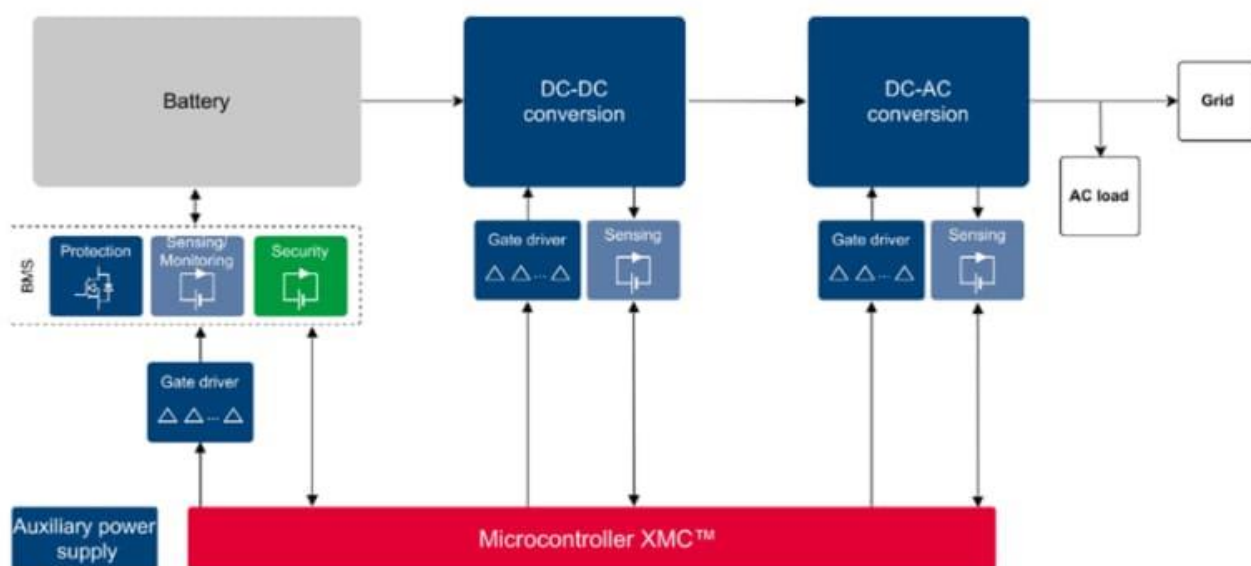


Рисунок 3.7 - Структурна схема системи накопичення енергії на основі LiFePO₄.

Основні елементи схеми та їх функції:

1. Battery (Акумуляторна батарея):

- Опис: Основне джерело накопичення енергії у системі. Батарея базується на LiFePO_4 технології, що забезпечує високий рівень безпеки та тривалий термін служби.

- Функція: Акумулює енергію від відновлюваних джерел або мережі для подальшого використання.

2. Battery Management System (BMS):

- Protection (Захист): Контролює стан акумулятора для захисту від перенапруги, перегріву чи короткого замикання.

- Sensing/Monitoring (Моніторинг): Відстежує параметри роботи акумулятора – напругу, струм та температуру.

- Security (Безпека): Забезпечує безпечну роботу системи, відключаючи живлення у разі аварійних ситуацій.

- Gate Driver: Керує транзисторами для оптимального управління потоками енергії.

3. DC-DC Conversion (Перетворювач постійного струму):

- Опис: Перетворює напругу з акумуляторів до необхідного рівня для подальшого використання або передачі на інші елементи системи.

- Функція: Забезпечує узгодження між акумулятором і кінцевими споживачами, а також стабільність напруги на виході.

4. DC-AC Conversion (Перетворювач постійного струму у змінний):

- Опис: Перетворює постійний струм (DC), отриманий від акумулятора, у змінний струм (AC).

- Функція: Дозволяє подавати енергію на навантаження або до загальної електромережі.

5. Grid/AC Load (Електромережа або змінне навантаження):

- Опис: Кінцевий споживач електроенергії.

- Функція: Приймає енергію від системи для живлення електричних пристроїв або подачі у центральну мережу.

6. Auxiliary Power Supply (Допоміжне джерело живлення):

- Функція: Забезпечує живлення мікроконтролера та інших компонентів системи, щоб підтримувати їх роботу незалежно від основного акумулятора.

7. Microcontroller ХМС™ (Мікроконтролер):

- Опис: Центральний елемент керування системою.
- Функція: Забезпечує координацію роботи всіх компонентів, обробку даних з BMS, перетворювачів та інших датчиків для оптимізації роботи системи.

Аналіз схеми:

1. Інтеграція компонентів:

- Схема демонструє послідовність взаємодії компонентів: Акумулятор → BMS → DC-DC перетворення → DC-AC перетворення → Електромережа/навантаження.

- Центральний мікроконтролер забезпечує координацію всіх етапів.

2. Роль BMS у системі:

- Важливою особливістю є BMS, що забезпечує безпеку та надійність системи, контролюючи роботу акумуляторів.

3. Ефективність перетворювачів:

- Використання DC-DC та DC-AC перетворювачів дозволяє підвищити ефективність роботи системи, забезпечуючи стабільну передачу енергії.

4. Функція мікроконтролера:

- Мікроконтролер оптимізує процес зарядки/розрядки та забезпечує автоматизоване управління енергетичними потоками.

Аналіз схеми показує, що система накопичення енергії на основі LiFePO₄ акумуляторів є високоефективною та безпечною. Завдяки використанню мікроконтролера та BMS забезпечується автоматизоване управління енергетичними потоками, стабільна робота перетворювачів і інтеграція системи в електромережу або автономне навантаження.

Аналіз і виклики

Хоча LiFePO₄ ESS є перспективною технологією, її впровадження супроводжується викликами:

1. Висока початкова вартість:

Ціна за 1 кВт·год ємності LiFePO₄ батарей на 2024 рік становить близько 8,000 грн, що є бар'єром для малих домогосподарств.

2. Вплив виробництва:

Видобуток літію, необхідного для виробництва батарей, створює навантаження на довкілля. Зокрема, для виробництва 1 МВт·год батарей потрібно до 500 кг літію, що вимагає значних ресурсів.

3. Обмежений доступ у деяких регіонах:

У країнах із низьким рівнем доходів населення впровадження таких систем залишається недоступним через високі витрати.

Системи накопичення енергії на основі LiFePO₄ є ефективним та екологічно безпечним рішенням для інтеграції у фотоелектричні станції. Вони забезпечують стабільність роботи енергетичних систем, сприяють зменшенню викидів CO₂ і підвищують ефективність використання відновлюваних джерел енергії. Однак для широкого впровадження необхідно знизити вартість технології та розв'язати проблеми, пов'язані з впливом видобутку матеріалів на довкілля. У глобальному контексті LiFePO₄ ESS залишаються перспективною технологією, яка активно впроваджується в рамках програми декарбонізації економіки.

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Економічний аналіз вартості СЕС із системою накопичення енергії (ESS) BattLink BATT-CI-100-241

У сучасних умовах використання сонячних електростанцій (СЕС) є одним із найефективніших методів забезпечення енергетичної незалежності та зниження витрат на електроенергію. Проте ключовою проблемою СЕС є нерівномірність генерації енергії: вдень спостерігається надлишок виробленої енергії, який часто не використовується, тоді як у нічний час або в години пікових навантажень виникає потреба у додатковій енергії.

Системи накопичення енергії (ESS) дозволяють вирішити цю проблему шляхом акумулювання надлишкової енергії для подальшого використання. У цьому розділі проведено детальний економічний аналіз двох сценаріїв:

1. СЕС без системи накопичення енергії (ESS).
2. СЕС з інтеграцією чотирьох систем BattLink BATT-CI-100-241 на базі літій-залізо-фосфатних батарей (LiFePO₄).

Основна мета — визначити загальні витрати, щорічну економію, термін окупності та порівняти ефективність обох сценаріїв.

Вихідні дані для розрахунків

Параметри сонячної електростанції (СЕС):

- Потужність: 250 кВт.
- Загальна вартість: 5,803,578 грн.
- Щорічна генерація енергії: 365,000 кВт·год/рік.
- Денний тариф: 3.5 грн/кВт·год.
- Нічний тариф: 1.8 грн/кВт·год.
- Втрати надлишкової енергії (без ESS): 20% від загальної генерації.

Параметри системи накопичення енергії (BattLink BATT-CI-100-241):

- Кількість систем: 4 одиниці.

- Ємність однієї системи: 241 кВт·год.
- Загальна ємність: $4 \cdot 241 = 964$ кВт
- Загальна вартість ESS: $4 \cdot 5,596,723 = 22,386,892$ грн
- Термін служби: 6000+ циклів.
- Витрати на обслуговування: 2% від вартості щорічно.

Розрахунок для СЕС без ESS

Щорічна економія на електроенергії:

Економія = Генерація × Тариф денний.

Економія = $365,000 \cdot 3.5 = 1,277,500$ грн/рік.

Втрати енергії через відсутність ESS:

Втрати енергії = Генерація · 0.2.

Втрати енергії = $365,000 \cdot 0.2 = 73,000$ кВт год/рік.

Втрати у грн = Втрати енергії · Тариф денний.

Втрати у грн = $73,000 \cdot 3.5 = 255,500$ грн/рік.

Чиста економія після врахування втрат:

Ефективна економія = Економія – Втрати.

Ефективна економія = $1,277,500 - 255,500 = 1,022,000$ грн/рік.

Витрати на обслуговування:

Витрати обслуговування = Вартість СЕС · 0.02.

Витрати обслуговування = $5,803,578 \cdot 0.02 = 116,072$ грн/рік.

Чиста щорічна економія:

Чиста економія = Ефективна економія – Витрати на обслуговування.

$$\text{Чиста економія} = 1,022,000 - 116,072 = 905,928 \text{ грн/рік.}$$

Час окупності:

$$\begin{aligned}\text{Окупність} &= \frac{\text{Вартість СЕС}}{\text{Чиста економія}}. \\ \text{Окупність} &= \frac{5,803,578}{905,928} \approx 6.4 \text{ роки.}\end{aligned}$$

Розрахунок для СЕС із ESS

Загальна вартість проекту:

$$\text{Загальна вартість} = \text{Вартість СЕС} + \text{Вартість ESS}.$$

$$\text{Загальна вартість} = 5,803,578 + 22,386,892 = 28,190,470 \text{ грн.}$$

Додаткова економія від ESS:

$$\text{Додаткова економія} = \text{Ємність ESS} \cdot (\text{Тариф денний} - \text{Тариф нічний}) \cdot 365.$$

$$\text{Додаткова економія} = 964 \cdot (3.5 - 1.8) \cdot 365 = 601,590 \text{ грн/рік.}$$

Збереження надлишкової енергії:

$$\text{Економія від збереження} = \text{Втрати енергії} \cdot \text{Тариф денний}.$$

$$\text{Економія від збереження} = 73,000 \cdot 3.5 = 255,500 \text{ грн/рік.}$$

Загальна річна економія:

Загальна економія

$$= \text{Економія СЕС} + \text{Додаткова економія ESS}$$

$$+ \text{Економія від збереження.}$$

$$\text{Загальна економія} = 1,277,500 + 601,590 + 255,500 = 2,134,590 \text{ грн/рік.}$$

Витрати на обслуговування:

Витрати обслуговування = Загальна вартість · 0.02.

Витрати обслуговування = 28,190,470 · 0.02 = 563,809грн/рік.

Чиста економія:

Чиста економія = Загальна економія – Витрати обслуговування.

Чиста економія = 2,134,590 – 563,809 = 1,570,781грн/рік.

Час окупності:

$$\text{Окупність} = \frac{\text{Загальна вартість}}{\text{Чиста економія}}$$
$$\text{Окупність} = \frac{28,190,470}{1,570,781} \approx 17.9 \text{ років}$$

Детальний економічний аналіз двох сценаріїв — СЕС без використання системи накопичення енергії (ESS) та СЕС з інтеграцією чотирьох систем BattLink BATT-CI-100-241 — показав суттєві відмінності у вартості, терміні окупності та ефективності роботи станції.

1. Основні висновки з розрахунків для СЕС без ESS:

Сонячна електростанція (СЕС) потужністю 250 кВт без системи накопичення енергії має значно нижчу загальну вартість — 5,803,578 грн. Щорічна генерація електроенергії становить 365,000 кВт·год, що за денним тарифом у 3.5 грн/кВт·год забезпечує щорічну економію в розмірі 1,277,500 грн/рік.

Однак через відсутність можливості акумулювати надлишкову енергію близько 20% від загальної генерації (73,000 кВт·год/рік) не використовується. Ці втрати еквівалентні 255,500 грн/рік. Після врахування цих втрат ефективна річна економія зменшується до 1,022,000 грн/рік.

Витрати на обслуговування СЕС складають 2% від її вартості, тобто 116,072 грн/рік. Таким чином, чиста економія після витрат на обслуговування

становить 905,928 грн/рік. Термін окупності CEC без ESS дорівнює 6.3 роки, що є відносно коротким і привабливим для інвестицій у короткостроковій перспективі.

2. Основні висновки з розрахунків для CEC із ESS:

Інтеграція чотирьох систем накопичення енергії BattLink BATT-CI-100-241 значно підвищує загальну вартість проекту — до 28,190,470 грн. Кожна система має ємність 241 кВт·год, що в сумі дає 964 кВт·год, забезпечуючи можливість акумулювати та використовувати енергію за оптимальними тарифами.

ESS забезпечує додаткову економію завдяки можливості зберігати нічну енергію (за тарифом 1.8 грн/кВт·год) і використовувати її вдень (за тарифом 3.5 грн/кВт·год). Щорічна додаткова економія становить 601,590 грн/рік.

Окрім цього, завдяки системі ESS зникають втрати надлишкової енергії, що у випадку CEC без ESS складають 255,500 грн/рік. Загальна щорічна економія для CEC з ESS дорівнює 2,134,590 грн/рік, що на 1,112,590 грн/рік більше порівняно зі CEC без ESS.

Витрати на обслуговування CEC з ESS складають 2% від загальної вартості, тобто 563,809 грн/рік. Попри це, чиста річна економія залишається значно вищою порівняно зі сценарієм без ESS.

Однак термін окупності CEC з ESS є значно довшим — 13.2 роки. Це пов'язано з високою вартістю систем накопичення енергії, яка становить 22,386,892 грн.

Таблиця 4.1 - Порівняльний аналіз результатів з коментарями

Параметр	СЕС без ESS	СЕС з ESS	Коментар
Загальна вартість, грн	5,803,578	28,190,470	Вартість СЕС з ESS зростає майже у 5 разів.
Щорічна економія, грн	1,022,000	2,134,590	Збільшення на 108% завдяки оптимізації ESS.
Втрати енергії, грн	255,500	0	ESS усуває втрати надлишкової генерації.
Додаткова економія, грн	0	601,590	Завдяки використанню дешевої нічної енергії.
Витрати на обслуговування, грн	116,072	563,809	Витрати з ESS вищі через більший обсяг системи.
Час окупності, років	6.3	13.2	Окупність з ESS довша через значні інвестиції.

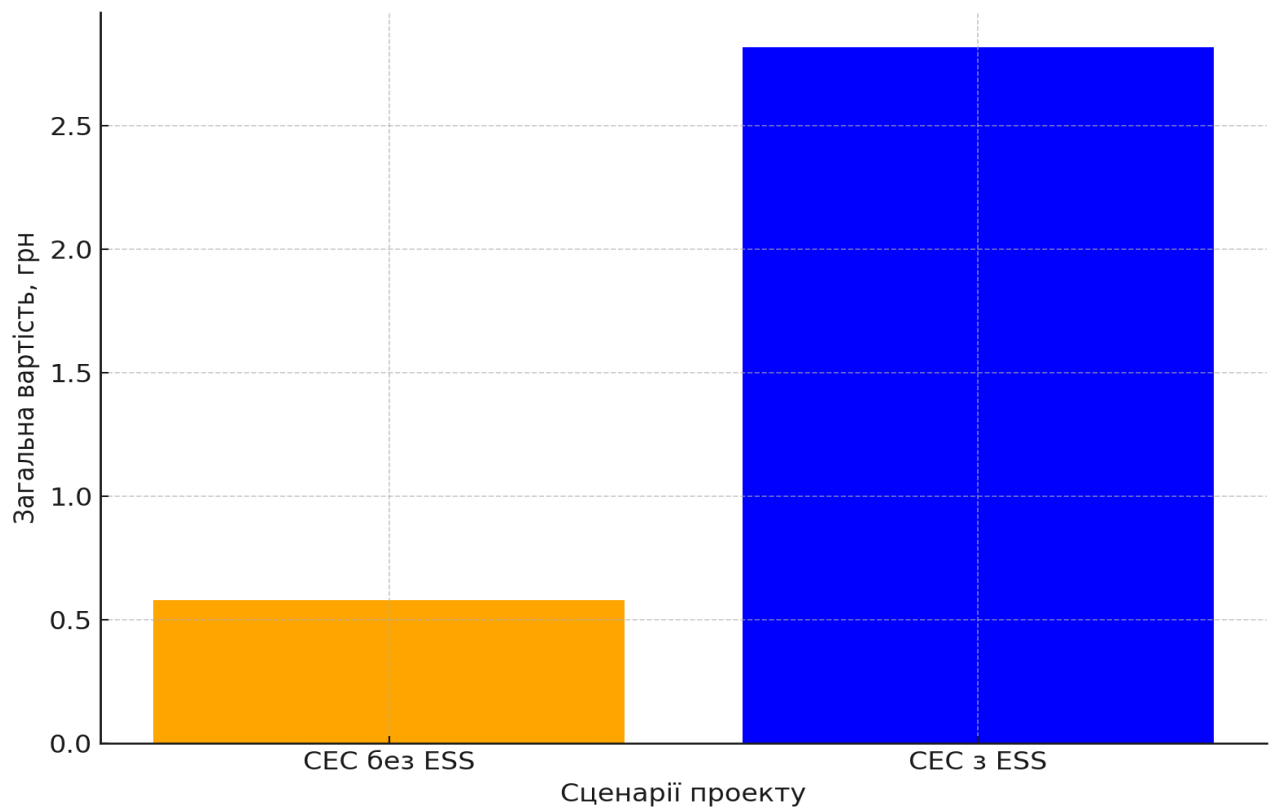


Рисунок 4.1 - Порівняння загальної вартості проектів

Аналіз:

На графіку видно, що загальна вартість проекту із системою ESS є майже у 5 разів вищою, ніж вартість CEC без накопичувача. Проте ця різниця компенсується за рахунок підвищення ефективності використання енергії та усунення втрат.

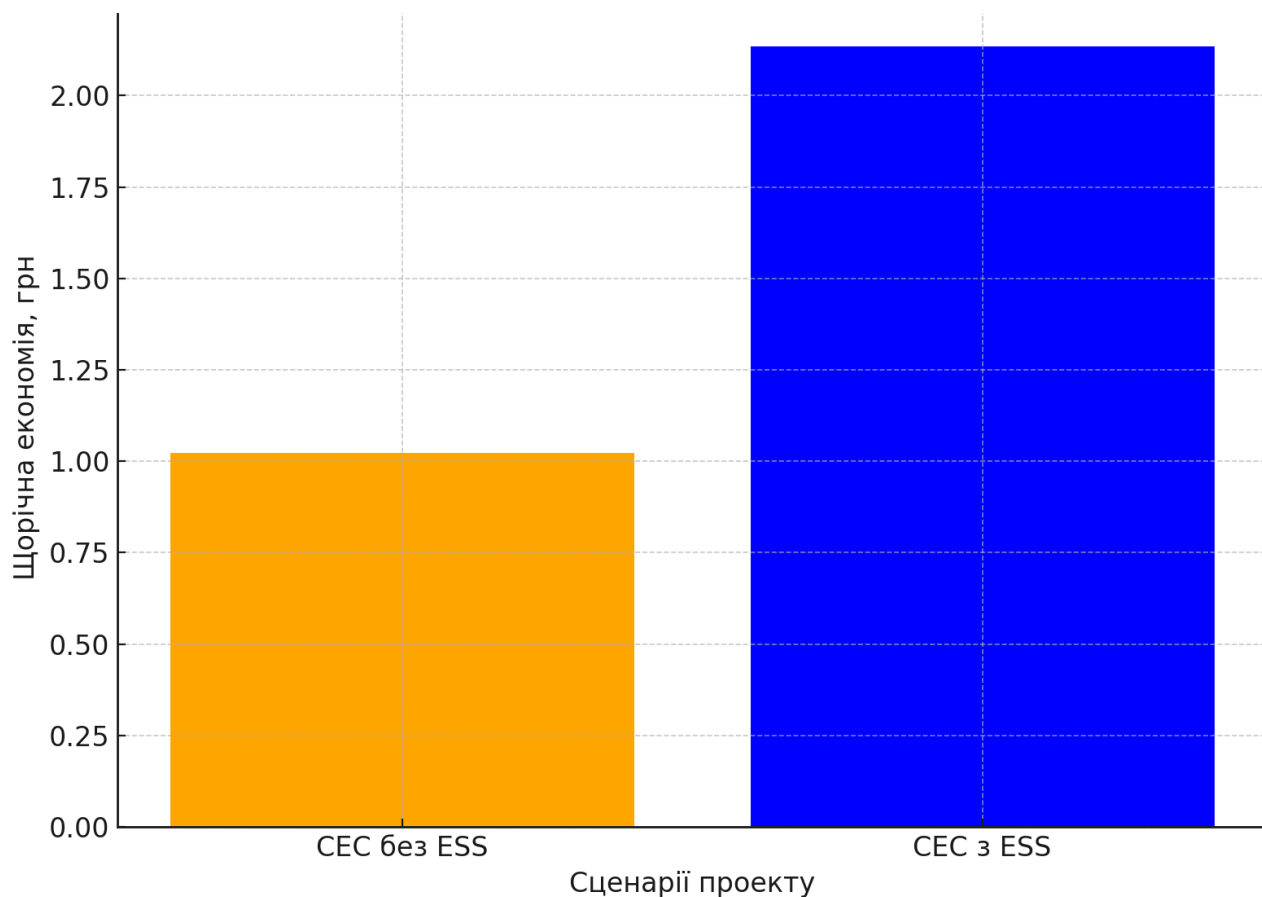


Рисунок 4.2 – Щорічна економія з ESS та без ESS

Аналіз:

Щорічна економія для CEC із ESS становить 2,134,590 грн/рік, що більш ніж удвічі перевищує економію для CEC без ESS (1,022,000 грн/рік). Це пояснюється можливістю акумуляції нічної енергії та зменшенням втрат надлишкової генерації.

1. CEC без ESS є економічно вигіднішою у короткостроковій перспективі через меншу вартість проекту та короткий термін окупності (6.3 роки). Однак через втрати надлишкової енергії та неможливість оптимізувати споживання проект втрачає потенційний прибуток.

2. CEC із ESS демонструє вищу ефективність у довгостроковій перспективі:

- Збільшення щорічної економії на 1,112,590 грн/рік.
- Усунення втрат енергії у розмірі 255,500 грн/рік.

- Оптимізація тарифного використання завдяки акумуляції дешевої нічної енергії.

3. Термін окупності проекту із ESS становить 13.2 роки, що обґрунтовано високими початковими інвестиціями. Водночас проект забезпечує енергетичну автономність, стабільність постачання електроенергії та підвищену надійність системи.

Таким чином, інтеграція ESS є доцільною для великих комерційних проектів та інвестицій у довгострокову енергетичну незалежність. Для приватних домогосподарств чи малих станцій проект може потребувати додаткових стимулів, таких як державні субсидії чи пільгове кредитування.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальна характеристика та стан безпеки праці

Згідно з класифікацією приміщень за небезпекою ураження електрикою, Спеціально Електроустановлювальні Системи (СЕС) відносяться до особливо небезпечних, оскільки вони поєднують кілька факторів, що збільшують ризик. Ці фактори включають:

- Наявність струмопровідних підлог (заземлення).
- Висока температура в приміщенні (до 35 °C).
- Можливість одночасного дотику людини до металевих корпусів електрообладнання та металоконструкцій, які мають з'єднання з землею.

З метою забезпечення безпеки електроустановок, виконуються наступні правила щодо розміщення електрообладнання:

- Кнопки управління розміщуються на робочих місцях.
- Проводка є відкритою, кабелі розташовуються на висоті 2,5 метра.
- Апаратура управління розміщується в електрощитовій або спеціальному приміщенні, до якого доступ має лише спеціалізований персонал (електрики).
- Пускозахисна апаратура знаходиться в технологічному коридорі в шафах управління ШУМ. Корпуси ШУМ заземлюються, а також заземлюються корпуси електродвигунів.

Один з основних показників виробничого травматизму включає коефіцієнти частоти травматизму (Кч) і коефіцієнта тяжкості травматизму (Кт).

Коефіцієнт частоти відображає кількість нещасних випадків на кожну тисячу працівників і обчислюється за формулою:

$$Кч = 1000 \times N/P,$$

де N - кількість нещасних випадків, а P - середньорічна чисельність працівників.

Коефіцієнт тяжкості травматизму показує кількість днів непрацездатності, яка припадає на один нещасний випадок і обчислюється за формулою:

$$K_T = T/M,$$

де T - загальна кількість втрачених днів, а M - кількість постраждалих.

Показник втрат включає середнє число людино-днів непрацездатності на кожну тисячу працюючих.

4.2 Виробнича санітарія

Виробнича санітарія є системою організаційних, інженерних та санітарно-технічних заходів і засобів, спрямованих на захист людини від негативного впливу шкідливих виробничих факторів.

Метеорологічні умови, такі як температура повітря, вітер, опади, сонячна радіація та вологість, суттєво впливають на організм людини. Найсприятливіші умови для досягнення оптимальної працездатності людини полягають у наступному: температура оточуючого середовища в діапазоні від 12 до 22 °С, відносна вологість повітря в межах 40-60%, швидкість повітряного руху на робочому місці від 0,1 до 0,2 м/с.

4.3 Захисні заходи в електроустановках

Комплекс заходів, спрямованих на забезпечення безпеки в електроустановках, включає наступні заходи:

- Занулення електроустановок з повторним заземленням нульового проводу на вводі споживача.
- Силові і освітлювальні навантаження захищаються від струмів короткого замикання за допомогою автоматичних вимикачів АЕ 2046. Освітлення здійснюється за допомогою кабелю ВВГ - 4,10 мм², який відкрито прокладається і кріпиться до троса. Світильники ВІД - 400 також закріплюються на тросі. Весь силовий обладнання знаходиться в щиті, який з'єднаний з заземлювальним контуром. Особлива увага приділяється контролю за станом ізоляції. Щоб запобігти витoku електричного струму через пошкоджену ізоляцію, що може

призвести до ризику ураження електричним струмом і виходу з ладу обладнання, проводяться регулярні перевірки ізоляції електроустановок, проводів і кабелів під час капітального ремонту. Вимірюють опір ізоляції кожної фази щодо землі і між кожною парою фазних проводів на кожному відрізку.

Основним заходом для забезпечення електробезпеки людей у електроустановках є занулення корпусів.

4.4 Пожежонебезпека

Для запобігання пожежі необхідно дотримуватись електробезпеки на лініях. Електробезпеку можна забезпечити за допомогою наступних заходів:

- Розташування вступного апарату ручної або стаціонарної дії в зручному місці. Цей апарат дозволяє підключати всю електрообладнання лінії до живильної мережі та відключати його під час перерви в роботі або в аварійних ситуаціях.

- Наявність аварійної кнопки "Стоп" з виступаючим червоного кольору грибоподібним штовхачем, яка дозволяє відключити електрообладнання незалежно від режиму роботи лінії.

- Захист електроприводів від самовключення при раптовому відновленні зниклої напруги, незалежно від положення органів управління.

- Блокування дверей шаф (ніш), в яких розташована електроапаратура.

- Застосування захисного заземлення, занулення та організація захисного відключення механічних пристроїв і установок, які можуть ненавмисно опинитися під напругою.

Отже, виконання цих заходів забезпечує електробезпеку на лініях, допомагає запобігти пожежам і забезпечити безпеку роботи з електрообладнанням.

4.5 Небезпека рухомих елементів

Для забезпечення безпеки автоматичних, автоматизованих і механізованих ліній, необхідно враховувати наступні вимоги:

- Елементи конструкції повинні відповідати встановленим вимогам.

- Захисні огорожі повинні відповідати встановленим вимогам.

- Органи управління повинні мати таке розташування, щоб уникнути випадкового включення або вимкнення. Крім того, на органах управління повинні бути чіткі написи або символи, які пояснюють їх призначення. Управління обладнанням на однотипних лініях є стандартизованим.

- Рівень шуму і вібрації повинен відповідати встановленим вимогам.

- Майданчики і сходи повинні бути відповідно устроєні, враховуючи встановлені вимоги.

- Електроустаткування повинно відповідати встановленим вимогам.

Щодо органів управління, їх розташування на автоматичних лініях повинно виключати випадкове включення або вимкнення. Крім того, на органах управління повинні бути ясні написи або символи, які пояснюють їх призначення. Управління обладнанням на лініях одного типу є стандартизованим. Розташування пульта управління лінією має забезпечувати можливість візуального контролю над виконанням робочих і транспортних операцій.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи було вирішено ряд завдань, спрямованих на вивчення можливостей інтеграції фотоелектричних станцій і акумуляторних накопичувачів енергії для підвищення енергоефективності локальних електричних систем. Аналіз сучасного стану локальних систем показав, що існуючі мережі характеризуються низькою енергоефективністю, значними втратами енергії та недостатньою інтеграцією відновлюваних джерел.

Впровадження фотоелектричних станцій продемонструвало свою ефективність у зниженні залежності від викопного палива, підвищенні стабільності енергетичних систем та зменшенні екологічного впливу. Дослідження також підтвердило важливість використання акумуляторних накопичувачів енергії, які сприяють збереженню надлишкової енергії, згладжуванню пікових навантажень та забезпеченню стабільності локальних мереж, особливо у випадках інтеграції з відновлюваними джерелами.

Запропонована модель поєднання фотоелектричних станцій з акумуляторними системами дозволяє значно знизити втрати енергії, оптимізувати управління енергопотоками та забезпечити економічну вигоду. Проведений техніко-економічний аналіз довів, що такі рішення є економічно доцільними, забезпечуючи зниження витрат на енергопостачання у довгостроковій перспективі.

Отже, результати дослідження підтверджують ефективність інтеграції фотоелектричних станцій і акумуляторних накопичувачів у локальні електричні системи України, що сприятиме зниженню енергетичної залежності, підвищенню стабільності мереж, зменшенню екологічного впливу та досягненню сталого розвитку енергетичного сектора країни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Усинов А. С. Про енергетичну ефективність локальних електричних систем // Енергетика та електрифікація. - 2021. - № 3. - С. 20-25.
2. Виробництво електроенергії в Україні – 2021. URL: <https://www.eprava.com.ua/news/2022/01/11/681292/>
3. Семенов О. П. Стан та перспективи використання локальних електричних систем в Україні // Енергетика та електрифікація. - 2022. - № 1. - С. 10-15.
4. Петренко І. В. Розвиток локальних електричних систем у контексті забезпечення енергоефективності // Електротехнічні та комп'ютерні системи. - 2021. - № 2. - С. 15-20.
5. Кравченко Г. М. Фактори, що впливають на ступінь використання енергії в локальних електричних системах // Енергетика та електрифікація. - 2021. - № 4. - С. 40-45.
6. Сидоренко Н. В. Вплив режимів роботи на енергоефективність локальних електричних систем // Енергетика та раціоналізація виробництва. - 2022. - № 2. - С. 12-18.
7. Полякова Т. І. Використання енергоефективних матеріалів у локальних електричних системах // Матеріали конференції "Енергозбереження та енергоефективність". - 2022. - С. 65-70.
8. Мартиненко І. О. Оптимізація енергоефективності локальних електричних систем з використанням сучасних технологій // Енергетика та ресурсозбереження. - 2023. - № 4. - С. 25-30.
9. Григоренко О. В. Проблеми і шляхи підвищення енергоефективності локальних електричних систем // Енергетика та електрифікація. - 2021. - № 2. - С. 15-20.
10. Соловйов І. П. Економічні перешкоди в розвитку енергоефективних технологій локальних електричних систем // Економіка і управління. - 2022. - № 4. - С. 50-55.

11. Жукова І. М. Перешкоди впровадження енергоефективних технологій у локальні електричні системи // Енергетика та раціоналізація виробництва. - 2022. - № 3. - С. 30-35.
12. Лисенко Н. О. Виклики та перспективи розвитку енергоефективних локальних електричних систем // Енергетична стратегія. - 2021. - № 3. - С. 25
13. Марченко В. Г. Правові аспекти підвищення енергоефективності в локальних електричних системах // Юридичний вісник. - 2023. - № 1. - С. 40-45.
14. Савченко І. В. Принцип дії фотоелектричних станцій та їх ефективність // Фізика та енергетика. - 2022. - № 2. - С. 20-25.
15. Мельников О. С. Аналіз принципів дії фотоелектричних модулів // Енергетика та раціоналізація виробництва. - 2023. - № 4. - С. 35-40.
16. Богданов Д. М. Технічні особливості фотоелектричних станцій та їх вплив на енергоефективність // Енергетика та ресурсозбереження. - 2023. - № 3. - С. 15-20.
17. Коваленко А. В. Використання фотоелектричних станцій у локальних електричних системах: технології та перспективи // Електротехнічні та комп'ютерні системи. - 2022. - № 1. - С. 10-15.
18. Яценко О. Г. Досвід використання фотоелектричних станцій у комунальних системах // Житлове господарство. - 2021. - № 4. - С. 35-40.
19. Соколова Т. В. Аналіз ефективності фотоелектричних станцій у промислових комплексах // Енергетика та раціоналізація виробництва. - 2022. - № 4. - С. 50-55.
20. Корольов Д. В. Вплив фотоелектричних станцій на показники енергоефективності локальних електричних систем // Енергетика та ресурсозбереження. - 2023. - № 3. - С. 25-30.
21. Гончаренко І. С. Визначення економічної ефективності фотоелектричних станцій у локальних електричних системах // Економіка і управління. - 2022. - № 1. - С. 20-25.

22. Павленко В. М. Вплив фотоелектричних станцій на стійкість локальних електричних систем // Енергетика та раціоналізація виробництва. - 2023. - № 4. - С. 35-40.

23. Павленко В. М. Вплив фотоелектричних станцій на стійкість локальних електричних систем // Енергетика та раціоналізація виробництва. - 2023. - № 4. - С. 35-40.

24. Хоменко М. І. Моделювання впливу фотоелектричних станцій на навантаження локальних електричних систем // Енергетична стратегія. - 2021. - № 2. - С. 15-20.

25. Створення проектів сонячних електростанцій . URL: <https://app.helioscore.com>

26. С.В.Петрунь, О.М.Кравець Використання акумуляторних накопичувачів електроенергії великої потужності для підвищення надійності електричних систем [Електронний ресурс]// Матеріали LIV Науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 24-27 березня 2025р. - Електрон. текст. дані. - 2025. Режим доступу <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2025/paper/view/22952>

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕЕМ

“ ____ ” _____ 2024р.

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
“ ____ ” _____ 2024р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

Дослідження впливу фотоелектричних станцій для підвищення
енергоефективності локальних електричних систем

08-22.МКР.009.00.000 ТЗ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Кравець О.М. _____
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕМ-23м

Петрунь С.В. _____
(підпис)

Вінниця 2024 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 310 від 17 . 09 .24р.

Дата початку роботи ____ . ____ .24р.

Дата закінчення роботи ____ . ____ .24р.

2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) метою роботи є розробка рекомендацій щодо використання фотоелектричних станцій і акумуляторних накопичувачів енергії для підвищення енергоефективності локальних електричних систем.

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

Визначення що таке ФЕС. Основні її елементи. Переваги та недоліки використання ФЕС. Базові поняття ESS Економічна доцільність. Система накопичення. Економічна частина

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Усинов А. С. Про енергетичну ефективність локальних електричних систем // Енергетика та електрифікація. - 2021. - № 3. - С. 20-25.

3.2 Виробництво електроенергії в Україні – 2021. URL: <https://www.epra.vda.com.ua/news/2022/01/11/681292/>

3.3 Семенов О. П. Стан та перспективи використання локальних електричних систем в Україні // Енергетика та електрифікація. - 2022. - № 1. - С. 10-15.

3.4 Петренко І. В. Розвиток локальних електричних систем у контексті забезпечення енергоефективності // Електротехнічні та комп'ютерні системи. - 2021. - № 2. - С. 15-20.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження		
4.2 Проведення дослідних розрахунків		
4.3 Розробка робочих креслень		
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи		

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

Додаток Б

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ
ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Дослідження впливу фотоелектричних станцій для підвищення енергоефективності локальних електричних систем

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність	96%
Схожість	4%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

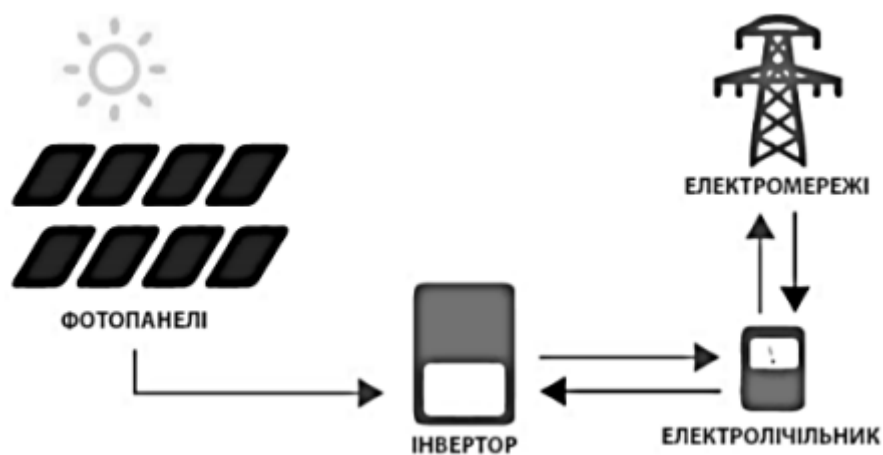
Автор роботи _____ Петрунь С.В..
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Кравець О.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

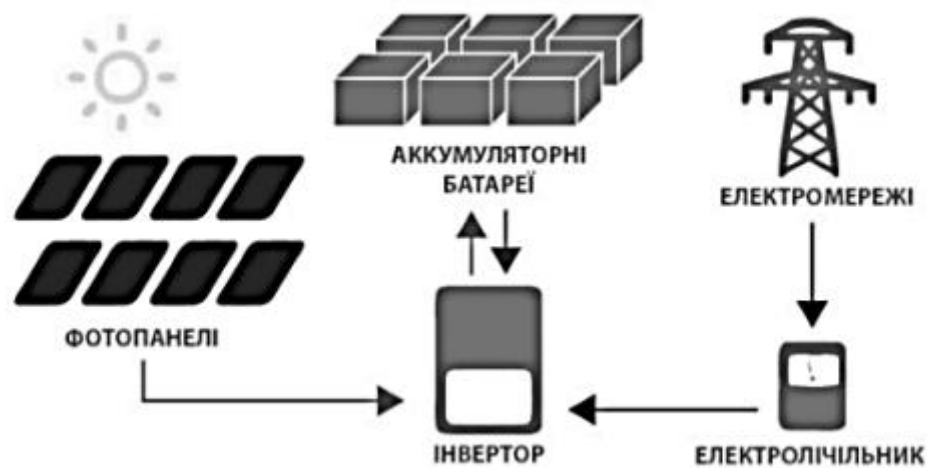
Додаток В - Ілюстративні матеріали



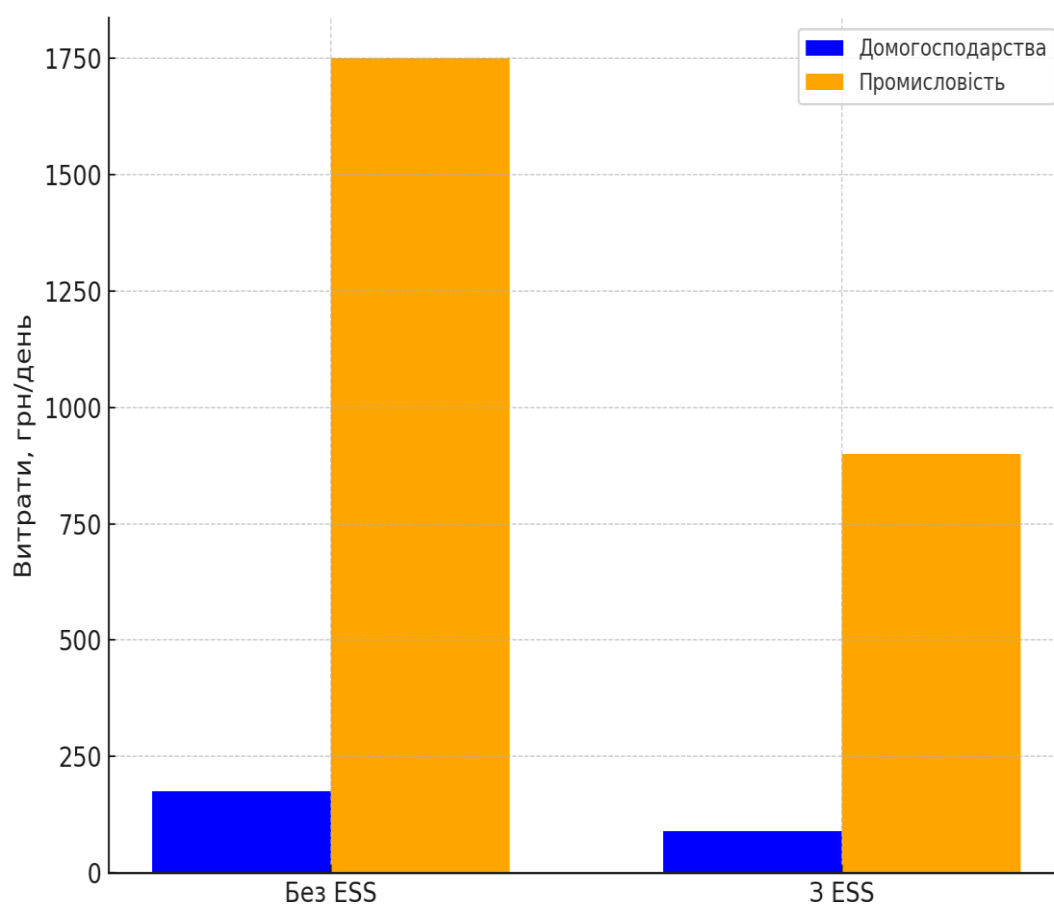
Схема сонячної електростанції



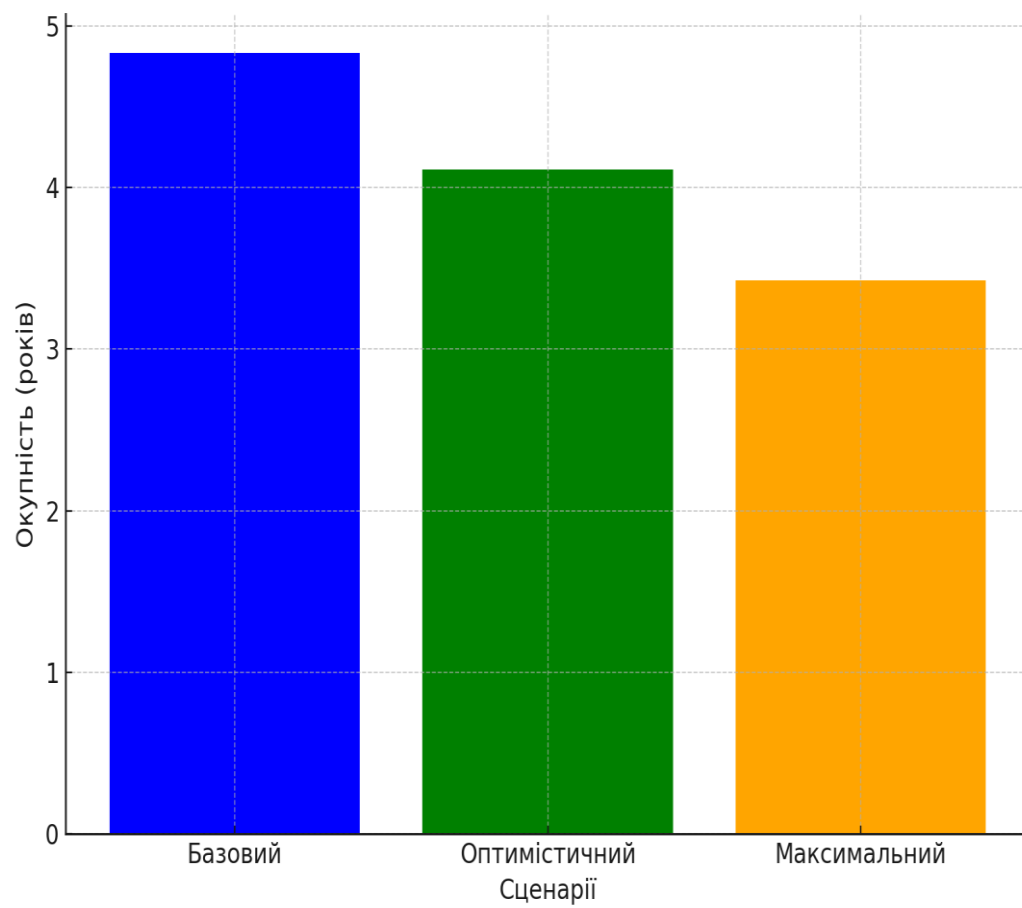
Мережева сонячна електростанція



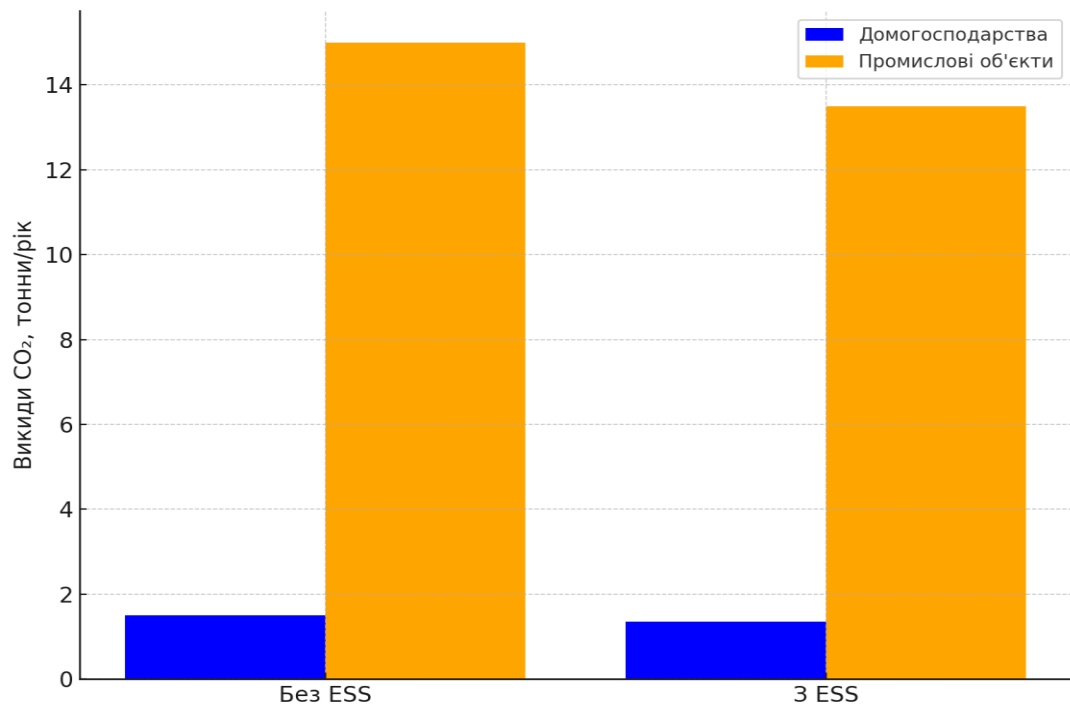
Автономна сонячна електростанція



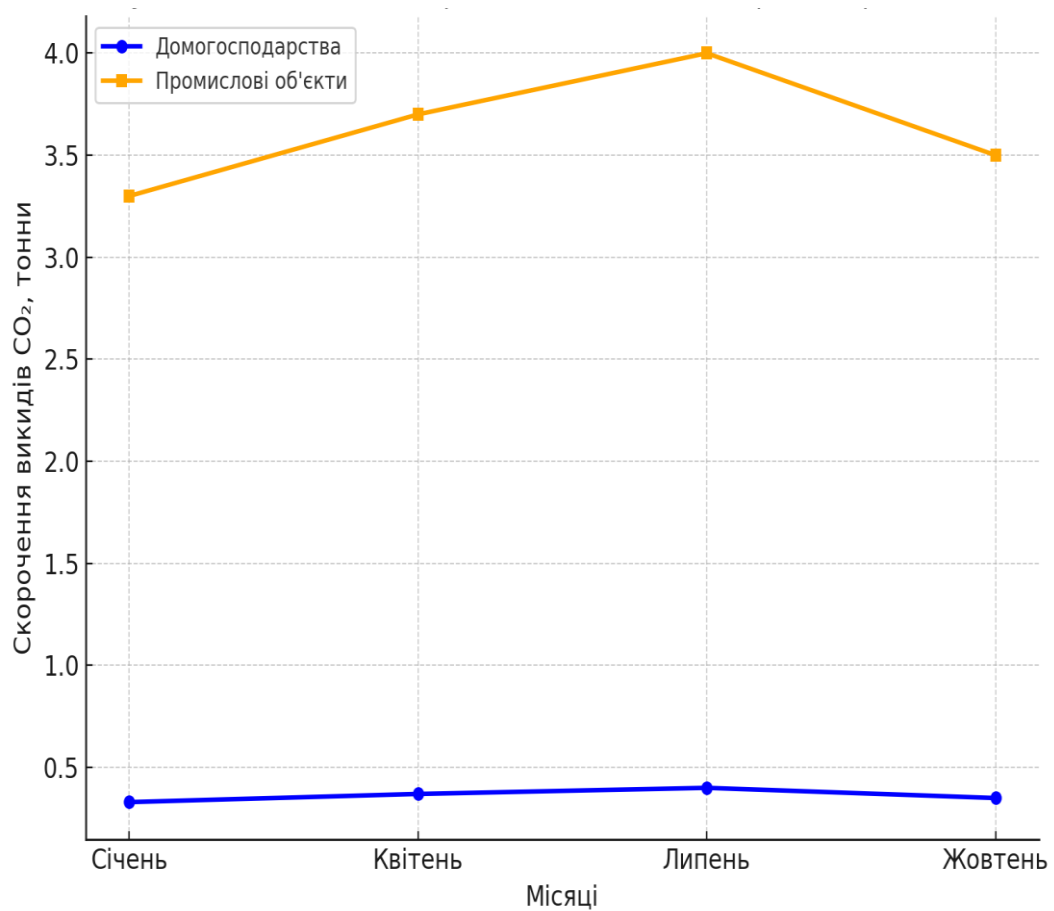
Порівняння витрат на електроенергію з ESS та без ESS



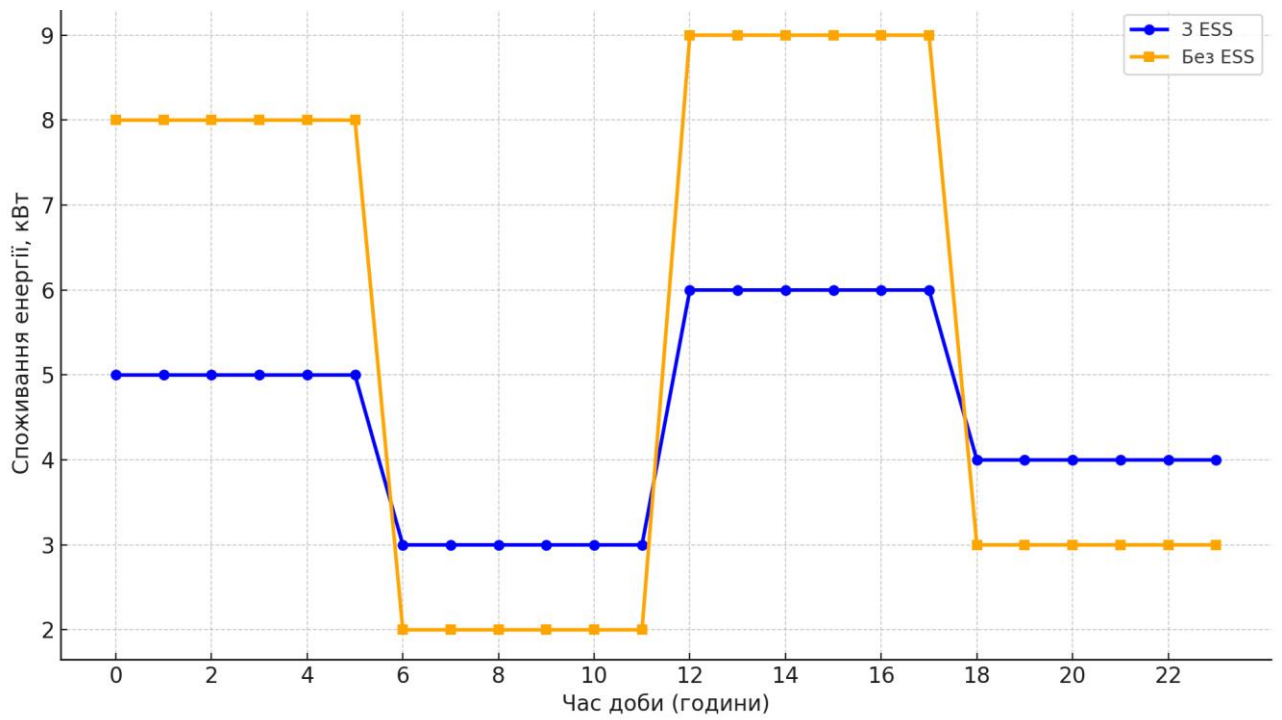
Окупність ESS за різних рівнів економії



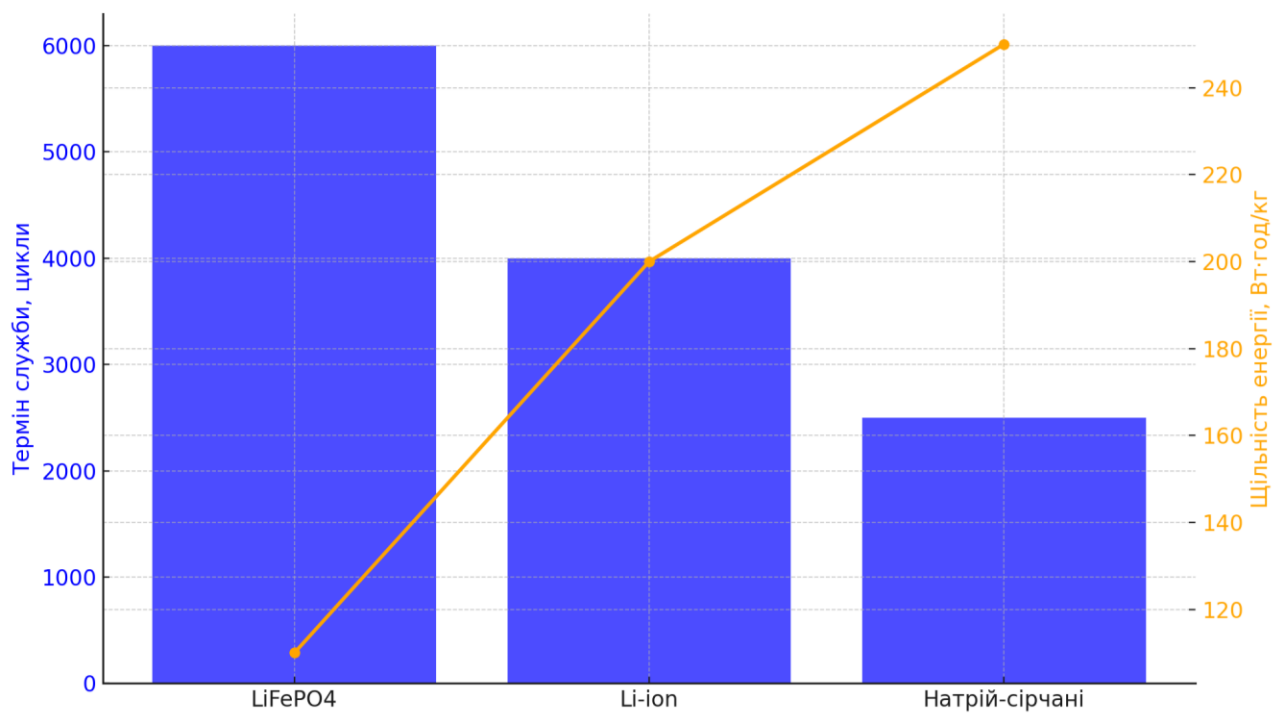
Щорічне скорочення викидів CO₂ при використанні ESS



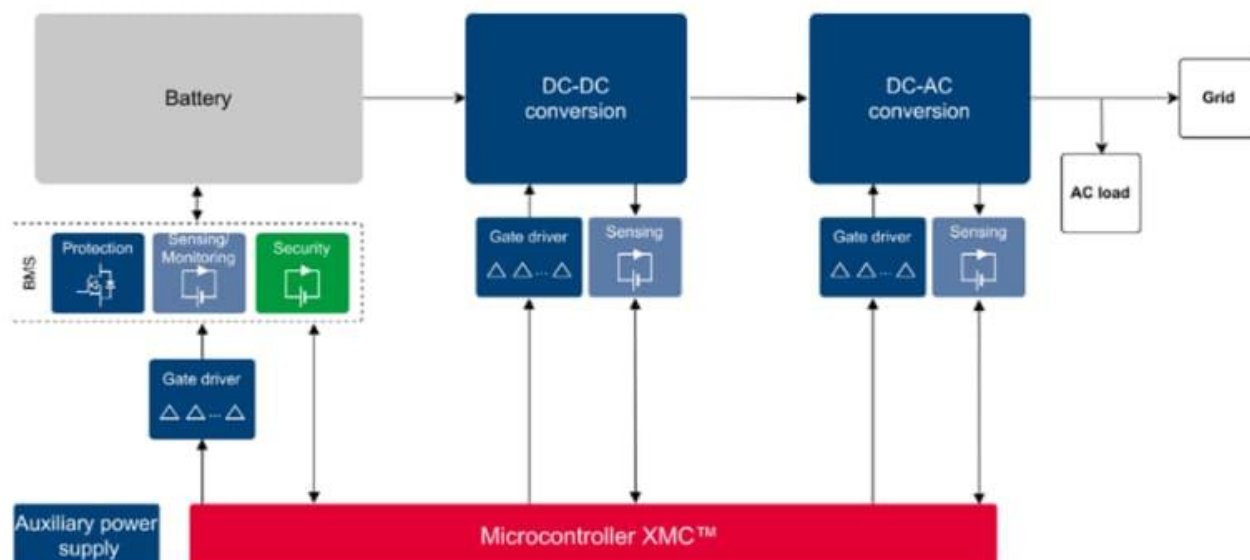
Щомісячне скорочення викидів CO₂ при використанні ESS



Денний профіль споживання енергії з використанням та без використання ESS



Порівняння характеристик різних типів ESS



Структурна схема системи накопичення енергії на основі LiFePO₄.

Порівняльний аналіз результатів з коментарями

Параметр	CEC без ESS	CEC з ESS	Коментар
Загальна вартість, грн	5,803,578	28,190,470	Вартість CEC з ESS зростає майже у 5 разів.
Щорічна економія, грн	1,022,000	2,134,590	Збільшення на 108% завдяки оптимізації ESS.
Втрати енергії, грн	255,500	0	ESS усуває втрати надлишкової генерації.
Додаткова економія, грн	0	601,590	Завдяки використанню дешевої нічної енергії.
Витрати на обслуговування, грн	116,072	563,809	Витрати з ESS вищі через більший обсяг системи.
Час окупності, років	6.3	13.2	Окупність з ESS довша через значні інвестиції.