

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання _____

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
В.о. завідувача кафедри
_____ Олена БОРИЧЕНКО
«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»
освітня програма Енергетичний менеджмент та енергоефективні
технології

на тему: «Планування систем резервного живлення для комерційних
установ»

Виконала: студентка II курсу, групи ГН-31мп

Гупотіна Єлизавета Дмитрівна _____

Науковий керівник к.т.н., доц. Бориченко О.В. _____

Нормоконтроль провідний інженер Прокопенко І.Д. _____

Рецензент к.т.н., доц. Білоус І.Ю. _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студентка _____

Київ – 2024 року

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

Інститут/факультет Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

В.о. завідувача кафедри

_____ Олена БОРИЧЕНКО

«___» _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
*Тупотиній Єлизаветі Дмитрівні***

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Планування систем резервного живлення для комерційних установ»

науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Бориченко О.В.,
затверджені наказом по університету від 08 листопада 2024 р. №5008-с

2. Строк подання студентом дисертації 13 грудня 2024 року

3. Об'єкт дослідження системи резервного живлення для комерційних будівель.

4. Предмет дослідження процес планування та впровадження систем резервного живлення з урахуванням специфічних енергетичних потреб об'єкта.

5. Перелік завдань, які потрібно 1) зробити огляд існуючих систем резервного живлення; 2) провести аналіз енергоспоживання комерційної будівлі; 3) виявити пікові навантаження та ключові параметри енергоспоживання; 4) здійснити моделювання оптимальної системи резервного живлення з урахуванням технічних і економічних характеристик; 5) оцінити екологічний та енергетичний вплив впровадження системи; 6) розробити стартап проект.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 1) графіки енергоспоживання комерційного об'єкта; 2) результати моделювання систем резервного

живлення; 3) схеми конфігурації системи резервного живлення; 4) презентація результатів дослідження.

7.Орієнтовний перелік публікацій 1) тези доповіді, опубліковані в збірнику IX Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'23»; 2) стаття, опублікована в науковому фаховому виданні України в галузі технічних наук.

8.Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль

Прокопенко І.Д.

9. Дата видачі завдання 1 вересня 2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання завдання	01.09.2024	Вик.
2	Аналіз літературних джерел та нормативної бази	01.09.2024 – 08.09.2024	Вик.
3	Формування опису об'єкту	08.09.2024 – 15.09.2024	Вик.
4	Огляд основних етапів планування систем резервного живлення	15.09.2024 – 22.09.2024	Вик.
5	Дослідження енергоспоживання обраного об'єкта	22.09.2024 – 29.09.2024	Вик.
6	Моделювання оптимальної конфігурації систем резервного живлення	29.09.2024 – 10.10.2024	Вик.
7	Оцінка економічної ефективності та екологічного впливу впровадження системи	10.10.2024 – 20.10.2024	Вик.
8	Розробка концепції стартап-проекту	20.10.2024 – 30.10.2024	Вик.
9	Оформлення основного тексту дисертації	30.10.2024 – 10.11.2024	Вик.
10	Підготовка реферату, графічного матеріалу та презентації	10.11.2024 – 30.11.2024	Вик.
11	Передзахист магістерської дисертації	10.12.2024	Вик.
12	Захист магістерської дисертації	16.12.2024	Вик.

Студент

Єлизавета ТУПОТІНА

Науковий керівник дисертації

Олена БОРИЧЕНКО

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг роботи: магістерська дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків та додатків. Загальний обсяг роботи — 107 сторінок. У роботі міститься 36 рисунків, 32 таблиць та 20 формул. Список використаних джерел включає 37 найменувань.

Актуальність теми: проблема забезпечення стабільного електропостачання комерційних будівель набула значної актуальності в умовах глобальної енергетичної нестабільності. Ефективне планування систем резервного живлення є важливим завданням для мінімізації економічних втрат і забезпечення безперебійної роботи критично важливих об'єктів.

Мета дослідження: розроблення комплексних підходів до планування систем резервного живлення для комерційних установ із урахуванням сучасних технічних стандартів, енергоефективності та економічних показників.

Об'єкт дослідження: системи резервного живлення для комерційних будівель.

Предмет дослідження: процес планування та впровадження систем резервного живлення з урахуванням специфічних енергетичних потреб об'єктів.

Методи дослідження: енергетичний аналіз споживання електроенергії, математичне моделювання оптимальної конфігурації СРЖ, економічна та екологічна оцінка ефективності впровадження.

Наукова новизна: у роботі запропоновано оптимізаційні моделі вибору конфігурації СРЖ, які враховують економічні, енергетичні та екологічні аспекти. Результати дослідження дозволяють підвищити надійність і стабільність роботи комерційних установ навіть за умов перебоїв із централізованим електропостачанням.

Практичне значення: результати роботи можуть бути використані для проектування та впровадження СРЖ у комерційних установах, а також для навчальних цілей у межах спеціальності "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка".

Апробація результатів: частково результати дослідження були представлені на IX Міжнародній науково-технічній конференції "Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'23", основні результати підготовлено до публікації в науковому фаховому виданні України в галузі технічних наук.

Публікації: Тупотіна Є.Д., Бориченко О.В. "Роль енергетичного менеджменту при конструюванні пасивних будинків та їх актуальність в Україні", м. Київ 22-24 лист. 2023 р.

Ключові слова: системи резервного живлення, енергоспоживання, моделювання, енергоефективність, комерційні будівлі.

ABSTRACT

Structure and scope of the work: the master's thesis consists of an introduction, 4 chapters, conclusions and appendices. The total volume of the work is 107 pages. The work contains 36 figures, 32 tables and 20 formulas. The list of references includes 37 titles.

Relevance of the topic: the problem of ensuring a stable power supply to commercial buildings has become increasingly important in the context of global energy instability. Effective planning of backup power systems is an important task to minimise economic losses and ensure the uninterrupted operation of critical facilities.

Research objective: to develop integrated approaches to planning backup power systems for commercial establishments, taking into account modern technical standards, energy efficiency and economic indicators.

Object of research: backup power systems for commercial buildings.

Subject of the study: the process of planning and implementing backup power systems, taking into account the specific energy needs of the facilities.

Research methods: energy analysis of electricity consumption, mathematical modelling of the optimal configuration of the UPS, economic and environmental assessment of the implementation efficiency.

Scientific novelty: the paper proposes optimisation models for selecting the configuration of a backup power supply system that take into account economic, energy and environmental aspects. The results of the study allow to increase the reliability and stability of commercial institutions even in the face of interruptions in centralised power supply.

Practical significance: the results of the work can be used for the design and implementation of SRS in commercial institutions, as well as for educational purposes within the speciality 'Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics'.

Testing of results: Partial results of the study were presented at the IX International Scientific and Technical Conference 'Energy Management: State and Prospects of Development - PEMS'23', the main results were prepared for publication

in a scientific professional edition of Ukraine in the field of technical sciences.

Publications: Tupotina Y., Borichenko O. 'The role of energy management in the design of passive houses and their relevance in Ukraine', Kyiv, 22-24 November. 2023 p.

Keywords: backup power systems, energy consumption, modelling, energy efficiency, commercial buildings.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ШІ - штучний інтелект

ВДЕ - відновлювані джерела енергії

СРЖ - система резервного живлення

UPS - джерело безперебійного живлення

LED - світлодіодні лампи

АТ - акціонерне товариство

ГВП - гаряче водопостачання

ЕП - електроприймач

ДБН - державні будівельні норми

ДСТУ - державний стандарт України

ІТП - індивідуальний тепловий пункт

МВС - Міністерство внутрішніх справ

НКРЕКП - Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг

КМУ - Кабінет Міністрів України

ТП - трансформаторна підстанція

ДЕС - дизельна електростанція

АБЖ - акумуляторні батареї живлення

СГЕ - системи генерації енергії

BMS - система управління батареями (Battery Management System)

DoD - глибина розряду (Depth of Discharge)

ШІМ - широтно-імпульсна модуляція (Pulse Width Modulation)

IoT - Інтернет речей (Internet of Things)

Зх - Захід

Пд - Південь

Пн - Північ

Сх - Схід

кгСО₂-екв - кілограм еквіваленту вуглекислого газу

ЗМІСТ

ВСТУП	12
1 ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД СИСТЕМ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ	13
1.1 Передумови збільшення попиту на системи резервного живлення	13
1.2 Порівняльний перелік існуючих систем автономного живлення	15
1.3 Поточна ситуація в Україні	20
1.4 Огляд нормативно-правового регулювання	22
Висновки до розділу 1	24
2 ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ КОМЕРЦІЙНОЇ БУДІВЛІ	25
2.1 Опис досліджуваного об'єкту	25
2.2 Належність до категорії надійності електропостачання	27
2.3 Опис огорожувальних конструкцій будівлі	28
2.4 Опис інженерних систем будівлі	29
2.5 Аналіз динаміки споживання паливно-енергетичних ресурсів за останні три роки	32
2.5.1 Добова динаміка споживання електричної енергії	32
2.5.2 Річне споживання електричної енергії	34
2.5.3 Річні енерговитрати на заряд електромобилей	35
2.5.4 Річне споживання теплової енергії	37
2.5.5 Динаміка споживання пального дизель-генератором	37
2.6 Оцінка тарифної політики щодо паливно-енергетичних ресурсів	39
2.7 Впроваджені заходи з енергоефективності	42
Висновки до розділу 2	43
3 ПЛАНУВАННЯ І РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ	44
3.1 Процес підбору системи резервного живлення	44
3.2 Визначення потреб користувача	46
3.2.1 Тенденція перерв в електропостачанні	46
3.2.2 Оцінка енергетичних потреб	47
3.2.3 Фінансова доступність та політика	48

3.2.4 Доступний простір	48
3.3 Вибір конфігурації системи	51
3.4 Оцінка енергоспоживання.....	55
3.5 Розрахунок та оптимізація PV-масиву.....	59
3.5.1 Функціональна конфігурація	59
3.5.2 Оптимізація генерації	60
3.6 Вибір акумуляторної системи.....	65
3.6.1 Вибір напруги батареї.....	65
3.6.2 Підбір типу батареї	66
3.6.3 Підбір інвертора	68
3.6.4 Визначення оптимальної ємності батареї.....	69
3.6.5 Розрахунок швидкості зарядки батареї.....	71
3.7 Розрахунок окупності проекту за різних сценаріїв	72
3.8 Викиди парникових газів	78
3.9 Моделювання денного енергоспоживання.....	80
Висновок до розділу 3	85
4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	86
4.1 Ідея та концепція стартапу	86
4.1.1 Загальний опис ідеї стартапу	86
4.1.2 Ключові компоненти системи	87
4.2 Аналіз ринку та актуальність проекту	88
4.2.1 Загальний стан ринку.....	88
4.2.2 Потенційні групи клієнтів.....	89
4.2.3 Оцінка конкурентного середовища.....	90
4.2.4 Конкурентоспроможність стартапу	92
4.2.5 SWOT-аналіз проекту.....	94
4.3 Розроблення ринкової стратегії проекту	94
4.3.1 Вибір цільових груп потенційних споживачів.....	94
4.3.2 Визначення базової стратегії розвитку.....	95
4.3.3 Вибір стратегії конкурентної поведінки.....	95

4.3.4 Визначення стратегії позиціонування	96
Висновок до розділу 4	96
ВИСНОВКИ.....	98
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	99
ДОДАТКИ.....	104
ДОДАТОК А.....	104
ДОДАТОК Б	105
ДОДАТОК В.....	106

ВСТУП

Сучасний розвиток технологій та підвищення залежності комерційних установ від стабільного енергопостачання зумовлюють актуальність інтеграції СРЖ. Забезпечення надійності енергомережі, зниження ризиків перебоїв у роботі критичних об'єктів і мінімізація економічних втрат стають ключовими завданнями в умовах частих відключень електроенергії. Аналіз літературних джерел показав, що хоча технічні аспекти функціонування СРЖ вивчені досить ґрунтовно, питання їх адаптації до конкретних умов експлуатації комерційних будівель залишаються недостатньо розробленими.

Актуальність роботи обумовлена потребою у комплексному підході до планування СРЖ, який включає технічну та економічну оцінку. Зокрема, важливим є моделювання таких систем з урахуванням індивідуальних характеристик об'єктів та специфіки їх енергоспоживання.

Метою роботи є розроблення підходів до планування СРЖ для комерційних будівель, які б забезпечували стабільне енергопостачання, відповідали сучасним стандартам енергоефективності та економічним вимогам.

Об'єктом дослідження є СРЖ для комерційних будівель.

Предметом дослідження є процес їхнього планування та впровадження з урахуванням специфічних енергетичних потреб об'єкта.

У роботі застосовано такі методи дослідження:

- Аналіз літератури та нормативної бази. Проведено огляд сучасних публікацій, стандартів та нормативних документів для визначення вимог до СРЖ.
- Енергетичний аналіз. Оцінено енергоспоживання досліджуваного об'єкта, виявлено пікові навантаження та визначено ключові споживачі енергії.
- Моделювання конфігурації СРЖ. Вибір технічних рішень здійснено на основі аналізу споживання, з урахуванням потреб у тривалості автономної роботи, ефективності обладнання та економічної доцільності.

1 ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД СИСТЕМ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ

1.1 Передумови збільшення попиту на системи резервного живлення

Зміна клімату та пов'язані з нею екстремальні погодні умови значно вплинули на попит на резервні джерела живлення. У всьому світі дедалі частіше спостерігаються екстремальні погодні явища, такі як урагани та паводки, які призводять до тривалих відключень електроенергії. Наприклад, згідно з дослідженнями Міжнародного енергетичного агентства, глобальна зміна клімату стала однією з основних причин поширення СРЖ як засобу підтримки стабільності енергосистем під час кризи.

Наприклад, у 2021 році Техас зіткнувся з однією з найгірших зимових бурь за десятиліття, що призвело до масштабних відключень електроенергії. [1]. Лісові пожежі, які стали частішими та більш інтенсивними через зміну клімату, також спричиняють значні перебої в енергопостачанні. У 2020 році пожежі в Каліфорнії призвели до відключень електроенергії для мільйонів людей, оскільки енергетичні компанії вимикали лінії електропередач, щоб запобігти виникненню нових пожеж [2]. Також у вересні 2024 року сильні та тривалі дощі призвели до масштабних повеней у Центральній Європі, зокрема в Австрії, Чехії, Польщі, Румунії та Словаччині [3]. Ці події підкреслюють важливість підготовки та інвестування в системи резервного живлення для забезпечення стабільного енергопостачання під час таких катастроф.

Зростання цифровізації та використання ІТ-інфраструктури вимагають надійного енергопостачання. Станом на 2023 рік, останні дані свідчать про те, що попит на електроенергію для дата-центрів зростає, проте не так стрімко, як очікувалося в минулому. Попит на електроенергію дата-центрів залишається високим через зростання цифрових послуг, хмарних обчислень та обробки даних. Розвиток штучного інтелекту та криптовалют також сприяє зростанню енергетичних потреб. Наприклад, для підтримки моделей ШІ потрібні значні обчислювальні ресурси, що призводить до збільшення споживання

електроенергії [4].

Військові дії та конфлікти стають серйозним фактором, який впливає на стабільність енергетичних систем. Руйнування об'єктів енергетичної інфраструктури призводить до необхідності використання автономних джерел енергії. Війна в Україні у 2022-2024 роках показує значущість резервних систем живлення через масовані руйнування інфраструктури. Комерційні підприємства та державні установи активно впроваджують генератори та системи зберігання енергії, щоб забезпечити безперервну роботу попри часті відключення.

Новітні технології в галузі енергетики відкривають нові можливості для зберігання та використання електроенергії. Зокрема, літій-іонні акумулятори стали популярнішими завдяки зниженню вартості та підвищенню ефективності. За даними BloombergNEF, ціна на літій-іонні акумулятори знизилася на 89% з 2010 по 2022 рік [5]. Це зробило СРЖ доступнішими для широкого кола споживачів, від приватних домогосподарств до великих підприємств. Така динаміка сприяє збільшенню обсягів встановлення подібних систем для безперебійного електропостачання.

Пандемії, такі як COVID-19, підкреслили необхідність забезпечення стабільного енергопостачання для лікарень, лабораторій та інших об'єктів критичної інфраструктури. Під час пандемії COVID-19 у 2020-2021 роках виявилось, що медичні заклади по всьому світу не завжди були підготовлені до тривалих перебоїв електропостачання. Це спонукало лікарні до значних інвестицій у резервні генератори та батареї, щоб забезпечити безперервну роботу медичного обладнання та підтримку життєво важливих систем [6].

Розвиток відновлювальних джерел енергії та нестабільність мереж також значно впливають на розвиток систем зберігання енергії та систем резервного живлення. Інтеграція ВДЕ в енергетичні мережі призводить до нестабільності через їхню інтермітентність. Наприклад, сонячна та вітрова енергія залежать від погодних умов, що може призводити до значних коливань у виробництві електроенергії [7]. Це створює проблеми для операторів мереж, які повинні забезпечувати баланс між попитом і пропозицією електроенергії в реальному часі

[8]. Системи зберігання енергії, такі як акумуляторні батареї, стають критично важливими для забезпечення стабільності мереж. Вони дозволяють зберігати надлишкову енергію, вироблену ВДЕ, і використовувати її під час пікових навантажень або коли виробництво ВДЕ знижується. Наприклад, у Німеччині активно впроваджуються великомасштабні системи зберігання енергії для підтримки стабільності мережі під час високих рівнів виробництва відновлювальної енергії [9].

Нестабільність мереж також підвищує попит на СРЖ. Наприклад, у Великобританії у 2019 році відбулося масштабне відключення електроенергії через несподіване вимкнення вітрової електростанції та газової електростанції, що призвело до значних перебоїв у роботі громадських служб [10].

Відключення електроенергії можуть завдати серйозної шкоди економіці навіть протягом коротких періодів. Компанії втрачають дохід, робота бізнесу зупиняється, що негативно впливає на економічні показники. У 2012 році масове відключення електроенергії в Індії залишило понад 300 мільйонів людей без світла на декілька годин. Це спричинило значний хаос у транспорті, роботі установ і підприємств, підкресливши важливість використання резервних джерел живлення для запобігання економічним втратам у таких ситуаціях [11].

1.2 Порівняльний перелік існуючих систем автономного живлення

СРЖ відіграють критичну роль у забезпеченні безперервної роботи електронних пристроїв та систем, особливо в умовах перебоїв з електропостачанням. Існує кілька типів СРЖ, кожен з яких має свої унікальні характеристики та вплив на загальну систему.

Джерела безперебійного живлення є одними з найпоширеніших СРЖ. Вони поділяються на лінійно-інтерактивні (рис.1.1), офлайн (standby) та онлайн (double-conversion) типи. Офлайн UPS мають найпростіший дизайн і перемикаються на батарею лише при втраті основного живлення, що може зайняти кілька мілісекунд. Лінійно-інтерактивні UPS забезпечують стабілізацію напруги та

швидше перемикання. Онлайн UPS постійно перетворюють вхідну енергію, забезпечуючи найвищий рівень захисту від перепадів напруги та миттєве перемикання. UPS забезпечують миттєве перемикання на резервне живлення, що критично для серверів, медичного обладнання та інших важливих систем. Вони також стабілізують напругу, захищаючи обладнання від пошкоджень.



Рисунок 1.1 - Лінійно-інтерактивне джерело безперебійного живлення [12]

Генератори є ще одним важливим типом СРЖ. Їх потужність може варіюватися від кількох кВт до кількох МВт, а час запуску становить від кількох секунд до кількох хвилин. Бензинові генератори є одними з найпоширеніших типів портативних генераторів. Вони забезпечують відносно невелику потужність і прості в експлуатації. Бензинові генератори зазвичай використовуються для живлення побутових пристроїв або в якості резервного живлення для малих підприємств. Однак, вони мають обмежений час роботи, оскільки вимагають частого поповнення пального, і можуть бути менш економічними у тривалій експлуатації в порівнянні з іншими типами генераторів.

Дизельні генератори, в свою чергу, відрізняються більшою ефективністю і тривалістю роботи. Вони здатні забезпечувати потужність від кількох до кількох мегават і є ідеальними для використання на промислових об'єктах, будівництві або в критичній інфраструктурі. Дизельні генератори мають більший термін служби, ніж бензинові, і, як правило, забезпечують нижчі експлуатаційні витрати.

Однак вони можуть бути більш гучними і викидати більше забруднюючих речовин, що робить їх менш екологічно чистими.

Генератори, що працюють на зрідженому (рис.1.2) або магістральному газі, стають дедалі популярнішими завдяки їх ефективності та екологічності. Вони забезпечують безперервне живлення при наявності газопостачання та можуть працювати тривалий час без необхідності заправки. Ці генератори мають менше викидів вуглекислого газу і є тихішими у порівнянні з бензиновими та дизельними генераторами. Їх використовують для побутових потреб, а також у бізнесі, де є доступ до газової мережі.



Рисунок 1.2 - Газово-бензиновий генератор [13]

Системи зберігання енергії включають різні типи батарей, такі як літій-іонні та свинцево-кислотні, а також суперконденсатори. Вони забезпечують гнучкість та масштабованість, дозволяючи легко адаптувати систему до потреб користувача. Такі системи мають високу ефективність зберігання та віддачі енергії, що знижує витрати на електроенергію. Однак, їх тривалість роботи залежить від ємності батарей та навантаження. Акумуляторні системи та зарядні станції є сучасним рішенням для резервного живлення. Вони забезпечують безшумне та екологічне живлення завдяки використанню літій-іонних або свинцево-кислотних батарей. Ці системи можуть бути заряджені від електромережі або від сонячних панелей, забезпечуючи автономність і

можливість роботи в умовах відсутності електрики. Акумуляторні системи ідеально підходять для малих підприємств, офісів або в якості резервного живлення для домашніх пристроїв.

Гібридні сонячні системи поєднують в собі сонячні панелі та акумуляторні системи, що дозволяє зберігати енергію, отриману від сонця, для подальшого використання. Це екологічне рішення, яке дозволяє знизити залежність від традиційних джерел енергії, а також зменшити витрати на електропостачання. Гібридні системи можуть також бути інтегровані з дизельними генераторами для забезпечення резервного живлення у випадках, коли сонячна енергія недостатня. Схема організації гібридної сонячної системи продемонстрована на рисунку 1.3, де, акумулятована енергія може також передаватись від батареї в мережу за умови дефіциту.



Рисунок 1.3 - Схематичне зображення гібридної сонячної системи з підключенням до мережі [14]

Вибір конкретного типу генератора або СРЖ залежить від ряду факторів, таких як потреби в потужності, доступність пального, бюджет, а також екологічні вимоги. Розуміння особливостей кожної з цих систем дозволяє зробити обґрунтований вибір для забезпечення надійного і ефективного живлення в будь-яких умовах. У таблиці 1.1 надано перелік згаданих СРЖ, їх особливості та поширене застосування.

Таблиця 1.1 - Порівняльний перелік систем резервного живлення

Тип СРЖ	Оптимальний час роботи	Середня вартість (\$/кВт)	Ефективність (%)	Локальні викиди CO ₂ (г/кВт·год)	Оптимальна потужність	Зручність обслуговування	Оптимальні варіанти застосування
Офлайн UPS	Короткочасний (хвилини)	150-300	90-95	0	До 5 кВт	Висока	Домашні пристрої, офіси
Лінійно-інтерактивний UPS	Короткочасний (хвилини)	200-400	95-98	0	До 10 кВт	Висока	Офіси, малі підприємства
Онлайн UPS	Короткочасний (хвилини)	300-600	98-99	0	До 20 кВт	Висока	Сервери, медичне обладнання
Бензиновий генератор	Середній (години)	100-200	25-30	500-700	До 10 кВт	Середня	Побутові пристрої, малі підприємства
Дизельний генератор	Довготривалий (години-дні)	200-500	30-40	300-500	До 1000 кВт	Середня	Промислові об'єкти, будівництво
Газовий генератор	Довготривалий (години-дні)	300-700	40-50	200-300	До 500 кВт	Висока	Побутові потреби, бізнес
Системи зберігання енергії	Залежить від ємності батарей	500-1000	85-95	0	До 100 кВт	Висока	Малі підприємства, офіси
Гібридні сонячні системи	Довготривалий (залежить від сонячної енергії)	1000-2000	90-95	0	До 50 кВт	Висока	Домашні пристрої, офіси

1.3 Поточна ситуація в Україні

З моменту повномасштабного вторгнення Росії у 2022 році енергетична інфраструктура України зазнає постійних атак, які значно посилилися у 2024 році. Понад 50% генеруючих потужностей України було скомпрометовано, підстанціям було завдано значної шкоди, а окупація Запорізької атомної електростанції призвела до зниження потужності на 6 ГВт. З березня по травень 2024 року ще 9 ГВт було втрачено через страйки на теплових, гідро- та сонячних електростанціях. Це залишило Україну з приблизно третиною довоєнних потужностей [15].

Влітку 2024 року дефіцит електроенергії становив 2,3 ГВт (рис.1.4), незважаючи на імпорт із західних сусідів. Віялові відключення здійснювалися під керівництвом «Укренерго», яке забезпечувало лише обмежену кількість електроенергії в найбільш постраждалих районах. Станом на червень 2024 року збитки, завдані енергетичному сектору, перевищили 11,4 мільярда доларів США, насамперед постраждали об'єкти генерації. Україна запровадила передові рішення для децентралізованої енергетики, розгортаючи модульні газові турбіни та сонячні системи на дахах для забезпечення стійкості. На початок 2024 року було введено в експлуатацію 1 500 МВт сонячних фотоелектричних станцій, встановлених споживачами [15].

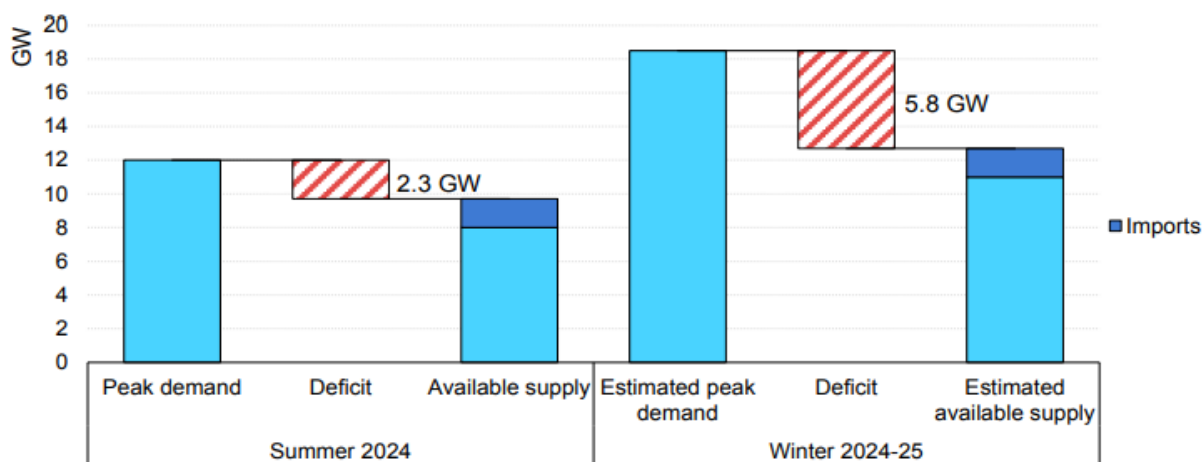


Рисунок 1.4 - Розрахунковий дефіцит електроенергії порівняно з піковим попитом в Україні влітку 2024 року та на зиму 2024-25 років [15]

Україна синхронізувалася з європейською мережею в рекордно короткі терміни після вторгнення у 2022 році, що підвищило енергетичну безпеку. Наприкінці 2023 року ліміти на транскордонну торгівлю досягли 1,7 ГВт, підкріплені надзвичайними угодами, що дозволили отримати додаткову підтримку. Тим не менш зима 2024 року створює серйозні ризики. Прогнозоване значення дефіциту енергії взимку складає 5,8 ГВт, що більше ніж вдвічі дефіциту влітку того ж року (рис. 1.4). Даний прогноз має ще раз наголосити на необхідності термінових заходів для захисту та зміцнення енергетичної інфраструктури України [16].

Літній дефіцит електроенергії призвів до щоденних відключень електроенергії, порушуючи життєдіяльність людей і підприємств, а також підвищуючи соціальні та гуманітарні ризики. Багато домогосподарств і підприємств придбали невеликі дизель-генератори та павербанки як резервний варіант для підтримки електропостачання під час відключень [15].

За даними журналу Forbes Ukraine у грудні 2022 року український бізнес втратив 15% продуктивного часу через відключення електроенергії. Лише 1 відсотковий пункт від цих втрат вдалося компенсувати завдяки використанню екстрених джерел живлення, що призвело до значних витрат на їх придбання, встановлення та експлуатацію. На рисунку 1.5 зображено динаміку втрат продуктивного часу в Україні за період вересня-грудня 2022 року на підставі даних банкоматів [17].

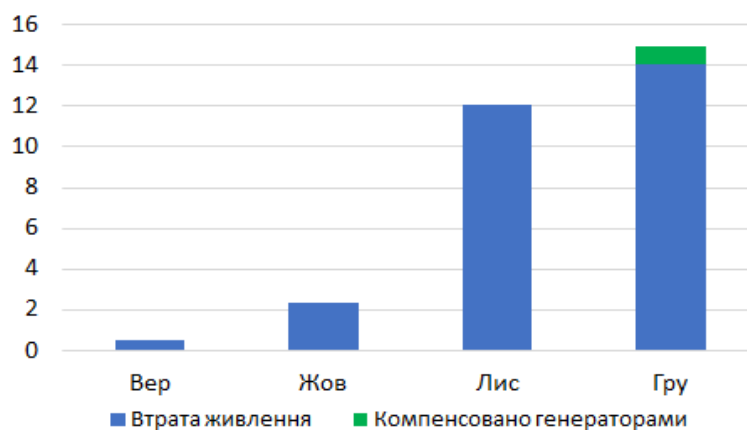


Рисунок 1.5 - Тривалість відключень світла в Україні у вересні-грудні 2022 р, % продуктивного часу [17]

Водночас вимушений перехід бізнесу на генератори помітно позначився на собівартості продукції. Інший фактор впливу на ціни – додатковий високий попит на паливо, зокрема для генераторів. Вплив на інфляцію через відключення не був надто суттєвим. Одна з причин – частина магазинів зачинена під час відключень світла [18]. Ця тенденція продовжить зростати з ростом вартості пального.

У звіті Міжнародної енергетичної агенції за 2024 рік було запропоновано десятикроковий план стабілізації енергетичного сектору України. Третім пунктом у цьому плані є “Розширення та децентралізація енергопостачання”. Основною пропозицією цього кроку є прискорення розвитку децентралізованого виробництва електроенергії. Окрім широкого використання дизельних генераторів як резервних джерел живлення для мережі, рекомендовано зосередити увагу на встановленні малих газових теплоелектроцентралей потужністю до 40 МВт, сонячних фотоелектричних систем, вітрових установок та різних технологій накопичення енергії, зокрема акумуляторів [15]. Завдяки відповідним стимулам, сонячні фотоелектричні системи та акумулятори, особливо встановлені за лічильником, можуть бути швидко впроваджені, підтримуючи енергетичний попит та підвищуючи фізичну стійкість системи.

1.4 Огляд нормативно-правового регулювання

В Україні нормативно-правове регулювання СРЖ для комерційних установ охоплює широкий спектр вимог, спрямованих на забезпечення безпеки, надійності та ефективності таких систем. Основні нормативні акти та стандарти стосуються правил проектування, встановлення, експлуатації та обслуговування СРЖ, щоб забезпечити їхню відповідність технічним нормам та захист користувачів.

-Закон "Про ринок електричної енергії" містить положення щодо безперебійного постачання електроенергії, де комерційні споживачі повинні вживати заходів для запобігання перебоям у роботі, зокрема за допомогою резервних систем живлення.

-ДБН В.2.5-23:2010 "Інженерне обладнання будівель і споруд. Електропостачання" передбачає обов'язкову наявність резервних джерел живлення для об'єктів підвищеної важливості, таких як лікарні та дата-центри, а також встановлює мінімальний час переключення для забезпечення безперервності електропостачання.

-Вимоги щодо пожежної безпеки систем резервного живлення містяться у Наказі МВС України № 1417 від 30.12.2014 "Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні". Документ регулює вимоги до вибухозахищеності генераторів та інших джерел живлення і визначає правила розташування обладнання щодо відстаней від легкозаймистих матеріалів.

-Технічний регламент низьковольтного обладнання, затверджений Постановою КМУ № 1067 від 16.12.2015, зобов'язує проводити сертифікацію електрообладнання перед його використанням і забезпечувати його безпечну експлуатацію. Цей регламент також передбачає захист від електричних перевантажень і коротких замикань.

-ДСТУ EN 62040-1:2016 регулює роботу UPS, зокрема їхні параметри, стабільність, рівень вихідної напруги та загальні вимоги безпеки. Водночас ДБН В.1.1-31:2013 "Захист територій, будівель і споруд від шуму" встановлює граничні рівні шуму для роботи генераторів, що важливо для запобігання надмірному шумовому впливу на навколишнє середовище.

-ДСТУ EN 50272-2:2014 визначає вимоги до встановлення, вентиляції та обслуговування акумуляторних систем, що важливо для забезпечення їхньої безпечної роботи. Кодекс систем розподілу, затверджений Постановою НКРЕКП № 310 від 14.03.2018, передбачає, що підключення СРЖ має відповідати технічним умовам, щоб уникнути перевантаження електромереж.

-Постанова КМУ № 265 від 22.03.2017 "Про затвердження Правил енергетичної ефективності будівель" вимагає, щоб СРЖ сприяли збереженню енергоефективності загальної системи електропостачання будівлі. Крім того, Постанова КМУ № 197 від 21.03.2018 регламентує роботу систем аварійного електроживлення у закладах охорони здоров'я, наголошуючи на необхідності

забезпечення безперервного енергопостачання для підтримки життєво важливих процесів.

-Питання екологічності регулюються зокрема Законом України "Про охорону навколишнього природного середовища" (№ 1264-ХІІ), який визначає загальні вимоги до впровадження технологій, що не завдають шкоди природі. Це стосується і генераторів, які повинні відповідати нормам викидів шкідливих речовин у повітря. Використання генераторів на дизельному або бензиновому паливі передбачає контроль за кількістю викидів відповідно до стандартів, встановлених у законодавстві про охорону повітряного басейну.

Висновки до розділу 1

Наведений у першому розділі огляд свідчить про значну роль СРЖ в умовах зростання ризиків відключень електроенергії. Зростання частоти екстремальних погодних явищ, збільшення кількості цифрових послуг. Військові дії в Україні підкреслюють потребу у надійному резервному електропостачанні, особливо для критично важливих об'єктів. Огляд різних типів СРЖ вказує, що акумуляторні системи та UPS є оптимальними для об'єктів із потребою в безперервній подачі енергії, оскільки забезпечують миттєве перемикання без викидів шкідливих речовин, на відміну від генераторів.

В Україні, де енергетична інфраструктура зазнає значних пошкоджень, впровадження СРЖ стає критичним кроком для підтримки життєдіяльності економіки та функціонування об'єктів критичної інфраструктури. Водночас впровадження цих систем має відповідати екологічним та безпековим стандартам, щоб забезпечити ефективну та стабільну роботу резервного електропостачання в довгостроковій перспективі.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ КОМЕРЦІЙНОЇ БУДІВЛІ

2.1 Опис досліджуваного об'єкту

Об'єктом обстеження є офісне приміщення, яке належить АТ «ПРОКРЕДИТ Банк». Цей банк є філією німецької міжнародної фінансової холдингової компанії, головний офіс якої розташований у Франкфурті-на-Майні. В Україні «ПРОКРЕДИТ Банк» має кілька приміщень у різних регіонах, зокрема кілька відділень у Києві. Для планування СРЖ пропонується аналіз будівлі головного офісу, що знаходиться в Святошинському районі міста Київ за адресою проспект Берестейський, будинок 107а (рис. 2.1, 2.2).



Рисунок 2.1 – Будівля головного офісу АТ «ПРОКРЕДИТ БАНК»

Головний офіс банку в Україні було спроектовано наприкінці 80-х років, дотримуючись радянських стандартів того часу, а перейшла у власність компанії у 2014 році. Енергоефективність не була пріоритетом під час проектування, тому початкова будівля була застарілою та мала низькі показники енергоефективності. У 2015 році компанія вирішила здійснити капітальну реконструкцію офісу в рамках своєї стратегії екологічного менеджменту.

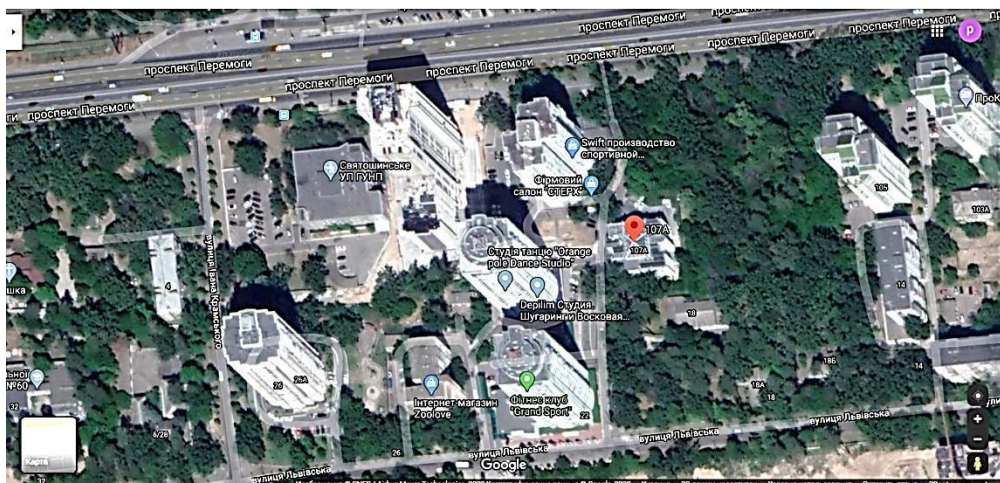


Рисунок 2.2 – Вид зверху на будівлю головного офісу АТ «ПРОКРЕДИТ БАНК»

Будівля виконана у формі атріуму як зображено на рисунку 2.3, і містить скляну ліфтову установку всередині, що створює особливі вимоги до пожежної безпеки та для моделювання планів евакуації.



Рисунок 2.3 – Вид будівлі головного офісу АТ «ПРОКРЕДИТ БАНК» з середини

Особливістю будівлі є сконструйований зенітний ліхтар та світловідбиваюча конструкція на передній стороні офісу. Офіс має 4 поверхи і підвал, де розташована зона відпочинку і технічні приміщення. На четвертому поверсі розташована кухня та їдальня. На даху розташована система сонячних панелей, які забезпечує потреби офісу. На зовнішній стороні фасаду поряд з головним входом розташовано дві зарядні станції для електромобілів.

Будівля знаходиться в активній експлуатації 9 годин на добу з 9.00 до 18.00, тоді ж як споживачі першої та першої особливої категорії працюють безперервно. Неробочими днями є субота, неділя та державні свята.

На момент проведення аудиту в будівлі працює 206 робітників.

Загальна площа об'єкту складає 2536,3 м² враховуючи зовнішню територію. Опалювальний об'єм будівлі - 15795,46 м³.

Відповідно до ДСТУ - Н Б В.1.1-27 :2010 «Будівельна кліматологія» кліматичні дані будівлі:

- Розрахункова температура зовнішнього повітря - 8°C;
- Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період - мінус 0,1°C;
- Тривалість опалювального періоду - 176 діб;
- Розрахункова температура внутрішнього повітря - плюс 20 °C [19].

2.2 Належність до категорії надійності електропостачання

Згідно з ДБН В.2.5-23:2010 "Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення" головний офіс банку можна віднести до категорії будинки установ кредитування, страхування та комерційного призначення. Відповідно до таблиці 2.1 зазначених ДБН, частина якої наведена в додатку А, та пунктів 2.3-2.6:

- Електроприймачі систем протипожежного захисту, ліфти, аварійне освітлення, охоронна сигналізація, сигналізація загазованості відносяться до першої особливої групи і повинні живитися від двох сусідніх ТП або двох різних трансформаторів однієї ТП, другим незалежним джерелом живлення можуть бути ДЕС, АБЖ, акумуляторні батареї.
- Для технічних засобів автоматизованої системи керування банківською діяльністю такі як центри обробки даних, мережеве обладнання тощо необхідно передбачити додаткове живлення від третього незалежного

взаєморезервованого джерела живлення, що забезпечує електропостачання визначеної тривалості, наприклад від ДЕС, АБЖ, акумуляторних батарей.

- Серверні і приміщення міжбанківських електронних розрахунків та електронної пошти одержують необхідний рівень надійності шляхом створення СГЕ з використанням АБЖ певної конфігурації, ДЕС і відповідної побудови силової розподільної мережі.

- Живлення решти електроприймачів рекомендується здійснювати від двох незалежних взаєморезервованих джерел. Допускається перерва в електропостачанні на час, необхідний для вмикання резервного живлення черговим персоналом чи виїзною оперативною бригадою [20].

Будівля живиться від трансформаторної підстанції №4147 на якій встановлено трансформатор ТМ-630/10/0,4. Від трансформаторної підстанції крім банку живляться також прилеглі житлові будинки та інші будівлі району.

Перша секція живить силове обладнання корпусу, друга відповідає за живлення освітлювального обладнання. У будівлі наявні декілька категорій ЕП. При відключенні основного джерела живлення резервне джерело живить ЕП першої категорії (ліфт, аварійне освітлення, системи протипожежного захисту тощо).

2.3 Опис огорожувальних конструкцій будівлі

Основу каркаса будівлі становлять зовнішні стіни з цегли марки М100, укладені товщиною 2,5 цегли. Зовнішня сторона покрита цементно-піщаною штукатуркою завтовшки 3 см, а внутрішня поверхня оброблена гіпсовою штукатуркою шаром 1 см. Для підвищення теплоізоляційних характеристик зовнішні стіни утеплено двома шарами матеріалів: пінопластом і пінобордом. Внутрішні стіни виконані з одинарного ряду цегли.

Покрівля складається з залізобетонних плит товщиною 220 мм, поверх яких нанесений утеплювальний шар керамзиту. Додатково покрівлю утеплено пінобордом і покрито захисними матеріалами – лінкром і технопластом. Всі

внутрішні шари захищені цементно-піщаною стяжкою для забезпечення довговічності. У таблиці 2.1 наведено перелік усіх огорожуючих конструкцій, їх площу і орієнтацію за сторонами світу.

Таблиця 2.1 - Огороджуючі конструкції будівлі

Найменування ОК	Орієнтація	Площа, м ²
Стіни	Пн	423,235
	Зх	375,12
	Сх	375,77
	Пд	426,785
Вікна	Пн	72,16
	Зх	75,72
	Сх	75,07
	Пд	80,41
Підлога		504
Двері	Пн	11,8
Дах		504
Зенітний ліхтар		208

2.4 Опис інженерних систем будівлі

Система вентиляції та кондиціонування

Будівля оснащена припливно-витяжною системою вентиляції з механічним спонуканням і двопозиційним режимом регулювання за графіком часу. Управління витратою повітря здійснюється місцевими регуляторами з інтеграцією в центральну систему контролю. Теплообмінники захищені від перегріву та переохолодження за допомогою автоматичного регулювання. Система передбачає налаштування температури та вологості припливного повітря для оптимального мікроклімату.

Система гарячого водопостачання

Система гарячого водопостачання виконана трубопроводом довжиною 1496 м у межах опалюваних зон будівлі; в неопалюваних частинах трубопроводи не прокладаються. Трубопроводи теплоізовані стандартним чином. Установлено циркуляційні стояки для кожного водорозбірного вузла, хоча терморегулятори на них не передбачені. Регулювання подачі води та швидкості циркуляційного насоса здійснюється вручну. Нагрів води забезпечується тепловим насосом.

Система опалення

У будівлі реалізовано двотрубну горизонтальну систему централізованого опалення, тоді як у сходових клітках використано двотрубну вертикальну систему. Теплоносій автоматично регулюється в ІТП відповідно до зовнішніх погодних умов. На всіх радіаторах встановлені терморегулятори, а швидкість обертання двигунів насосів регулюється вручну. Насоси захищені теплоізоляційними кожухами. Всі відкриті опалювальні трубопроводи ізовані, а в ІТП використані регулятори теплового потоку з електроприводами. За їх рахунок відбувається контроль подачі тепла в залежності від температури навколишнього середовища. Оскільки опалення в будівлі є централізованим і не відноситься до критично важливого обладнання, що забезпечує безперервну роботу банку, то система резервного опалення наразі не розглядається.

Система освітлення

Коридори та офісні приміщення освітлюються LED-світильниками (рис. 2.4), їх перелік наведено в таблиці 2.2. У санвузлах передбачено автоматичне ввімкнення та вимкнення світла за допомогою датчиків присутності. Зовнішнє освітлення забезпечується іншим типом LED-світильників без автоматичного керування. Затінюючі елементи не передбачені.



Рисунок 2.4 – Освітлювальні прилади

Таблиця 2.2 – Перелік освітлювальних приладів

Лампи	Потужність обладнання, кВт	Кіл-сть одиниці обладнання, шт	Загальна встановлена потужність обладнання	Коеф. використання встановленої потужності	Тривалість роботи за рік, год
LED панель MAXUS №1	0,036	12	0,432	0,85	1482
LED панель MAXUS №2	0,032	319	10,208	0,85	1482
LED панель MAXUS №3	0,03	50	1,5	0,85	1482
Світильник Cantana	0,04	10	0,4	0,85	1482

Система моніторингу

У будівлі також встановлена система BMS, яка автоматизовано керує ключовими інженерними системами, такими як опалення, вентиляція, кондиціонування, електро- і водопостачання. У неї інтегровані розумні лічильники, система збирає дані в режимі реального часу та оптимізує споживання ресурсів, реагуючи на зміну кліматичних умов зовні і всередині будівлі. Це дозволяє ефективно контролювати витрати енергії, знижувати викиди та підвищувати

комфорт для працівників, забезпечуючи стабільну роботу з мінімальним екологічним слідом.

2.5 Аналіз динаміки споживання паливно-енергетичних ресурсів за останні три роки

2.5.1 Добова динаміка споживання електричної енергії

На діаграмах, що зображено на рисунках 2.5-2.6 зображено погодинне споживання електричної енергії будівлею за 22 червня та 22 грудня відповідно.

Для порівняння було обрано два репрезентативних дня, що є робочими і знаходяться в середині робочого тижня. У літній період споживання тримається в межах 40 кВт·год. Спостерігається підвищення споживання до 9 години, що відповідає початку робочого дня і падає після 18.00 з його закінченням. Коливання споживання є незначними.

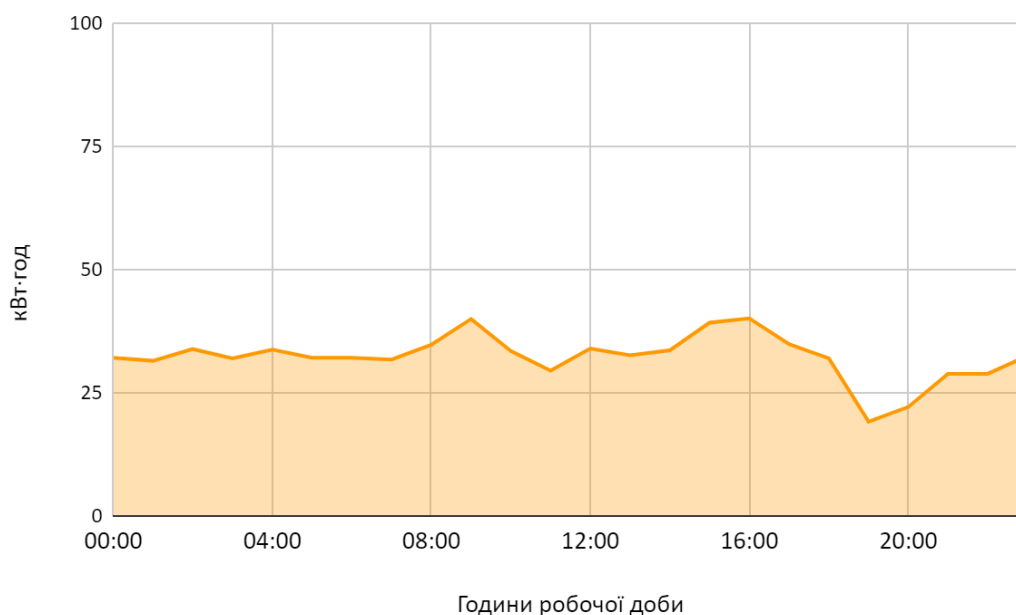


Рисунок 2.5 – Споживання активної потужності за 22 червня 2022 року

Взимку споживання досягає близько 90 кВт·год. Спостерігається значне споживання на початку робочого дня і воно залишається достатньо високим протягом робочих годин.

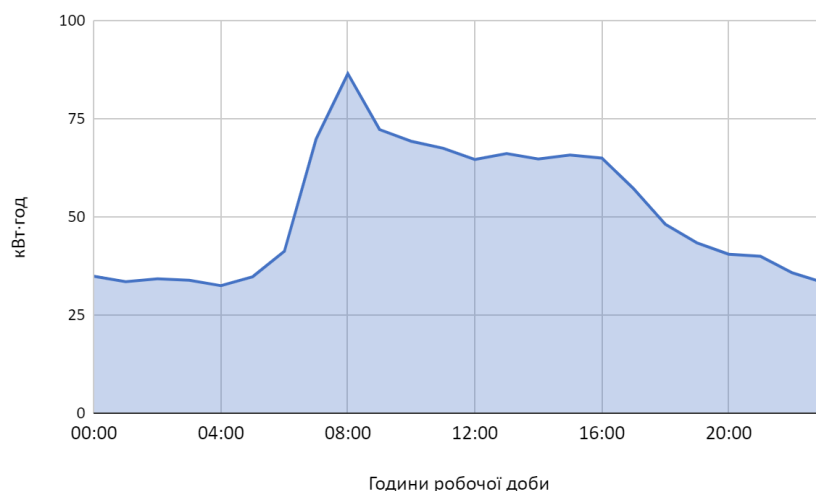


Рисунок 2.6 – Споживання активної потужності за 22 грудня 2022 року

На рисунку 2.7 зображено типовий день з стабілізаційними відключеннями електроенергії. Репрезентативним днем є 26 січня 2023 року. Відключення відбулися з 8 по 12 годину, а також близько години о 16.00. Обмеження електричної енергії спричинило значний пік в графіку споживання. Подібні перепади спричиняють розлади в роботі електроніки, серверні збої, перепади напруги тощо.

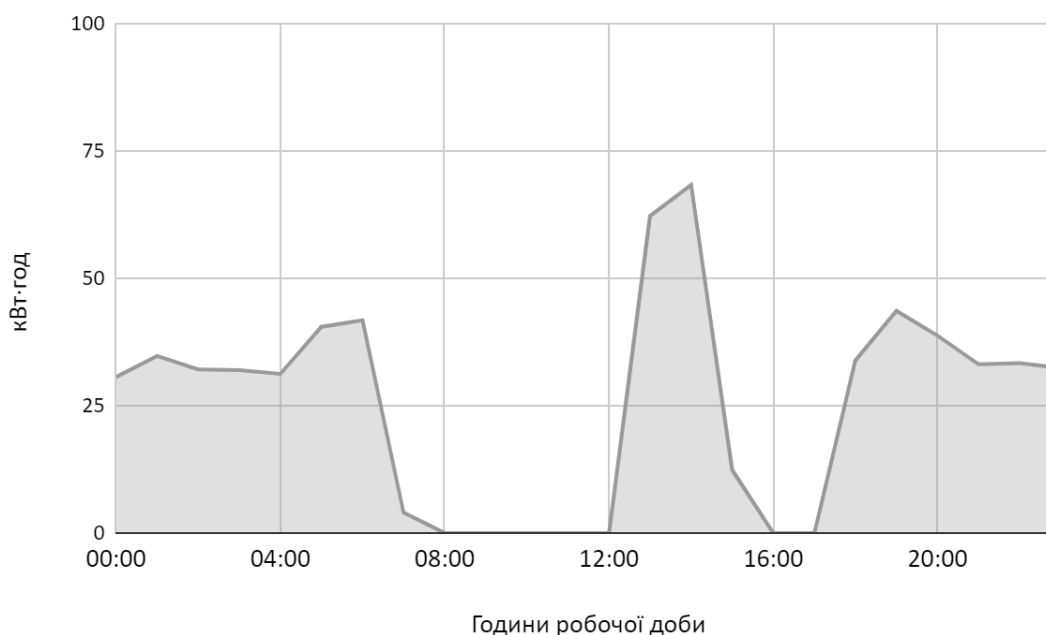


Рисунок 2.7 – Споживання активної потужності за 26 січня 2023 року

2.5.2 Річне споживання електричної енергії

Місячне споживання електричної енергії за останні три роки наведено на рисунку 2.7.

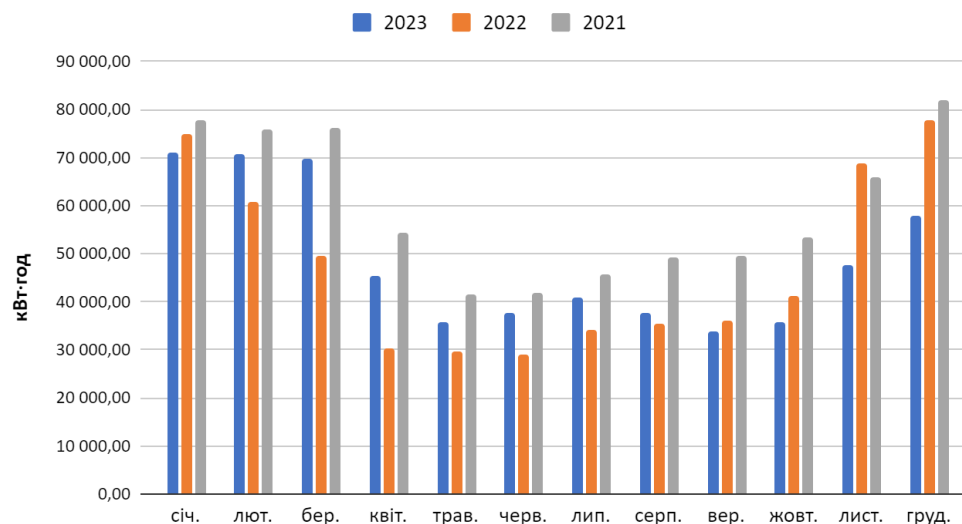


Рисунок 2.8 – Споживання електроенергії за 2021 – 2023 рр

Споживання за 2021 рік є найвищим. Цей рік відповідно є найстабільнішим з виборки з точки зору робочих годин, відсутності відключень і відвідуваності офісу працівниками. Споживання у 2022 році починаючи з лютого помітно зменшується в порівнянні з іншими роками через відсутність персоналу в офісі, що пов'язано з початком повномасштабного вторгнення. Так само для 2023 року споживання відновлюється і дуже значно спадає з жовтня через регулярні відключення електроенергії.

Слід зауважити, що будівля також на 100% споживає енергію згенеровану сонячними панелями. На рисунку 2.9 наведено динаміку генерації відновлюваної енергії сонячною станцією.

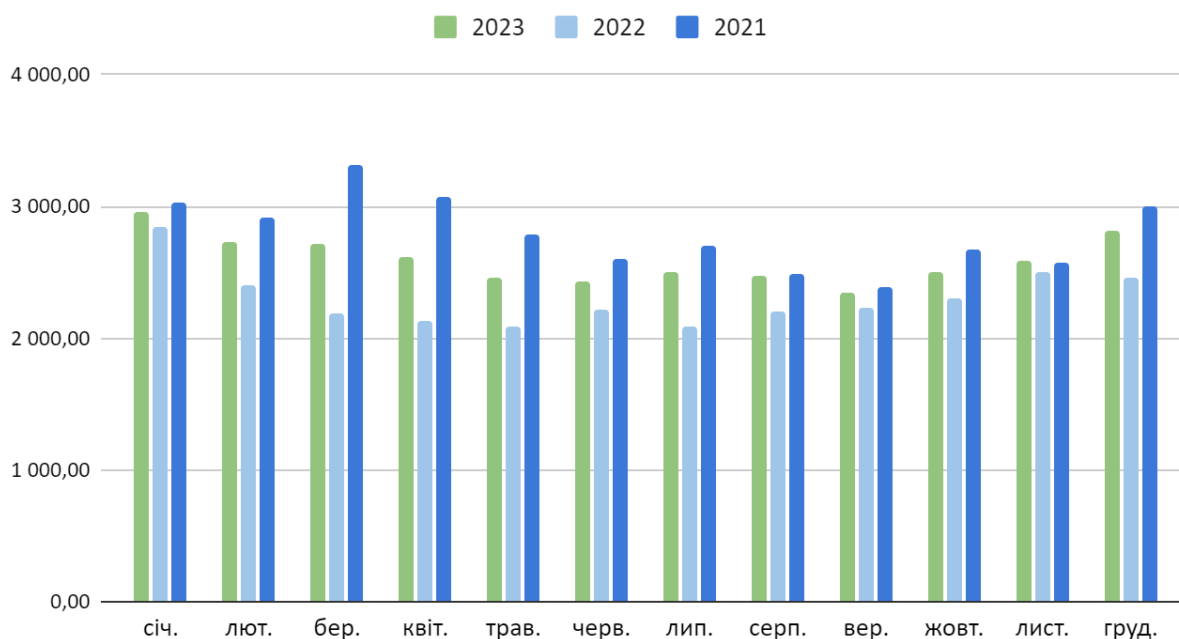


Рисунок 2.9 – Генерація електроенергії від сонячних панелей за 2021 – 2023 рр

2.5.3 Річні енерговитрати на заряд електромобилей

Живлення зарядних станцій відбувається на пряму з загальної мережі. В таблиці 2.3 наведено помісячно частку електричної енергії, що була використана для зарядки автомобілів.

Таблиця 2.3 - Споживання електричної енергії протягом 2021-2023 року

Місяць		Споживання ел.ен, кВт-год					
		Інше	Зарядні станції	Інше	Зарядні станції	Інше	Зарядні станції
		2021		2022		2023	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Січень	28 443,98	7 418,6	35 553,00	9 019,2	28 443,98	7 928,9
2	Лютий	28 795,62	6 976,8	30 024,00	7 994,7	28 795,62	7 374,4
3	Березень	34 482,18	11 424,0	27 324,00	2 109,8	34 482,18	11 604,3
4	Квітень	30 448,89	9 153,3	26 550,79	3 735,9	30 448,89	8 449,2

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8
5	Травень	30 410,97	5 925,7	26 068,50	3 593,5	30 410,97	5 367,7
6	Червень	29 831,22	9 029,0	27 779,80	1 367,0	29 831,22	8 008,3
7	Липень	30 925,86	11 045,2	26 133,50	7 101,8	30 925,86	9 995,6
8	Серпень	25 896,92	12 857,4	27 477,40	7 936,2	25 896,92	11 646,6
9	Вересень	26 126,54	8 362,6	27 845,50	5 192,8	26 126,54	7 582,1
10	Жовтень	27 872,72	6 687,7	28 745,00	11 703,2	27 872,72	6 013,0
11	Листопад	24 110,68	9 911,4	31 310,00	9 818,8	24 110,68	8 857,0
12	Грудень	26 552,97	8 163,4	30 792,88	7 355,9	26 552,97	7 130,0
За рік		343 898,53	106 955,0	345 604,37	76 928,9	343 898,53	99 957,2
Разом		450853,53		422533,27		443855,73	

На рисунку 2.10 наведені діаграми, що відображають частку енергії, що використовується для зарядки автомобілів до загального споживання.

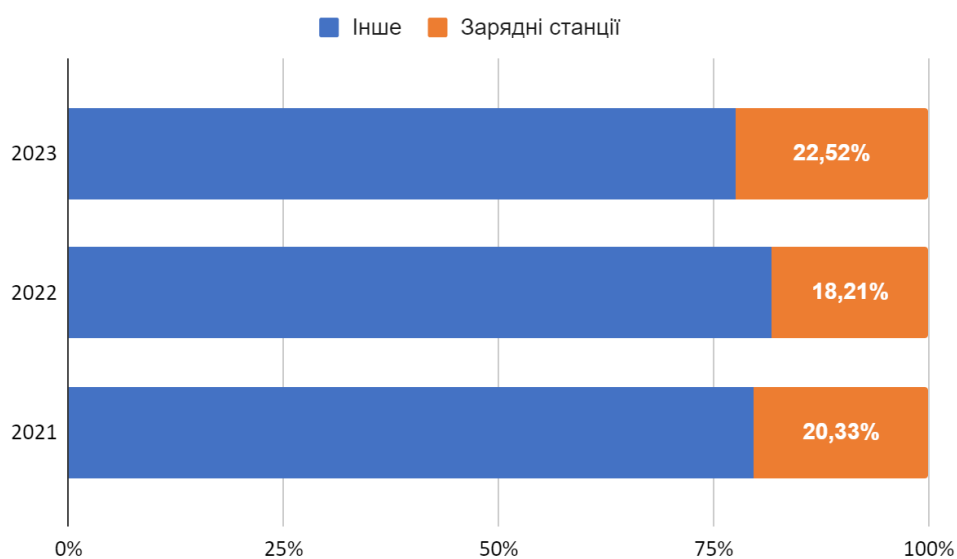


Рисунок 2.10 - Частка енергії, що витрачається на заряд автомобілів

Тобто навантаження від зарядних станцій складає в середньому 20%, що є досить значною часткою.

2.5.4 Річне споживання теплової енергії

Споживання теплової енергії за 2021-2023 роки зображено на рисунку. 2.10.

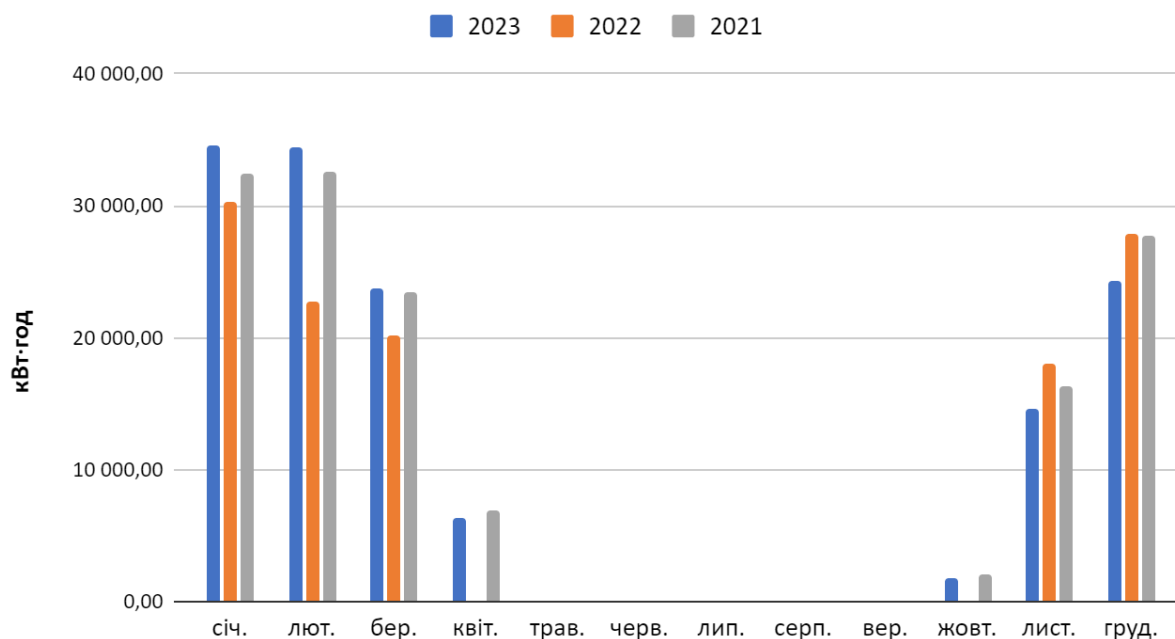


Рисунок 2.10 – Споживання теплової енергії за 2021 – 2023 рр

У будівлі встановлена система контролю зовнішньої температури для регулювання опалення відповідно до змін зовнішньої температури.

Динаміка споживання теплової енергії на опалення відповідає опалювальному періоду. На зниження у споживанні в 2022 році вплинула відсутність працівників на робочих місцях через початок повномасштабного вторгнення.

2.5.5 Динаміка споживання пального дизель-генератором

На поточний час забезпечення електропостачання у години відключень відбувається за допомогою дизель-генератора. До повномасштабного вторгнення у 2022 році генератор використовувався для забезпечення електроенергією в години планових ремонтних робіт. На рисунку 2.11 зображена динаміка споживання дизелю на потреби генератора в період з 2022 по 2023 рр, а в таблиці 2.4 наведено абсолютні значення споживання.

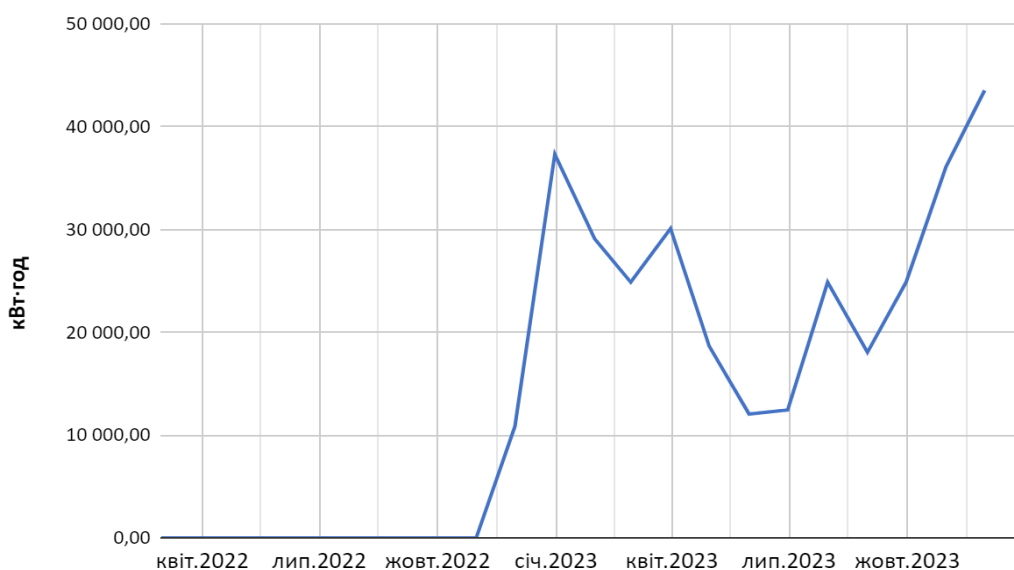


Рисунок 2.11 - Динаміка використання палива дизель-генератором
за 2022 -2023 рр

Споживання дуже значно росте починаючи з листопада 2022 року, що пов'язано з першими серйозними атаками на критичну інфраструктуру і дефіцит у енергосистемі країни. У літку 2023 року споживання поступово спадає, що відповідає послабленню вимушених відключень. І відповідно взимку 2023 року витрата дизелю знов зростає.

Таблиця 2.4 - Споживання дизелю на потреби генератора протягом 2022-2023 року

Місяць		Споживання дизелю			
		Літри	кВт·год	Літри	кВт·год
		2022		2023	
1	2	3	4	5	6
1	Січень	0	0,00	3 720,00	37 324,00
2	Лютий	0	0,00	2 900,00	29 096,67
3	Березень	0	0,00	2 480,00	24 882,67

4	Квітень	0	0,00	3 000,00	30 100,00
5	Травень	0	0,00	1 860,00	18 662,00

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
6	Червень	0	0,00	1 200,00	12 040,00
7	Липень	0,00	0,00	1 240,00	12 441,33
8	Серпень	0,00	0,00	2 480,00	24 882,67
9	Вересень	0,00	0,00	1 800,00	18 060,00
10	Жовтень	60,00	602,00	2 480,00	24 882,67
11	Листопад	402,00	4 033,40	3 600,00	36 120,00
12	Грудень	1 080,00	10 836,00	4 340,00	43 544,67
За рік		1 835,00	15 471,40	31 100,00	312 036,67

Загалом споживання дизелю продовжує динамічно зростати навіть у порівнянні між однаковими сезонами різних років. У той самий час не спостерігається перевитрати, загальна вироблена генератором енергія відповідає періодам відключень, а з витрат розрахованих у кВт·год можна зробити висновок, що генератор забезпечував будівлю енергією тільки у години відключень.

2.6 Оцінка тарифної політики щодо паливно-енергетичних ресурсів

Банк здійснює оплату електроенергії згідно зі стандартним договором, не користуючись додатковими знижками чи спеціальними тарифами. Після зміни правил роздрібного ринку електроенергії, тариф на електроенергію щомісяця коливається. Протягом 2022 року середня вартість електроенергії для бізнесу становила в середньому 3,76 грн/кВт·год, однак у 2023 році тарифи зросли через

підвищення вартості послуг передачі та диспетчерського управління, які затвердила НКРЕКП [21]. Наприклад, з липня 2023 року вартість передачі електроенергії для бізнесу зросла до 636,17 грн/МВт·год, що вдвічі більше, ніж попередній тариф. Середній тариф на електроенергію загалом склав близько 5,4 грн/кВт·год.

Відповідно у 2024 році тариф виріс до позначки 9 грн/кВт·год в пікові години. Наприклад станом на 15 листопада 2024 року вартість електричної енергії на ринку “на добу наперед” (рис. 2.12) в години спаду попиту з 4 по 5 ранку мала мінімальну вартість 2,049 грн/кВт·год і о 18.00 досягла піку зі значенням 8,944 грн/кВт·год.

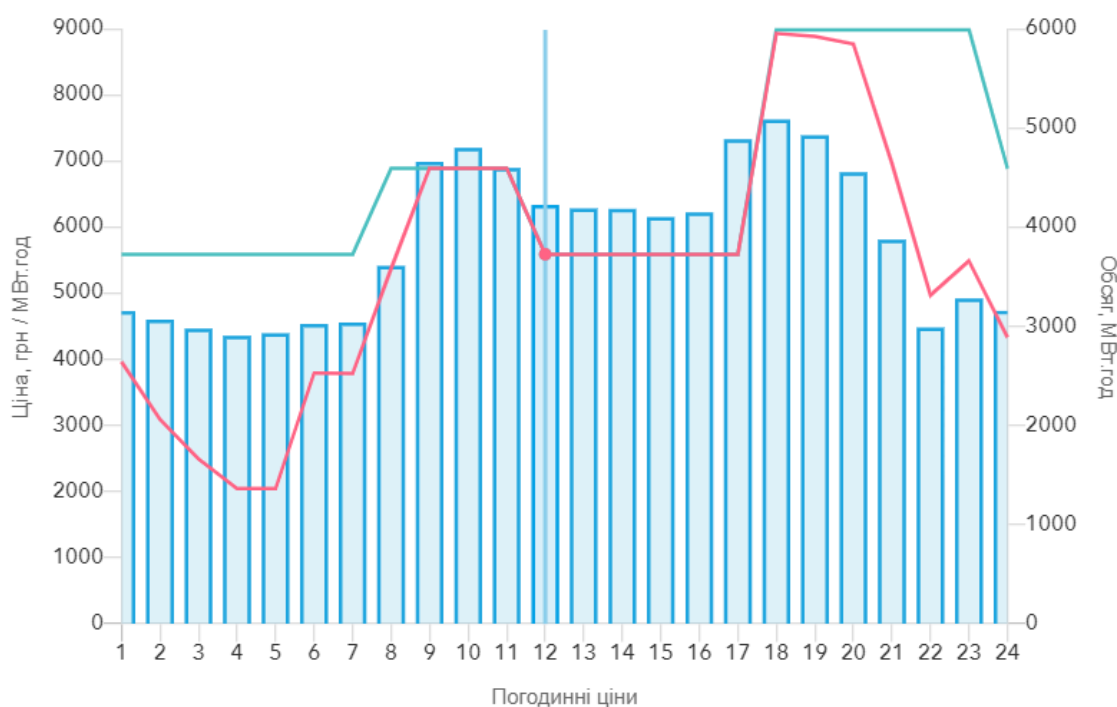


Рисунок 2.12 - Ціна та обсяги закупівлі електричної енергії на ринку “на добу наперед” за 15 листопада 2024р [22]

На ринку "на добу наперед" в Україні у 2024 році діють максимальні граничні ціни, встановлені НКРЕКП:

- з 00:00 до 07:00, з 11:00 до 17:00 – 5 600,00 грн/МВт·год;
- з 07:00 до 11:00 та з 23:00 до 24:00 – 6 900,00 грн/МВт·год;
- з 17:00 до 23:00 – 9 000,00 грн/МВт·год [21].

Через зміну тарифів банк оптимізує споживання електроенергії, зокрема шляхом максимально можливого використання енергії з власних сонячних панелей. Водночас зміна тарифів протягом доби не є критичною для установи, оскільки робочий графік не підлягає коригуванню, і більшість енергоспоживання відбувається в стандартні години. Це означає, що навіть в умовах підвищення тарифів під час пікових навантажень (до 7,2 грн/кВт-год у вечірні години), основні витрати на електроенергію залишаються стабільними. Ця динаміка є результатом перегляду цінових обмежень, що мають тенденцію до зростання через макроекономічні фактори, вартість газу та зростання витрат на забезпечення стабільності енергетичної системи.

Щодо вартості дизельного пального в Україні, то вона демонструвала значні коливання, зумовлені впливом війни, змін у податковій політиці та коливаннями світових цін на нафту.

У 2022 році, після початку повномасштабного конфлікту, вартість дизелю різко зросла через проблеми з логістикою та високий попит на пальне для військових потреб. Середня ціна дизпалива в Україні збільшилася і стала вищою за бензин, що є не типовою ситуацією. Протягом цього року цінова ситуація залишалася нестабільною, і максимальні значення досягали 50 грн за літр.



Рисунок 2.13 - Динаміка росту цін на дизельне паливо 2022-2024 [23]

На початку 2023 року вартість дизельного пального коливалася, але зберігалася на високому рівні. З липня 2023 року податки на пальне були повернуті до довоєнного рівня, що знову призвело до зростання цін на ринку. Наприкінці вересня вартість дизпалива перетнула межу 54 грн за літр через подорожчання як світової нафти, так і внутрішніх акцизів та податків.

У 2024 році ціни на дизельне пальне залишаються на високому рівні, частково через нестабільність на світовому ринку нафти та вплив регіональних конфліктів. Війна на Близькому Сході ускладнила ситуацію з постачанням нафти, що призвело до подальшого зростання цін на пальне.

2.7 Впроваджені заходи з енергоефективності

Для зменшення споживання теплової енергії було запроваджено низку енергоефективних заходів:

1. Утеплення огорожуючих конструкцій

У 2015 році, у рамках реконструкції будівлі, було проведено оновлення фасаду. Для покращення теплоізоляційних властивостей стін додано шари пінопласту та піноборду, що дозволило зменшити тепловтрати через зовнішні конструкції та підвищити енергоефективність споруди.

2. Заміна вікон

Під час реконструкції також було замінено старі пластикові вікна на нові з покращеними теплоізоляційними характеристиками. Встановлено вікна з двокамерними склопакетами та підвищеним опором теплопередачі, що забезпечує додаткову теплоізоляцію та зменшує витрати на опалення.

3. Модернізація теплового пункту та ГВП

Виконано комплексну модернізацію теплового пункту, що включала встановлення сучасного теплового насоса. Це обладнання дозволяє ефективніше використовувати енергію для обігріву приміщень та нагрівання води, що сприяє значному зниженню витрат теплової енергії.

4. Утеплення підводів централізованого опалення

З метою зменшення втрат тепла під час транспортування, було утеплено трубопроводи системи централізованого опалення.

Для зменшення споживання електричної енергії також реалізовано кілька важливих заходів:

1. Модернізація системи освітлення

Проведено повну заміну старих освітлювальних приладів на енергоефективні LED-світильники. Нове освітлення не лише споживає значно менше електроенергії, а й має триваліший термін служби, що зменшує експлуатаційні витрати.

2. Встановлення датчиків руху

Для зниження енергоспоживання в місцях з нерегулярним використанням, таких як вбиральні, встановлено автоматичні датчики руху. Система вмикає освітлення лише у присутності людей, що запобігає марним витратам електроенергії.

3. Модернізація систем вентиляції та кондиціонування

Встановлено сучасні рішення, включаючи систему «холодної стелі», що забезпечує комфортний мікроклімат у приміщеннях із мінімальними енергозатратами. Заміна застарілого обладнання вентиляції та кондиціонування дозволила значно підвищити їхню енергоефективність та знизити витрати електроенергії.

Висновки до розділу 2

Аналіз енергетичного навантаження головного офісу АТ «ПроКредит Банк» показав високу залежність від стабільного електро- і теплопостачання. Протягом останніх років спостерігалися значні коливання у споживанні енергії, що були обумовлені як зовнішніми чинниками (військові дії, зростання тарифів), так і внутрішніми потребами, включаючи активне використання зарядних станцій для електромобілів. Впроваджені енергоефективні заходи, такі як утеплення будівлі,

модернізація теплових пунктів і освітлення, дали змогу знизити споживання ресурсів і підвищити енергоефективність.

Збільшення тарифів на електроенергію та нестабільність електропостачання особливо у 2023 році обґрунтовують необхідність впровадження СРЖ. Це дозволить забезпечити безперебійну роботу банківської інфраструктури, зменшити вплив відключень та оптимізувати витрати на енергопостачання. Подальший розвиток енергозберігаючих технологій у поєднанні з новими СРЖ створить ефективну та стійку енергетичну стратегію для офісу.

3 ПЛАНУВАННЯ І РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ

3.1 Процес підбору системи резервного живлення

Процес підбору СРЖ базується на кількох ключових етапах, які враховують енергетичні потреби користувача, характеристики обладнання та вимоги до функціональності. Вони включають:

1. Визначення потреб користувача.
2. Вибір конфігурації системи.
3. Оцінка енергоспоживання.
4. Розрахунок розміру батарейної системи.
5. Вибір інвертора.
6. Розрахунок та оптимізація PV-масиву (за наявності).
7. Узгодження технічних аспектів.
8. Комунікація з користувачем.

Спершу визначаються потреби користувача. Це включає аналіз навантажень, визначення типу пристроїв, їхнього енергоспоживання та часу роботи. Також оцінюється тривалість і характер можливих перебоїв у електропостачанні. На основі цих даних уточнюються вимоги до системи,

зокрема, чи потрібно забезпечувати резерв для всіх пристроїв або лише для вибраних критичних навантажень.

Наступним етапом є вибір конфігурації системи. СРЖ може виконувати різні функції залежно від потреб. Це може бути забезпечення резервного живлення під час перебоїв, зниження пікових навантажень для економії коштів або режим "нульового експорту", коли надлишкова сонячна енергія зберігається для внутрішнього використання без передачі в мережу.

Після цього проводиться оцінка енергоспоживання. Систематизуються дані про середнє та пікове енергоспоживання пристроїв, а також розраховується загальне добове споживання енергії для заданого періоду. Це дозволяє чітко визначити обсяги необхідного резервування.

Далі визначається розмір батарейної системи. Розраховується ємність батарей з урахуванням добового споживання, максимально допустимого рівня розряду (DoD) та ефективності системи. На цьому ж етапі підбирається тип батареї — свинцево-кислотна або літій-іонна, залежно від її характеристик і потреб.

Потім вибирається інвертор, який має відповідати напрузі батарейної системи та забезпечувати необхідну потужність для навантажень. Для різних конфігурацій систем можуть використовуватися автономні, багаторежимні або мережеві інвертори.

Якщо система включає сонячний масив, проводиться його розрахунок і оптимізація. Визначається розмір масиву для зарядки батарей та забезпечення споживання. Враховуються орієнтація, кут нахилу та можливе затінення масиву для забезпечення максимальної ефективності.

На технічному етапі проводиться підбір кабелів, пристроїв захисту та вимикачів для забезпечення безпечної експлуатації системи. Враховуються стандарти і регіональні норми для електроустановок, що гарантує безпечність і надійність роботи.

Завершальним етапом є комунікація з користувачем. Йому надається інформація про можливості системи, її обмеження, потенційні варіанти

розширення та технічного обслуговування. Такий структурований підхід дозволяє створити систему, яка ефективно задовольняє потреби користувача, мінімізує енергетичні витрати та забезпечує надійність живлення.

3.2 Визначення потреб користувача

3.2.1 Тенденція перерв в електропостачанні

Енергетична система України має високий рівень централізації. До початку війни понад половину електроенергії забезпечували чотири великі атомні електростанції, від яких вона передавалась кількома лініями надвисокої напруги до основних споживчих центрів, таких як Київ. Постійні масовані атаки на енергетичну інфраструктуру стали причиною значних перебоїв у постачанні електроенергії. Відключення можна поділити на планові та аварійні. Планові відключення оголошуються на певний період і заздалегідь публікуються на сайті оператора мережі, щоб збалансувати навантаження, наприклад, під час ремонту пошкоджених мереж або для запобігання аваріям. Незаплановані відключення виникають через надзвичайні ситуації, які виникають раптово внаслідок атак на критичну інфраструктуру.

Аналізуючи відключення для банківської будівлі за адресою проспект Берестейський, 107а (рис. 3.1), було визначено, що випадки відсутності електроенергії тривають від чотирьох до семи годин з певною частотою. Навантаження на систему є різним в залежності від сезону року, що загалом відповідає рівню відключень на 70%. Це відображає сучасну ситуацію з відключеннями у Києві, де доступ до електроенергії забезпечується в середньому 16 годин на добу. Через постійні атаки на енергетичні об'єкти України графік відключень дедалі більше адаптується до реалій поточного часу.

Для подальшого моделювання та аналізу буде використано продемонстрований графік зображений на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 - Графік відключень електроенергії протягом одного зразкового періоду для 3 групи споживачів [24]

Як було зазначено в підрозділі 2.2.1 опалення в будівлі є централізованим і резервна система опалення наразі не розглядається.

3.2.2 Оцінка енергетичних потреб

Основними критичними пристроями в головному офісі є серверні системи, мережеве обладнання, системи відеоспостереження, касове обслуговування, системи протипожежного захисту, ліфт, аварійне освітлення, охоронна сигналізація, сигналізація загазованості. Ці системи повинні функціонувати навіть під час відключень електроенергії, щоб забезпечувати стабільну діяльність банку та обслуговування клієнтів.

Будівля банку працює переважно в робочі години (з понеділка по п'ятницю, 09:00–18:00). Основне енергоспоживання припадає на денний час, включаючи використання комп'ютерів, освітлення, кліматичних систем та банкоматів. Виходячи із загальних вимог офісів, пікові навантаження можуть виникати вранці (початок роботи) та в другій половині дня (особливо в період підвищеного клієнтського трафіку). Окрім цього підприємство, при використанні резервного джерела живлення, має на меті забезпечувати стабільну роботу працівників офісу.

Тому в перелік енергетичних потреб для резервного живлення входить навантаження, що створюється моніторами та комп'ютерами на робочих місцях, загальним освітленням, тепловим насосом і іншими необхідними електроприладами.

У банку наявні резервні джерела живлення, такі як UPS, для підтримки роботи критичних систем протягом кількох годин. Для довготривалої роботи під час тривалих відключень електроенергії потребується використання додаткової резервної інфраструктури.

3.2.3 Фінансова доступність та політика

Компанія відома значними інвестиціями у «зелені» технології та досягнення цілей сталого розвитку. Планування річного бюджету орієнтовано на проекти з високою екологічною та енергетичною ефективністю. Додатково усі енергоефективні проекти мають підтримку з боку німецького холдингу банку. Це свідчить про те, що компанія ставить у пріоритет енергоефективність та екологічність інженерних рішень в своїх офісах. У той самий час відділ екологічного менеджменту на чолі з головним інженером та фінансовим відділом мають на меті збалансувати результат та капіталовкладення для досягнення мінімального терміну окупності при отриманні бажаного рівня ефективності систем. Тобто, бюджет для оптимізації СРЖ немає специфічних обмежень, однак вимагає суттєвого підґрунтя витрат, що підкріплене розрахунками.

3.2.4 Доступний простір

Щодо простору для встановлення СРЖ то пропонується розглянути простір на задньому дворі будівлі, що зображено на рисунку 3.2. Загальна освітлювальна площа навколо будинку складає 1518,2 м². Територію розміром 452 м² виділено під паркувальні місця, а 556 м² підлягають сезонному поливу. На рисунку 3.2 рожевим кольором позначено вільну територію, що може бути виділена під СРЖ. Також є можливість облаштування внутрішньої системи у підвальному

приміщенні. Технічні приміщення будівлі складають 327,2 м² з близько 30% вільного простору. Підвал є неопалювальним, що необхідно враховувати у разі облаштування внутрішньої системи зберігання енергії. Доступна площа в підвалі сягає 27,3 м² з габаритами 4,9 х 5,5 м як позначено зеленим кольором на рисунку 3.3.



Рисунок 3.2 - Доступна територія облаштованого двору будівлі

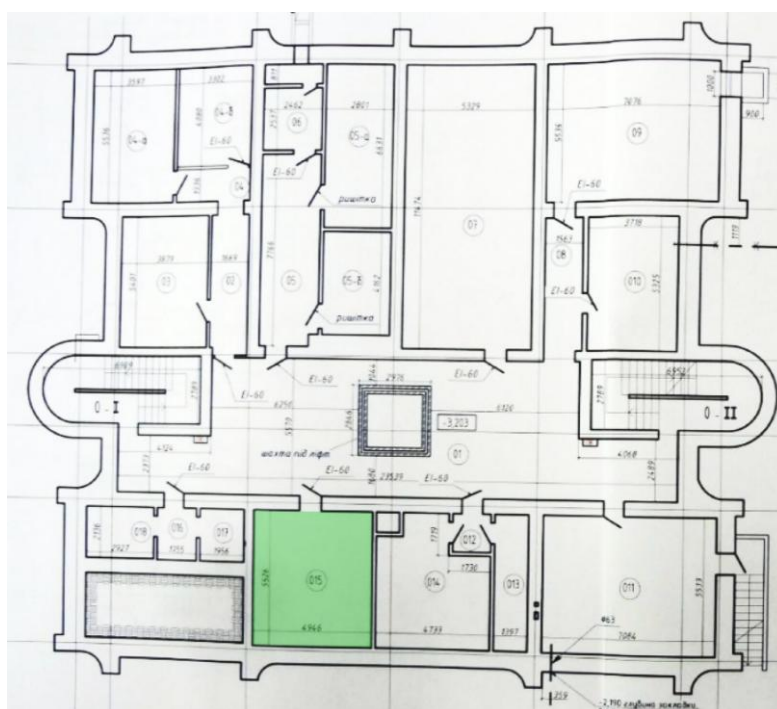


Рисунок 3.3 - Схема підвалу офісу

Площа даху використовується під локальну станцію генерації сонячної енергії і складає 504 м² без урахування площі Zenітного ліхтаря. Інженерне креслення даху зображено на рисунку 3.4. У той самий час майже уся вільна площа облаштована сонячними панелями як зображено на рисунку 3.5.

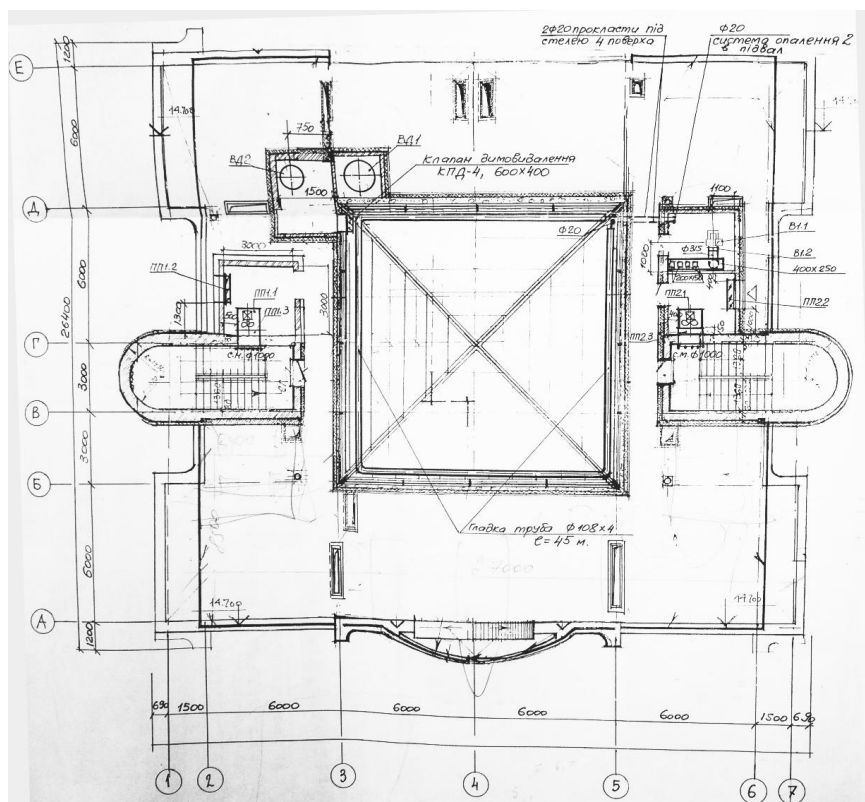


Рисунок 3.4 - План покрівлі офісу



Рисунок 3.5 - Сонячні панелі на даху офісу

3.3 Вибір конфігурації системи

Системи резервного живлення можуть мати різні варіації та конфігурації. Розуміння того, для чого встановлюється система, є вкрай необхідним, щоб спроектувати її відповідно до потреб користувача. Існує наступні найпоширеніші призначення комбінації систем генерації чи зберігання енергії:

- Батарея як резервне джерело живлення;
- Компенсація пікового навантаження;
- Нульовий експорт.

Система може знадобитися для виконання декількох функцій. Проектувальник повинен визначити всі функції системи, проконсультувавшись з кінцевим користувачем, і спроектувати систему так, щоб вона відповідала всім його очікуванням. Якщо система не може задовольнити їхні вимоги, вони повинні бути проінформовані про обмеження системи.

Головний офіс банку потребує забезпечення безперебійного живлення для ключових пристроїв, які відіграють вирішальну роль у його роботі. До таких критичних навантажень належать споживачі категорії надійності електропостачання вище другої.

Для головного офісу можливість зниження пікових навантажень є також актуальною через значний рівень енергоспоживання протягом робочого дня. Використання системи зберігання енергії може допомогти акумулювати надлишкову енергію у періоди низького попиту, зокрема під час нічних тарифів, і використовувати її у часи пікових навантажень. Така стратегія дозволить мінімізувати витрати на електроенергію в умовах зростання тарифів у пікові години. Крім того, це підвищить стійкість роботи офісу до коливань у тарифах.

Для будівлі також є доцільним концепт "нульового експорту" електроенергії. Наразі уся згенерована сонячними панелями енергія використовується на потреби офісу і, через невеликий масштаб сонячної станції, надлишку енергії не виникає. Відповідно до існуючих умов, повернення енергії в мережу не має сенсу.

Для забезпечення перелічених потреб, використовуючи описані в розділі 1 та наявні в будівлі технологічні рішення, розроблено можливі сценарії (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Огляд сценаріїв [25]

Назва сценарію	Тільки дизельні генератори	Тільки сонячні фотоелектричні та акумуляторні батареї	Оптимальне поєднання витрат
Електроенергія з мережі	✓	✓	✓
Дизельний генератор	✓		✓
Сонячні фотоелектричні панелі		✓	✓
Акумуляторна батарея		✓	✓

Оскільки будівля працює в режимі нульового експорту без планів щодо збільшення потужностей сонячної станції, параметри панелей вважатимемо незмінними, але враховуватимемо в подальших розрахунках.

У випадку наявності дизель-генератора як джерела резервного живлення не вимагається багато додаткового обладнання. Генератор під'єднується до лінії постачання електроенергії до будівлі через перемикач (рис. 3.6) для можливості під'єднання генерації у момент відключення від подачі від мережі. Інвертор не вимагається, бо установка генерує змінний струм з відповідними параметрами до мережі.

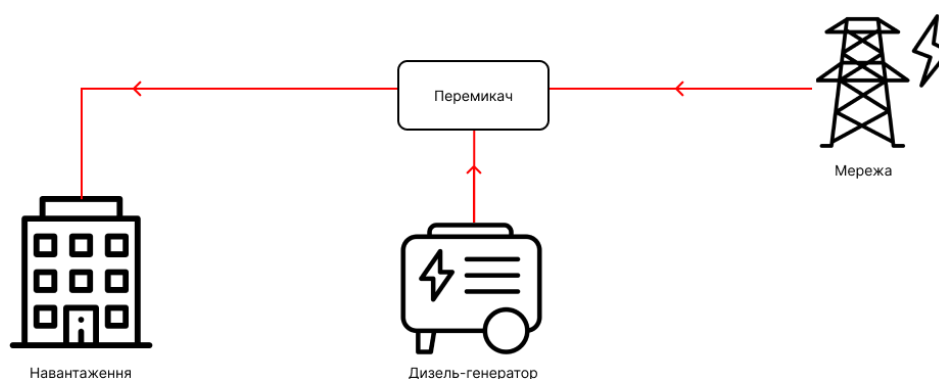


Рисунок 3.6 - Схема з дизель-генератором

У схемі з комбінацією батареї та сонячних панелей з'являється постійний струм, що позначений на рисунку 3.7 синім кольором. Оскільки будівля

налаштована на змінний струм та відповідний рівень напруги, з'являється необхідність у інверторах, що перетворюють постійний струм на змінний (позначений червоним). Така схема може мати різні конфігурації в залежності від умов передачі та генерації енергії. На рисунках 3.7 і 3.8 зображено схеми, що є оптимальними для застосування до розглянуто у другому розділі офісної будівлі.

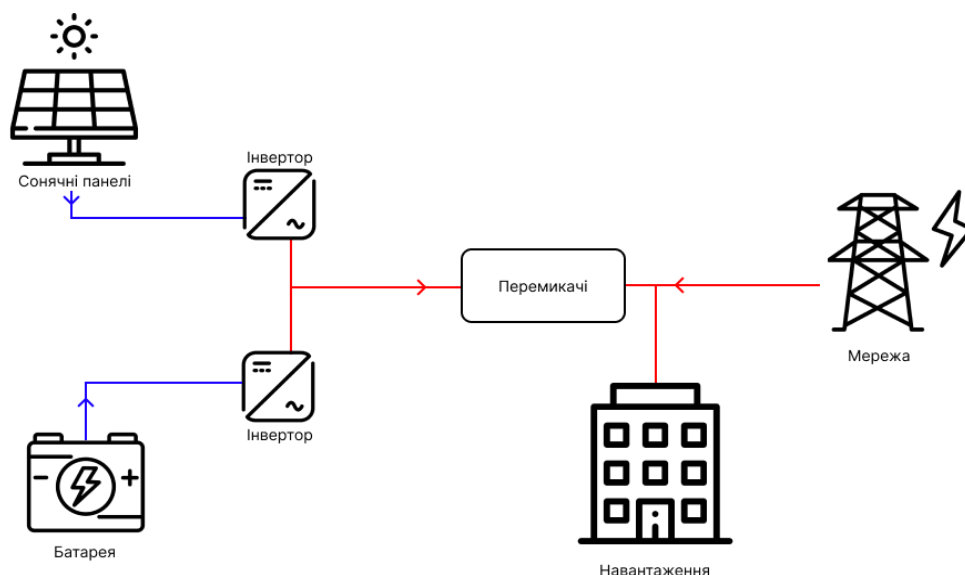


Рисунок 3.7 - Схема з сонячними фотоелектричними та акумуляторними батареями

Комбінована схема з урахуванням усіх перелічених технологій майже повністю повторює схему на рисунку 3.7. Дизель генератор додано на пряму через перемикачі для можливості перемикатися між різними типами джерел резервного живлення.

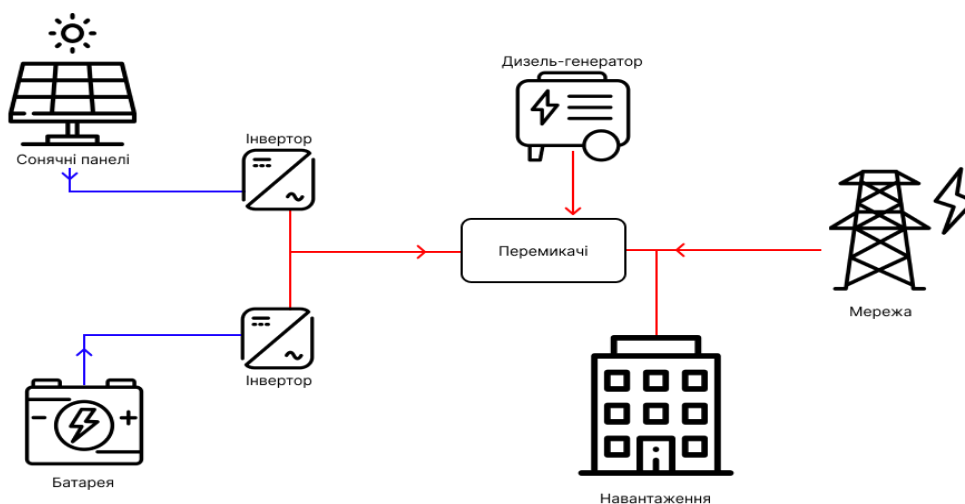


Рисунок 3.8 - Комбінована схема з батареями, сонячними панелями та дизель-генератором

Інвертори на схемах на рисунках 3.7 та 3.8 можуть бути об'єднані в один, розрахований на більшу потужність інвертор. Також допустиме використання двостороннього конвертора енергії у разі необхідності подачі енергії назад у мережу. Ланка перемикачів також повинна включати пристрій від'єднання від загальної мережі.

Ланка з під назвою “Перемикачі” також повинна включати перелік деякого обладнання, у таблиці 3.2 перелічено його основні компоненти та їх функції.

Таблиця 3.2 - Пристрої автоматичного перемикання [26]

Компонент	Призначення
Від'єднувач від мережі	Функціональна група відключення мережі є частиною автоматичного перемикача системи акумуляторного резервування і відключає мережу акумуляторного резервування від загальної мережі в разі відмови мережі.
З'єднання фаз	З'єднання фаз є додатковою функцією для однофазної СРЖ від акумулятора, яка підключена до трифазної побутової мережі. В однофазних СРЖ від акумуляторних батарей до автоматичного розподільчого пристрою підключено лише один акумуляторний інвертор. Таким чином, у разі відключення мережі, без з'єднання фаз, тільки один лінійний провідник (наприклад, L1) побутової мережі захищений від збою в мережі. У цьому випадку два інші провідники (наприклад, L2 і L3) не можуть бути захищені. Фазовий з'єднувач дозволяє комбіноване перемикання лінійних провідників у разі відключення мережі. Як наслідок, два інші провідники лінії також перебувають під напругою. Це означає, що в разі відключення мережі трифазна електромережа стає однофазною. Для лінійних провідників L2 і L3 можна увімкнути фазовий з'єднувач незалежно один від одного.
Пристрій заземлення	У разі багатополюсного відключення функціональний груповий пристрій заземлення є частиною автоматичного перемикача СРЖ від акумуляторів і забезпечує захист від непрямого контакту з компонентами, що знаходяться під напругою. Для цього заземлювальний пристрій з'єднує нульовий провідник і захисне заземлення в автономному режимі (заземлення нейтралі).

У наступних підрозділах буде розглянуто комбіноване рішення у порівнянні з дизель-генератором як єдиним джерелом резервного живлення.

3.4 Оцінка енергоспоживання

Електроенергія подається через інвертор, який виробляє 230 вольт змінного струму. Зазначені у таблиці 3.3 навантаження (перелічені прилади) - це навантаження, які будуть живитися від СРЖ. Навантаження, які будуть включені, визначаються на основі аналізу об'єкту і залежать від фактичного застосування системи. Якщо система використовується як резервна система, це може бути або все навантаження в будівлі, або лише обмежена кількість навантажень. Розрахунок навантажень буде проведено на основі середніх даних за 2021-2023 роки.

Загальне споживання електричної енергії розраховується за формулою

$$W_i = P_{\text{вст}i} n k_{\text{в}i} T_{\text{роб}i} \quad (3.1)$$

де $P_{\text{вст}i}$ - встановлена потужність обладнання, кВт;

n - кількість обладнання, шт;

$k_{\text{в}i}$ - коефіцієнт використання;

$T_{\text{роб}i}$ - тривалість роботи відповідного обладнання за рік.

Згідно з формулою (3.1) розрахуємо загальне споживання електричної енергії для всього обладнання і результати розрахунків занесено в таблицю 3.3.

Максимум попиту - це параметр, який необхідний для визначення потужності інверторів та генераторної установки. Він розраховується за наступною формулою

$$Q_i = P_{\text{вст}i} n / \varphi \quad (3.2)$$

де φ - це коефіцієнт потужності.

Розраховані за формулою (3.2) значення максимуму попиту окремо для кожного типу обладнання та його сумарне значення внесено до таблиці 3.3.

Потенційний піковий попит - це споживання енергії у моменти включення обладнання під час роботи іншого. Особливо на це впливають електроприймачі, що не працюють безперервно і спричиняють так звані “піки” у навантаженні. Піковий попит розраховується за формулою

$$Q_{\text{пiкi}} = Q_i k \quad (3.3)$$

де k - це коефіцієнт перевантаження.

Розраховані значення внесено до таблиці 3.3. Максимальне споживання при відключеннях розраховано з урахуванням відсутності енергії протягом 10 годин на добу відповідно до графіка на рисунку 3.1. Кількість моніторів перевищує кількість системних блоків через те, що в деяких відділах до одного робочого місця приєднано 2 монітори.

Таблиця 3.3 – Форма енергетичної оцінки

Найменування обладнання	Встановл. потужн. одиниці обладнання, кВт	Кіль-сть одиниць обладнання, шт.	Тривалість роботи, год/доба		$k_{\text{п}}$	Загальне енергоспоживання W , кВт·год/доба		φ	Максимум попиту, кВА	k	Потенційний піковий попит, кВА
			повна доба	під час відключень		повна доба	під час відключень				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Плита електрична	14	1	1,50	1,50	0,50	10,5	10,5	0,95	14,74	1,1	16,21
Посудомийна машина	2,4	1	1,00	1,00	0,50	1,2	1,2	0,95	2,53	1,0	2,53
Вбудована мікрохвильова піч	0,7	1	3,00	3,00	0,50	1,1	1,1	0,95	0,74	1,1	0,81
Холодильник побутовий	0,85	2	24,00	10,00	1,00	40,8	17,0	0,95	1,79	1,0	1,79
Морозильна камера	1	1	24,00	10,00	1,00	24,0	10,0	0,95	1,05	1,0	1,05
Кавомашини	1,5	2	5,00	5,00	0,80	12,0	12,0	0,95	3,16	1,1	3,47
Чайник	1,5	2	1,00	1,00	0,90	2,7	2,7	0,95	3,16	1,1	3,47
Розетки побутові	0,1	50	6,00	6,00	0,50	15,0	15,0	0,95	5,26	1,0	5,26
Насос циркуляційний	1,2	2	10,00	10,00	0,80	19,2	19,2	0,80	3,00	1,0	3,00
Тепловий насос	0,5	1	10,00	10,00	0,75	3,8	3,8	0,75	0,67	1,1	0,73
Комп'ютери	0,07	250	9,00	9,00	0,80	126,0	126,0	0,95	18,42	1,1	20,26
Системні блоки	0,15	215	9,00	9,00	0,80	232,2	232,2	0,95	33,95	1,1	37,34
Серверне обладнання	0,5	10	24,00	10,00	1,00	120,0	50,0	0,95	5,26	1,0	5,26

Також розраховані сумарне значення денного споживання електроенергії, загальне значення максимального навантаження та потенційне пікове навантаження. Середнє споживання за день зим 2022 та 2023 в середньому складає 4,69 кВт·год/людину. Розрахунок проведено для 210 співробітників в режимі світового дня зими. Цей сезон обрано для розрахунку як той, що має найбільше навантаження та споживання. Розраховане значення на людину складає 4,64 кВт·год/людину, що знаходиться в межах допустимого відхилення.

У цьому прикладі всі пристрої та навантаження живляться від мережі змінного струму, що вимагає врахування ефективності інверторів. Хоча пікова ефективність інвертора може перевищувати 95%, у реальних умовах він іноді працює при низькому навантаженні, що призводить до енергетичних втрат через власне споживання пристрою. Середня ефективність інвертора зазвичай знаходиться в межах 90–96%. Щоб визначити загальну енергію, необхідну для живлення інвертора від акумуляторної системи, слід враховувати як енергію, спожиту навантаженнями, так і втрати інвертора, і відповідно скоригувати ці показники.

3.5 Розрахунок та оптимізація PV-масиву

3.5.1 Функціональна конфігурація

Акумуляторна система може бути інтегрована із вже встановленою фотоелектричною системою або спроектована разом із нею. Проте через нестабільність генерації сонячної енергії фотоелектрична система не може слугувати надійним самостійним джерелом резервного живлення. Для системи, підключеної до мережі без акумуляторів, критерії проектування включають:

- Визначення оптимального розміру масиву сонячних панелей;
- Оцінку доступного бюджету;
- Аналіз простору для монтажу панелей;
- Визначення цільового річного виробництва енергії (кВт·год);
- Зниження залежності від викопних видів палива.

У разі інтеграції фотоелектричної системи з акумуляторною, враховуються додаткові критерії:

- Розмір системи має бути достатнім для зарядки акумуляторів за заданий проміжок часу;
- Уникнення надлишкової генерації шляхом обмеження виробництва енергії (режим «нульового експорту»).

У запропонованому прикладі сонячна станція існувала до перепланування СРЖ і як було зазначено в підрозділі 3.2.5 не має можливості для збільшення її потужності за рахунок збільшення площі. Тому надалі буде проаналізовано поточне улаштування панелей та генерацію енергії від них.

3.5.2 Оптимізація генерації

Сонячні панелі мають бути орієнтовані на істинний південь для забезпечення максимальної ефективності в умовах північної півкулі. Оптимальний кут нахилу залежить від широти місця розташування і зазвичай становить близько 30–40°, що дозволяє досягти максимального виробництва енергії протягом року. У зв'язку із сезонними змінами хмарності, характерними для клімату місцевості розташування об'єкта, важливо точно розрахувати орієнтацію та кут нахилу панелей, використовуючи щомісячні дані про сонячне випромінювання для оптимізації роботи системи.

Відхилення від південного напрямку (наприклад, на схід чи захід) може суттєво знизити ефективність, тому панелі повинні бути орієнтовані максимально близько до південного напрямку. Якщо дах будівлі має орієнтацію чи нахил, що не відповідають оптимальним умовам, необхідно враховувати фактичний азимут і кут нахилу під час проектування. У таких випадках можна використовувати монтажні конструкції для коригування нахилу панелей.

Дах розглядаємого офісу є плоским, а панелі підняті над поверхнею даху, що забезпечує доступ до покрівлі для її обслуговування та забезпечення

необхідного нахилу. Технічні характеристики фотоелектростанції наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики сонячної електростанції [27], [28]

Параметр	Значення
Модель панелей	SolarWorld SW 290 MONO
Тип модулів	Монокристалічні
Максимальна потужність панелі, Вт	290
Кількість модулів	76
Кут нахилу, °	45
Азимут, °	180
Ефективність модуля, %	17,3
Максимальна напруга в точці живлення, В	31,4
Максимальний струм точки живлення, А	9,33
Розмір панелі	156,75 x 156,75 мм
Модель інверторів	Fronius Symo 10 kW
Кількість інверторів	2
Ефективність інверторів	97,5%

Враховуючи кількість модулів розрахуємо максимальну потужність системи за формулою

$$P_{PVmax} = P_{\text{мод}} n \quad (3.4)$$

де $P_{\text{мод}}$ – максимальна потужність одного модуля;

n – загальна кількість модулів;

$$P_{PVmax} = 290 \cdot 76 = 22\,040 \text{ Вт.}$$

На продуктивність сонячного модуля впливають температура, сторонні матеріали на його поверхні (бруд, листя, продукти забруднення тощо), а також

допуски виробника та/або невідповідності модулів (підключення модулів з різними характеристиками разом). Це означає, що вихідна потужність сонячних модулів може змінюватися під час оцінки фактичної вихідної енергії сонячної батареї. Номінальна потужність визначається при температурі сонячної батареї 25°C та випромінюванні 1000 Вт/м² [29], але на практиці температура модуля під впливом сонця завжди значно вища.

Зниження номінальних характеристик через температуру: Вихідна потужність сонячного модуля зменшується при температурі сонячного елемента вище 25°C і збільшується при температурі нижче 25°C. Під час впливу сонця середня температура елемента буде вищою за температуру навколишнього середовища, оскільки скло на передній частині модуля ізолює його від прохолоднішого повітря навколо та модуль поглинає деяку кількість тепла від сонця. Вихідна потужність і/або струм модуля повинні базуватися на фактичній температурі елемента. Це оцінюється за наступною формулою

$$T_{cell-eff} = T_{сер} + \Delta T \quad (3.5)$$

де $T_{cell-eff}$ - середня денна ефективна температура фотоелемента, °C;

$T_{сер}$ - середня денна температура навколишнього середовища за місяць, для якого проводиться розрахунок;

ΔT - підвищення температури через тип установки, що використовується для масиву, і вибирається з таблиці Б додатку Б.

Три основні типи сонячних модулів, доступних на ринку, мають різні температурні коефіцієнти:

1. Монокристалічні модулі: від -0,4%/°C до -0,45%/°C.
2. Полікристалічні модулі: від -0,4%/°C до -0,5%/°C.
3. Тонкоплівкові модулі: 0%/°C до -0,3%/°C.

Символ, що використовується для температурного коефіцієнта, - γ , і він виражається в технічних характеристиках як від'ємне число.

Зниження продуктивності масиву через температуру залежатиме від типу встановленого модуля, середньої максимальної температури навколишнього середовища для місця розташування та типу системи монтажу модуля.

Відсоток втрати потужності через ефективну температуру елемента визначається як температурний коефіцієнт елемента, помножений на різницю між ефективною температурою елемента та температурою стандартних тестових умов ($T_{\text{сту}} = 25^{\circ}\text{C}$). У формулі це виглядає так

$$\Delta P_T = \gamma (T_{\text{cell-eff}} + T_{\text{сту}}) \quad (3.6)$$

Втрати зазвичай виражаються як коефіцієнт зниження температури (f_T), який розраховується відповідно

$$f_T = 1 - \Delta P_{T > 25^{\circ}\text{C}} \quad (3.7)$$

де $\Delta P_{T > 25^{\circ}\text{C}}$ - втрати через температуру комірки вище 25°C .

Вихідна потужність фотомодулів може зменшуватися через накопичення бруду на їх поверхні. Фактичне значення цієї втрати залежить від умов на місці встановлення модулів. У деяких міських районах це може бути значним через забруднення від автомобілів і пилу в повітрі. Для більшості областей типові втрати становитимуть не більше 5%.

Ця втрата зазвичай виражається як коефіцієнт зниження через бруд (f_6)

$$f_6 = 1 - \Delta P_6 \quad (3.8)$$

де ΔP_6 - втрати через забруднення.

Зниження продуктивності через допуски виробника: Вихідна потужність фотомодуля вказується у ватах з урахуванням виробничого допуску при температурі елемента 25°C . Зазвичай він становить від 0% до +3%. При

проектуванні системи важливо враховувати фактичне значення для обраного модуля, беручи до уваги будь-які допуски вимірювання, і передбачати найгірші умови, щоб кінцевий проект не був недостатньо потужним. Ця втрата через допуски виробника зазвичай виражається як коефіцієнт зниження через допуски виробника ($f_{\text{вир}}$)

$$f_{\text{вир}} = 1 - \Delta P_{\text{вир}} \quad (3.9)$$

де $\Delta P_{\text{вир}}$ - допуск виробника (або втрата допуску вимірювання).

Щоб визначити загальний коефіцієнт зниження для сонячних модулів, необхідно помножити всі коефіцієнти зниження разом, а потім застосувати результат до номінальної потужності модулів за наступною формулою

$$P_{PV} = P_{PVmax} f_T f_{\text{б}} f_{\text{вир}} \eta_{\text{інв}} \quad (3.10)$$

де $\eta_{\text{інв}}$ - це ефективність інвертора.

Проведемо розрахунок для січня 2023 року для подальшого моделювання.

За даними NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources середня температура в Києві в січні 2023 року склала -2.65°C і відповідно не перевищувала 25°C . Тому $\Delta P_{T>25^{\circ}\text{C}} = 0$, а $f_T = 1$. Витрати через забруднення обираємо в середньому 5%. Тобто за формулою (3.9)

$$f_{\text{б}} = 1 - 0,05 = 0,95.$$

За даними виробника для SolarWorld SW 290 MONO $\Delta P_{\text{вир}} = 3\%$ [27].

Відповідно до формули (3.9)

$$f_{\text{вир}} = 1 - 0,03 = 0,97.$$

Тоді реальна максимальна потужність за формулою (3.10) складає

$$P_{PV} = 22040 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,97 \cdot 0,975 = 19,8 \text{ кВт.}$$

Для визначення погодинної генерації використано платформу Global Solar Atlas, а результати моделювання наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Погодинна генерація сонячної електростанції

Година доби	Генерація, Вт/м²	Година доби	Генерація, Вт/м²	Година доби	Генерація, Вт/м²	Година доби	Генерація, Вт/м²
0	0	6	0	12	3,579	18	0
1	0	7	0	13	3,177	19	0
2	0	8	0,335	14	2,392	20	0
3	0	9	2,276	15	0,721	21	0
4	0	10	3,382	16	0	22	0
5	0	11	3,743	17	0	23	0

3.6 Вибір акумуляторної системи

3.6.1 Вибір напруги батареї

Напруга акумуляторної батареї зазвичай становить 12, 24 або 48 В, залежно від вимог системи. Наприклад, якщо батареї та інвертор розташовані далеко від фотоелектричного масиву, і використовується ШІМ-контролер, вибір вищої напруги може допомогти зменшити втрати потужності в кабелях. У великих системах іноді використовують 120 або 240 В постійного струму, але це не характерно для домашніх установок. Висока напруга збільшує складність системи, оскільки вимагає дотримання суворих будівельних стандартів через небезпеку ураження струмом, що також підвищує вартість системи.

Системи з напругою нижче 60 В постійного струму вважаються менш небезпечними, тому вони частіше використовуються в побутових умовах. Для уникнення складнощів, навіть у великих системах, таких як масиви потужністю понад 200 кВт, можуть застосовуватись багатокластерні конструкції, де кожен кластер працює з акумуляторами на 48 В. Як правило, вибір напруги системи залежить від загального енергоспоживання. Системи на 12 В підходять для

невеликих щоденних навантажень, 24 В - для середніх, а 48 В - для великих. Точки переходу знаходяться приблизно при загальному споживанні енергії 1 кВт·год/день та 3-4 кВт·год/день (рис. 3.8), але це також буде залежати від фактичного профілю енергоспоживання. Це лише рекомендації, і існують певні системи, де ці рекомендації не можуть бути застосовані.



Рисунок 3.9 - Рекомендації щодо вибору напруги акумуляторної батареї [29]

З підрозділу 3.4 визначено, що загальне споживання системи складає 825,4 кВт·год/доба на період відключень. Відповідно до цього підійде 48 вольтова система.

3.6.2 Підбір типу батареї

Для свинцево-кислотних акумуляторів вибирають батарею з батареями/елементами глибокого розряду, які повинні бути розраховані на необхідну напругу і ємність системи, і бажано, щоб вони склалися з одного послідовного ланцюжка елементів. Свинцево-кислотні батареї повинні бути розраховані на глибокий розряд. Паралельне з'єднання свинцево-кислотних батарей не рекомендується. Однак вважається, що для деяких систем це неминуче, хоча, як правило, чим більше батарей з'єднано паралельно, тим більша ймовірність нерівномірного заряджання/розряджання, що може призвести до скорочення терміну служби акумуляторної системи.

Для літій-іонних акумуляторів система батарей повинна бути розрахована на необхідну напругу та ємність системи. Підключення літій-іонних батарей менш гнучке, ніж підключення свинцево-кислотних батарей. Завжди слід дотримуватися рекомендацій виробника щодо того, скільки батарей можна

з'єднувати послідовно або паралельно, якщо це взагалі можливо. Порівняння характеристик двох типів батарей наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Порівняльна характеристика типів батарей

Параметр	Свинцево-кислотні батареї	Літій-іонні батареї
Енергощільність	Низька, займають більше місця.	Висока, економлять простір.
Термін служби	Коротший, близько 3–5 років.	Довший, 10+ років за нормальних умов.
Кількість циклів	500–1000 циклів.	2000–5000 циклів і більше.
Технічне обслуговування	Потребують регулярного обслуговування (перевірка електроліту, заміна).	Мінімальне обслуговування.
Гнучкість підключення	Можливе, але паралельне підключення призводить до нерівномірного заряджання.	Менш гнучке, залежить від виробника.
Ефективність заряджання	Низька, 70–85%.	Висока, 90–98%.
Вартість	Нижча початкова ціна.	Вища початкова вартість.
Стійкість до глибокого розряду	Низька, часті глибокі розряди скорочують термін служби.	Висока, краще витримують глибокі розряди.
Вплив температури	Суттєвий, чутливі до перегріву та замерзання.	Менш чутливі, хоча оптимальна температура все ж важлива.
Вага	Більша, що збільшує навантаження на конструкцію.	Легші, простіші в транспортуванні.
Використання в офісі банку	Підходять за низького бюджету та менших вимог до енергоефективності.	Оптимальний вибір для стабільності та тривалого терміну служби.

Для забезпечення безперебійного живлення офісу банку вибір типу акумуляторної батареї повинен враховувати кілька ключових факторів, включаючи енергетичні потреби, просторові обмеження, надійність і вартість. У цьому контексті літій-іонні батареї мають явні переваги над свинцево-кислотними.

Літій-іонні батареї пропонують високу енергощільність, що дозволяє заощадити простір. Вони також характеризуються тривалим терміном служби та

можуть витримати значно більшу кількість циклів заряджання/розряджання у порівнянні зі свинцево-кислотними батареями. Крім того, літій-іонні системи вимагають мінімального обслуговування, що є важливою перевагою для банківської установи, яка прагне мінімізувати операційні ризики та час простою.

Свинцево-кислотні батареї, хоч і дешевші на етапі придбання, мають суттєві недоліки: вони займають більше місця, потребують регулярного технічного обслуговування і мають короткий термін служби. Крім того, їхня низька енергоефективність і проблеми з рівномірним заряджанням у випадку паралельного підключення роблять їх менш оптимальним варіантом для критично важливих систем банку.

3.6.3 Підбір інвертора

Для системи, яка використовується для резервного живлення, обраний акумуляторний інвертор повинен забезпечувати безперервне живлення вказаних навантажень, підключених до батареї, і мати достатню перенапругу для запуску всіх навантажень, які можуть стрибнути під час ввімкнення. Електродвигуни особливо спричиняють велику перенапругу. При виборі розміру акумуляторного інвертора рекомендується застосовувати 10% запас потужності від максимального навантаження акумуляторного інвертора.

Тоді використовуючи таблицю 3.3, максимальне навантаження системи становить 109,36 кВА, а максимальне перенапруження - 115,06 кВА.

Номінальна потужність інвертора розраховується за формулою

$$P_{\text{інв}} = P_{\text{н}} a \quad (3.11)$$

де a - це коефіцієнт запасу для інвертора, що дорівнює 1,1.

За формулою (3.11)

$$P_{\text{інв}} = 150,45 \cdot 1,1 = 165,5 \text{ кВА.}$$

Відповідно перевантаження розраховується за формулою

$$P_{\text{інв}}^{\text{max}} = P_{\text{max}} a \quad (3.12)$$

де P_{max} - потенційний піковий попит, кВА.

Відповідно до формули (3.12)

$$P_{\text{інв}}^{\text{max}} = 157,45 \cdot 1,1 = 173,2 \text{ кВА.}$$

3.6.4 Визначення оптимальної ємності батареї

Під час визначення розміру акумуляторної системи для резервного живлення вона має відповідати енергетичним і потужностним вимогам (як постійним, так і імпульсним) у період відключення від електромережі, що встановлюється на основі аналізу споживання навантаження.

Мінімальна ємність акумуляторної системи розраховується шляхом ділення споживаної енергії (згідно з оцінкою навантаження) на максимальну глибину розряду (DoD_{max}), як показано у формулі (3.13). Для літій-іонних акумуляторів ємність вказується у кВт·год, і слід враховувати саме корисну ємність, а не загальну.

$$C_{\text{бат}} = W_{\text{бат}} / DoD_{\text{max}} \quad (3.13)$$

де $W_{\text{бат}}$ - розмір акумуляторної системи, кВт·год.

Для літій-іонних акумуляторів зменшення ємності при високих струмах розряду є мінімальним у порівнянні зі свинцево-кислотними. Це означає, що їх можна обирати, орієнтуючись на номінальні значення енергії та потужності, які вказує виробник, без необхідності додаткових корекцій на швидкість розряду.

Літій-іонні батареї мають здатність ефективно працювати при високих рівнях розряду, зберігаючи стабільність продуктивності навіть за глибокого розряду до 80–95%. При цьому повний розряд до 100% може призвести до

прискореного зносу або навіть пошкодження окремих осередків батареї, тому для продовження терміну служби рекомендується обмежити розряд до 90-80%.

Обрана акумуляторна система повинна відповідати вимогам кінцевого користувача як до енергії, так і до потужності. Для літій-іонного акумулятора припустимо, що корисна ємність становить 90% від номінальної.

Якщо функція акумуляторної системи полягає у забезпеченні заданих навантажень, для розрахунку розміру акумуляторної системи слід використовувати енергію та потужність, які вона видає. Це обчислюється за наступною формулою

$$W_{\text{бат}} = W / \eta_{\text{сист}} \quad (3.14)$$

де $\eta_{\text{сист}}$ - коефіцієнт корисної дії системи.

Коефіцієнт корисної дії системи визначається множенням коефіцієнта корисної дії інвертора ($\eta_{\text{інв}}$) та коефіцієнта корисної дії кабелю ($\eta_{\text{каб}}$)

$$\eta_{\text{сист}} = \eta_{\text{інв}} \eta_{\text{каб}} \quad (3.15)$$

Припустимо, що загальна ефективність системи становить 90%. Тоді добове споживання від системи акумуляторів за формулою (3.14) складає

$$W_{\text{бат}} = 957,8 / 0,9 = 1064,22 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

а тільки при відключеннях протягом доби

$$W_{\text{бат}} = 739,47 / 0,9 = 821,63 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

Номінальне навантаження для системи батарей та навантаження при перенапрузі за аналогією складає

$$P_{\text{н.бат}} = 109,36 / 0,9 = 121,51 \text{ кВА},$$

$$P_{\text{бат}}^{\text{max}} = 115,06 / 0,9 = 127,84 \text{ кВА}.$$

Тоді ємність батареї за формулою (3.13) складає

$$C_{\text{бат}} = 1064,22/0,9 = 1182,47 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

а тільки при відключеннях протягом доби

$$C_{\text{бат}} = 821,63/0,9 = 912,93 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Максимальний попит та імпульсний попит зазначених навантажень для системи становить 165,5 кВА та 173,2 кВА відповідно. Обрана літій-іонна батарея повинна мати номінальну потужність більше 165,5 кВА, а короткочасну пікову потужність більше 173,2 кВА.

Дана ємність є оптимальною з точки зору потреб споживача, в наступному підрозділі також буде враховано фінансову доцільність проекту та скориговано оптимальну потужність установки.

3.6.5 Розрахунок швидкості зарядки батареї

Швидкість заряджання акумуляторної батареї залежить від її ємності, рівня заряду, потужності зарядного обладнання та доступної потужності мережі.

Потужність зарядки також може обмежуватися доступною потужністю мережі. Наприклад, при підключенні до мережі потужністю 200 кВА максимально можлива потужність зарядного пристрою становить приблизно 170-180 кВт, враховуючи втрати. У такому випадку реальний час зарядки буде більшим.

ККД зарядного обладнання (зазвичай 90-95%) впливає на ефективність процесу зарядки.

Основна формула виглядає наступним чином

$$t_{\text{заряд}} = \frac{C_{\text{бат}}(SOC_{\text{max}} - SOC_{\text{поч}})}{\eta_{\text{мережі}} P_{\text{заряд}}} \quad (3.16)$$

де $t_{\text{заряд}}$ — час заряджання, год;

$C_{\text{бат}}$ — ємність батареї, кВт·год;

SOC_{max} і $SOC_{\text{поч}}$ — відповідно максимальний та початковий рівні заряду;

$P_{\text{заряд}}$ — потужність зарядного пристрою, кВА;

$\eta_{\text{мережі}}$ — коефіцієнт корисної дії мережі, обираємо 95%.

Обчислимо час необхідний для зарядки обраної у підрозділі 3.5.4 батареї враховуючи, що рекомендоване значення DoD складає 90%, відповідно $SOC_{\text{поч}} = 10\%$. Потужність зарядки з мережі оберемо 170 кВт з розрахунком, що батарея заряджається в години відсутності піку, а навантаження на мережу паралельно створює обладнання, що працює цілодобово (рис. 2.6). Тоді за формулою (3.16)

$$t_{\text{заряд}} = \frac{1182,47 \cdot (100\% - 10\%)}{0,9 \cdot 170} = 6,96 \text{ год},$$

а при використанні батареї протягом годин відключень на добу

$$t_{\text{заряд}} = \frac{912,93 \cdot (100\% - 10\%)}{0,9 \cdot 170} = 5,36 \text{ год}.$$

Також слід враховувати, що потужність зарядки може зменшуватись при досягненні високого рівня заряду, оскільки система зарядки для безпеки та збереження ресурсу батареї знижує швидкість заряджання ближче до максимального рівня.

Отримані значення вказують на те, що для батареї в обох варіантах реально зарядитися до 100% у години низького навантаження на мережу. У той самий час якщо відключення припали на цей період, то батарея може заряджатися у напівпікові години або нестача енергії може компенсуватися дизель генератором.

3.7 Розрахунок окупності проекту за різних сценаріїв

Для проведення фінансового розрахунку зроблено припущення, що реальний час відключень складає від 2 до 7 годин на добу в залежності від місяця,

відповіді значення для кожного місяця наведено у додатку. Середня генерація енергії генератором складає близько 200 кВт·год, що визначено на основі 2023 року. Відповідно визначено генерацію енергії дизель-генератором за рік, що складає 311 000 кВт·год.

Розглянемо три випадки відповідно до сценаріїв з таблиці 3.1. Для першого випадку з використанням тільки дизель-генератора. Інвестиції у цьому випадку будуть складати 0 гривень, оскільки це є базовим випадком і генератор вже наявний. Відповідно і щорічна економія також є нульовою. Річні витрати розрахуємо за наступною формулою

$$A_{c1} = \frac{T_{д.л}}{с\eta a} E \quad (3.17)$$

де $T_{д.л}$ — вартість дизелю у грн/л, що складає 57,31 грн/л [30] з урахуванням тенденції на подорожчання 62,81 грн/л [31];

$с$ — вартість долару в грн/USD, що складає 41,5956 грн [32];

a — кількість кВт·год, що може бути згенеровано одним літром дизелю з ефективністю 100%, 10 кВт·год;

η — коефіцієнт корисної дії дизель-генератора, обираємо 40%;

E — генерація енергії дизель-генератором, кВт·год/рік.

Тоді за формулою (3.16) річні витрати на генерацію енергії дизель-генератором складають

$$A_{c1} = \frac{62,81}{41,5956 \cdot 0,4 \cdot 10} \cdot 311000 = 117403,7 \text{ USD/рік.}$$

Для другого сценарію використовується акумуляторна батарея, що повністю забезпечує потребу в енергії на період відключень протягом дня, ємність якої складає 912,93 кВт·год з округленням до номінального значення 1000 кВт·год, як розраховано в підрозділі 3.5.4.

Інвестиції у цьому випадку будуть визначатися за формулою

$$I_{c2} = C'_{\text{бат}} T_{\text{бат}}, \quad (3.18)$$

де $T_{\text{бат}}$ — вартість акумуляторної батареї, USD/кВт·год;

$C'_{\text{бат}}$ — округлена номінальна ємність батареї, кВт·год.

Вартість акумуляторної батареї загалом складається з вартості самої установки, інвертора та вартості інсталяції і в середньому складає 471,52 USD/кВт·год [33].

Тоді інвестиції у повнорозмірну батарею за формулою (3.18) складають

$$I_{c2} = 1000 \cdot 471,52 = 471520 \text{ USD}.$$

Щорічні витрати на систему акумуляування енергії складають близько 70 USD. Щорічна економія визначається за формулою

$$E_{c2} = A_{c1} - T_{\text{е.е}} E \quad (3.19)$$

де $T_{\text{е.е}}$ — вартість електричної енергії з розрахунком на те, що батарея заряджається в години найнижчого тарифу, 5,6 грн/кВт·год або 0,1346 USD/кВт·год.

$$E_{c2} = 117403,7 - 0,1346 \cdot 311000 = 75533,89 \text{ USD}.$$

Враховуючи наявність вільної площі для розгляду третього сценарію пропонується встановлення системи INTILION scalestac з чотирма стійками батарей (рис. 3.10).

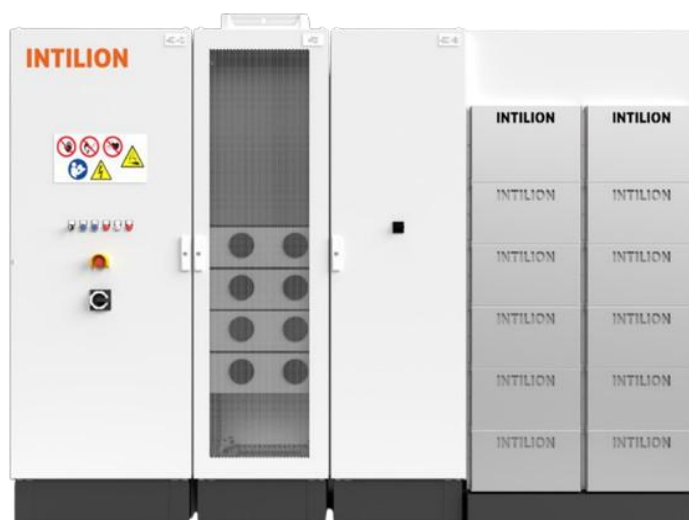


Рисунок 3.10 - Система INTILION scalestac з двома стійками батарей [34]

INTILION scalestac - це модульна система зберігання енергії в приміщенні для комерційних споживачів. Система може бути сконфігурована з кроком 25 кВА до 400 кВА та вмістом енергії від 154 до 616 кВт·год. Система складається з акумулятора, інвертора, LTE-модему та інтелектуального управління системою. Батарея з 4 стійками займає площу 6,7 м². У таблиці 3.5 наведено технічні характеристики системи. Дана ємність батареї також має менший час зарядки, що є перевагою і дозволяє з більшою вірогідністю заряджати її у часи найменшого тарифу.

Таблиця 3.5 - Технічні характеристики INTILION scalestac [34]

Тип системи	Акумуляторна система зберігання енергії з підключенням до мережі змінного струму для внутрішнього встановлення
1	2
Застосування	Вирівнювання піків, оптимізація власного споживання, передзаряд електромобілів, резервне джерело живлення
Енергоємність на одну стійку, номінальна	154 кВт·год
Енергоємність на одну стійку, корисна	138,6 кВт·год (90% використання енергії)
Потужність, номінальна	до 400 кВА (з кроком 25 кВА)
Номінальний струм	до 37 А
Тип батареї	Літій-іонна

Продовження таблиці 3.5

1	2
Оптимальна температура	від +15 до +30 °C
Розміри шафи управління (ВхШхГ), мм	2310 x 2600 x 800 (+200 відстань до стіни)
Розміри батарейної стійки (ВхШхГ), мм	2200 x 1000 x 1167
Термін служби	від 15 років

Об'єм відпущеної батареєю енергії складає 498,96 кВт·год на добу (з урахуванням глибини розряду 90% та ефективності інвертора), тобто 64,7% максимальної денної потреби в години відключень. Відповідно дизель-генератор забезпечуватиме 25,3%. Тоді щорічна економія при використанні комбінації батареї та дизель-генератора розраховується за формулою

$$E_{c3} = A_{c1} - E \left(T_{e.e} a + \frac{T_{д.л}}{с\eta a} b \right), \quad (3.20)$$

де a і b - частки енергії наданої відповідно батареєю і дизель-генератором,

$$\begin{aligned} E_{c3} &= 117403,7 - 311000 (0,1346 \cdot 0,647 + 0,378 \cdot 0,253) = \\ &= 50985,38 \text{ USD}. \end{aligned}$$

Інвестиції аналогічно за формулою (3.17) складають

$$I_{c3} = 616 \cdot 471,52 = 290456,32 \text{ USD}.$$

У таблиці 3.6 наведено розрахунок окупності проектів за сценаріями 2 та 3. За ставку дисконтування прийнято рівень інфляції прогнозований на 2025 рік, що за даними Національного Банку України складе 6,9% [35]. За строк проектів прийнято 10 років, що є типовим терміном служби акумуляторних батарей.

Таблиця 3.6 - Розрахунок економічних показників проекту за сценаріями 2 і 3

Часовий горизонт проекту, років	Капітальні витрати, USD	Щорічні експлуатаційні витрати, USD	Щорічна економія від впровадження проекту, тис.грн	Грошовий потік, USD	Кумул. Грошовий потік, USD	Коеф. Дисконту	Дисконт грошовий потік, USD	Кумул. Дисконт грошовий потік, USD	Ставка дисконтування, %
Сценарій 2									
0	471520	0	0	-471520	-471520	1,000	-471520	-471520	6,9
1	0	70	75533,89	75463,89	-396056,1	0,935	70592,98	-400927	6,9
2	0	70	75533,89	75463,89	-320592,2	0,875	66036,46	-334890,6	6,9
3	0	70	75533,89	75463,89	-245128,3	0,819	61774,05	-273116,5	6,9
4	0	70	75533,89	75463,89	-169664,4	0,766	57786,76	-215329,8	6,9
5	0	70	75533,89	75463,89	-94200,55	0,716	54056,84	-161272,9	6,9
6	0	70	75533,89	75463,89	-18736,66	0,670	50567,67	-110705,2	6,9
7	0	70	75533,89	75463,89	56727,23	0,627	47303,72	-63401,52	6,9
8	0	70	75533,89	75463,89	132191,1	0,586	44250,44	-19151,09	6,9
9	0	70	75533,89	75463,89	207655	0,549	41394,23	22243,15	6,9
10	0	70	75533,89	75463,89	283118,9	0,513	38722,39	60965,54	6,9
Сценарій 3									
0	290456,3	0	0	-290456,3	-290456,3	1,000	-290456,32	-290456,3	6,9
1	0	70	50985,38	50915,38	-239540,9	0,935	47628,98	-242827,3	6,9
2	0	70	50985,38	50915,38	-188625,6	0,875	44554,70	-198272,6	6,9
3	0	70	50985,38	50915,38	-137710,2	0,819	41678,86	-156593,8	6,9
4	0	70	50985,38	50915,38	-86794,82	0,766	38988,64	-117605,1	6,9
5	0	70	50985,38	50915,38	-35879,44	0,716	36472,07	-81133,06	6,9
6	0	70	50985,38	50915,38	15035,94	0,670	34117,93	-47015,13	6,9
7	0	70	50985,38	50915,38	65951,31	0,627	31915,75	-15099,38	6,9
8	0	70	50985,38	50915,38	116866,7	0,586	29855,70	14756,32	6,9
9	0	70	50985,38	50915,38	167782,1	0,549	27928,63	42684,95	6,9
10	0	70	50985,38	50915,38	218697,4	0,513	26125,94	68810,89	6,9

За сценарієм 2 простий термін окупності складає 6 років і 3 місяці, а дисконтований 8 років і 5,5 місяців, чиста приведена вартість - 60965,54 USD.

У цьому випадку простий термін окупності складає 5 років і 8,5 місяці, а дисконтований 7 років і 6 місяців, чиста приведена вартість - 68810,89 USD.

3.8 Викиди парникових газів

Оскільки політика банку сфокусована так само на екологічному аспекті енергетичних рішень, то пропонується порівняння сценаріїв з точки зору викидів парникових газів. За розрахунками банку один літр дизельного палива відповідає 2,6768 кгCO₂-екв, для генератора з ефективністю 40% 1 кВт·год виробленої генератором спричиняє 0,67 кгCO₂-екв. Також за внутрішніми розрахунками банку вважається, що 1 кВт·год енергії поданої з мережі має 0,32 кгCO₂-екв. Враховуючи викиди парникових газів на 1 кВт·год від різних джерел енергії було розраховано загальну кількість викидів за 2022 і 2023 роки не враховуючи енергію на заряд електромобилей. Результати розрахунків зведено до таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Викиди парникових газів за 2022-2023 рр.

Місяць і рік	Електроенергія		Генератор	
	Споживання, кВт·год	Викиди, кгCO ₂ -екв	Споживання, кВт·год	Викиди, кгCO ₂ -екв
1	2	3	4	5
січ. 2022 р.	35 553,00	11362,74	0,00	0,00
лют. 2022 р.	30 024,00	9595,67	0,00	0,00
бер. 2022 р.	27 324,00	8732,75	0,00	0,00
квіт. 2022 р.	26 550,79	8485,63	0,00	0,00
трав. 2022 р.	26 068,50	8331,49	0,00	0,00
черв. 2022 р.	27 779,80	8878,43	0,00	0,00
лип. 2022 р.	26 133,50	8352,27	0,00	0,00
серп. 2022 р.	27 477,40	8781,78	0,00	0,00
вер. 2022 р.	27 845,50	8899,42	0,00	0,00
жовт. 2022 р.	28 745,00	9186,90	602,00	192,40
лист. 2022 р.	31 310,00	10006,68	4 033,40	1289,07
груд. 2022 р.	30 792,88	9841,41	10 836,00	3463,19
січ. 2023 р.	28 443,98	9090,70	37 324,00	11928,75
лют. 2023 р.	28 795,62	9203,08	29 096,67	9299,30

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5
бер. 2023 р.	34 482,18	11020,50	24 882,67	7952,50
квіт. 2023 р.	30 448,89	9731,47	30 100,00	9619,96
трав. 2023 р.	30 410,97	9719,35	18 662,00	5964,38
черв. 2023 р.	29 831,22	9534,06	12 040,00	3847,98
лип. 2023 р.	30 925,86	9883,91	12 441,33	3976,25
серп. 2023 р.	25 896,92	8276,66	24 882,67	7952,50
вер. 2023 р.	26 126,54	8350,04	18 060,00	5771,98
жовт. 2023 р.	27 872,72	8908,12	24 882,67	7952,50
лист. 2023 р.	24 110,68	7705,77	36 120,00	11543,95
груд. 2023 р.	26 552,97	8486,33	43 544,67	13916,88
Разом, 2022	345 604,37	110455,17	15 471,40	4944,66
Разом, 2023	343 898,53	109909,98	312 036,67	99726,93

Використання генератора спричинило дуже стрімке збільшення викидів, де частка викидів від використання дизельного палива переважає викиди від споживаної енергії з мережі, що наочно видно з діаграми на рисунку 3.11 побудованої на основі даних з таблиці 3.8.

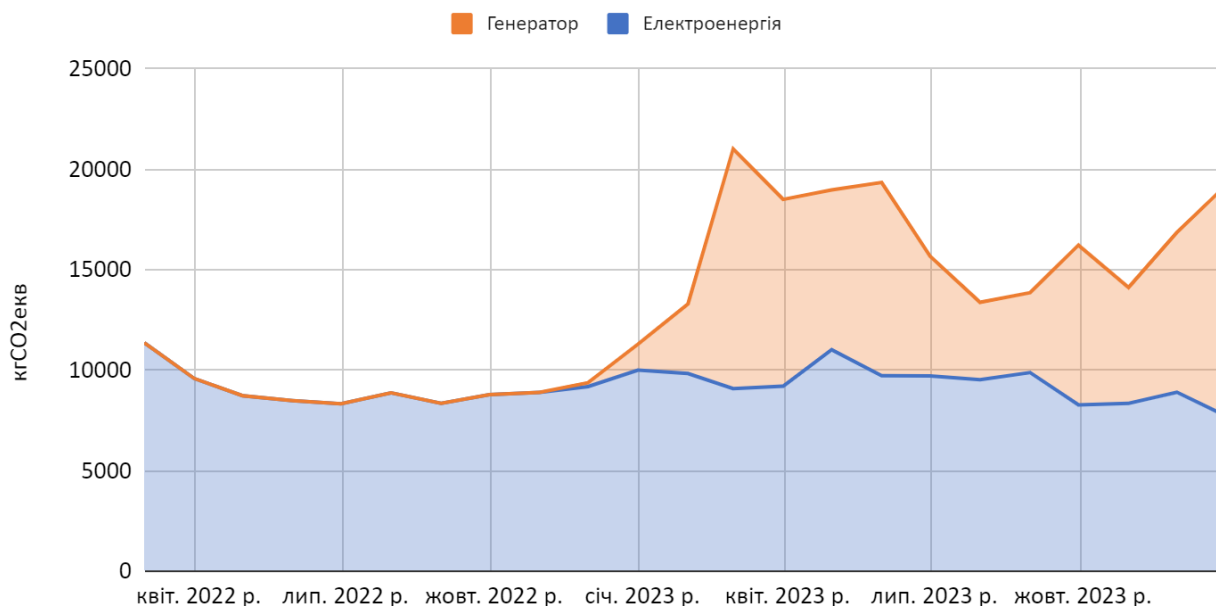


Рисунок 3.11 - Динаміка викидів парникових газів за 2022-2023 рр.

Розрахуємо викиди для сценарію 2 та 3 беручи за основу споживання 2023 року без урахування енергії для зарядки електромобілів. Отримані значення внесено до таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 - Викиди парникових газів для кожного сценарію

	Мережа	Батарея	Генератор	Разом
	кгCO ₂ -екв			
Сценарій 1	109909,98	0,00	73552,68	183462,66
Сценарій 2	109909,98	35127,23	0,00	145037,22
Сценарій 3	109909,98	23710,88	23904,62	157525,49

З діаграми на рисунку 3.12 також видно, що другий сценарій дає можливість зменшити викиди від СРЖ на 52,24%, тоді як за третім сценарієм викиди зменшуються на 35,26%.

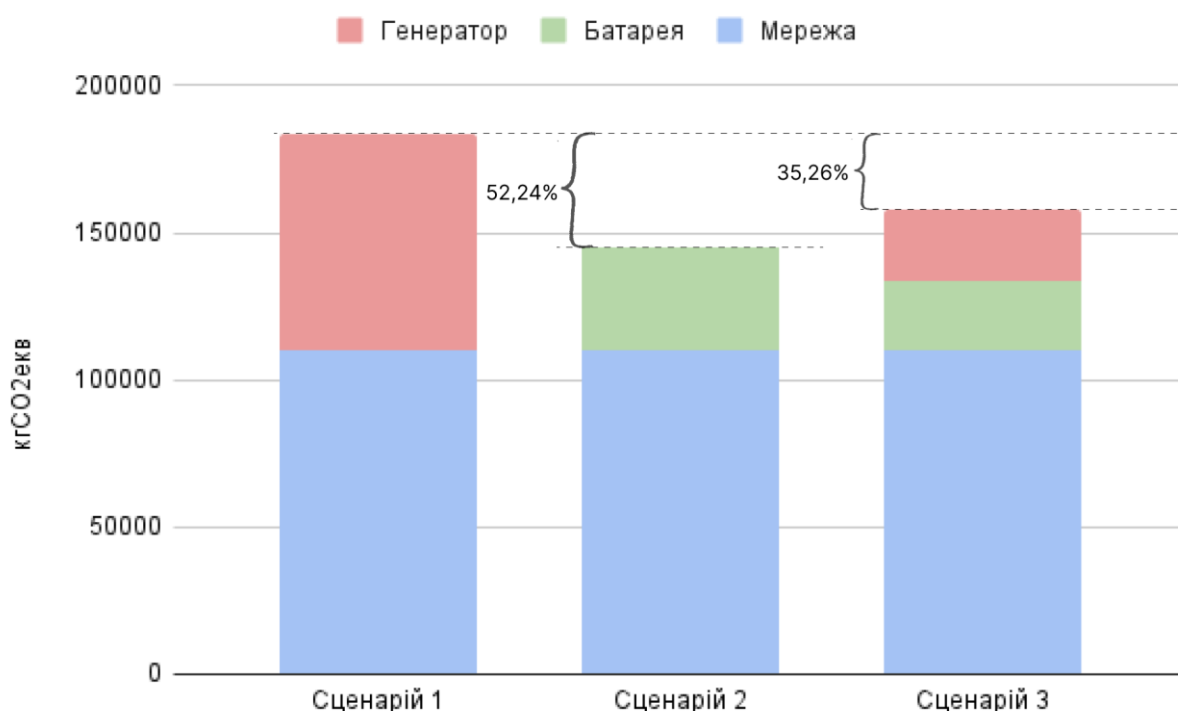


Рисунок 3.12 - Викиди парникових газів за 2023 рік при різних сценаріях

3.9 Моделювання денного енергоспоживання

Для визначення того, як енергоспоживання будівлі буде виглядати за різних опцій СРЖ були змодельовані чотири випадки:

- 1) Поточна система СРЖ тільки з дизель-генератором (день з відключеннями по графікам);
- 2) СРЖ представлена тільки акумуляторною батареєю (день з відключеннями по графікам);

3) СРЖ представлена комбінацією акумуляторної батареї та дизель-генератора (день з відключеннями по графікам);

4) СРЖ представлена комбінацією акумуляторної батареї та дизель-генератора (день з безперервним відключенням протягом 10 годин в години пікового споживання).

Для моделювання було обрано 11 січня 2023 року, як день з найвищим сумарним споживанням за відповідний місяць. Також в кожному випадку враховано генерацію енергії від сонячних панелей, яку було визначено в таблиці 3.5. Обраний день є серединою, то відповідно до рисунку 3.1 визначено години відключень.

У таблиці В.1 додатку В наведено погодинну кількість енергії отриману від генератора, батареї чи мережі. У цьому випадку генератор чи батарея надавали б однакову кількість енергії для покриття дефіциту. На рисунку 3.13 наведено покриття попиту різними джерелами енергії для випадку 1 та 2.

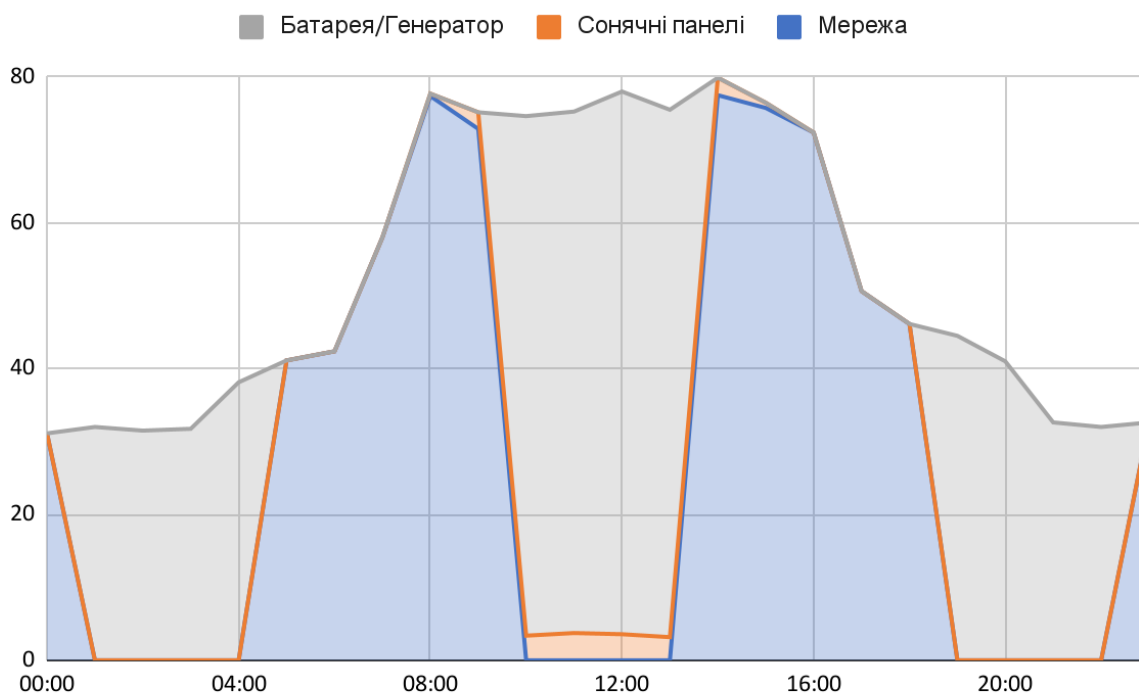


Рисунок 3.13 - Денний графік споживання електроенергії з дизель-генератором як СРЖ

При такому сценарії батарея чи генератор покривали б 45,3% денного споживання. При чому у випадку з батареєю як СРЖ використовується тільки 57,3% її ємності. Так відбувається бо батарея підібрана за параметрами максимально можливого споживання, що також гарантує надійність системи у разі росту середнього споживання.

У таблиці В.2 додатку В наведено погодинну кількість енергії отриману від генератора та батареї які працюють у комбінації, чи мережі. При розрядженні батареї починається живлення від генератора. Корисна ємність обраної батареї складає 498,96 кВт·год з урахуванням ефективності інвертора та глибини розряду. На рисунку 3.14 наведено покриття попиту різними джерелами енергії для випадку 3.

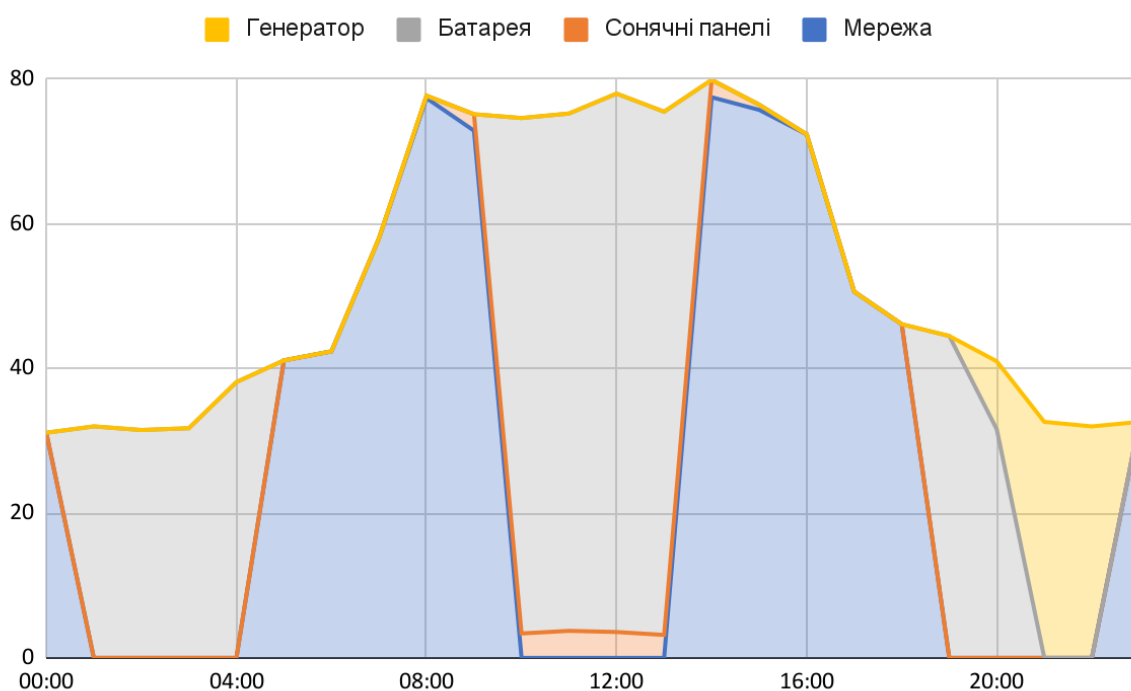


Рисунок 3.14 - Денний графік споживання електроенергії з батареєю та дизель-генератором як СРЖ

У цьому сценарії батарея покриває 39,45% денного споживання, а генератор - 5,85%. Генератор необхідний для покриття потужності тільки у третю хвилю відключень.

У таблиці В.3 додатку В наведено погодинну кількість енергії отриману від генератора, батареї чи мережі за умови, що відключення відбувається протягом 12 годин, як і у попередніх випадках, але безперервно у години найвищого попиту. За цих умов СРЖ покриває 64,39% денного попиту. На рисунку 3.13 наведено покриття попиту різними джерелами енергії для випадку 4.

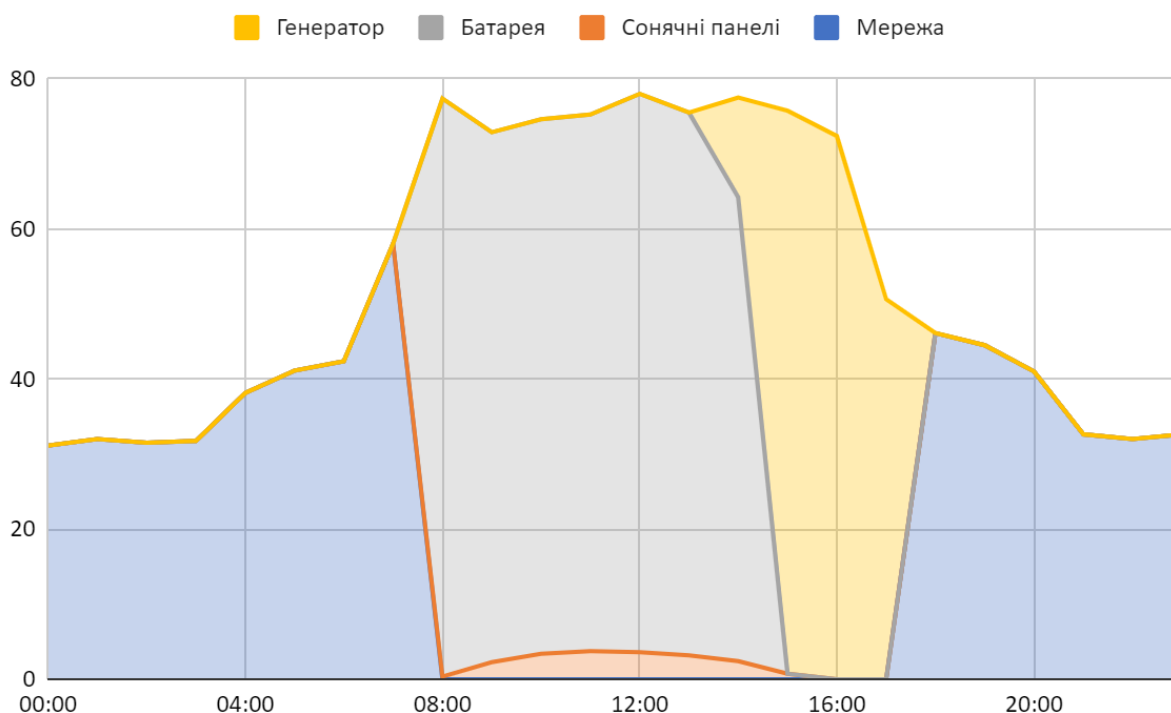


Рисунок 3.15 - Денний графік споживання електроенергії з батареєю та дизель-генератором як СРЖ у години пікового споживання

За умов відключення у пікові для будівлі години батарея покриває так само 39,45% денного споживання, однак генератору необхідно працювати довше і він покриває 24,94%. Генератор у цьому випадку працює близько 5 годин.

У кожному з випадків сонячна енергія складає тільки 1,55%, що є характерним для січня.

Для моделювання розподілу згенерованої потужності використано платформу REopt. REopt - це платформа підтримки прийняття техніко-економічних рішень, що використовується дослідниками Національної лабораторії відновлюваної енергетики для оптимізації енергетичних систем будівель, кампусів, громад, мікромереж тощо [36].

Програма використовує дані за 2022 рік, тому дані для моделювання також використані за відповідний рік. На рисунку 3.16 зображено графік споживання потужності за 11 січня 2022 року в нормальному режимі без відключень. Бачимо, що години високих навантажень компенсуються енергією від акумуляторної батареї та генерацією фотоелектричної установки через підвищені тарифи у пікові години. Час зарядки батареї з мережі розподілений на години нижчих тарифів на електроенергію, а розряд не сягає позначки нижче 10%.

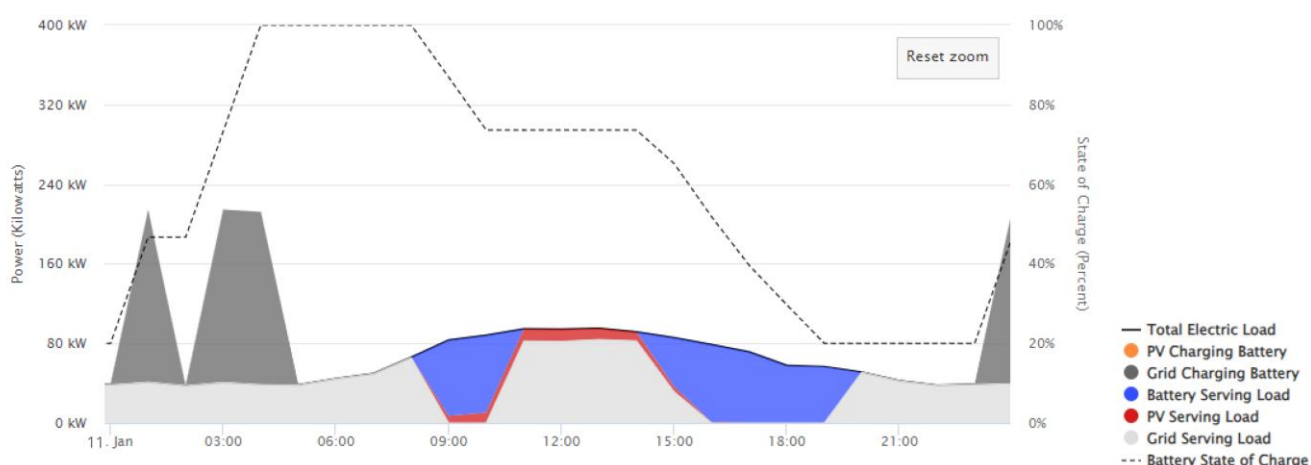


Рисунок 3.16 – Добовий розподіл потужності за стабільного електропостачання

На рисунку 3.17 зображено той самий випадок, що і на рисунку 3.15. Бачимо, що відсутність електропостачання покривається енергією від батареї, сонячною енергією та дизель-генератором, де дизель-генератор використовується тільки після розряду акумуляторної батареї.

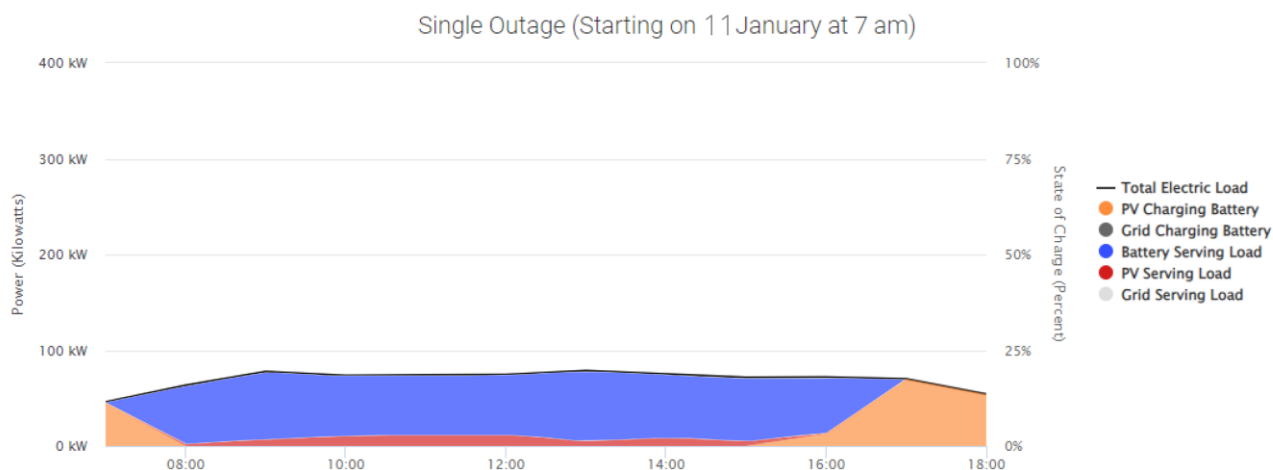


Рисунок 3.17 – Розподіл згенерованої потужності у години відключень

Висновок до розділу 3

У третьому розділі було проведено детальний аналіз СРЖ для головного офісу АТ «ПроКредит Банк». Виходячи з отриманих результатів, рекомендується впровадити комбіновану систему з акумуляторних батарей та дизель-генератора. Це забезпечить стабільну роботу офісу під час відключень електроенергії, оптимізує витрати на енергопостачання та зменшить викиди парникових газів.

Критичні навантаження, такі як серверні системи та мережеве обладнання, потребують безперебійного живлення. Враховуючи фінансову доступність та доступний простір, комбінована схема з батареями, сонячними панелями та дизель-генератором є оптимальною. Середнє споживання електроенергії на людину становить 4,69 кВт·год/день, а максимальна потужність PV-масиву — 19,8 кВт.

Літій-іонні батареї забезпечать високу енергоефективність та тривалий термін служби. Їмність батареї для забезпечення потреб офісу під час відключень становить 912,93 кВт·год, а швидкість зарядки дозволяє повністю зарядити батарею за 5,36 годин.

Фінансовий аналіз показав, що комбінована система має прийнятний термін окупності: простий термін — 5 років і 8,5 місяців, дисконтований — 7 років і 6 місяців. Викиди парникових газів для комбінованої системи становлять 157 525,49 кгCO₂-екв на рік, що на 14% менше порівняно з використанням тільки дизель-генератора (183 462,66 кгCO₂-екв). Використання тільки акумуляторної батареї дозволяє зменшити викиди до 145 037,22 кгCO₂-екв, що на 21% менше.

Моделювання денного енергоспоживання показало, що комбінована система ефективно покриває потреби офісу навіть у випадку тривалих відключень електроенергії. Батарея покриває 39,45% денного споживання, а генератор — 24,94% у години пікового споживання. Це рішення дозволить забезпечити стабільну роботу офісу, оптимізувати витрати на енергопостачання та зменшити екологічний вплив.

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Ідея та концепція стартапу

4.1.1 Загальний опис ідеї стартапу

Smart Power System - це інтелектуальна система резервного живлення пропонує інноваційне рішення для забезпечення безперебійного енергопостачання в умовах нестабільної роботи електромереж або надмірних витрат на енергоресурси. Вона інтегрує кілька джерел енергії — акумуляторну батарею, ВДЕ, резервний генератор — та використовує алгоритми штучного інтелекту для аналізу й оптимізації енергоспоживання.

Основною метою стартапу є створення автоматизованої системи управління енергетичними ресурсами, яка дозволить:

- Забезпечити автономне живлення під час аварійних відключень;
- Оптимізувати енергоспоживання за рахунок раціонального розподілу джерел енергії;
- Скоротити викиди парникових газів завдяки інтеграції відновлювальних джерел енергії.

Зміст ідеї, напрями застосування та вигоди для користувача представлені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Smart Power System - інтелектуальна система резервного живлення, яка інтегрує акумулятори, ВДЕ та генератори, використовуючи штучний інтелект для оптимізації енергоспоживання.	Домогосподарства	Автономність, зниження залежності від мережі.
	Малі підприємства	Безперебійна робота, захист обладнання.
	Об'єкти критичної інфраструктури	Постійне енергопостачання, стабільність роботи.
	Об'єкти з ВДЕ	Оптимізація витрат, зменшення викидів CO ₂ , інтеграція з ВДЕ.
	Сільськогосподарські підприємства	Захист продукції, безперебійність роботи техніки, зниження втрат.

Перелік сильних, слабких і нейтральних характеристик (табл. 4.2) та властивостей ідеї потенційного товару слугує основою для оцінки його конкурентоспроможності на ринку.

Таблиця 4.2 – Аналіз сильних, слабких і нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	Потенційні товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2			
Інтеграція ВДЕ (сонячні/вітрові системи)	Так	Так	Ні			S
Використання алгоритмів штучного інтелекту	Так	Ні	Ні			S
Наявність акумуляторів для резервного живлення	Так	Так	Так		N	
Генератор як додаткове джерело енергії	Так	Ні	Так			S
Автоматизація процесу енергоспоживання	Так	Ні	Ні			S

4.1.2 Ключові компоненти системи

Основними компонентами системи є акумулятор, ВДЕ, генератор та програмне забезпечення з елементами штучного інтелекту. Акумулятор забезпечує збереження надлишкової енергії, отриманої від ВДЕ або з мережі, для її використання в пікові періоди чи під час відключень. Вітрові та сонячні джерела енергії використовуються для зменшення залежності від традиційних енергетичних ресурсів. Генератор виконує резервну функцію, забезпечуючи енергопостачання у разі, якщо інші джерела не здатні покрити потреби. Програмне забезпечення управляє всіма елементами, вибираючи оптимальне джерело енергії залежно від погодних умов, тарифів та споживання. У таблиці 4.3

наведено показники технічної здійсненності проекту, що містить перелічені компоненти.

Таблиця 4.3 - Технологічна здійсненність проекту

Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Інтеграція акумуляторів для збереження енергії	Літій-іонні батареї	наявна	доступна
Використання ВДЕ (сонячні та вітрові електростанції)	Фотоелектричні панелі, вітрові турбіни	наявна	доступна
Резервне живлення за допомогою генератора	Дизель- або бензиновий генератор	наявна	доступна
Управління системою через програмне забезпечення	Алгоритми штучного інтелекту для аналізу та оптимізації енергоспоживання	наявна	доступна
Моніторинг та аналіз енергоспоживання	Спеціалізоване ПЗ, інтеграція з IoT для збору та обробки даних	наявна	доступна

Враховуючи доступність і наявність усіх технологій, оптимальним підходом для реалізації проекту Smart Power System є інтеграція літій-іонних батарей із фотоелектричними панелями та резервними генераторами. Управління системою здійснюватиметься за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення з алгоритмами штучного інтелекту, що дозволить забезпечити автоматизацію, моніторинг та аналіз енергоспоживання.

4.2 Аналіз ринку та актуальність проекту

4.2.1 Загальний стан ринку

Ринок резервних систем живлення активно розвивається, зокрема в умовах енергетичних криз і нестабільного постачання електроенергії. Оцінки показують, що до 2030 року ринок може зрости на 7,64% щорічно [37]. Попит на інтелектуальні системи резервного живлення зростає через потребу в зниженні витрат та покращенні енергоефективності. Це створює можливості для стартапів,

зокрема в Україні, де є дефіцит рішень, які ефективно інтегрують ВДЕ і резервне живлення.

Конкуренція на ринку включає великі компанії, такі як KNESS, Smart Energy, Unisolar, Greenwatt, Ecotechnik та Tesla, а також місцеві гравці, що пропонують рішення для зберігання енергії та інтеграції ВДЕ (табл. 4.4). Однак більшість із цих рішень не забезпечують високого рівня автоматизації та інтеграції штучного інтелекту, що відкриває можливості для стартапів, які можуть запропонувати більш інноваційні, гнучкі та економічні рішення.

Таблиця 4.4 - Аналіз стану потенційного ринку

Показники стану ринку	Характеристика
Кількість головних гравців, од	8-12 (серед основних: KNESS, Smart Energy, Unisolar, Greenwatt, Ecotechnik)
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Швидко зростає
Наявність обмежень для входу	Низькі
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ ISO 50001, ДСТУ Б В.2.6-101, ДБН В.2.5-28, сертифікація відповідно до вимог енергетичного регулятора України

Актуальність проекту обумовлена зростаючим попитом на інтелектуальні системи резервного живлення, які дозволяють оптимізувати енергоспоживання, зменшувати витрати та викиди CO₂, забезпечуючи сталий розвиток у сфері енергетики.

4.2.2 Потенційні групи клієнтів

Цільова аудиторія Smart Power System (табл. 4.5) включає споживачів, для яких безперебійне електропостачання є важливим фактором для стабільної роботи, оптимізації витрат або збереження продукції. Система задовольняє потреби домогосподарств, підприємств та об'єктів із відновлювальною енергетикою, забезпечуючи їх резервним живленням, гнучкістю у використанні ресурсів та інтеграцією з сучасними технологіями.

Таблиця 4.5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Категорія клієнтів	Особливість потреб	Приклади клієнтів	Особливі вимоги
Приватні домогосподарства	Автономне живлення під час відключень	Будинки в регіонах із перебоями	Простота, мінімальне обслуговування
Малі підприємства	Резерв для бізнес-процесів	Майстерні, магазини, офіси	Надійність, масштабованість
Об'єкти критичної інфраструктури	Постійне електропостачання	Лікарні, серверні центри	Безперебійність, автоматизація
Об'єкти з ВДЕ	Інтеграція з відновлювальними джерелами	Домогосподарства з сонячними станціями	Сумісність із ВДЕ, оптимізація енергії
Сільськогосподарські підприємства	Захист продукції та обладнання в умовах збоїв	Ферми, теплиці	Стійкість, високе навантаження

4.2.3 Оцінка конкурентного середовища

Конкурентне середовище на ринку Smart Power System є динамічним і різноманітним (табл. 4.6), що створює як можливості, так і виклики для стартапу. Враховуючи наявність великих гравців, а також збільшення попиту на відновлювальні джерела енергії, для успіху проекту необхідно чітко визначити конкурентні переваги, шляхи для інтеграції технологій і стратегії виходу на ринок.

Таблиця 4.6 - Аналіз конкурентного середовища

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1	2	3
Тип конкуренції	Монополістична конкуренція: кілька великих гравців (Tesla Powerwall, LG Chem), але є простір для нішевих та національних рішень.	Розробка адаптивного продукту, інтеграція кількох джерел енергії для унікальності чи синхронізація з іншими застосунками.
За рівнем конкурентної боротьби	Локальний і національний рівень із перспективою виходу на міжнародний ринок.	Локалізація виробництва, створення партнерських мереж для поширення технології.

Продовження таблиці 4.6

1	2	3
За галузевою ознакою	Внутрішньогалузева конкуренція: боротьба між системами резервного живлення, інтеграцією ВДЕ та гібридними рішеннями.	Акцент на автоматизації, використанні ІІІ, маркетинг екологічності.
Конкуренція за видами товарів	Товарно-видова: змагання між акумуляторами, генераторами та інтегрованими рішеннями резервного живлення.	Позиціонування Smart Power System як інноваційного та автоматизованого рішення.
За характером конкурентних переваг	Нецінова конкуренція: споживачі вибирають за якістю, екологічністю та технологічністю.	Інтеграція штучного інтелекту, автоматизоване управління, сертифікація за міжнародними стандартами.
За інтенсивністю	Марочна конкуренція: впізнаваність бренду є ключовим фактором вибору клієнтів.	Формування бренду Smart Power System через акцент на надійності, інноваціях і екологічності.

У таблиці 4.7 вказано основні загрози, а також фактори можливостей, у порядку зменшення значущості.

Таблиця 4.7 - Фактори загроз та можливостей

№	Фактор	Зміст	Можлива реакція компанії
1	2	3	4
Загрози			
1	Конкуренція	Присутність великих гравців із добре налагодженими процесами та сильними брендами.	Інновації, фокус на нішевих сегментах, створення партнерських програм.
2	Висока початкова вартість	Бар'єр для клієнтів через значні інвестиції у систему.	Запровадження програм лізингу або розстрочки для клієнтів.
3	Регуляторні зміни	Можливі нові вимоги до сертифікації та стандартів.	Постійний моніторинг регуляторного середовища та адаптація до нових правил.
4	Економічна нестабільність	Зниження купівельної спроможності клієнтів.	Диференціація продукту для різних бюджетів, створення бюджетних рішень.

Продовження таблиці 4.7

1		2	3
Можливості			
1	Зростання попиту на резервні системи	Через часті відключення електроенергії та енергетичні кризи зростає інтерес до систем резервного живлення.	Розширення асортименту, акцент на надійності та екологічності.
2	Розвиток відновлювальної енергетики	Збільшення використання ВДЕ у домогосподарствах і бізнесах.	Інтеграція з ВДЕ, розробка рішень для оптимізації енергоспоживання.
3	Державні субсидії та програми підтримки	Можливість отримати пільги для клієнтів або субсидії на впровадження систем.	Активна участь у державних програмах та пропозиція пільгових умов для клієнтів.
4	Зростання екологічної свідомості	Збільшення попиту на екологічно чисті рішення серед клієнтів.	Просування продукту як екологічно сталого рішення, сертифікація за еко-стандартами.

З огляду на монополістичну конкуренцію на ринку, де присутні великі гравці, Smart Power System повинна орієнтуватися на локалізацію продукту та інноваційність для задоволення потреб нішевих сегментів, таких як малі підприємства та домогосподарства з нестабільним електропостачанням.

4.2.4 Конкурентоспроможність стартапу

На основі аналізу конкуренції, проведеного в підрозділі 4.2.3, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 4.1), вимог споживачів до нього (табл. 4.5) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності (табл. 4.8).

Таблиця 4.8 - Фактори загроз та можливостей

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Інноваційність продукту	Нові технології привертають увагу споживачів і допомагають виділитись серед конкурентів.
2	Екологічність та енергетична ефективність	Зростаючий попит на енергоефективні та екологічні продукти робить їх більш привабливими для клієнтів.
3	Ціна та доступність	Конкурентоспроможні ціни дозволяють залучити більшу кількість клієнтів і знижують бар'єри для покупок.
4	Надійність і довговічність	Продукти, які служать довго і рідко потребують ремонту, користуються більшою популярністю серед споживачів.
5	Гнучкість та можливості адаптації	Адаптовані продукти, що відповідають різним потребам ринку, мають вищий попит та конкурентоспроможність.
6	Інтеграція з іншими системами	Продукти, які легко інтегруються з іншими системами, забезпечують зручність для користувачів.
7	Інформаційна підтримка та сервіс	Наявність підтримки та сервісного обслуговування значно підвищує довіру до бренду і сприяє вибору продукту.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 4.8) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 4.9).

Таблиця 4.9 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін стартапу

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Smart Power System						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Інноваційність продукту	18	+						
2	Екологічність та енергоефективність	17		+					
3	Ціна та доступність	14					+		
4	Надійність і довговічність	16			+				
5	Гнучкість та можливості адаптації	15			+				
6	Інтеграція з іншими системами	16				+			
7	Інформаційна підтримка та сервіс	13					+		

4.2.5 SWOT-аналіз проекту

Для визначення стратегічної позиції стартапу Smart Power Systems було проведено SWOT-аналіз, що дозволив оцінити внутрішні сильні та слабкі сторони проекту, а також зовнішні можливості та загрози, які можуть впливати на його розвиток. Аналіз базується на характеристиках продукту, ринкових тенденціях та конкурентному середовищі. Результати наведено в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 - SWOT-аналіз Smart Power Systems

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
Інноваційність і екологічність системи. Використання ІШ для оптимізації енергоспоживання. Інтеграція акумуляторів і ВДЕ.	Висока початкова вартість для клієнтів. Складнощі в адаптації до різних ринків. Великі інвестиції в розробку технологій.
Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
Зростання попиту на резервні системи. Розвиток ВДЕ та державна підтримка. Підвищення екологічної свідомості.	Конкуренція від великих гравців. Регуляторні зміни та нові стандарти. Економічна нестабільність і зниження попиту.

4.3 Розроблення ринкової стратегії проекту

4.3.1 Вибір цільових груп потенційних споживачів

Для ефективного виходу стартапу на ринок першочерговим етапом є визначення стратегії охоплення цільових груп. Враховуючи унікальні характеристики продукту, у таблиці 4.11 було проведено аналіз профілю основних сегментів споживачів з метою оцінки їхньої готовності прийняти продукт, орієнтовного попиту, інтенсивності конкуренції та простоти входу в кожен сегмент.

Таблиця 4.11 - Аналіз цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
Приватні домогосподарства	Висока	Високий	Середня	Висока
Малі підприємства	Висока	Високий	Висока	Середня
Об'єкти критичної інфраструктури	Дуже висока	Середній	Низька	Низька
Об'єкти з ВДЕ	Висока	Середній	Середня	Середня
Сільськогосподарські підприємства	Середня	Середній	Низька	Середня

На основі аналізу з таблиці 4.11 цільовими сегментами для Smart Power Systems обрано приватні домогосподарства, малі підприємства та об'єкти критичної інфраструктури. Ці групи демонструють високу готовність прийняти продукт, значний попит і забезпечують сприятливі умови для виходу на ринок завдяки низькій або середній інтенсивності конкуренції.

4.3.2 Визначення базової стратегії розвитку

Зважаючи на аналіз характеристик цільових груп, оптимальним вибором для Smart Power Systems є стратегія диференційованого маркетингу. Цей підхід враховує різноманітність цільових груп, високу готовність споживачів і необхідність адаптації продукту до потреб кожного сегмента. Основні дії включають розробку окремих маркетингових програм, створення диференційованої цінової політики та забезпечення персоналізованої підтримки.

4.3.3 Вибір стратегії конкурентної поведінки

Для проекту Smart Power Systems обрано стратегію заняття конкурентної ніші. Продукт не відкриває новий ринок, проте вирізняється інноваційністю завдяки інтеграції штучного інтелекту, відновлюваних джерел енергії та акумуляторних систем. Це створює можливість зайняти унікальну нішу.

Компанія орієнтується як на залучення нових споживачів, наприклад, об'єктів критичної інфраструктури, так і на перехід клієнтів від конкурентів, які

потребують вдосконалених та гнучких рішень. Замість копіювання характеристик продуктів конкурентів, стартап пропонуватиме унікальні переваги, такі як оптимізація енергоспоживання через штучний інтелект, інтеграція з ВДЕ та висока адаптивність системи до потреб клієнтів.

4.3.4 Визначення стратегії позиціонування

Стратегія позиціонування базується на вимогах споживачів з обраних сегментів, а також на врахуванні базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки. Позиціонування є важливим етапом у формуванні ринкової позиції стартапу, де необхідно створити комплекс асоціацій, що дозволяють споживачам чітко ідентифікувати торгову марку та проект.

Таблиця 4.12 - Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції	Асоціації до позиції власного проекту
Надійність, автономність, енергоефективність	Стратегія диференційованого маркетингу	Інноваційність технологій, екологічність, інтеграція з ВДЕ	«Надійність», «Інноваційність», «Екологічність»
Безпека та простота використання	Стратегія диференційованого маркетингу	Високий рівень технологічних інновацій, використання ШІ	«Зручність», «Надійність», «Сучасні технології»
Стабільність постачання енергії	Стратегія диференційованого маркетингу	Інтеграція з відновлюваними джерелами енергії, гнучкість	«Стійкість», «Екологічність», «Автономність»

Висновок до розділу 4

Ринок резервних систем живлення активно зростає, створюючи сприятливі умови для комерціалізації. Очікується стабільний попит на інноваційні рішення в галузі енергетики, що забезпечує високу рентабельність.

Основними цільовими групами для впровадження Smart Power System визначено приватні домогосподарства, малі підприємства та об'єкти критичної інфраструктури. Низькі бар'єри входження на ринок та помірна конкуренція

сприяють успішному впровадженню. Використання штучного інтелекту для оптимізації енергоспоживання, інтеграція з ВДЕ та висока адаптивність системи забезпечують конкурентні переваги.

Рекомендується впровадження через стратегію диференційованого маркетингу, що дозволить адаптувати продукт до потреб різних сегментів ринку. Оптимальним варіантом є вихід на ринок через партнерські програми та локалізацію виробництва, що забезпечить конкурентоспроможність та доступність.

Також було обрано стратегію заняття конкурентної ніші. Ця стратегія передбачає вибір одного або декількох малих ринкових сегментів, які є прибутковими, стабільними, добре захищеними та менш привабливими для конкурентів.

Було прийнято рішення про доцільність та перспективність подальшої імплементації Smart Power System. Проект має всі шанси на успішну комерціалізацію та стійкий розвиток на ринку, забезпечуючи стабільне енергопостачання, оптимізацію витрат та зменшення екологічного впливу. Впровадження дозволить знизити витрати на енергопостачання, підвищити енергоефективність та зменшити викиди парникових газів.

ВИСНОВКИ

1. У ході аналізу літератури виявлено, що попит на СРЖ зростає через зміни клімату, збільшення цифровізації, військові дії та розвиток відновлюваних джерел енергії. В Україні, де енергетична інфраструктура зазнає значних пошкоджень, впровадження СРЖ є критичним для підтримки економіки та функціонування об'єктів критичної інфраструктури.

2. При огляді будівлі офісу АТ «ПроКредит Банк» виявлено високу залежність від стабільного електро- і теплопостачання. Впроваджені енергоефективні заходи, такі як утеплення будівлі, модернізація теплових пунктів і освітлення, дозволили знизити споживання ресурсів і підвищити енергоефективність. Збільшення тарифів на електроенергію та нестабільність електропостачання обґрунтовують необхідність впровадження СРЖ для забезпечення безперебійної роботи банківської інфраструктури.

3. Для розглянутого об'єкту рекомендується впровадити комбіновану систему з акумуляторних батарей та дизель-генератора, що забезпечить стабільну роботу офісу під час відключень електроенергії, оптимізує витрати на енергопостачання та зменшить викиди парникових газів. Фінансовий аналіз показав, що комбінована система має прийнятний термін окупності, а моделювання денного енергоспоживання підтвердило ефективність такого рішення.

4. На основі розглянутого процесу планування СРЖ розроблено концепцію стартапу Smart Power Systems, який пропонує інтелектуальну систему резервного живлення з інтеграцією штучного інтелекту, відновлюваних джерел енергії та акумуляторних систем. Аналіз ринку показав значний попит на такі рішення, особливо серед приватних домогосподарств, малих підприємств та об'єктів критичної інфраструктури. Обрано стратегію заняття конкурентної ніші, що дозволить стартапу виділитися на ринку та запропонувати споживачам унікальні рішення, які відповідають їхнім потребам та очікуванням. ринку та запропонувати споживачам унікальні рішення, які відповідають їхнім потребам та очікуванням.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Суходоля О.М. Техаська зимова енергетична криза 2021: висновки для України. Національний інститут стратегічних досліджень. Київ, 2021. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2021-06/az_sukhodolya.pdf.
2. У США рекордні лісові пожежі на сотні тисяч гектарів. І це лише початок // BBC news Україна. 2021. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/news-57889538>.
3. Frost R. Climate change made Central Europe's deadly flooding twice as likely, scientists say // Euronews. 2024. URL: <https://www.euronews.com/green/2024/09/25/climate-change-made-central-europes-deadly-flooding-twice-as-likely-scientists-say>.
4. Valkhof B., Kemene E., Stark J. Data volume is soaring. Here's how the ICT sector can sustainably handle the surge // World Economic Forum. 2024. URL: <https://www.weforum.org/stories/2024/05/data-growth-drives-ict-energy-innovation/>.
5. Lithium-Ion Battery Pack Prices Hit Record Low of \$139/kWh // BloombergNEF's annual battery price survey. 2023. URL: <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-hit-record-low-of-139-kwh/>
6. Strategic health infrastructure investments to support universal health coverage // Technical brief. World Health Organization. 2023. URL: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/universal-health-coverage/who-uhl-technical-brief-infrastructure.pdf?sfvrsn=d4ee055c_1.
7. Barth A., González D., Gonzalez J. та ін. How grid operators can integrate the coming wave of renewable energy. McKinsey&Company. 2024. URL: https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/how-grid-operators-can-integrate-the-coming-wave-of-renewable-energy#.
8. Mlilo N., Brown J., Ahfock T. Impact of intermittent renewable energy generation penetration on the power system networks // Technol Econ Smart Grids Sustain Energy. 2021. 6, 25. URL: <https://doi.org/10.1007/s40866-021-00123-w>.

9. Brautigam A., Rothacher T., Staubitz H., Dibitonto S. The Energy Storage Market in Germany // Germany Trade&Invest. GTAI. 2019. URL: <https://www.gtai.de/resource/blob/64514/5e629c11f7d8ea20e814d95d84a866d6/fact-sheet-energy-storage-market-germany-en-data.pdf>.
10. 9 August 2019 power outage report. 2020. – С. 16-22. URL: https://www.ofgem.gov.uk/sites/default/files/docs/2020/01/9_august_2019_power_outage_report.pdf.
11. В Індії через аварію без світла були 300 мільйонів // BBC news Україна. 2012. URL: https://www.bbc.com/ukrainian/news/2012/07/120730_india_electricity_it.
12. Uninterruptible Power Supply (UPS) with LCD Display 1200VA [Електронний ресурс]. URL: <https://www.ete.co.uk/product/uninterruptible-power-supply-ups-with-lcd-display-1200va/>.
13. Газобензиновий генератор KS7000EG. URL: <https://generators-tools.com.ua/ua/hazobenzynovy-henerator-ks7000eg/>.
14. Хуан А. Гібридний сонячний інвертор проти електромережевого інвертора: хто більше підходить для сонячної системи. SELO. 2024. URL: <https://uk.shieldenchannel.com/blogs/portable-power-station/hybrid-solar-inverter-vs-off-grid-inverter>.
15. Ukraine's Energy Security and the Coming Winter. International Energy Agency. 2024. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/cec49dc2-7d04-442f-92aa-54c18e6f51d6/UkrainesEnergySecurityandtheComingWinter.pdf>.
16. Гранатова К. Зима 2024-2025: експерти та чиновники спрогнозували, якою буде ситуація з енергетикою. Chas News. 2024. URL: <https://chas.news/current/zima-2024-2025-eksperti-ta-chinovniki-sprognozuvali-yakoyu-bude-situatsiya-z-energetikoyu>.
17. Дянков С., Блінов О. Скільки економіка України втратила через блекаути та блокування портів Росією? Підрахунки економістів. Forbes Ukraine. 2023. URL: <https://forbes.ua/money/skilki-ekonomika-ukraini-vtratila-cherez-blekauti-ta-blokuvannya-portiv-rosieyu-pidrakhunki-ekonomistiv-02032023-12119>.

18. Шевчук С. ВВП на генераторах. НБУ назвав цифру, скільки коштували українській економіці російські обстріли енергетичної інфраструктури. Forbes Ukraine. 2023. URL: <https://forbes.ua/money/vvp-na-generatorakh-nbu-nazvav-tsifru-skilki-koshtuvali-ukrainskiy-ekonomitsi-rosiyski-obstrili-energetichnoi-infrastrukturi-04022023-11510>.
19. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
20. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 123 с.
21. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Про встановлення граничних цін на ринку «на добу наперед», внутрішньодобовому ринку та балансуєчому ринку: Постанова від 27 червня 2023 р. № 1126. URL: <https://www.nerc.gov.ua/acts/pro-vstanovlennya-granichnih-cin-na-rinku-na-dobu-napered-vnutrishnodobovomu-rinku-ta-balansuyuchomu-rinku> (дата звернення: 27.11.2024).
22. АТ «Оператор ринку». URL: <https://www.oree.com.ua> (дата звернення: 03.12.2024).
23. Державна служба статистики України. URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ct/sctp/Arch_sctp_u.htm (дата звернення: 03.12.2024).
24. YASNO. URL: <https://kyiv.yasno.com.ua/schedule-turn-off-electricity>.
25. Saparova D., Stubbe R., Bilek P. Keeping the lights on in times of grid outages. Solar PV panels, battery storage systems and diesel generators. Berlin/Kyiv, 2023. URL: https://www.international-climate-initiative.com/fileadmin/iki/Dokumente/Publikationen/Projekte/18_I_334/Keeping-the-lights-on-in-times-of-grid-outages.-Solar-PV-panels-battery-s.pdf
26. SMA Energy System Home with Battery-Backup Function Circuitry Overviews, Schematic Diagrams and Material Lists: Planning Guidelines. URL: <https://files.sma.de/assets/279032.pdf>

27. SolarWorld Sunmodule Plus SW 290 mono black. URL: <https://www.sonnenshop.de/solarworld-sunmodule-plus-sw-290-mono-black> (дата звернення: 03.11.2024).

28. Fronius Symo Advanced. URL: <https://www.fronius.com/uk-ua/ukraine/sonyachna-enerhiya/instalyatory-ta-partnery/tekhnichni-dani/vci-produkty/invertori/fronius-symo-advanced/symo-advanced-10-0-3-m> (дата звернення: 03.11.2024).

29. Grid-Connected PV Systems with Battery Energy Storage Systems: Design Guideline. SEI API, July 2020. URL: <https://www.seiapi.com/wp-content/uploads/2022/02/Grid-Connected-PV-Systems-with-Battery-Energy-Storage-Systems-Design-Guideline-V1-July-2020.pdf>.

30. Gasoline prices in Ukraine. // GlobalPetrolPrices. URL: https://www.globalpetrolprices.com/Ukraine/gasoline_prices/ (дата звернення: 30.11.2024).

31. Льошкін Д. Дизельне паливо в Україні подорожчає на 5,5 грн/л // Auto.Today.ua. – 2024. URL: <https://auto.today.ua/ruskyj-za-chetyre-mesyatsa-dyzelnoe-toplyvo-v-ukrayne-podorozhaet-na-5-5-grn-l/> (дата звернення: 30.11.2024).

32. Офіційний курс гривні до іноземних валют. // Національний банк України. URL: <https://bank.gov.ua/ua/markets/exchangerates> (дата звернення: 30.11.2024).

33. Banjan B. R., Kholiya A. M., Mishra R. D. Analysis of energy-efficient smart grid technologies for renewable energy integration and sustainable development // ScienceDirect. – 2024. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590174524000989>.

34. INTILION scalestac. Technical data sheet. URL: https://intilion.com/documents/general/downloads/Techn_data%20sheet_scalestac.pdf.

35. Національний банк України. Інфляційний звіт, жовтень 2024 року. URL: <https://bank.gov.ua/ua/news/all/inflyatsiyniy-zvit-jovten-2024-roku>

36. NREL REopt. URL: <https://www.nrel.gov/reopt/>

37. United States Backup Power Systems Market. URL:
<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/united-states-backup-power-systems-market>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Таблиця А - Належність електроприймачів до категорій надійності електропостачання

Назва будівлі (будинку, споруди, приміщення) та електроприймачів	Категорія надійності електропостачання
Будинки установ кредитування, страхування та комерційного призначення. Банки і банківські сховища: електроприймачі систем протипожежного захисту, ліфти, аварійне освітлення, охоронна сигналізація, сигналізація загазованості;	I особлива група
технічні засоби автоматизованої системи керування банківською діяльністю;	I
серверна і приміщення міжбанківських електронних розрахунків, електронної пошти;	Відповідно до пункту 2.5 ДБН В.2.5-23:2010
комплекс решти електроприймачів	II

ДОДАТОК Б

Таблиця Б - Значення ΔT [29]

Монтаж масиву	$\Delta T, ^\circ\text{C}$
Наземний масив	25
Масив на даху, де кут нахилу панелей щонайменше на 20 градусів перевищує нахил фактичної даху	25
Конструкція масиву паралельна даху з повітряним зазором між масивом і дахом більше 150 мм	30
Конструкція масиву паралельна покрівлі з повітряним зазором менше 150 мм	35

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 - Погодинні споживання та генерація для випадків 1-2.

01/11/2023	Попит	Мережа	Сонячні панелі	Батарея/Генератор
23:00	32,625	32,625	0	0
22:00	32	0	0	32
21:00	32,625	0	0	32,625
20:00	41	0	0	41
19:00	44,5	0	0	44,5
18:00	46,125	46,125	0	0
17:00	50,625	50,625	0	0
16:00	72,375	72,375	0	0
15:00	75,75	75,75	0,721	0
14:00	77,5	77,5	2,392	0
13:00	75,5	0	3,177	72,323
12:00	78	0	3,579	74,421
11:00	75,25	0	3,743	71,507
10:00	74,625	0	3,382	71,243
09:00	72,875	72,875	2,276	0
08:00	77,375	77,375	0,335	0
07:00	58	58	0	0
06:00	42,375	42,375	0	0
05:00	41,125	41,125	0	0
04:00	38,125	0	0	38,125
03:00	31,75	0	0	31,75
02:00	31,5	0	0	31,5
01:00	32	0	0	32
00:00	31,125	31,125	0	0

Таблиця В.2 - Погодинні споживання та генерація для випадку 3.

01/11/2023	Попит	Мережа	Сонячні панелі	Батарея	Генератор
1	2	3	4	5	6
23:00	32,625	32,625	0	0	0
22:00	32	0	0	0	32
21:00	32,625	0	0	0	32,625
20:00	41	0	0	31,591	9,409
19:00	44,5	0	0	44,5	0
18:00	46,125	46,125	0	0	0
17:00	50,625	50,625	0	0	0
16:00	72,375	72,375	0	0	0
15:00	75,75	75,75	0,721	0	0
14:00	77,5	77,5	2,392	0	0
13:00	75,5	0	3,177	72,323	0
12:00	78	0	3,579	74,421	0
11:00	75,25	0	3,743	71,507	0
10:00	74,625	0	3,382	71,243	0

Продовження таблиці В.2

1	2	3	4	5	6
09:00	72,875	72,875	2,276	0	0
08:00	77,375	77,375	0,335	0	0
07:00	58	58	0	0	0
06:00	42,375	42,375	0	0	0
05:00	41,125	41,125	0	0	0
04:00	38,125	0	0	38,125	0
03:00	31,75	0	0	31,75	0
02:00	31,5	0	0	31,5	0
01:00	32	0	0	32	0
00:00	31,125	31,125	0	0	0

Таблиця В.3 - Погодинні споживання та генерація для випадку 4.

01/11/2023	Споживання	Мережа	Сонячні панелі	Батарея	Генератор
23:00	32,625	32,625	0	0	0
22:00	32	32	0	0	0
21:00	32,625	32,625	0	0	0
20:00	41	41	0	0	0
19:00	44,5	44,5	0	0	0
18:00	46,125	0	0	0	46,125
17:00	50,625	0	0	0	50,625
16:00	72,375	0	0	0	72,375
15:00	75,75	0	0,721	0	75,03
14:00	77,5	0	2,392	3,827	71,281
13:00	75,5	0	3,177	72,323	0
12:00	78	0	3,579	74,421	0
11:00	75,25	0	3,743	71,507	0
10:00	74,625	0	3,382	71,243	0
09:00	72,875	0	2,276	70,599	0
08:00	77,375	0	0,335	77,04	0
07:00	58	0	0	58	0
06:00	42,375	42,375	0	0	0
05:00	41,125	41,125	0	0	0
04:00	38,125	38,125	0	0	0
03:00	31,75	31,75	0	0	0
02:00	31,5	31,5	0	0	0
01:00	32	32	0	0	0
00:00	31,125	31,125	0	0	0