

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

УДК 620.9:697

ПОГОДЖЕНО

**Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження**

_____ /Каплун В.В./

(підпис)

«___» _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри
інженерії енергосистем**

_____ /Антипов Є.О./

(підпис)

«___» _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Дослідження впливу відновлюваних джерел енергії на загальний
баланс енергоспоживання будівлею АЗК»**

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Кривоносов В.Є.
(ПІБ)

Керівники магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Антипов Є.О.
(ПІБ)

к.т.н., ст.викл.
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Ликтей В.В.
(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

Масловський Н.Р.
(ПІБ)

КИЇВ – 2025

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається з 6 розділів, висновку та списку використаних джерел. Робота містить 63 сторінок, налічує 19 рисунків, 4 таблиці.

У дослідженні розглянуто вплив впровадження дахової сонячної електростанції на енергетичний баланс автозаправного комплексу в м. Київ, Оболонський район, просп. Оболонський, 1а. Обґрунтовано технічну доцільність її встановлення для підвищення енергонезалежності об'єкта критичної інфраструктури. Проведено аналіз енергоспоживання та технічний аудит дахів операторської будівлі й навісу над колонками, що підтвердило можливість монтажу фотоелектричних модулів. Система потужністю 40,25 кВт базується на модулях Trina Solar TSM-DE19R 575W і інверторі HUAWEI SUN2000-50KTL-M3. Конфігурацію розроблено в HelioScore з урахуванням конструктивних особливостей дахів. Виконано технічний розрахунок з урахуванням клімату, характеристик покрівлі та споживання енергії, включаючи заземлення, блискавкозахист, інверторне обладнання, кабелі й систему моніторингу. Проведено порівняння генерації сонячної енергії з профілями споживання в зимовий період.

Станція покриватиме до 40% потреб АЗК у пікові години, зменшить навантаження на мережу, витрати на електроенергію та підвищить енергоавтономність. Строк окупності проекту становить 1.7 роки. Тези за матеріалами роботи представлені на XI Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта)» та 78-а науково-практичній конференції студентів «Енергозабезпечення, електротехнології, електротехніка та інтелектуальні управляючі системи в АПК».

Ключові слова та поняття: відновлювані джерела енергії, сонячна електростанція, енергетичний баланс, автономне енергопостачання, енергоефективність, інтелектуальна система моніторингу.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ БУДІВЕЛЬ	9
1.1. Технології ВДЕ для енергопостачання будівель	10
1.2. Інтеграція ВДЕ в енергопостачання будівель	11
1.3. Взаємозв'язок генераційної спроможності власних джерел та графіка електроспоживання будівель	11
1.4. Виклики та перспективи розвитку ВДЕ в енергопостачанні будівель	16
Висновки до розділу 1	17
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ	18
2.1. Коротка характеристика автозаправного комплексу та дані про проектну тотужність	18
2.2. Вихідні дані для проектування ФЕС	19
2.3. Кліматичні умови району розташування АЗК	22
Висновки до розділу 2	24
РОЗДІЛ 3. РЕКОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗІ ВСТАНОВЛЕННЯ ДАХОВОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ПОТУЖНІСТЮ 40,25 КВТ ДЛЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ АЗК	25
3.1. Фотоелектричні модулі	25
3.2. Інверторне обладнання	29
3.3. Мережі 0,4 кВ генерованих потужностей	30
3.4. Блискавкозахист та заземлення	31
3.5. Облік електроенергії на стороні 0,4 кВ	31
3.6. Релейний захист та автоматика (захист інвертора)	32



3.7. Система моніторингу параметрів сонячної електростанції	33
Висновки до розділу 3	34
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ АЗК З ВЛАСНОЮ ФЕС	35
4.1. Співвідношення базового електроспоживання та частки генерації ФЕС у енергетичному балансі АЗК	35
4.2. Особливості формування енергобалансу АЗК з власною ФЕС з урахуванням сезонності	39
Висновки до розділу 4	45
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВСТАНОВЛЕНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ	46
5.1 Складова оцінка інвестиційних витрат	46
5.2 Розрахунок терміну окупності інвестицій	49
Висновки до розділу 5	51
РОЗДІЛ 6. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ ДАХОВОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ	52
6.1. Охорона праці та пожежна безпека	52
6.2. Заходи щодо забезпечення безпеки процесів	53
6.3. Охорона праці та виробнича санітарія	53
6.4. Електробезпека	55
6.5. Протипожежні заходи	55
6.6. Засоби ліквідації пожежі	57
6.7. Оцінка можливості виникнення та розвиток аварійних ситуацій	57
Висновки до розділу 6	57
ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60
ДОДАТОК А	



ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АЗК	автозаправний комплекс
ВДЕ	відновлювальні джерела енергії
СЕС	сонячна електростанція
ФЕМ	фотоелектричні модулі
ВС	власне споживання
АКБ	акумуляторна батарея
ККД	коефіцієнт корисної дії
ПРК	паливно роздавальні колонки
ДБН	державні будівельні норми

ВСТУП

В умовах загострення енергетичної кризи в Україні забезпечення стабільного електропостачання набуває особливої актуальності. Часті перебої подачі електроенергії, пошкодження інфраструктури та обмеженість енергетичних ресурсів створюють серйозні виклики для стабільної роботи підприємств. Особливе значення це має для таких стратегічно важливих об'єктів, як автозаправні комплекси, діяльність яких повинна бути безперервною, з огляду на їх роль у забезпеченні логістики паливопостачання.

У таких реаліях впровадження автономних енергетичних рішень, зокрема фотоелектричних станцій, постає не лише як економічно доцільний, а й як вкрай необхідний крок для підвищення енергетичної безпеки критичної інфраструктури. Сонячна енергетика, яка є ключовим напрямом розвитку відновлюваної енергетики, дозволяє суттєво зменшити залежність від централізованого електропостачання та традиційних джерел енергії.

Завдяки сучасним технологіям, сонячні електростанції здатні стабільно генерувати електроенергію навіть за умов пошкодження основних мереж. Їх використання не лише підвищує надійність живлення, але й дозволяє зменшити витрати на електроенергію. Крім того, це екологічно безпечне рішення, яке сприяє скороченню викидів парникових газів і підтримує перехід до сталого, «зеленого» енергетичного майбутнього України.

Сучасні тенденції у сфері енергозабезпечення будівель все більше орієнтуються на впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) з метою зниження залежності від традиційних енергоресурсів, підвищення енергоефективності та зменшення шкідливого впливу на довкілля. В умовах зростання вартості електроенергії, зміни клімату та потреби в енергетичній безпеці, особливої актуальності набуває дослідження впливу впровадження ВДЕ на енергетичний баланс споживання різних типів будівель. Одним із

перспективних об'єктів для таких досліджень є автозаправні комплекси (АЗК), які характеризуються постійним та передбачуваним енергоспоживанням.

Об'єктом дослідження в даній магістерській роботі є система енергозабезпечення автозаправного комплексу (АЗК).

Предметом дослідження є вплив впровадження відновлюваних джерел енергії, зокрема дахової фотоелектричної станції, на формування загального енергетичного балансу будівлі АЗК.

Метою роботи є аналіз та дослідження впливу впровадження відновлюваних джерел енергії на структуру та параметри енергоспоживання будівлі автозаправного комплексу з урахуванням динамічного характеру навантаження та кліматичних умов розташування об'єкта.

Для досягнення поставленої мети у магістерській роботі необхідно вирішити наступні **завдання**:

- Проаналізувати сучасний стан використання відновлюваних джерел енергії в енергопостачанні будівель;
- Надати техніко-економічну характеристику об'єкта дослідження — АЗК, оцінити його енергоспоживання та умови розташування;
- Розробити рішення з реконструкції електропостачання з урахуванням встановлення дахової сонячної електростанції потужністю 40,25 кВт;
- Дослідити вплив роботи фотоелектричної станції на загальний енергетичний баланс АЗК з урахуванням сезонних коливань;
- Розробити підходи до енергоефективного управління споживанням електроенергії в умовах динамічного енергоменеджменту;
- Провести економічне обґрунтування впровадження сонячної енергетики, включаючи оцінку економії та терміну окупності проекту.
- Визначити комплекс заходів з охорони праці та безпеки при реалізації проекту дахової ФЕС.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ БУДІВЕЛЬ

Незважаючи на те, що встановлена потужність ВДЕ зростає (див. рис. 1.1), економічні труднощі в Україні перешкоджають досягненню цільового рівня споживання «зеленої» енергії в 27 % і збереженню збалансованого розвитку галузі, передбаченого «Національним планом дій з відновлюваної енергетики». Найбільшу долю в структурі ВДЕ України займають вітрові й сонячні електростанції, а також теплоелектроцентралі на біомасі. Технічний потенціал країни в цьому секторі є одним із найвищих серед держав Південно- Східної Європи .

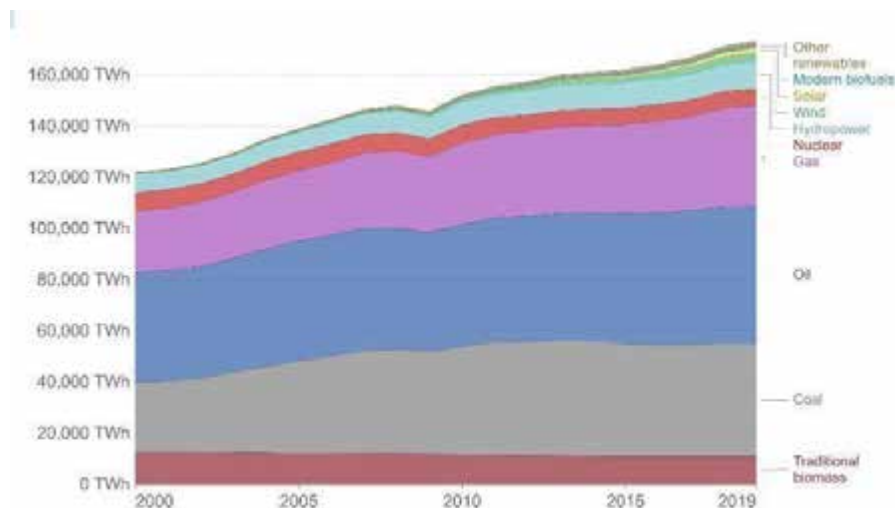


Рис. 1.1. Розвиток ВДЕ за останні 20 років

Державна політика в сфері підвищення енергоефективності насамперед спрямована на заохочення споживачів до впровадження ВДЕ та підтримку наукових досліджень у галузі енергоощадних технологій. В Енергетичній стратегії України до 2050 року, затвердженій урядом, визначено мету вуглецевої нейтральності енергетичного сектору. Головна задача стратегії — створити умови для сталого економічного зростання шляхом забезпечення

доступу до надійних, безпечних і сучасних джерел енергії. Стратегія враховує пріоритети Європейського зеленого курсу, зокрема розвиток безпечної атомної енергетики, відновлюваних джерел, а також модернізацію й автоматизацію мереж передачі та розподілу.

У світлі глобальних екологічних і економічних викликів, пов'язаних зі споживанням викопних енергоносіїв, та за активної державної підтримки, сьогодні є надзвичайно важливим впроваджувати на національному рівні передовий досвід та технології у промисловості, містобудуванні й архітектурі. Особливу роль тут відіграють системи автоматизованого керування будівлями та їх інженерними мережами, здатні суттєво підвищити загальну енергоефективність споруд до рівня, що відповідає або перевищує сучасні мінімальні вимоги. В умовах такого підходу ВДЕ розглядаються як ключовий елемент підвищення ефективності різних секторів економіки та забезпечення енергетичної незалежності країни.

1.1. Технології ВДЕ для енергопостачання будівель

Серед ключових технологій використання відновлюваних джерел енергії в будівлях найпоширенішими є фотоелектричні системи, сонячні колектори, геотермальні теплові насоси, вітроустановки малого масштабу і біоенергетичні установки.

Фотоелектричні модулі перетворюють сонячну радіацію в електричну енергію з ККД до 22–24 % на основі монокристалічних кремнієвих елементів, тоді як тонкоплівкові рішення забезпечують гнучкі можливості інтеграції в фасади будівель.

Сонячні теплові колектори застосовуються для ГВП та опалення, дозволяючи зменшити використання традиційних ПЕР до 50–60 % завдяки

накопиченню теплоти в фазозмінних матеріалах або накопичувачах гарячої води.

Геотермальні теплові насоси забезпечують COP (coefficient of performance) від 3 до 5, переносячи низькопотенційну теплову енергію з ґрунту або ґрунтових вод у систему опалення чи охолодження будівлі. Біоенергетичні системи на основі пелетних котлів чи біогазу використовуються для комбінованого теплопостачання з високим рівнем стійкості в регіонах із сільськогосподарськими відходами.

1.2. Інтеграція ВДЕ в енергопостачання будівель

Інтеграція ВДЕ в будівлі здійснюється на трьох рівнях: архітектурному (BIPV/BIST – Building-Integrated PV/T), інженерному (локальні мікромережі з акумуляцією) та інформаційному (енергоменеджмент і системи автоматичного керування). Архітектурна інтеграція передбачає вбудовування PV-модулів у фасади й дахи без втрати естетики, збереження герметичності й теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій. На інженерному рівні формуються локальні енергосистеми з інверторами, накопичувачами енергії та контролерами, які оптимізують співвідношення генерації, споживання та зберігання енергії в реальному часі. Інтелектуальні платформи BEMS (Building Energy Management Systems) застосовують алгоритми прогнозування погоди й навантаження, що дозволяє підвищити власне споживання «зеленої» енергії до 70 % і зменшити навантаження на зовнішню мережу.

1.3. Взаємозв'язок генераційної спроможності власних джерел та графіка електроспоживання будівель

Ефективність ВДЕ напряму залежить від узгодження профілю генерації й навантаження будівлі. Завдяки аналізу добових і сезонних графіків споживання можна підібрати оптимальну потужність PV-систем або теплових насосів; зокрема, влітку генерація PV перевищує споживання кондиціонування, а взимку — недостатня для опалення без додаткового накопичення. Використання опцій з акумуляторами (Li-ion, VRB) та інтеграція гнучкого навантаження (DR-механізми) дозволяють «зрушувати» споживання на години піку генерації, забезпечуючи до 30 % покриття попиту без зовнішніх ресурсів. Системи прогнозування на основі машинного навчання додатково підвищують узгодженість, знижуючи невикористану надлишкову енергію та пікові імпорти з мережі.

Знаючи обсяг споживання енергії, доцільно розраховувати необхідну кількість енергії w_n яку має забезпечувати джерело енергії D_n . У цьому випадку електроенергія може постачатися як від централізованої енергосистеми (WEC), так і від автономних джерел — таких як дизельна або газова електростанція, сонячна чи вітрова установка тощо. Кожен із зазначених варіантів має свої характерні особливості, зокрема різну собівартість виробництва електроенергії. Також кожне джерело відрізняється за рівнем доступності, під якою слід розуміти ймовірність того, що джерело буде доступне для використання у потрібний момент D_n буде спроможне виробляти необхідну кількість електроенергії w_n у визначений момент часу, або ж ймовірність того, що генераторна установка матиме забезпечення первинною енергією у будь-який момент і в обсязі, який відповідає її номінальним технічним характеристикам.

Наприклад, при стабільній роботі енергосистеми з необмеженою потужністю можливо гарантовано отримати задану кількість електроенергії. У

той же час, сонячні батареї не можуть генерувати електроенергію вночі, а вітрові електростанції — у безвітряну погоду. Крім того, фактичні показники освітленості або швидкості вітру можуть бути нижчими за розрахункові, що призводить до зниження потужності, яку можуть виробити відповідні установки. Для оцінки доступності джерела енергії запровадимо коефіцієнт доступності k_D . Якщо $k_D = 1$, це означає, що джерело повністю покриває потреби споживачів у енергії згідно з номінальними характеристиками установки. Значення k_D може змінюватися в межах від 0 до 1. Наприклад, при $k_D = 0,6$ джерело спроможне забезпечити лише 60% необхідної енергії, а решта 40% повинна надходити з резервного джерела. Таким чином, у загальному випадку забезпечення електроенергією певної групи споживачів C_m із заданим обсягом споживання W може бути реалізовано за допомогою комбінації наперед визначених джерел електроенергії D_n . Така комбінація формує структуру комбінованої системи, що складається з n джерел і m споживачів (рис. 1.2).

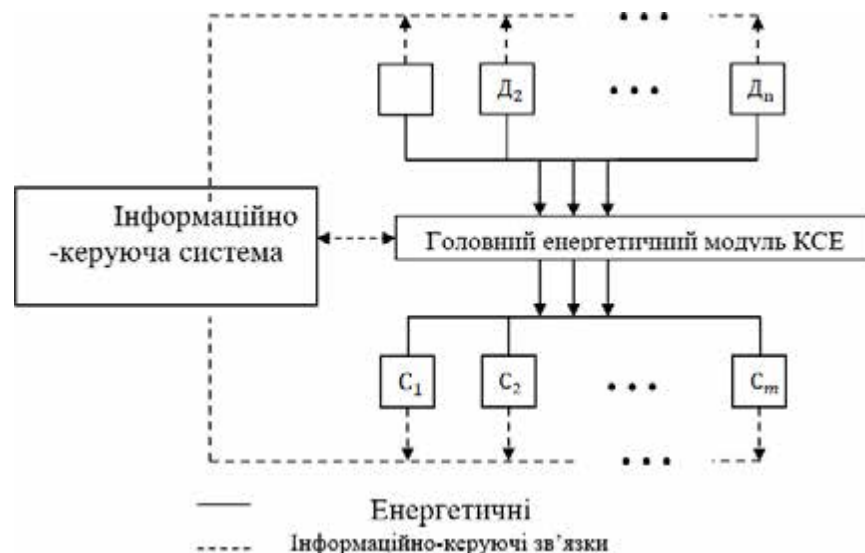


Рис.1.2. Структура взаємозв'язків між джерелами постачання та споживачами електроенергії локального об'єкта.

Витрати на електропостачання споживача C_j визначатимуться як:

$$Z_{Cj} = \sum_{i=1}^n W_{ij} \cdot B_{ij} \cdot k_{ij}, \quad (1.1)$$

де B_{ij} - питома вартість електроенергії, виробленої i -тим джерелом для j -го споживача, а також поправочний коефіцієнт; $k_{ij} = f(k_{дij})$ поправочний коефіцієнт.

Залежність (1.1) діє, коли джерело енергії D_i може задовольнити потреби споживача C_j у достатній кількості електроенергії. Якщо ж джерело D_i не в змозі забезпечити споживача необхідною кількістю енергії ($k_{дi} < 1$) у будь-який момент часу, то буде потрібно додаткове джерело (наприклад, D_k), яке покриє цю потребу. $\sum_{i=1}^n W_k(1 - k_{дk})$ споживача C_j у заданий проміжок часу.

Важливою складовою ефективною комбінованої системи електроживлення є інформаційно-керуюча система, що здійснює моніторинг параметрів джерел енергії та характеристик споживачів в реальному часі, коригуючи роботу основного енергетичного модуля та режими електроспоживання залежно від детермінованого графіка. Це забезпечує максимальну ефективність використання первинних енергетичних ресурсів.

З огляду на всі наявні умови, розробка сучасних комбінованих систем електрозабезпечення з полігенерацією стає все більш актуальною науковою задачею. Для її вирішення необхідно провести детальний системний аналіз об'єкта дослідження, включаючи енергетичний аудит та енергоефективність системи енергозбереження, умови її функціонування, можливості використання альтернативних джерел енергоресурсів, енергозберігаючі технології та інтелектуалізацію процесу енергоспоживання.

Дослідження та розвиток таких систем дозволяє не лише вивести енергетичне забезпечення на новий рівень, але й застосовувати сучасні методи управління енергоефективністю через створення високотехнологічної системи інтелектуального контролю та управління енергоспоживанням.

Загалом, комбінована система електроживлення (КСЕ) складається з комплексу взаємопов'язаних технологічних модулів, що спільно забезпечують ефективне електрозабезпечення локального об'єкта. Ці модулі можна умовно

поділити на окремі підсистеми, чия робота забезпечується технологічними зв'язками.

Ключовим аспектом при проектуванні КСЕ є вибір структури енергетичного модуля, здатного забезпечити заданий графік енергоспоживання. Для цього необхідно здійснити комплексний аналіз застосування окремих енергетичних джерел, як традиційних, так і відновлювальних, а також їх комбінованого використання. Особливу увагу слід приділити розподілу джерел на основні та резервні (аварійні), з урахуванням того, яке джерело та тип енергії використовуватиметься в конкретний момент як основне чи допоміжне, а в разі потреби — як аварійне. Це залежить від результатів аналізу енергоспоживання. Включення в систему акумуляування енергії обґрунтовано, головним чином, через використання відновлювальних джерел, генерація енергії яких не завжди співпадає з графіками споживання, а також через диференційовані тарифи на електроенергію від зовнішніх мереж.

Основні елементи комбінованої системи електроживлення, які будуть розглянуті, включають:

- вітроелектростанції;
- сонячні електростанції;
- автономні електростанції з двигуном внутрішнього згорання (в тому числі на біодизелі, генераторному газі та ін.);
- накопичувачі електричної енергії;
- енергетичний модуль системи електроживлення;
- інтелектуальний модуль автоматизованого управління енергозабезпеченням локального об'єкта з різномірними джерелами енергії.

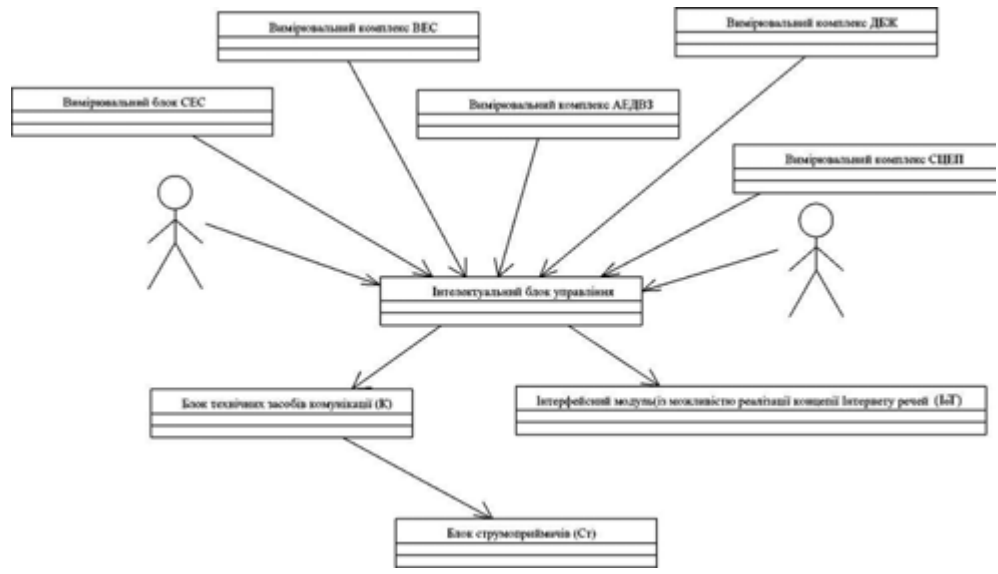


Рис. 1.3. Загальна структурна схема роботи комбінованої системи енергозабезпечення для локального об'єкта.

При аналізі структурної моделі комбінованої системи енергозабезпечення (КСЕ) необхідно враховувати та узгоджувати весь набір взаємозв'язків (функціональних, інформаційних та надійнісних), що виникають під час її роботи. Це дозволить створити структуру з оптимальними компонентами.

Особливо важливо зазначити, що інтелектуальна система керування та сигналізації, інтегрована в енергетичний модуль, забезпечує узгодження енергетичних потоків і контроль за їх розподілом між споживачами. Вона також забезпечує функціонування контролю роботи елементів системи, синхронізує енергетичні потоки та проводить технічний і енергетичний аудит елементів КСЕ.

1.4. Виклики та перспективи розвитку ВДЕ в енергопостачанні будівель

Серед головних викликів — перетворення дискретної генерації у стабільне енергопостачання будівлі: інтермітентність сонця та вітру, висока вартість накопичення енергії і необхідність модернізації розподільних мереж. Політичні й економічні перешкоди полягають у недостатньому стимулюванні «чистих» інвестицій та невідповідності тарифних моделей потребам децентралізованого виробництва. Проте розвиток технологій накопичувачів зростає в середньому на 25 % щороку, а вартість PV-модулів знизилась більш ніж удвічі за останнє десятиліття. Перспективи пов'язані з впровадженням «розумних» мікромереж, вдосконаленням алгоритмів прогнозування через штучний інтелект, а також розвитком гібридних установок, що поєднують PV, теплові насоси й біоенергетику для максимальної гнучкості та надійності енергопостачання будівель.

Висновки до розділу 1

Сучасний розвиток ВДЕ для будівельних об'єктів в Україні характеризується значним технічним потенціалом і рядом технологічних інновацій, але гальмується економічними та інституційними бар'єрами. Подальший прорив можливий за умов активізації державної підтримки, адаптації тарифної політики, впровадження передових систем автоматизації й акумуляції, а також комплексного підходу до інтеграції ВДЕ в інженерні та архітектурні рішення будівель.



РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Коротка характеристика автозаправного комплексу та дані про проєктну потужність.

Автозаправний комплекс мережі АЗС «UKRNAFTA» розташований за адресою: м. Київ, Оболонський р-н, просп. Оболонський, 1А.

Площа земельної ділянки АЗК становить 0,8423 га. Основним видом діяльності комплексу є роздрібна торгівля світлими нафтопродуктами та надання сервісних послуг водіям і пасажиром.

До складу автозаправного комплексу входять:

- автомобільна заправна станція;
- локальні очисні споруди дощового стоку;
- будівля операторської з торговельною зоною та кафе;
- майданчик для сміттєзбірників;
- майданчик розміщення первинних засобів

пожежогасіння. АЗК обладнано:

- чотирима підземними резервуарами ємністю по 30 м³ для зберігання світлих нафтопродуктів;
- чотирима паливороздавальними колонками;
- шафою автоматики з системою контролю обліку й безпеки прийому та відпуску пального.

Режим роботи станції - 365 днів на рік, 3 зміни на добу по 8 годин, фактична пропускна спроможність — до 420 заправлень на добу.

На АЗК здійснюється зберігання й видача двох марок бензину (А-95, А-92) та дизельного пального.

Річні обсяги зберігання та відпуску пального становлять 90,0 м³, з яких:

- бензин А-92 — 30,0 м³;
- бензин А-95 — 30,0 м³;
- дизельне пальне — 30,0 м³.

Підприємство складається з таких будівель:

- Операторська будівля автозаправного комплексу (АЗК);
- Навіс над ПРК.

На прилеглий території розміщені резервуари для палива, паркувальна зона, зона для підкачки коліс та інші об'єкти.

Захист від блискавок на об'єкті здійснюється за допомогою встановлених на території АЗК блискавкоприймальних мачт.

Конструктивна схема надземної частини будівлі є каркасною, з опиранням несучих ферм на колони, що сприймають навантаження від конструкції покриття. Покрівля будівлі плоска, виконана з рулонних наплавляємих матеріалів на покрівлі операторської будівлі АЗК. На покрівлі навісу встановлено металеве покриття з оцинкованого профнастилу (крок 250 мм, висота 70 мм), з продільними дощоприймальними жолобами.

2.2. Вихідні дані для проєктування ФЕС

Обстеженню підлягали покрівлі, їх конструкція та покриття, а також існуюча система електропостачання підприємства для визначення можливості інтеграції дахової фотоелектричної станції в наявну систему електропостачання. Мова йде про встановлення фотоелектричної станції потужністю 40,25 кВт для власних потреб за адресою: м. Київ, Оболонський р-н, пр-т Оболонський, 1а.

Основною метою обстеження було отримання об'єктивної та вичерпної інформації про технічний стан будівельних конструкцій, щоб оцінити

можливість подальшого монтажу фотоелектричної станції на конструкціях покрівлі будівлі.

Обстеження та оцінка технічного стану будівельних конструкцій проводились відповідно до вимог нормативних документів, зокрема ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану».

Процес обстеження конструкцій включав використання розрахунково-аналітичної діагностики на основі візуальної та інструментальної дефектоскопії, а також застосування спеціальних інструментів для неруйнівного контролю. Це дозволило з достатньою точністю визначити фізико-механічні властивості матеріалів конструкцій без їх пошкодження.

Оцінка технічного стану конструкцій проводилась відповідно до нормативної класифікації за такими категоріями:

- 1 — конструкції знаходяться в нормальному стані;
- 2 — конструкції знаходяться в задовільному стані;
- 3 — конструкції перебувають у стані, непридатному для нормальної експлуатації;
- 4 — конструкції перебувають в аварійному стані.

Дефекти і пошкодження металоконструкцій, залежно від їх значущості для працездатності конструкції в цілому та ступеня небезпеки, поділяються на три категорії: Ad, Bd і Vd (ДСТУ Б В.2.6: 2016 «Оцінка технічного стану експлуатованих сталевих будівельних конструкцій»):

Ad — дефекти і пошкодження особливо відповідальних елементів і з'єднань, що представляють безпосередню небезпеку руйнування;

Bd — дефекти та пошкодження, які на момент виявлення не становлять безпосередньої небезпеки для конструкцій, але можуть призвести до пошкодження інших елементів, а в разі розвитку — перейти до категорії Ad;

Vd — дефекти і пошкодження, які не належать до категорій Ad і Bd, і не загрожують руйнуванням.

На підставі виконаних робіт було зроблено висновок про можливість монтажу фотоелектричної станції на конструкціях покрівлі будівлі. Складено звіт, який містить оцінку технічного стану конструкцій із урахуванням наявних дефектів і пошкоджень, а також технічні рекомендації щодо ремонту конструкцій будівлі.

Обстеженню підлягали конструктивні елементи будівлі автозаправного комплексу за адресою: м. Київ, Оболонський р-н, пр-т Оболонський, 1а. Під час обстеження будівля експлуатується в штатному режимі, температура зовнішнього повітря коливалась від +23°C до +28°C. Робоче середовище не є агресивним для будівельних конструкцій. До будівлі підведені мережі: електропостачання, водопостачання та каналізація. Вентиляція є природною та примусовою, освітлення — природне і штучне.

Об'ємно-планувальні рішення будівель і споруд були розроблені з урахуванням нормативних вимог, що забезпечують належне обслуговування розміщеного в них технологічного обладнання. Будівлі та споруди віднесені до капітальності III класу і III ступеню вогнестійкості. За ступенем пожежо- та вибухопожежної небезпеки будівля належить до категорії Д (відповідно до СНиП 2.01.02-85 «Протипожежні норми»).

Підприємство складається з таких будівель: операторська АЗК та навіс над ПРК, з висотою поверхів 3,36 м та 4,95 м відповідно.

Просторова жорсткість будівлі операторської забезпечується жорстким з'єднанням всіх елементів конструкції. Всі елементи конструктивної схеми утворюють просторову коробку, яка сприймає вертикальні і горизонтальні навантаження на навіс, що забезпечує міцність та стійкість конструкції.

Фундаменти навісу виконані монолітними, залізобетонними. Конструктивна схема навісу — каркасна.

Навіс має трьохпролітну конструкцію, що складається з поперечних рам і поздовжніх балок покриття. Поперечні рами каркасу утворюються з колон трубчатого перерізу, ригелів з двотаврових балок та вертикальних зв'язків, розташованих у верхній частині рами. Поздовжні елементи каркасу — це балки покриття двотаврового перерізу, а також горизонтальні елементи зв'язків між поздовжніми та поперечними балками, що формують жорсткий диск всього покриття.

Знизу та зверху до несучих балок жорстко зварними з'єднаннями кріпляться металеві прогони. До них зверху по ухилу саморізами прикріплені оцинкований профнастил, а знизу — алюмінієвий профнастил фірми "RANILLA". Фундаменти навісу, прямки під паливороздавальні колонки та прямок для зливу влаштовуються з бетону марки W6.

Конструктивна схема навісу є «повним» каркасом, що складається з металевих колон, металевих балок та прогонів. Просторова жорсткість навісу забезпечується жорстким з'єднанням всіх елементів каркасу, утворюючи просторову коробку, яка сприймає вертикальні та горизонтальні навантаження, що діють на навіс, і забезпечує його міцність і стійкість.

Дах магазинно-операторської будівлі покритий м'яким рулонним покриттям з наплавляємих матеріалів (ПВХ мембрана з неорганізованим зовнішнім водостоком), тоді як дах навісу покритий металевим профільованим листом типу HC44 товщиною 0,5 мм. Несуча конструкція дахів складається з металевих балок і прогонів.

2.3. Кліматичні умови району розташування АЗК

Природно-кліматичні характеристики ділянки, що належить до І (північно-західного) кліматичного району згідно з ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія», описуються наступними параметрами:



- Температура повітря холодної п'ятиденки (забезпеченість 0,92) — мінус 22°C;
- Температура повітря холодної доби (забезпеченість 0,92) — мінус 26°C;
- Температура найбільш жаркої доби (забезпеченість 0,95) — плюс 28°C;
- Глибина промерзання ґрунту — 1,0 м;
- Нормативно-снігове навантаження — 160 кг/м² (1600 Па), 5-й сніговий район згідно з ДБН В.1.2-2:2006 С.17;
- Нормативний швидкісний напір вітру — 40 кг/м² (400 Па), 1-й вітровий район згідно з ДБН В.1.2-2:2006 С.21;

Напрямок пануючих вітрів — північно-східний.

Клімат району помірний: літо жарке і сухе, з суховіями, зима з частими відлигами. Середня температура повітря становить 9,8 °С, середня температура найтеплішого місяця — липня — +18,7 °С, а найхолоднішого місяця — січня — -2,4 °С.

Згідно з ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України» та карти Зср-2004, район будівництва має розрахункову сейсмічність до 5 балів.

Згідно з ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження й впливи» (Додаток Е, сторінка 43), характеристичні значення навантажень і впливів для Київської області:

- Вітрове навантаження W_0 (Па) — 370 Па;
- Снігове навантаження S_0 (Па) — 1550 Па;
- Товщина стінки ожеледі B (мм) — 19 мм;
- Вітрове навантаження при ожеледі WB (Па) — 160 Па.



Висновок до розділу 2

Грунтовне обстеження покрівельних конструкцій, відповідність нормам та повний перелік вихідних даних (клімат, матеріали, статична схема, електромережа, технічний стан) створюють об'єктивну основу для успішного проєктування та монтажу дахової ФЕС потужністю 40,25 кВт, що забезпечить підвищення енергоефективності й часткову енергонезалежність комплексу.

РОЗДІЛ 3

РЕКОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗІ ВСТАНОВЛЕННЯ ДАХОВОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ПОТУЖНІСТЮ 40,25 КВТ ДЛЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ АЗК

3.1. Фотоелектричні модулі

Передбачено встановлення дахової фотоелектричної сонячної електростанції потужністю 40,25 кВт. Для перетворення сонячної енергії в електрику постійного струму на алюмінієвих конструкціях буде встановлений масив фотоелектричних модулів (ФЕМ) типу Trina Solar TSM-DE19R 575W, кожен з яких має максимальну одиничну потужність 575 Вт (пік) та розміри 2384 x 1134 x 30 мм (Д x Ш x В). Модулі мають виводи довжиною 1,4 м (+) і 1,4 м (-), з яких будуть послідовно з'єднані у стрінги (збірки).

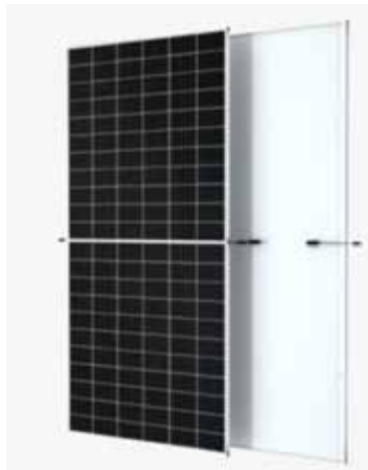


Рис. 3.1. Загальний вид модуля Trina Solar TSM-DE19R 575W; Більш детальну інформацію наведено у Додатку А

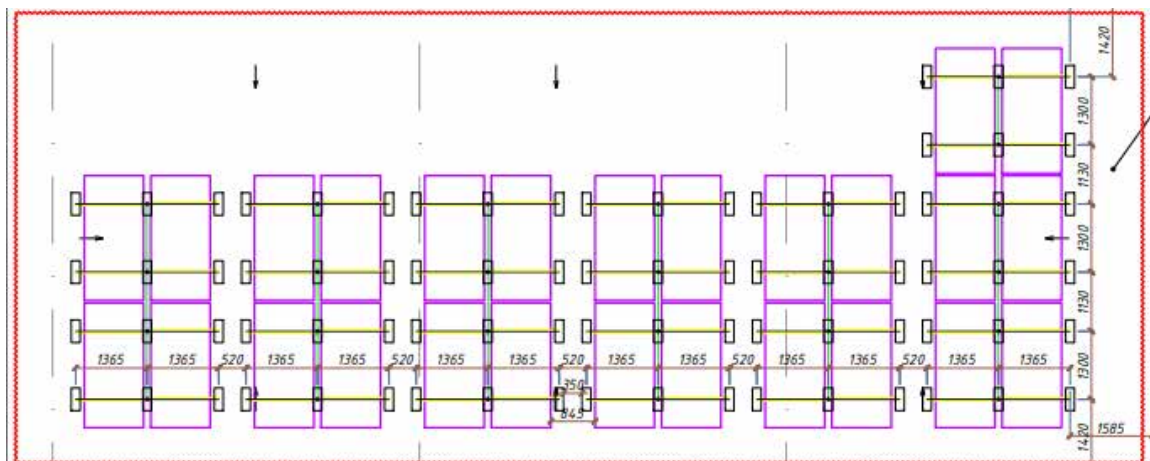


Рис.3.2 Схема розміщення панелей на Y-рейці

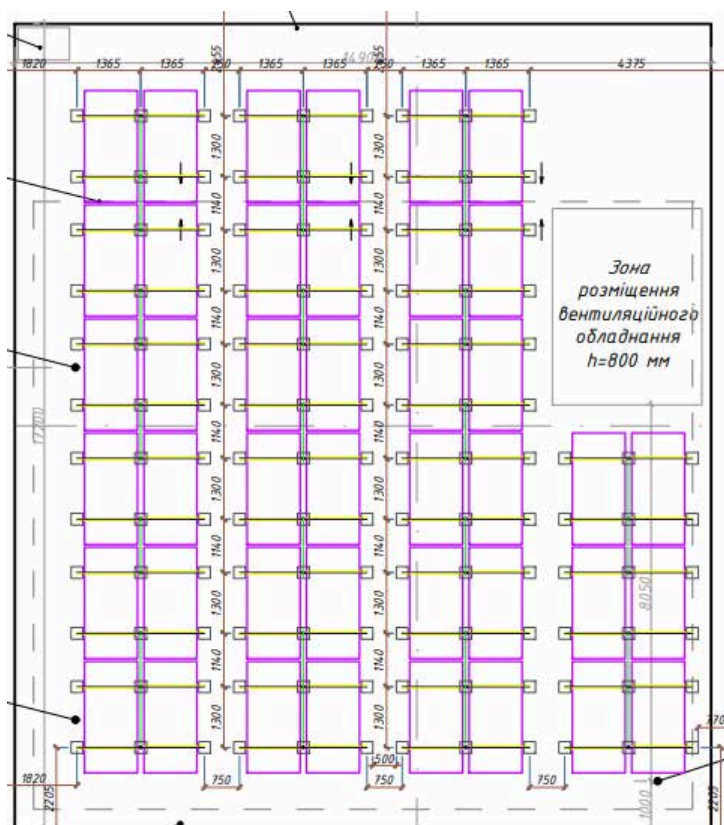


Рис.3.3 Схема розміщення панелей на баластній системі

Для підключення стрінгів до інвертора типу HUAWEI SUN2000-50KTL-M3 використовуються кабелі постійного струму (PV) з перерізом $1 \times 6 \text{ мм}^2$. Інвертор перетворює постійний струм на змінний з напругою 0,4 кВ і частотою 50 Гц.



Рис. 3.4. Інвертор типу HUAWEI SUN2000-50KTL-M3

Згенерована потужність від інверторів передається через силові проводи ПВЗ-нгд у лотках до щита силової комутації ЩСк-ФЕС (АС BOX), звідки потім подається до головного ввідно-розподільного щита 0,4 кВ (ВРП) автозаправного комплексу.

Таблиця 3.1.

Загальні технічні характеристики Trina Solar TSM-DE19R 575W

Параметр	Величина	
	STC	НОСТ
Електричні параметри	STC	НОСТ
Максимальна потужність, Вт	575	435
Напруга максимальної потужності, В	38,7	35,4
Струм максимальної потужності, А	14,87	12,3
Ефективність модуля STC, %	21,3	
Максимальна напруга збірки, В	1500	
Температурний коефіцієнт для потужності, %/°C	-0,34 %/°C	
Температурний коефіцієнт напруги холодного ходу, %/°C	-0,25 %/°C	
Температурний коеф. струму короткого замикання, %/°C	0,04 %/°C	
Діапазон робочих температур, °C	-40 °C ~ +85°C	
Оптимальна робоча температура, °C	43 ± 2°C	
Габаритні розміри, мм	2384x1134x30	
Маса, кг	33,7	

Для перетворення сонячного випромінювання в електроенергію постійного струму проєктом передбачено встановлення фотоелектричних модулів (ФЕМ) типу Trina Solar TSM-DE19R 575W виробництва компанії "Trina Solar". Ці модулі є монокристалічними. У складі кожного модуля є приєднувальні коробки, інтегровані в конструкцію. Кожна коробка має два виводи, довжиною $L=1400$ мм (+) і $L=1400$ мм (-), з конекторами для плюсового і мінусового виводів, що забезпечують швидку комутацію та запобігають помилковим з'єднанням. Модулі обрамлені алюмінієвою рамою з технологічними отворами для механічної фіксації на опорних металевих конструкціях (столах).

Таблиця 3.2.

Технічні характеристики інвентору HUAWEI SUN2000-50KTL-M3

Параметр	Значення
Тип	SUN2000-50KTL
Ефективність, %	98.5%
Максимальна напруга, В (PV)	1000
Максимальна потужність, Вт	50000
Діапазон робочої напруги MPPT	200-1000
Кількість входів постійного струму	8
Кількість MPPT контролерів	4
Максимальний струм, А (Вихідний)	79,8
Габаритні розміри, Д x В x Г, мм	640x530x270

Фотоелектричні модулі (ФЕМ) будуть встановлені на конструкціях для кріплення сонячних панелей, використовуючи систему «Баласт з підйомом кута» з кутом нахилу 15° на даху операторської будівлі та систему кріплення з Y-профілем, що забезпечує кут нахилу 20° на покрівлі заправного навісу АЗК. Таке розміщення відповідає розробленій моделі, створеній за допомогою програми HELIOSCOPE.



Фотоелектричні модулі типу Trina Solar TSM-DE19R 575W будуть з'єднані в стрінги. Структура стрінгів вибрана з урахуванням максимально ефективного використання площі даху будівель і для забезпечення оптимальної роботи інвертора.

3.2. Інверторне обладнання

Проект передбачає використання інвертора постійного струму в змінний моделі SUN2000-50KTL-M3 виробництва «HUAWEI» (380 В). Цей інвертор перетворює енергію, що генерується сонячними фотоелектричними панелями (постійний струм), на змінний трифазний струм синусоїдальної форми з частотою 50 Гц. Основні технічні параметри інвертора наведені в таблиці 2.

Згідно з ДСТУ EN 50160:2014, нормальна робота сонячної електростанції забезпечується в межах частотного діапазону 47-52 Гц. Якщо частота в енергосистемі перевищує ці межі, то завдяки вбудованим захисним функціям ФЕС відключається від зовнішньої мережі до відновлення стабільних умов роботи.

Інвертор оснащений функціями поглинання реактивної потужності і запобігання підвищенню напруги в точці підключення, а також можливістю генерації реактивної потужності для компенсації провалів напруги. Програмування інверторів передбачає зміну режимів роботи залежно від рівня генерації та напруги на вхідних клеммах (відповідно до інструкцій з експлуатації), зокрема:

Підтримка постійного коефіцієнта потужності при дотриманні допустимих умов роботи зовнішньої мережі (при умові, що робочий діапазон налаштувань підтримується);

Підтримка постійної реактивної потужності на виході інвертора;

Контроль рівня напруги щодо параметрів зовнішньої мережі;

Динамічне регулювання уставок інвертора за коефіцієнтом потужності або рівнем реактивної потужності відповідно до параметрів мережі.

Згідно з паспортними даними інвертора SUN2000-50KTL-M3 (СКГС), сумарний коефіцієнт гармонійних спотворень (THD - Total Harmonic Distortion) напруги становить менше 3%, що відповідає вимогам ДСТУ EN 50160:2014, де ліміт гармонічних спотворень не повинен перевищувати 8%.

3.3. Мережі 0,4 кВ генерованих потужностей

Для передачі електричної потужності напругою 0,4 кВ від інвертора до ввідно-розподільчого щита використовуються мідні силові кабелі з ізоляцією з ПВХ та оболонкою типу ПВЗнгд, що не підтримує горіння. З метою захисту від механічних пошкоджень, кабельні лінії 0,4 кВ укладаються в гофровані труби відповідного діаметра або в кабельні лотки.

3.4. Блискавкозахист та заземлення

Для мережі 0,4 кВ генерації передбачаємо застосування системи заземлення типу TN-S. Для запобігання ураженню електричним струмом передбачено підключення корпусу інвертора до захисного заземлення.

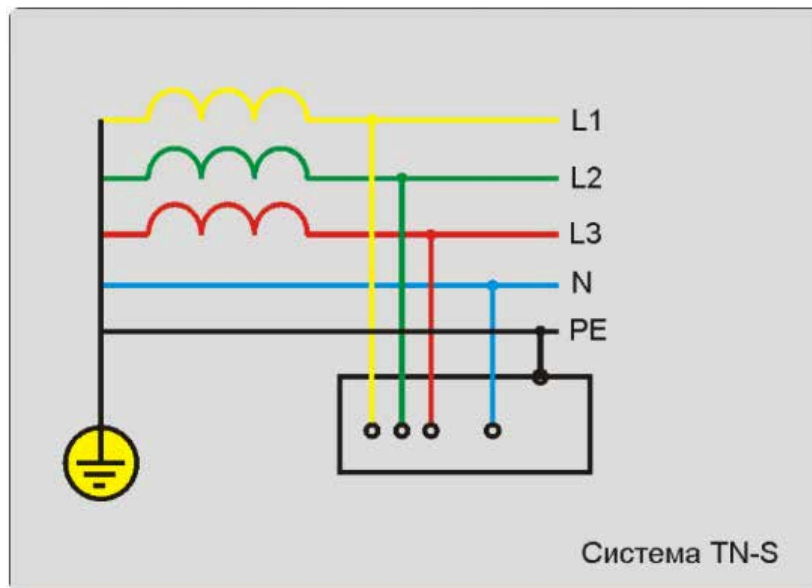


Рис. 3.5. системи заземлення типу TN-S.

Захист від комутаційних та атмосферних перенапруг у колах постійного струму забезпечується вбудованими пристроями інверторів. Металеві конструкції, що підтримують сонячні панелі, захищені від блискавок за допомогою існуючих окремо розташованих блискавкоприймачів в рамках системи блискавкозахисту.

3.5. Облік електроенергії на стороні 0,4 кВ

Облік електроенергії, яку генерує сонячна електростанція на стороні 0,4 кВ, здійснюється в окремому проєктованому щиті силової комутації ЩСк-ФЕС за допомогою лічильника активної та реактивної енергії комбінованого типу (DTSU666-HW), оснащеного трансформаторами струму 400/5 А.



Рис.3.6. Лічильник Huawei Smart Meter CHINT DTSU666-HW

Підключення лічильника до обмоток трансформаторів струму здійснюється через клемну колодку.

3.6. Релейний захист та автоматика (захист інвертора)

Передбачається встановлення інвертора SUN2000-50KTL-M3, який здійснює синхронізацію з мережею, контроль якості напруги та релейний захист в нормальних, аварійних та післяаварійних режимах. В нормальних умовах інвертор автоматично вмикається при наявності достатньої інтенсивності освітлення та напруги в мережі, синхронізуючись з її параметрами. У випадку аварійних ситуацій та зниження напруги в мережі інвертор відключається. Коли параметри мережі повертаються до нормальних значень, ФЕС автоматично відновлює роботу, синхронізуючись із мережею.

Отже, інверторне обладнання, встановлене на ФЕС, гарантує правильне синхронне підключення до мережі. Основні функції автоматики та захисту інвертора включають:

- Моніторинг параметрів вхідної постійної та вихідної змінної напруги;
- Контроль технологічних параметрів інвертора;
- Контроль активної та реактивної потужності;

- Інтерфейс заземлення;
- Захист від відхилення напруги/частоти, захист від мінімальних та максимальних значень частоти;
- Захист від надмірного струму;
- Захист від перенапруги (при перевищенні напруги змінного струму понад встановлену уставку інвертор блокує подачу потужності до мережі. Уставка для захисту від підвищення напруги обирається так, щоб уникнути перевищення напруги більше ніж на 10%);
- Відключення від електророзподільної мережі протягом 2 секунд у разі втрати напруги;
- Після відключення через відхилення параметрів мережі фотоелектрична система не може бути повторно підключена до мережі протягом інтервалу від 20 секунд до 5 хвилин після відновлення нормальних значень напруги та частоти.

3.7. Система моніторингу параметрів сонячної електростанції

Для підключення до системи моніторингу фотоелектричної станції доступні різні варіанти зв'язку, включаючи RS485, WLAN/Ethernet за допомогою Smart Dongle-WLAN-FE, а також 4G/3G/2G через Smart Dongle-4G. Моніторинг фотоелектричної станції здійснюється через WLAN, виготовлену компанією Huawei, а зв'язок між інвертором та модемом організовано через виту пару (Ethernet).

Функції керування системою сонячної електростанції реалізуються через стандартне програмне забезпечення Huawei, яке доступне через веб-браузер. Перелік основних функцій включає:

- Підтримка підключення до 10 інверторів одночасно;



- Моніторинг та управління сонячною електростанцією (перегляд інформації в реальному часі про стан електростанції, пристрої та їх несправності, налаштування параметрів пристроїв тощо);
- Віддалене налаштування та обслуговування системи;
- Швидке дистанційне управління активною та реактивною потужністю.

Висновки до розділу 3

Монокристалічні панелі Trina Solar TSM-DE19R 575 Вт встановлені на алюмінієвих каркасах під кутами 15° і 20° та стрінгово з'єднані для подачі постійного струму на інвертор HUAWEI SUN2000-50KTL-M3 (50 кВт), який перетворює його в трифазний 0,4 кВ/50 Гц із THD < 3 %, регулює реактивну потужність, захищає від перенапруг і автоматично відключається за ДСТУ EN 50160. Живлення передається мідними кабелями ПВЗ нгд у лотках і гофротрубах, заземлення — через TN-S і блискавкоприймальні мачти. Облік здійснює лічильник Huawei DTSU666-HW із трансформаторами струму, а релейний захист відключає станцію за 2 с при аварії. Моніторинг ведеться через RS485, Ethernet/WLAN і 4G із веб-інтерфейсом Huawei.

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ АЗК З ВЛАСНОЮ ФЕС

4.1. Співвідношення базового електроспоживання та частки генерації СЕС у енергетичному балансі підприємства

На основі даних з віртуального носія компанії «EcoTech» було сформовано середньодобові графіки генерації СЕС. Крім того, було надано інформацію про середньодобове споживання електроенергії підприємства за такі місяці як Грудень, Січень, Лютий, Березень, Квітень. Також приведено таблиці з даними підприємства з Грудня 2024 року по Квітень 2025 року включно.

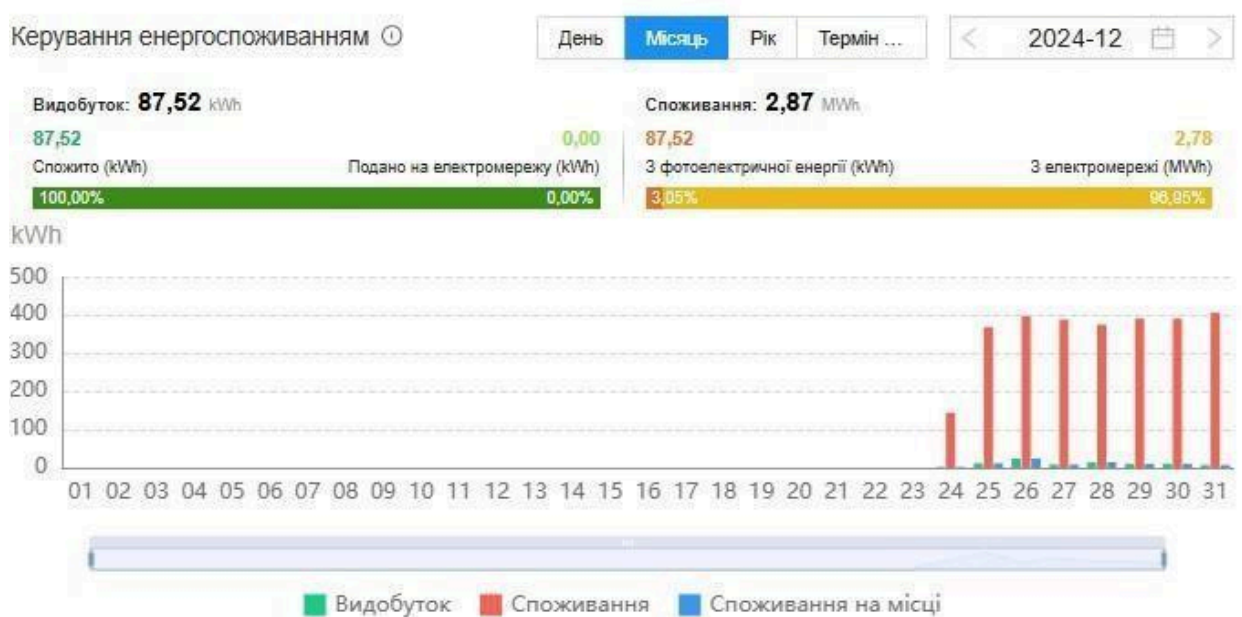


Рис. 4.1. Генерація та споживання сонячної електростанції Грудень.

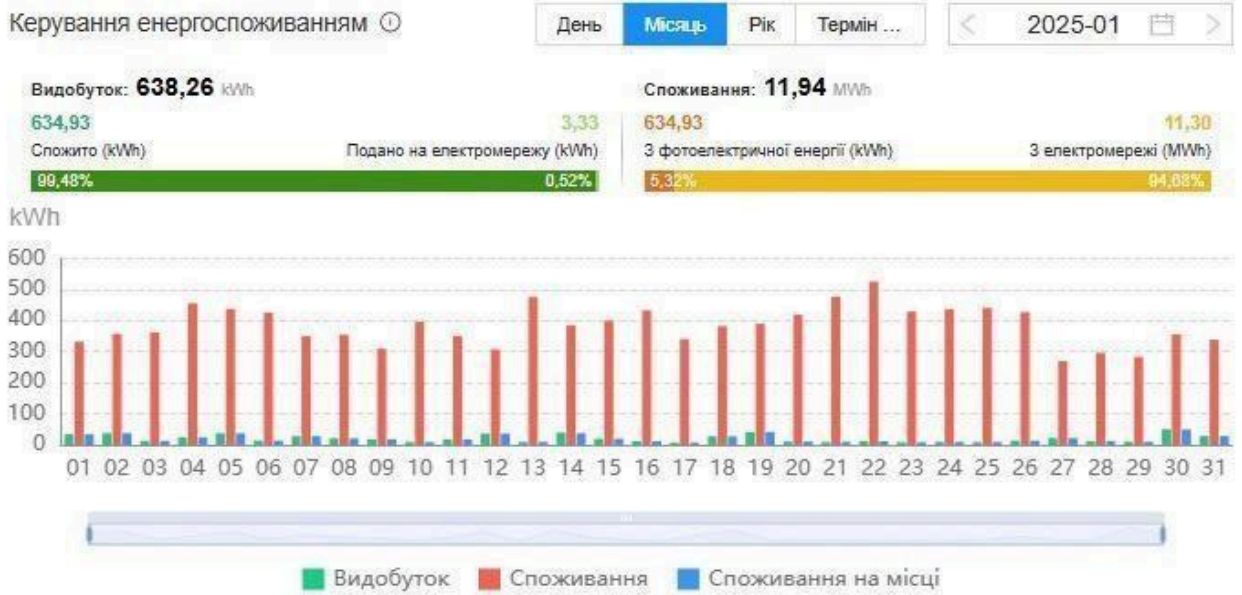


Рис. 4.2. Генерація та споживання сонячної електростанції Січень

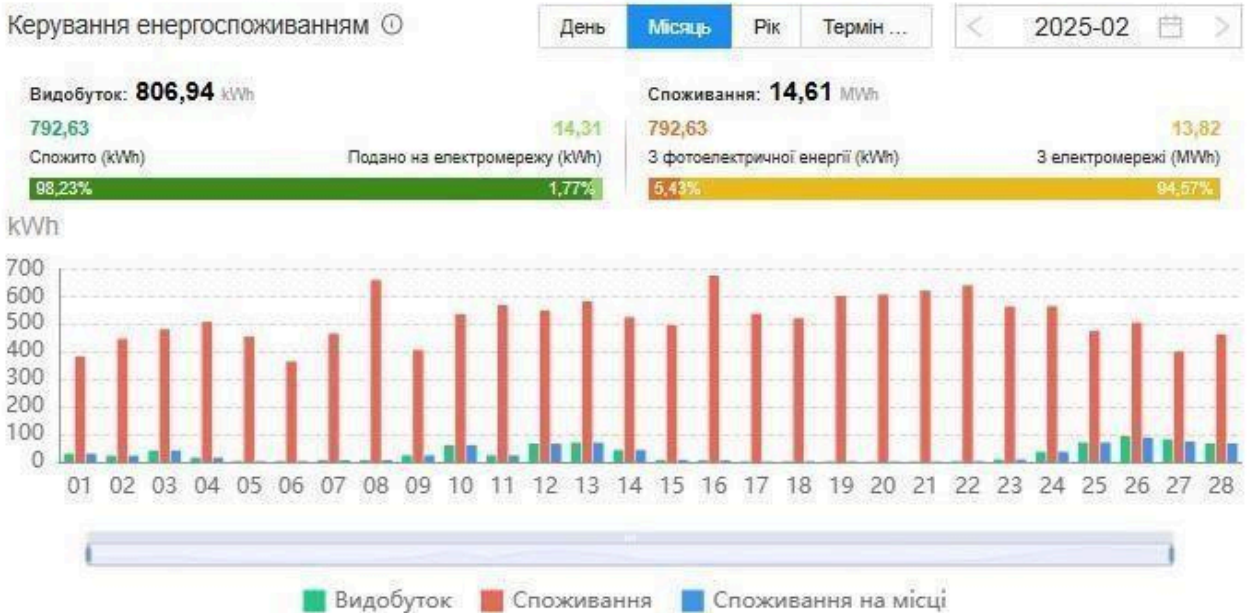


Рис. 4.3. Графік генерації та споживання сонячної електростанції Лютий

Керування енергоспоживанням ⓘ

День Місяць Рік Термін ... < 2025-03 >

Видобуток: **2,27** MWh

2,25

Спожито (MWh)

98,84%

Подано на електромережу (kWh)

26,40

1,16%

Споживання: **10,36** MWh

2,25

З фотоелектричної енергії (MWh)

21,69%

8,11

З електромережі (MWh)

78,31%

kWh



Рис. 4.4. Генерація та споживання підприємства Березень

Керування енергоспоживанням ⓘ

День Місяць Рік Термін ... < 2025-04 >

Видобуток: **1,45** MWh

1,45

Спожито (MWh)

99,86%

Подано на електромережу (kWh)

2,00

0,14%

Споживання: **5,26** MWh

1,45

З фотоелектричної енергії (MWh)

27,52%

3,81

З електромережі (MWh)

72,48%

kWh



Рис. 4.5. Генерація та споживання сонячної електростанції Квітень



Рис. 4.6. Споживання і генерація за 2025 рік

Порівнявши середньодобові графіки споживання електроенергії підприємством та виробітку сонячної електростанції, можна зробити висновки щодо можливих наслідків збільшення частки СЕС у загальному енергетичному балансі. Навіть без урахування характерної для СЕС непередбачуваності виробництва та стохастичної природи її роботи із високою ймовірністю швидких змін генерації, видно, що профіль виробітку СЕС не відповідає потребам підприємства у споживанні електроенергії. Детальний аналіз показує, що найбільший рівень генерації спостерігається в проміжку між 12:00 та 15:00, коли СЕС здатна забезпечити до 40% від загального обсягу споживаної енергії.

4.2. Особливості формування енергобалансу підприємства з власною СЕС з урахуванням сезонності

Вплив різних типів ВДЕ на режими роботи енергосистеми різний. Для СЕС зпрогнозувати генерацію дуже складно, оскільки величина генерації сильно залежить від багатьох факторів таких як міжсезоння, погодніх умов, містя розсташування, кута встановлення панелей.

Звертаючи увагу на значну залежність генерації енергії СЕС від погодних умов, для якісної оцінки впливу генерації СЕС на формування балансів потужності виконаємо аналіз фактичного рівня виробітку потужності СЕС в залежності від пори року та часу доби.

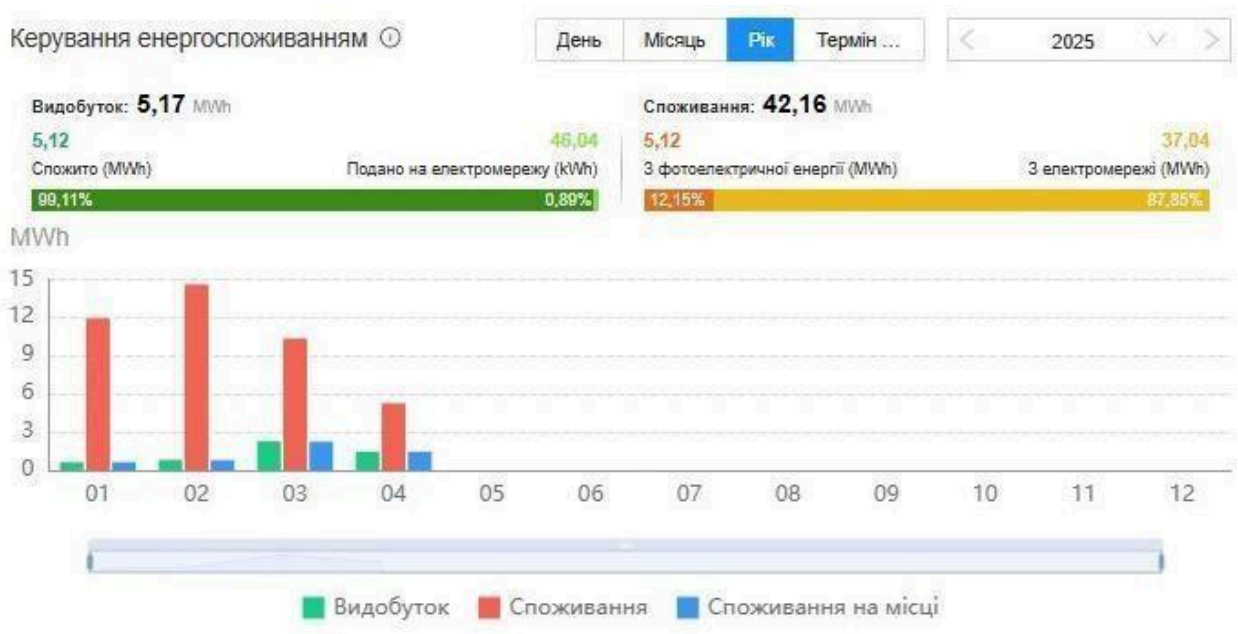


Рис. 4.7. Міжсезонна генерація за 2025 р.

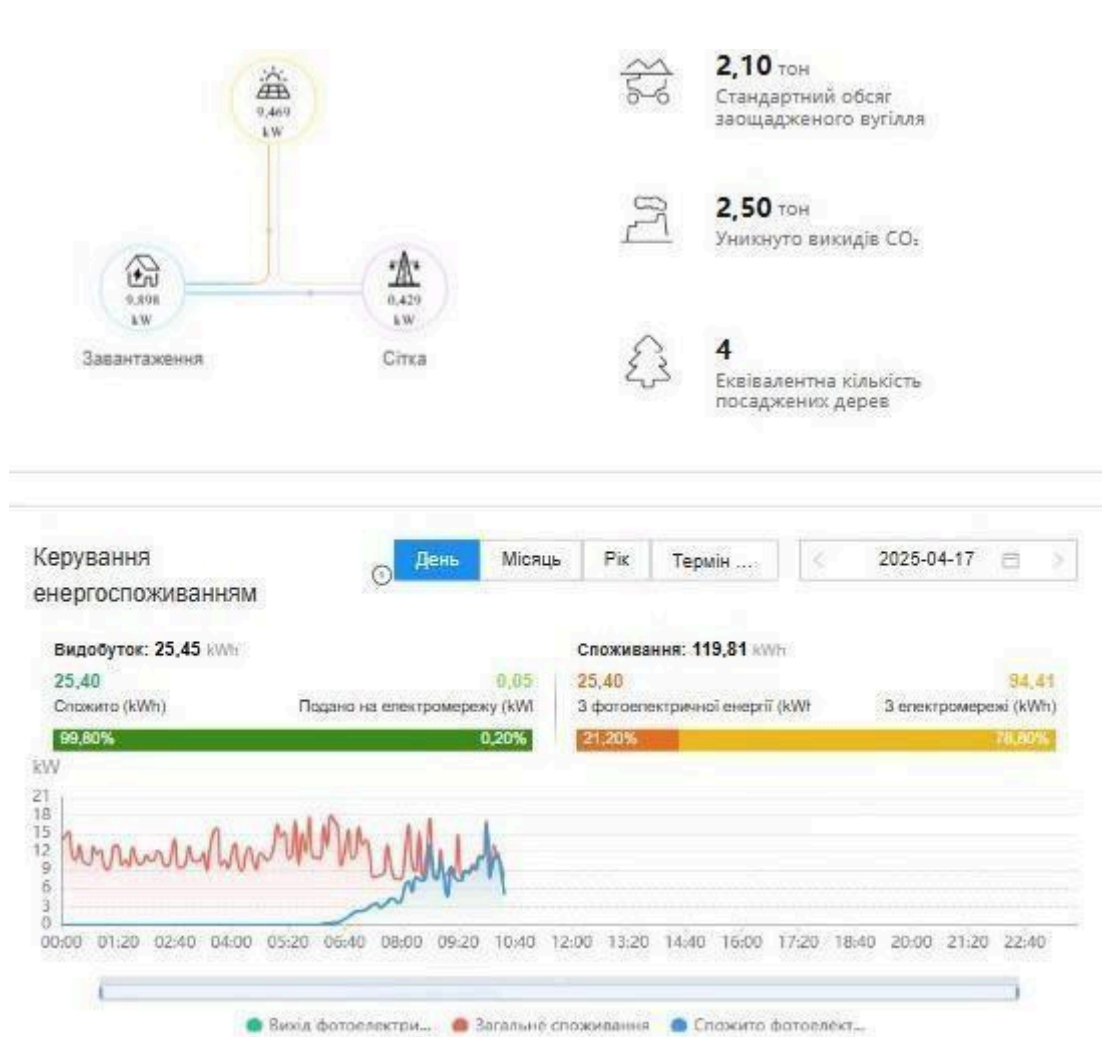
Проаналізувавши наведені графіки виробітки потужностей протягом типових сезонів (Грудень, Січень, Лютий, Березень, Квітень) приходимо до

висновку, що загальна потужність СЕС зосереджена в денний період доби (з 7 год до 20 год), та припадає на весняно літні місяці. Адже в цей період більший сонячний день.

Отже можна зробити висновок що в літній період часу більша генерація СЕС та менше пікове навантаження в мікроенергосистемі, бо в літній період часу ми не витрачаєм електронергію на таких електроспоживачів як освілювання приміщень, та опалювання підприємства.



а) Погодинний графік



б) Погодинний графік

Рис. 4.8. Погодинний графік споживання і генерації електричної енергії

Для дослідження формування енергетичного балансу АЗК із власною фотоелектричною станцією (ФЕС) можна застосувати метод аналізу енергетичного міксу та балансу джерел енергії, який враховує:

1. Загальне енергоспоживання об'єкта.
2. Частку покриття споживання за рахунок ФЕС.
3. Надлишок або дефіцит генерованої енергії.
4. Залежність від електромережі.

На основі наданих даних зроблено розрахунок за період з грудня по квітень.

Таблиця 4.1.

Енергетичний баланс АЗК з власною фотоелектричною станцією (ФЕС)

Місяць	Генерація ФЕС (кВт·год)	Загальне споживання (кВт·год)	Частка ФЕС (%)	Надлишок/Дефіцит ФЕС (кВт·год)
Грудень	87,52	2 870	3,05 %	0,00
Січень	638,26	11 940	5,32 %	3,33
Лютий	806,94	14 610	5,43 %	14,31
Березень	2 270,00	10 360	21,72 %	20,00
Квітень	1 450,00	5 260	27,57 %	0,00

У зимові місяці (грудень, січень, лютий) частка споживання від ФЕС не перевищує 6%, що пов'язано з низькою генерацією.

У весняні місяці (березень, квітень) спостерігається значне зростання генерації та покриття енергоспоживання до 27,6%.

Надлишкова енергія утворюється в березні та лютому, що свідчить про потенціал для накопичення або продажу в мережу.

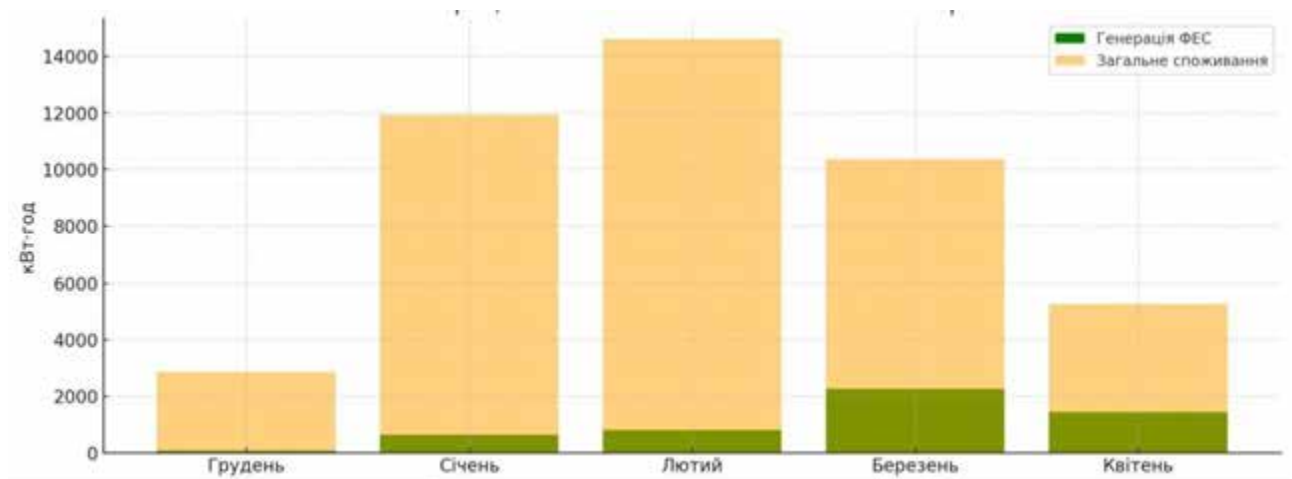


Рис. 4.9. Генерація ФЕС і загальне споживання енергії

Графік, зображений на рис. 4.9, демонструє порівняння генерації електроенергії ФЕС та загального споживання енергії об'єктом у кожному з місяців. Він дозволяє наочно побачити, наскільки обсяг виробленої енергії покриває фактичні потреби АЗК. Це ключовий візуальний інструмент для оцінки продуктивності ФЕС: якщо генерація близька або дорівнює загальному споживанню, станція працює максимально ефективно. Якщо ж споживання значно перевищує генерацію, виникає потреба у додаткових джерелах або оптимізації енергоспоживання.

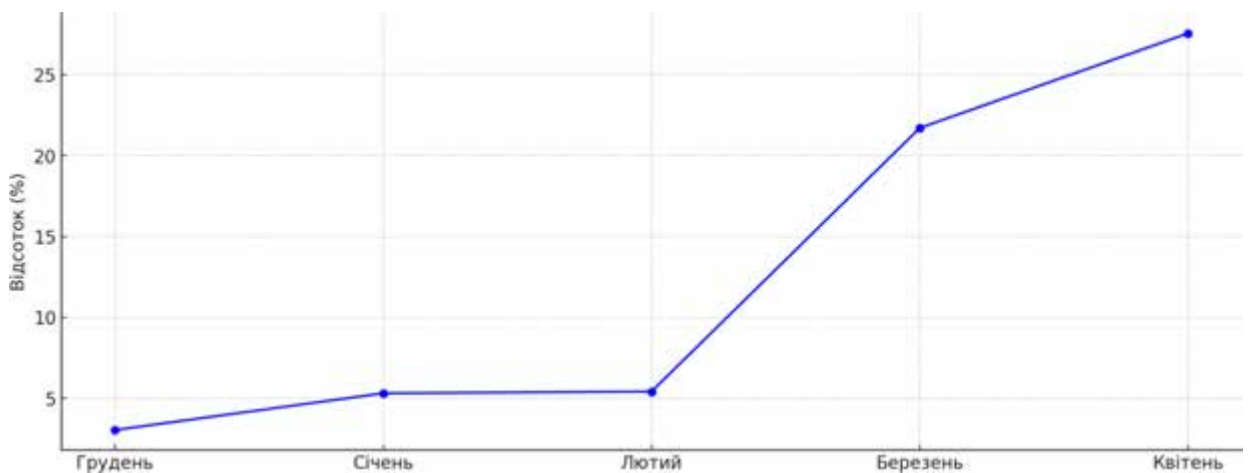


Рис. 4.10. Частка покриття споживаної енергії з СЕС

Графік, зображений на рис. 4.10, ілюструє зміну частки споживання електроенергії, яка покривається саме за рахунок ФЕС. Він дає змогу відстежити динаміку використання сонячної енергії у відсотковому вираженні — це зручно для розуміння сезонних коливань, впливу погодних умов, а також для прогнозування рівня енергетичної незалежності в майбутньому. Наприклад, різке зростання у весняні місяці може свідчити про доцільність збільшення резервів або розширення можливостей використання цієї енергії.

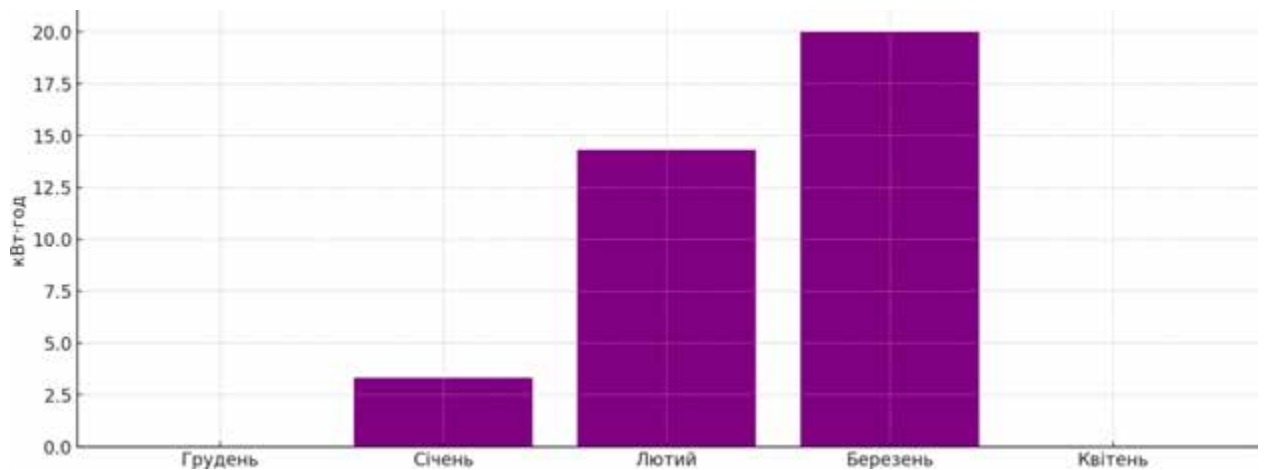


Рис. 4.10. Надлишок/Дефіцит енергії ФЕС

Графік, зображений на рис. 4.11, показує надлишок або дефіцит енергії, тобто різницю між обсягом енергії, яку виробила ФЕС, та тим, що було фактично використано. На цьому графіку видно, в яких місяцях станція виробляє більше, ніж потрібно об'єкту (надлишок), і коли, навпаки, генерації не вистачає (дефіцит). Ця інформація корисна для стратегічного планування: можна прийняти рішення про встановлення акумулюючих систем, продаж надлишкової енергії до мережі або ж про необхідність підключення додаткових джерел у періоди високого дефіциту.

Висновок до розділу 4

На основі аналізу середньодобових графіків та погодинного профілю генерації встановлено, що активна фаза роботи ФЕС припадає переважно на денний період доби — з 12:00 до 15:00, коли система може покривати до 40% добової потреби АЗК в електроенергії. Утім, через сезонні коливання інтенсивності сонячного випромінювання та обмежений світловий день у зимові місяці рівень покриття енергоспоживання значно знижується. У грудні, січні та лютому частка енергії, що постачається від ФЕС, не перевищує 6%, тоді як у березні та квітні вона зростає до 21,7% і 27,6% відповідно.

Особливо важливим є виявлений факт утворення надлишкової енергії у весняні місяці, що свідчить про потенціал для її зберігання або комерційного використання. Така ситуація відкриває перспективи впровадження акумуляційних систем або програм компенсації з боку електромережі. У той же час, наявність періодів дефіциту підкреслює необхідність збереження підключення до централізованої мережі або розробки комбінованих систем енергопостачання.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВСТАНОВЛЕНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ

Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) та розрахунок для сонячної електростанції є комплексом аналітичних матеріалів, які відображають вартість реалізації проєкту та його інвестиційну доцільність. Такі документи створюються виключно під конкретне замовлення з урахуванням усіх технічних, економічних і територіальних особливостей проєкту.

ТЕО зазвичай розробляється для масштабних інвестицій у великі сонячні електростанції та включає розгорнуту інформацію, необхідну для ухвалення стратегічних рішень. У той час як техніко-економічні розрахунки користуються найбільшим попитом і містять:

- обґрунтування запланованої встановленої потужності електростанції;
- аналіз та вибір технічного обладнання, яке буде задіяне в будівництві;
- фінансову модель із прогнозами виробництва електроенергії, витратами на будівництво, експлуатацію та технічне обслуговування;
- перелік необхідної супровідної документації — технічні паспорти, сертифікати відповідності тощо.

5.1 Складова оцінка інвестиційних витрат

Оцінювання інвестиційних витрат — це процес визначення та аналізу всіх фінансових ресурсів, необхідних для реалізації інвестиційного проєкту. Він охоплює розрахунок вартості основного обладнання, матеріалів, проектних та будівельно-монтажних робіт, а також інших ключових елементів. Такий підхід дає змогу сформулювати повне уявлення про фінансові потреби проєкту, оцінити його прибутковість та економічну доцільність.



У випадку будівництва сонячної електростанції, аналіз інвестиційних витрат включає витрати на розробку проєктної документації, будівельні роботи, придбання сонячних модулів, інверторів, металевих конструкцій, виконання монтажу, підготовчих заходів та пусконаладжувальних робіт. Проведення такого аналізу є основою для точного бюджетного планування та оцінки економічної ефективності проєкту.

Таблиця 5.1.

Номенклатура та вартість використаних обладнання та матеріалів

№	Найменування	Од. ви м іру	Кільк і сть	Ціна,грн
1	Trina Solar TSM-DE19R 575W	шт.	70	4684.9
2	HUAWEI SUN2000-50KTL-M3	шт	1	134.532
3	Smart Wi-Fi Dongle	шт	1	3.150
4	Кабель силовий ПВЗнгд-1х35	м	26	9.150
5	Конектор для сонячних панелей MC4(+ -)	шт	12	1.130
6	KBE Solar	м	550	23.650
7	Трансформатори струму 400/5	шт	3	7.350
8	Блок розподільчий 100А	шт	4	2.938
9	Smart Meter	шт	1	8.134
10	Автоматичний вимикач 4-ох полюсний С100 А	шт	1	8.936
11	Автоматичний вимикач 4-ох полюсний С6 А	шт	1	1.937
12	Шина заземлююча	шт	1	169.00
13	Верхня балка поперечна	шт	206	39.432
14	Нижня балка поперечна	шт	206	38.356
15	Опорна стійка (15 °)	шт	103	27.297
16	Опорна стійка (20 °)	шт	103	24.528



Продовження Табл. 5.1.

17	Розкіс	шт	53	18.432
18	З'єднувач	шт	27	3.659
19	Блок баластний 200х200х80мм	шт	288	19.358
20	Електромотажна гофрована труба Ø32 мм	м	120	1.563
21	Болт М8	шт	2222	4.523
22	Гайка М8	шт	2222	2.987
23	Заклепка М4	шт	769	3.851
24	Електромотажна гофрована труба Ø50 мм	м	25	939
25	Турбогвинт	шт	288	11.232
26	Загалом			401 917

З урахуванням даних із відкритих джерел, орієнтовна вартість монтажних та пусконаладжувальних робіт у Києві становить близько 3000–5000 грн. Виходячи з цього, можна розрахувати приблизну вартість виконання відповідних робіт для запроєктованої сонячної електростанції.

$$40,25 \times 4300 = 173\,075 \quad (5.1)$$

грн

Логістичні втрати для СЕС 40,25 кВт
будуть становити орієнтовно 20000

Загалом всі витрати :

$$\begin{aligned} &173\,075 + 401 \\ &917 + 20\,000 = 594 \\ &992 \end{aligned}$$

(5.2)

Вартість матеріалів, обладнання та електромотажних робіт для будівництва сонячної електростанції може суттєво варіюватися залежно від

регіональних особливостей, масштабів проекту, вибору постачальників, а також рівня складності виконання монтажних робіт.

5.2 Розрахунок терміну окупності інвестицій

Період окупності інвестицій у будівництво сонячної електростанції визначається як співвідношення загального обсягу вкладених коштів до щорічного прибутку, отриманого від виробленої електроенергії. На першому етапі обраховуються всі витрати, пов'язані з проєктуванням, закупівлею обладнання, монтажем та запуском станції. Далі визначається середнє річне виробництво електроенергії та відповідний прибуток або економія — залежно від того, чи використовується електроенергія для власних потреб, чи реалізується на ринку.

Період окупності розраховується шляхом поділу загальної суми інвестицій на річний дохід від роботи електростанції.

Вартість електроенергії для підприємств в Україні варіюється залежно від умов договору та коливань на ринку. Наприклад, на ринку «на добу наперед» (РДН) середні ціни становлять близько 6,6 грн/кВт·год у нічний час і можуть досягати до 10 грн/кВт·год у години пікового споживання — з 17:00 до 23:00.

Загальна номінальна потужність сонячної електростанції складає 40,25 кВт. Для оцінки середньорічного обсягу виробництва електроенергії в умовах Києва з такою потужністю, можна скористатися спеціальною формулою, яка враховує регіональні кліматичні умови, інсоляцію та коефіцієнт ефективності системи.

$$E_{річн} = P_{ном} \cdot G_{інсол} \cdot \eta , \quad (5.3)$$



де $E_{річн}$ - річне виробництво електроенергії (кВт·год); $P_{ном}$ - номінальна потужність СЕС (кВт); $G_{інсол}$ — середня річна інсоляція для м.Києва (кВт·год/м² на рік); η - загальний коефіцієнт ефективності системи (враховує втрати, зазвичай 0,75–0,85).

Згідно з кліматичними дослідженнями, середній річний рівень сонячної інсоляції в Києві становить орієнтовно 1 200–1 300 кВт·год на квадратний метр.

Виходячи з цих показників, можна розрахувати орієнтовне мінімальне щорічне виробництво електроенергії сонячною електростанцією.

$$E_{річн} = 42,25 \times 1200 \times 0,85 = 43,095 \text{ Мвт/год} \quad (5.4)$$

Щорічна економія на споживанні електроенергії при середньому тарифі близько 8 грн/кВт·год, з урахуванням постійного зростання цін для комерційного сектору, становитиме приблизно:

$$43095 \text{ кВт·год} \cdot 8,3 \text{ грн/кВт·год} = 344 \text{ 760 грн}$$

(5.5) Розрахунок окупності станції :

$$T = \text{Загальна вартість} / \text{Річна економія}$$

$$(5.6) T = 594 \text{ 992} : 344 \text{ 760} = 1,7 \text{ роки}$$

Висновок до розділу 5

Виконані розрахунки свідчать про доцільність впровадження сонячної електростанції для забезпечення енергопотреб автозаправного комплексу в місті Києві. Такий підхід дозволяє ефективно скоротити витрати на електроенергію. Станція вартістю 594 992 грн, із прогнозованим щорічним виробленням 42,25 тис. кВт·год, забезпечує економію в розмірі близько 344 760 грн на рік. За таких умов інвестиції окупаються приблизно за 1,7 роки.



РОЗДІЛ 6

ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ ДАХОВОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

6.1. Охорона праці та пожежна безпека

Заходи з охорони праці при експлуатації об'єкта будівництва, а також при проведенні будівельно-монтажних робіт передбачаються з урахуванням вимог наступних нормативних документів:

- Закон України "Про охорону праці";
- ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві"; - Закон України "Про пожежну безпеку";
- «Правил улаштування електроустановок»
- "Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів";
- НПАОП 40.1-1.21-98 "Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів".

6.2. Заходи щодо забезпечення безпеки процесів

Для створення і дотримання безпечних та не шкідливих умов праці при експлуатації і ремонті мереж і устаткування необхідно керуватися вимогами НПАОП 40.1-1.21-98, НПАОП40.1-1.07-01, а при виконанні окремих видів робіт, що не є специфічними для електротехнічного персоналу вимогами міжгалузевих нормативних актів про охорону праці. До експлуатації устаткування допускається лише спеціально вивчений і підготовлений штат електротехнічного персоналу, забезпечений всіма необхідними засобами і устаткуванням для виконання ремонтних робіт. Для забезпечення охорони праці та техніки безпеки проектом передбачається:

- використання технічно досконалого обладнання;
- розміщення відкритих струмоведучих частин устаткування, ошиновки і проводів забезпеченням нормованих ПУЕ відстаней;
- розміщення устаткування, що забезпечує його вільне обслуговування;
- улаштування заземлюючих пристроїв елементів електроустановок з нормованою величиною опору та конструкцією, що відповідає вимогам ПУЕ;
- автоматичного відключення устаткування при виникненні нештатних і аварійних ситуацій;
- прокладка кабелів на нормовану глибину в землі;
- захист кабельних ліній від механічних пошкоджень (ПВХ труба/короб);
- використання для будівельно-монтажних робіт і механізмів, в конструкції яких закладені принципи охорони праці;
- високий рівень механізації будівельно-монтажних робіт; - виконання будівельно-монтажних робіт згідно з типовими технологічними картами; - для забезпечення охорони праці і техніки безпеки необхідно щоб будівельні, монтажні і налагоджувальні роботи та експлуатація електроустановок виконувалися з дотриманням вимог діючих норм. При роботі в діючій електроустановці персоналу електромонтажних організацій заборонено виконувати роботи без зняття напруги поблизу струмоведучих частині на струмоведучих частинах, що знаходяться під напругою.

6.3. Охорона праці та виробнича санітарія

Передбачено реалізацію комплексу заходів, спрямованих на забезпечення безпеки працівників та запобігання виробничим травмам відповідно до чинних нормативно-правових актів. Основними документами, якими повинні користуватись працівники під час виконання своїх обов'язків, є:

- затверджений робочий проєкт;

- інструкції з охорони праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки;
- технічна документація на обладнання;
- посадові інструкції.

У ході експлуатації забороняється:

- перевищення допустимих навантажень на обладнання понад визначені паспортом і проектом;
- порушення працівниками правил технічної експлуатації обладнання, вимог охорони праці та пожежної безпеки.

Керівництво підприємства зобов'язане призначити відповідального за дотримання правил техніки безпеки під час експлуатації об'єкта.

У період експлуатації необхідно забезпечити регулярний контроль за технічним станом обладнання, а також своєчасне виявлення потенційно небезпечних або шкідливих факторів, які можуть виникати в процесі роботи.

З метою профілактики професійних захворювань персонал повинен проходити медичні огляди — як первинні, так і періодичні — відповідно до встановлених норм.

Працівників слід забезпечити спецодягом та засобами індивідуального захисту згідно з чинними стандартами.

Для забезпечення безпеки під час виконання робіт необхідно дотримуватися таких вимог:

- перед початком робіт обов'язкове проведення інструктажу;
- встановлення знаків безпеки відповідно до правил ПТЕЕС;
- зняття напруги в зоні виконання робіт та заземлення електроустановок;
- при виконанні висотних робіт мають бути вжиті заходи, що унеможливають падіння людей чи предметів (відповідно до наказу №62 від 27.03.2007 р. про затвердження правил охорони праці під час виконання робіт на висоті).

6.4. Електробезпека

Апаратура, повинна експлуатуватись відповідно до паспортних параметрів номінального струму та напруги. У процесі роботи необхідно постійно здійснювати контроль за станом контактних з'єднань, ізоляцією арматури, характером шуму під час роботи обладнання, відсутністю слідів електричної дуги чи оплавлення струмопровідних шин, опором ізоляції електрощитового обладнання та силових мереж, а також за правильністю підключення нульових і заземлювальних провідників.

Забезпечення безпечної експлуатації силового електрообладнання та систем освітлення досягається шляхом вибору відповідного типу електроустаткування, апаратури та електромереж.

Обслуговування й виконання ремонтних робіт електрообладнання та електромереж покладається на кваліфікований персонал ремонтних служб.

Виконання електромонтажних робіт повинно здійснюватися відповідно до чинних будівельних норм, зокрема СНіП 3.05.06-85, Правил улаштування електроустановок (ПВЕ), з обов'язковим дотриманням вимог охорони праці та техніки безпеки. Окрім заходів, передбачених проектною документацією, необхідно розробити додаткові інструкції з безпеки праці, які враховуватимуть специфіку виконуваних робіт та їхні особливості згідно з нормативними вимогами.

6.5. Протипожежні заходи

Проектоване електрообладнання, розміщене на території підприємства, належить до II категорії згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016. У конструкції не передбачено протипожежний водогін, пожежні резервуари та системи автоматичного пожежогасіння.



Передбачено низку заходів для запобігання виникненню пожеж і вибухів, зокрема:

- автоматичне вимкнення окремих елементів електромереж у разі короткого замикання за допомогою релейного захисту;
- розміщення обладнання в трансформаторній підстанції з дотриманням нормативних відстаней згідно з ПУЕ між струмопровідними частинами та обладнанням, яке містить масло;
- прокладання кабельних ліній у ґрунті;
- використання для монтажу кабельних трас конструкцій з негорючих матеріалів;
- виконання з'єднань і відгалужень кабелів методом опресування, зварювання або із застосуванням спеціальних затискачів з метою зменшення перехідного опору та підвищення пожежної безпеки;
- заземлення обладнання відповідно до вимог ПУЕ;
- наявність первинних засобів пожежогасіння на трансформаторних підстанціях відповідно до правил пожежної безпеки в енергетичних підприємствах України;
- встановлення пояснювальних знаків згідно з ДСТУ ISO 6309:2007, що вказують розташування вогнегасників та інших засобів пожежогасіння;
- забезпечення доступу пожежного транспорту до об'єкта;
- реалізація заходів пожежної безпеки шляхом застосування вогнетривких матеріалів, організації заземлення, автоматичного відключення короткозамкнених струмів, дотримання стандартних відстаней і використання відповідних ізоляційних матеріалів.

6.6. Засоби ліквідації пожежі

Пожежні щити (стенди) та обладнання для гасіння пожеж наявні та розташовані на території підприємства.

6.7. Оцінка можливості виникнення та розвиток аварійних ситуацій

На території, де розміщується сонячна електростанція, можуть виникати лише локальні надзвичайні ситуації, які не поширюються за межі майданчика. Потенційно можливі НС, пов'язані з несправностями у комунікаціях або технологічному обладнанні.

Висновок до розділу 6

Викладено лаконічний перелік заходів з охорони праці, електробезпеки та пожежної безпеки на АЗК із ФЕС, побудований на вимогах ЗУ «Про охорону праці» й «Про пожежну безпеку», ДБН, ПУЕ, НПАОП і СНіП. Передбачено допуск до робіт лише кваліфікованого персоналу, застосування захисного обладнання (TN-S заземлення, блискавкоприймачі, автоматичне відключення, захист кабелів), регулярні інструктажі та медогляди, а також наявність первинних засобів пожежогасіння та пожежних щитів для своєчасного запобігання аварійним і пожежним ситуаціям.

ВИСНОВКИ

1. Сучасний розвиток ВДЕ для будівельних об'єктів в Україні характеризується значним технічним потенціалом і рядом технологічних інновацій, але гальмується економічними та інституційними бар'єрами. Подальший прорив можливий за умов активізації державної підтримки, адаптації тарифної політики, впровадження передових систем автоматизації й акумуляції, а також комплексного підходу до інтеграції ВДЕ в інженерні та архітектурні рішення будівель.

2. Ґрунтовне обстеження покрівельних конструкцій, відповідність нормам та повний перелік вихідних даних (клімат, матеріали, статична схема, електромережа, технічний стан) створюють об'єктивну основу для успішного проєктування та монтажу дахової ФЕС потужністю 40,25 кВт, що забезпечить підвищення енергоефективності й часткову енергонезалежність комплексу.

3. Монокристалічні панелі Trina Solar TSM-DE19R 575 Вт встановлені на алюмінієвих каркасах під кутами 15° і 20° та стрінгово з'єднані для подачі постійного струму на інвертор HUAWEI SUN2000-50KTL-M3 (50 кВт), який перетворює його в трифазний 0,4 кВ/50 Гц із THD < 3 %, регулює реактивну потужність, захищає від перенапруг і автоматично відключається за ДСТУ EN 50160. Живлення передається мідними кабелями ПВЗ нгд у лотках і гофротрубах, заземлення — через TN-S і блискавкоприймальні мачти. Облік здійснює лічильник Huawei DTSU666-HW із трансформаторами струму, а релейний захист відключає станцію за 2 с при аварії. Моніторинг ведеться через RS485, Ethernet/WLAN і 4G із веб-інтерфейсом Huawei.

4. На основі аналізу середньодобових графіків та погодинного профілю генерації встановлено, що активна фаза роботи ФЕС припадає переважно на денний період доби — з 12:00 до 15:00, коли система може покривати до 40% добової потреби АЗК в електроенергії. Утім, через сезонні коливання

інтенсивності сонячного випромінювання та обмежений світловий день у зимові місяці рівень покриття енергоспоживання значно знижується. У грудні, січні та лютому частка енергії, що постачається від ФЕС, не перевищує 6%, тоді як у березні та квітні вона зростає до 21,7% і 27,6% відповідно.

Особливо важливим є виявлений факт утворення надлишкової енергії у весняні місяці, що свідчить про потенціал для її зберігання або комерційного використання. Така ситуація відкриває перспективи впровадження акумуляційних систем або програм компенсації з боку електромережі. У той же час, наявність періодів дефіциту підкреслює необхідність збереження підключення до централізованої мережі або розробки комбінованих систем енергопостачання.

5. Виконані розрахунки свідчать про доцільність впровадження сонячної електростанції для забезпечення енергопотреб автозаправного комплексу в місті Києві. Такий підхід дозволяє ефективно скоротити витрати на електроенергію. Станція вартістю 594 992 грн, із прогнозованим щорічним виробленням 42,25 тис. кВт·год, забезпечує економію в розмірі близько 344 760 грн на рік. За таких умов інвестиції окупаються приблизно за 1,7 роки.

6. Викладено лаконічний перелік заходів з охорони праці, електробезпеки та пожежної безпеки на АЗК із ФЕС, побудований на вимогах ЗУ «Про охорону праці» й «Про пожежну безпеку», ДБН, ПУЕ, НПАОП і СНіП. Передбачено допуск до робіт лише кваліфікованого персоналу, застосування захисного обладнання (TN-S заземлення, блискавкоприймачі, автоматичне відключення, захист кабелів), регулярні інструктажі та медогляди, а також наявність первинних засобів пожежогасіння та пожежних щитів для своєчасного запобігання аварійним і пожежним ситуаціям.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України "Про альтернативні джерела енергії". Відомості Верховної Ради України, 2003, № 24, ст. 155. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15> (дата звернення: 12.02.2025).
2. Закон України "Про ринок електричної енергії". Відомості Верховної Ради України, 2017, № 27-28, ст. 312. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19> (дата звернення: 12.02.2025).
3. Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2030 року. Міністерство енергетики України. URL: <https://mre.kmu.gov.ua/> (дата звернення: 12.02.2025).
4. ДБН В.2.5-77:2014. Електропостачання зовнішнє та внутрішнє: Державні будівельні норми України. Київ: Мінрегіонбуд України, 2014. URL: <https://dbn.co.ua/> (дата звернення: 12.02.2025).
5. ДСТУ EN 62446-1:2018. Системи фотоелектричні. Вимоги до перевірки, документації та обслуговування систем: Національний стандарт України. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. URL: <https://uas.org.ua> (дата звернення: 12.02.2025).
6. ДСТУ Б В.2.7-82-98. Розміщення і монтаж сонячних батарей: Національний стандарт України. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 1998. URL: <https://uas.org.ua> (дата звернення: 12.02.2025).
7. Порядок приєднання електроустановок до мереж. НКРЕКП України. Київ, 2019. URL: <https://www.nerc.gov.ua/> (дата звернення: 12.02.2025).
8. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування: Національний стандарт України. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. URL: <https://uas.org.ua> (дата звернення: 12.02.2025).

9. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища". Відомості Верховної Ради України, 1991, № 41, ст. 546. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 12.02.2025).
10. Правила безпеки при роботі з електроустановками. Державна служба України з питань праці. Київ: Держпраці, 2020. URL: <https://dsp.gov.ua/> (дата звернення: 12.02.2025).
11. Перспективи застосування відновлювальних джерел енергії для теплопостачання громадських і житлових будівель в Україні / Д. Г. Дерев'яно, Н. Г. Беспала, І. І. Богойко, А. О. Колодяжна // Енергетика: економіка, технології, екологія : науковий журнал. – 2022. – № 2. – С. 41-47.
12. Бойко В. В. Сонячна енергетика: принципи, технології, перспективи. Київ: Наукова думка, 2020. 315 с.
13. Мартинюк Л. Г. Сонячні електростанції: технічні аспекти і прикладні рішення. Львів: Вид-во ЛНУ, 2021. 405 с.
14. Дроздова О. А. Енергетична ефективність відновлюваних джерел енергії. Київ: Інститут енергетики, 2018. 374 с.
15. Соловей П. С. Сонячні енергосистеми та їх застосування. Одеса: ОНУ, 2017. 289 с.
16. Тихонов М. Ю. Ефективність сонячних електростанцій в умовах України. *Енергетика та промисловість України*. 2021. № 4. С. 45–52.
17. Коломієць І. В., Литвин О.С. Впровадження сонячних електростанцій для промислових підприємств. *Технічні науки*. 2019. Т. 28, № 3. С. 67–74.
18. Сімоненко Г. М., Карпенко Л. В. Аналіз економічної ефективності сонячних електростанцій на АЗК. *Економіка та екологія*. 2020. № 1. С. 101–109.
19. Шевчук Н. О., Бойко В. І. Інноваційні рішення для відновлюваної енергетики в Україні. *Відновлювана енергетика*. 2021. Т. 32, № 5. С. 37–44.



20. Орлов Р. В., Гриценко Т. П. Сонячні батареї: принципи роботи та ефективність. *Науковий вісник*. 2020. № 2. С. 12–19.
21. Кравченко А. Ю. Основи сонячної енергетики. Київ: Вища школа, 2019. 512 с.
22. Іванов О. Д. Енергозберігаючі технології: навчальний посібник. Харків: Університетська книга, 2020. 398 с.
23. Морозов В. М. Економіка енергетичних систем. Львів: Національний університет, 2018. 427 с.
24. Долгов С. С. Альтернативна енергетика: навчальний посібник. Одеса: ОНУ, 2021. 380 с.
25. Черненко Т. Ю., Ковальчук М. М. Відновлювані джерела енергії: підручник. Вінниця: ВНТУ, 2019. 456 с.
26. Литовченко Ю. Б., Мироненко І. Г. Інтеграція сонячних електростанцій в мережеву інфраструктуру. *Відновлювана енергетика України*. 2018. Т. 26, № 3. С. 55–63.
27. Гончаренко П. В. Аналіз сучасних методів підвищення ефективності сонячних електростанцій. *Технічні інновації*. 2019. № 6. С. 34–41.
28. Масловський Н. Р., Ликтей В. В. Дослідження впливу відновлювальних джерел енергії на загальний баланс енергоспоживання будівлею ЗВО. *Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування»*. Київ: НУБіП України, 6-7 листопада 2024 р. С. 98.
29. Петренко А. В., Кругляк Г. В., Ликтей В. В. Лабораторний зразок для експериментального дослідження режимних параметрів існуючих установок з акумуляторними батареями, інвертором напруги та фотоелектричними сонячними перетворювачами. *Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування»*, Київ: НУБіП України, 6-7 листопада 2024 р. – С. 85-86.

30. Бойко М. В., Кравченко П. О. Економічна ефективність відновлюваних джерел енергії: методи та моделі. *Економіка та управління в енергетиці*. 2020. Т. 34, № 2. С. 47–55.
31. Іванченко О. І., Матвієнко Ю. С. Оцінка окупності сонячних електростанцій для промислових підприємств. *Відновлювана енергетика України*. 2019. № 1. С. 23–30.
32. Литвиненко С. В., Гаврилюк В. І. Аналіз інвестиційної привабливості СЕС в умовах українського енергетичного ринку. *Інвестиції: практика та досвід*. 2021. № 5. С. 14–22.
33. Ковальчук Д. М., Данилюк Л. П. Визначення окупності сонячних енергетичних систем у комерційному секторі. *Наукові праці НТУУ «КПІ»*. 2020. – Т. 36, № 4. С. 102–109.
34. Петренко І. О. Оцінка вартості встановлення сонячних панелей та її вплив на термін окупності. *Проблеми економіки*. 2018. № 3. С. 59–66.
35. Гринь Ю. В. Методи розрахунку економічної доцільності встановлення сонячної електростанції на комерційних об'єктах. *Економічний вісник*. 2019. № 8. С. 75–82.
36. Сидоренко П. С., Василенко М. Л. Відновлювана енергетика та окупність інвестицій у СЕС: український досвід. *Екологічна безпека та енергетика*. 2021. Т. 28, № 2. С. 31–39.
37. Козлов Т. П., Смирнова О. А. Моделювання терміну окупності сонячних енергетичних установок для малих підприємств. *Управління розвитком*. 2020. № 4. С. 20–28.
38. Поліщук М. М. Вплив фінансових факторів на окупність сонячних електростанцій. *Фінанси України*. 2019. № 7. С. 84–91.
39. Кравченко В. Л. Методика розрахунку терміну окупності інвестицій в сонячні електростанції з урахуванням кліматичних особливостей. *Східноєвропейський журнал економічних досліджень*. 2018. № 5. С. 54–61.

Фотоелектричний модуль Trina Solar TSM-DE19R 575W

Mono
Multi
Solutions



ДВОСТОРОННЯ З ПОДВІЙНИМ СКЛОМ МОНОКРИСТАЛІЧНА ПАНЕЛЬ

МОДЕЛЬ: TSM-DEG19RC.20
ПОТУЖНІСТЬ: 560-580W

580W

МАКСИМАЛЬНА ВИХІДНА ПОТУЖНІСТЬ

0~+5W

ПОЗИТИВНИЙ ДОПУСК

21.5%

МАКСИМАЛЬНА ЕФЕКТИВНІСТЬ



Висока споживча цінність

- Низька LCOE (збалансована вартість енергії), низька вартість BOS (баланс системи), короткий час окупності
- Найвища знеживча потужність в 1-й рік та в наступні роки
- Розроблено для сумісності з усім основним існуючим обладнанням
- Вища рентабельність інвестицій

Висока потужність до 580W

- Ефективність панелі до 21.5% з технологією високої щільності з'єднання
- Технологія кількох шин для кращого ефекту уловлювання світла, низький опір і покращений струмообіг

Висока надійність

- Мінімізація мікротріщин завдяки інноваційній технології неруйнівного різання
- Забезпечено самовідновлення (PID) через контроль комірки та матеріалу модуля
- Стійкість до агресивних середовищ (сілік, аміак, пісок, висока температура та вологість)
- Механічна стійкість до 5400 Pa позитивного навантаження та 2400 Pa негативного навантаження

Високий вихід енергії

- Модифікатор змінного кута падіння (IAM) та низька відбиваюча властивість, підтверджена 3-ми сторонами
- Унікальна конструкція забезпечує оптимізоване виробництво енергії в умовах затінення міжряд
- Низький температурний коефіцієнт (-0.34%) та робоча температура
- До 25% додаткового приросту потужності від задньої сторони в залежності від відбиваючої властивості поверхні

Гарантія Vertex Bifacial Dual Glass Performance від Trina Solar



The graph shows the performance ratio (Y-axis, 97% to 103%) decreasing as temperature (X-axis, 0 to 30) increases. The performance ratio starts at 103.00% at 0°C and drops to 94.95% at 30°C.

Комплексні сертифікати продуктів і систем








©(03)215/REC61730/REC51701/REC6271E
 ISO 9001: Quality Management System
 ISO 14001: Environmental Management System
 ISO 4064: Greenhouse Gases Emissions Verification
 ISO 45001: Occupational Health and Safety Management System



Рис. А.1. Технічні характеристики фотоелектричних модулів Trina Solar TSM-DE19R 575W