

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

УДК 621.311.243

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
В.о. завідувача кафедри
інженерії енергосистем

_____ /Каплун В.В./
(підпис)

_____ /Антипов Є.О./
(підпис)

« _____ » _____ 2024 р.

« _____ » _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **«Обґрунтування доцільності встановлення сонячної електростанції для забезпечення безперерійного електропостачання автозаправного комплексу»**

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

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(назва)

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

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Усенко С.М.
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Макаревич С.С.
(ПІБ)

К.Т.Н., ст.викладач
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Ликтей В.В.
(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

Бабій В.Ю.
(ПІБ)

КИЇВ – 2024

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри
інженерії енергосистем
к.т.н доцент Антипов Є.О.
(ступінь, звання) (підпис) (ПІБ)
« » 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

Бабію Владиславу Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(назва)

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

Тема магістерської роботи «Обґрунтування доцільності встановлення сонячної електростанції для забезпечення безперебійного електропостачання автозаправного комплексу» затверджена наказом ректора Національного університету біоресурсів і природокористування України від 26.09.2024р. р. № 1666 «С»
Термін подання завершеної роботи на кафедру 18.11.2024р.
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи енергетичні потреби автозаправного комплексу, кліматичні умови, інсоляція протягом року, нормативні акти та правила встановлення та експлуатації сонячних електростанцій.

Перелік питань, що підлягають дослідженню: 1. Теоретичні основи використання сонячної енергії; 2. Аналіз можливостей встановлення сонячної електростанції; 3. Архітектурно-будівельні та електротехнічні рішення; 4. Техніко-економічна ефективність; 5. Заходи з охорони праці та безпеки при реалізації проекту сонячної електростанції на автозаправному комплексі

Перелік графічного матеріалу: презентація в програмному забезпеченні MS Power Point

Дата видачі завдання «01» лютого 2024 р.

<p>Керівник магістерської роботи _____ (підпис)</p>	<p><u>Макаревич С.С.</u> (ПІБ)</p>
<p>_____ (підпис)</p>	<p><u>Ликтей В.В.</u> (ПІБ)</p>
<p>Завдання прийняв до виконання _____ (підпис)</p>	<p><u>Бабій В.Ю.</u> (ПІБ)</p>

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається з 5 розділів, висновку та списку використаних джерел. Робота містить 69 сторінок, налічує 19 рисунків, 7 таблиць, а також 5 додатків.

У даній роботі проаналізовано енергетичні потреби автозаправного комплексу по вул. Жуковського, 22 у м. Києві та обґрунтовано доцільність встановлення сонячної електростанції для забезпечення його безперебійного електропостачання. Проведено розрахунок та підбір обладнання мережевої СЕС під ВС потужністю 63,8 кВт. Для перетворення сонячного випромінювання в електроенергію постійного струму передбачено встановлення фотоелектричних модулів (ФЕМ) типу Tiger Pro 72HC 545W виробництва "Jinko Solar", модулі - монокристалічні. Розміщення ФЕМ відповідає розробленій у програмі HELIOSCOPE моделі. Передбачена установка інвертора постійного струму в змінний, виробництва «HUAWEI» моделі SUN2000-50KTL-M3 (380V). Від інвертора генерована потужність силовими проводами ПВЗ-нгд передається через проєктований щит силової комутації ЩСк-ФЕС (АС BOX) до головного вводного розподільчого щита 0,4 кВ (ВРЩ) автозаправного комплексу. Зробивши заміри будівлі та визначившись з розміщенням панелей у середовищі AutoCAD спроектовано план розташування фотоелектричних модулів для кожного даху окремо. Все запроектоване комутаційне, вимірювальне і перетворювальне обладнання встановлюється в приміщенні електрощитової будівлі АЗК. Був розрахований термін окупності даної СЕС, що склав 2,3 років. У висновку наведено основні результати, отримані в ході виконання магістерської роботи.

Брав участь у XI Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування», що підтверджується публікацією тез доповіді у збірнику матеріалів конференції.

Ключові слова та поняття: сонячна електростанція, енергоефективність, безперебійне електропостачання, система резервного живлення.

ABSTRACT

The master's thesis consists of five chapters, a conclusion, and a list of references. The work includes 69 pages, 19 figures, 7 tables, and 5 appendices.

This thesis analyzes the energy needs of the gas station complex located at 22 Zhukovskiy Street, Kyiv, and justifies the feasibility of installing a solar power plant to ensure uninterrupted power supply. The design and selection of equipment for a 63.8 kW grid-connected solar power system were conducted. To convert solar radiation into direct current electricity, the installation of monocrystalline photovoltaic modules (PV) of the Tiger Pro 72HC 545W type by "Jinko Solar" is proposed. The placement of the PV modules corresponds to a model developed using the HELIOSCOPE software. The project includes the installation of a direct current-to-alternating current inverter, the HUAWEI SUN2000-50KTL-M3 (380V) model. Generated power is transmitted from the inverter using PV3-ngd cables through the designed AC Box to the main distribution board (MDB) of the gas station complex at 0.4 kV.

After measuring the building and determining the placement of the panels in the AutoCAD environment, a layout plan for the photovoltaic modules was designed for each roof separately. All designed switching, measuring, and conversion equipment is installed in the electrical switchboard room of the gas station complex. The payback period of the solar power system was calculated to be 2.3 years.

The conclusion summarizes the key results obtained during the master's thesis. Participation in the XI International Scientific and Technical Conference "Problems of Modern Energy and Automation in the System of Environmental Management" is confirmed by the publication of thesis abstracts in the conference proceedings.

Keywords and concepts: solar power plant, energy efficiency, uninterrupted power supply, backup power system.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	10
1.1. Сонячна енергетика	10
1.2. Умови ефективної роботи СЕС	12
1.3. Принцип роботи сонячних електростанцій	13
1.4. Фактори що впливають на продуктивність сонячних електростанцій	14
1.5. Економічна та екологічна доцільність використання сонячної енергії	15
1.6. Мережеві інвертори	17
1.7. SmartMeter та EnCombi Controller	20
1.8. Продуктивність сонячної електростанції	22
Висновок до розділу 1	23
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	24
2.1. Загальна характеристика об'єкта, опис технологічного процесу та обладнання	24
2.2. Енергетичні потреби автозаправного комплексу	25
2.3. Розрахунок необхідної потужності сонячної електростанції	27
Висновок до розділу 2	28
РОЗДІЛ 4. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНІ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ	29
3.1. Фотоелектричні модулі та інверторне обладнання	29
3.2. Вибір місця для встановлення сонячних панелей	32

	6
3.3. Розміщення та орієнтація сонячних панелей	34
3.4. Вибір матеріалів та конструкцій для кріплення панелей	35
3.5. Інженерні системи сонячної електростанції	40
Висновок до розділу 3	49
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	50
4.1. Оцінка складових інвестиційних витрат	50
4.2. Розрахунок періоду окупності інвестицій	52
Висновок до розділу 4	54
РОЗДІЛ 5. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА АВТОЗАПРАВНОМУ КОМПЛЕКСІ	55
5.1. Аналіз потенційних ризиків та управління безпекою	55
5.2. Організація монтажних робіт та вимоги до засобів індивідуального захисту	55
5.3. Електробезпека при встановленні та експлуатації сонячних електростанцій	56
5.4. Пожежна безпека та екологічні аспекти експлуатації сонячних електростанцій	57
Висновок до розділу 5	59
ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61
ДОДАТКИ	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АЗК – автозаправний комплекс;

СЕС – сонячна електростанція;

ФЕМ – фотоелектричні модулі;

ВС – власне споживання;

АКБ – акумуляторна батарея

ККД – коефіцієнт корисної дії

ВСТУП

В умовах сучасної енергетичної кризи в Україні, питання стабільності електропостачання набуло критичного значення. Часті відключення електроенергії, пошкодження енергомереж та дефіцит енергоресурсів створюють серйозні проблеми для функціонування підприємств, зокрема, таких важливих об'єктів, як автозаправні комплекси, які повинні працювати безперервно. Це особливо актуально в контексті підтримання життєво необхідних логістичних ланцюгів для постачання палива.

У таких умовах встановлення автономних джерел енергії, зокрема сонячних електростанцій, стає не тільки економічно виправданим, але й стратегічно важливим для забезпечення безперебійного функціонування об'єктів критичної інфраструктури. Сонячна енергетика, як одна з ключових складових відновлюваної енергетики, надає можливість зменшити залежність від традиційних джерел енергії та централізованих енергомереж.

Сучасні сонячні електростанції дозволяють ефективно перетворювати сонячну енергію в електричну, забезпечуючи надійне джерело живлення навіть в умовах пошкоджень основної енергосистеми. Використання таких технологій також сприяє зниженню витрат на електроенергію та є екологічно чистим рішенням, що зменшує викиди парникових газів і сприяє переходу на "зелену" енергетику, що є важливим для майбутнього відновлення та стабілізації енергетичної системи України.

Таким чином, обґрунтування доцільності встановлення сонячної електростанції для забезпечення безперебійного електропостачання автозаправного комплексу в умовах нестабільної енергосистеми України є надзвичайно актуальним питанням.

Метою роботи є обґрунтування доцільності встановлення сонячної електростанції на базі автозаправного комплексу як рішення для стабільного енергозабезпечення та скорочення енергетичних витрат. У дослідженні розглядається економічна ефективність встановлення сонячної електростанції,

її потенціал для забезпечення безперебійного постачання електроенергії, а також екологічні переваги використання такого типу джерел енергії.

Предметом дослідження є комплекс технічних, економічних, екологічних і правових аспектів, пов'язаних із встановленням сонячної електростанції для забезпечення енергетичної автономності та сталого розвитку автозаправного комплексу.

Об'єктом дослідження є сонячна електростанція як джерело відновлюваної енергії для забезпечення електропостачання автозаправного комплексу.

Завдання дослідження включали:

- Оцінити енергетичні потреби автозаправного комплексу та можливі сценарії споживання електроенергії.

- Визначити технічні параметри та потужність сонячної електростанції, необхідної для забезпечення безперебійного електропостачання.

- Провести економічний аналіз впровадження сонячної електростанції, включаючи витрати на встановлення, обслуговування та прогноз економії на витратах електроенергії.

- Розробити рекомендації щодо оптимальних технічних та інженерних рішень для реалізації проекту встановлення сонячної електростанції на базі автозаправного комплексу.

Результати дослідження сприятимуть формуванню обґрунтованих рішень щодо впровадження сонячної енергетики в Україні, а також нададуть практичні рекомендації для підприємств, які прагнуть забезпечити енергетичну незалежність та стабільність.

Встановлення сонячної електростанції є ефективним і доцільним інвестиційним проектом для автозаправного комплексу, що дозволяє не тільки оптимізувати витрати на енергопостачання, а й впровадити принципи стійкого розвитку та підвищити екологічність діяльності підприємства. Отримані результати можуть бути застосовані при розробці енергетичної стратегії для підприємств роздрібного сектора, які потребують безперебійного живлення.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

1.1. Сонячна енергетика

Сонячне випромінювання належить до невичерпних і екологічно чистих джерел енергії. Потужність сонячної енергії, що надходить на земну поверхню, становить $1,7 \cdot 10^{14}$ кВт, що приблизно в 13 тисяч разів перевищує загальну кількість енергії, яка сьогодні виробляється у світі. За годину Земля отримує від Сонця стільки енергії, що її вистачило б для задоволення потреб людства протягом одного року.

Основним показником, що характеризує потужність сонячної енергії, є густина потоку випромінювання. Ця фізична величина є векторною і визначається кількістю енергії, яка проходить за одиницю часу через одиницю площі (1 м^2), перпендикулярно до напрямку випромінювання, і вимірюється у $\text{Вт}/\text{м}^2$. За межами земної атмосфери густина потоку сонячного випромінювання залишається майже постійною та дорівнює приблизно $1353 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Проте, повітряна оболонка Землі знижує потужність сонячного випромінювання: частина його розсіюється, а частина поглинається. Тому на земній поверхні інтенсивність сонячної радіації зазвичай не перевищує $1000 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Сонячна енергія має широкий спектр випромінювання, що включає: ультрафіолетовий діапазон (близько 7%), видимий спектр (47%) та інфрачервоний (46%). Інфрачервоне випромінювання відповідає за утворення тепла. Переважна частина сонячної енергії сконцентрована у видимому та інфрачервоному спектрах.

Застосування сонячної енергії можливе через її перетворення в теплову енергію або електричну. Теплову енергію можна отримати безпосередньо за допомогою нагрівання теплоносія або спеціальної поглинальної поверхні – абсорбера. Для цього використовують сонячні колектори, ефективність яких (ККД) варіюється в межах 30-80%.

Перетворення сонячної енергії на електричну може здійснюватися двома способами: безпосереднім або багатоступеневим.

Безпосереднє перетворення сонячної енергії на електричну базується на фотоелектричному ефекті, який виникає у фотоелементах – напівпровідниках з неоднорідною структурою. ККД фотоелементів складає (8-17) %. Багатоступеневе перетворення сонячної енергії на електричну базується на використанні парових машин або двигунів Стірлінга, для нагрівання робочого тіла яких до необхідних температур використовують сонячні концентратори. На цьому принципі працюють сонячні станції з концентраторами баштового, параболічного і параболоциліндричного типів. ККД таких станцій становить (10-30) %. Густина сонячного випромінювання у різних точках земної поверхні відрізняється між собою і змінюється у часі. Цей показник залежить від географічної широти, пори року, часу доби, наявності хмар і нахилу поверхні. Тому важливою задачею є правильна орієнтація геліоустановок відносно Сонця. Вплив широти місцевості і пори року спричинено еліптичною траєкторією руху Землі навколо Сонця. Відстань між Сонцем і Землею змінюється протягом року. Для розрахунку кількості сонячної енергії на певній місцевості необхідно знати кути падіння сонячних променів на похилу чи горизонтальну поверхні, котрі поглинають тепло. Інтенсивність сонячної енергії на поверхні Землі у довільній точці для заданого моменту часу визначається трьома основними кутами: схиленням δ , широтою φ та годинним кутом ω . Схилення δ – це кут між лінією, яка з'єднує центри Землі і Сонця і її проекцією на площину екватора. Визначає місце знаходження Сонця у сонячній полудень відносно площини екватора і сезонних змін. Схилення δ визначають за співвідношенням:

$$\delta = 23,5 \cdot \left[\sin 360^\circ (284 + n) / 365 \right],$$

де n – порядковий день року. Для північної півкулі значення δ змінюється $-23,5^\circ$ (22 грудня) до $+23,5^\circ$ (22 червня), тобто він додатний з квітня по вересень,

а в інший період – від’ємний. Числові значення сонячного схилення δ для n – дня кожного місяця наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1.

Числові значення сонячного схилення δ

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
n	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
$\delta, ^\circ$	-20,9	-13	-2,4	9,4	18,8	23,1	21,2	13,5	2,2	-9,6	-18,9	-23

Широта φ – це кут між лінією, яка з’єднує довільну точку на верхній Землі з її центром, і її проекцією на площину екватора. Годинний кут ω – це кут, вимірюваний в екваторіальній площині між проекцією лінії, яка з’єднує довільну точку на верхній Землі з її центром і проекцією лінії, яка з’єднує центри Землі і Сонця. Він дорівнює нулю у сонячний полудень. Приріст цього кута на 15° довготи (внаслідок обертання Землі навколо осі) визначає зміну часу на 1 годину.

1.2. Умови ефективної роботи СЕС

Сонячну енергію безпосередньо перетворюють на електричну енергію пристрої, відомі як фотоперетворювачі. Процес перетворення сонячного світла в електрику здійснюється в напівпровідникових сонячних елементах, які, наприклад, виготовляються з кремнію. З’єднуючи ці елементи, можна створювати великі фотоелектричні електростанції.

Для досягнення ефективної роботи сонячних елементів необхідно дотримуватись кількох умов:

- Оптичний коефіцієнт поглинання активного шару напівпровідника повинен бути достатньо високим, щоб забезпечити поглинання значної частини енергії сонячного світла в межах його товщини.

- Електрони та дірки, що утворюються внаслідок опромінення, повинні ефективно збиратися на контактних електродах, розташованих з обох сторін активного шару.

- Сонячний елемент повинен мати суттєвий потенціальний енергетичний бар'єр у р-п переході.

- Опір, підключений послідовно до сонячного елемента (за винятком навантаження), має бути низьким, щоб зменшити втрати потужності під час експлуатації.

- Структура тонкої плівки повинна бути однорідною по всій активній площі сонячного елемента, щоб уникнути закорочування та впливу шунтуючих опорів на його характеристики.

1.3. Принцип роботи сонячних електростанцій

Основним елементом сонячної електростанції є сонячна панель, яка складається з численних фотоелементів, де відбувається генерація енергії. Коли сонячне світло потрапляє на фотоелемент, відбувається складна фізико-хімічна реакція, відома як фотоелектричний ефект. У результаті цього процесу панель виробляє постійний електричний струм, який спрямовується до інвертора. Інвертор перетворює постійний струм у змінний. Подальший розподіл електроенергії залежить від типу сонячної електростанції, яких існує три основних типи:

1. Мережева
2. Автономна
3. Гібридна

У випадку з Мережевою СЕС сонячні панелі перетворюють енергію сонця в постійний струм і передають в інвертор. Мережевий інвертор інвертує

постійний струм в змінний і скидає його в загальну мережу підприємства. Надлишки згенерованої енергії, які не були використані, переходять в зовнішню мережу і продаються по “зеленому” тарифу. В зимову пору року, при тривалій похмурій погоді або з інших причин нестачу електроенергії можна навпаки компенсувати з зовнішньої мережі. Це найбільш популярний тип станцій в Україні.

Принцип роботи сонячної електростанції для автономного енергозабезпечення полягає в накопиченні виробленої панелями електрики в акумуляторних батареях (АКБ). Вдень енергія надходить через зарядний пристрій (контролер) в АКБ аж до повної зарядки. Електрикою можна користуватися цілодобово, для цього постійний струм з АКБ направляється в інвертор, а з нього в мережу підприємства. Автономна станція актуальна в тих місцях, де повністю відсутній доступ до електромережі або відзначаються регулярні відключення. СЕС з АКБ обійдеться дорожче мережевої.

Принцип роботи сонячних електростанцій гібридного типу заснований на комбінації обладнання мережевої і автономної станцій. Оснащення такої СЕС дозволяє виробляти електрику, накопичувати його в акумуляторних батареях, а після повної зарядки перенаправляти в загальну мережу і продавати по «зеленому» тарифу. Такий варіант самий універсальний і дає можливість власнику назавжди забути про перебої в мережі і отримати незалежність від тарифів на електроенергію. У той же час, це найдорожчий тип сонячної станції при установці

1.4. Фактори що впливають на продуктивність сонячних електростанцій

Основними факторами, які впливають на ефективність роботи сонячних панелей, є їхні технічні характеристики. Проте на продуктивність також впливають експлуатаційні та проектні рішення, а також такі чинники, як географічне розташування, орієнтація і кут нахилу панелей, тип монтажу,

температурні умови та наявність затінення. Згенерувати потужність, що перевищує зазначену виробником у характеристиках, неможливо. Однак, дотримуючись умов експлуатації сонячної панелі, можна досягти максимальної продуктивності в межах її технічних можливостей.

Продуктивність автономної сонячної електростанції залежить від правильності встановлення її компонентів. Кут нахилу панелей є важливим чинником, що впливає на їх ефективність, оскільки визначає рівень інсоляції. Оптимальний кут нахилу підбирається індивідуально для кожного регіону на основі аналізу кліматичних умов, сезону та погодних факторів.

Найкращі умови для ефективного вироблення енергії створюються, коли сонячні промені падають на панель перпендикулярно з ясного неба. Погодні умови суттєво впливають на ефективність роботи сонячних панелей. У похмурий день потужність панелі може знизитися у п'ять разів через зменшення інтенсивності сонячного випромінювання. У дощові або снігові дні панелі можуть взагалі не генерувати енергію, оскільки їхня продуктивність прямо залежить від яскравості сонячного світла.

Для ефективної роботи сонячних панелей в похмуру погоду їх слід встановлювати в місцях, де на поверхню не падатиме тінь від дерев чи будівель. Сонячні промені повинні безперешкодно досягати панелей. Для забезпечення високого ККД в похмуру погоду рекомендується орієнтувати панелі на південь, що є оптимальним напрямком для максимальної ефективності.

1.5. Економічна та екологічна доцільність використання сонячної енергії

Економічна доцільність використання сонячної енергії залежить від кількох важливих факторів, які роблять цей вид енергії вигідним для населення та бізнесу. Сонячна енергія – це безкоштовне та невичерпне джерело енергії, яке дозволяє значно скоротити витрати на електроенергію після початкових

витрат на встановлення сонячної системи. Витрати на електроенергію можна звести до мінімуму або повністю скасувати, значно зменшивши рахунки для будинків і підприємств. Хоча початкові витрати на встановлення сонячних панелей можуть бути високими, зазвичай вони окупаються протягом 5–10 років, залежно від регіону, цін на електроенергію та державних програм підтримки. Після цього електроенергія, вироблена сонячними панелями, стає практично безкоштовною. Власне вироблена електроенергія також зменшує залежність від коливань цін на традиційні джерела енергії, такі як газ та електроенергія з централізованих мереж, що особливо важливо, оскільки світові ціни на енергію продовжують зростати.

Крім того, у багатьох країнах існують програми, які дозволяють власникам сонячних електростанцій продавати надлишкову електроенергію в державну мережу. Це не тільки допомагає компенсувати початкові витрати, але й створює можливість для додаткового прибутку, що робить сонячні панелі більш прибутковими в довгостроковій перспективі.

Сонячні панелі стають все більш популярними завдяки своїм значним екологічним перевагам порівняно з традиційними джерелами енергії. Їх використання має незначний вплив на навколишнє середовище, особливо в порівнянні з викидами, які утворюються під час спалювання викопного палива. Ось кілька ключових аспектів, які підкреслюють екологічні переваги сонячних панелей:

1. Зниження викидів вуглекислого газу

Викопні палива, такі як вугілля, нафта і природний газ, є основними джерелами викидів CO₂, які сприяють глобальному потеплінню. Сонячні панелі, навпаки, після встановлення виробляють електроенергію без викидів вуглекислого газу. Дослідження показують, що використання сонячних панелей може значно зменшити вуглецевий слід будівель та підприємств.

2. Збереження природних ресурсів

Традиційна генерація енергії потребує великих обсягів води для охолодження генераторів і переробки палива. Сонячні панелі не потребують

води для виробництва електрики, що дозволяє значно знизити витрати на водні ресурси та зберегти їх.

3. Зменшення залежності від невідновлюваних джерел енергії

Сонячна енергія є невичерпним ресурсом, на відміну від викопних палив, запаси яких обмежені і швидко виснажуються. Впровадження сонячних технологій сприяє зниженню залежності від таких ресурсів і веде до сталого розвитку.

4. Зниження енергетичних втрат

Традиційні джерела енергії часто супроводжуються значними втратами під час видобутку, транспортування та перетворення палива в електроенергію. Сонячні панелі дозволяють генерувати електрику безпосередньо там, де вона використовується, знижуючи втрати при передачі енергії.

1.6. Мережеві інвертори

Мережевий (on-grid) інвертор є пристроєм, що перетворює напругу постійного струму (DC) від сонячних панелей в напругу змінного струму (AC), і передає її безпосередньо в мережу 220 В або 380 В, тим самим знижуючи споживання електроенергії від енергомереж.

Мережеві інвертори є синхронними перетворювачами, бо мають синхронізацію вихідних напруги та струму зі стаціонарною мережею з належними значеннями частоти і фази. Перетворення зазвичай здійснюється за допомогою PWM – широтно-імпульсної модуляції. Інвертори мережевого типу не мають можливості під'єднання до них акумуляторних батарей. Вони також не зможуть працювати, у разі зникнення напруги мережі, наприклад, через аварію. Зроблено це для того, щоб убезпечити від ураження електричним струмом персонал, який буде займатися відновленням ліній електропередач. У разі необхідності живлення електроприймачів за аварійного відімкнення електроенергії, його потрібно забезпечити від сонячних панелей, а отже

потрібен мережевий інвертор із резервуванням. Основні характеристики мережевих інверторів:

- номінальна вихідна потужність – потужність, що отримується від певного інвертора;

- вихідна напруга – показник, що визначає, до якої мережі за напругою може бути підімкнений інвертор. Для невеликих інверторів побутового призначення вихідна напруга зазвичай становить 240 В. Інвертори промислового призначення розраховані на 208, 240, 277, 400 або 480 В, крім того, їх можна під'єднувати до 3-фазної мережі;

- максимальна ефективність – найвища ефективність перетворення енергії, яку може забезпечити інвертор. Максимальний ККД більшості мережевих інверторів становить понад 94 %, у деяких – до 97 %;

- зважена ефективність – середня ефективність інвертора. Цей показник краще характеризує ефективність роботи інвертора. Він є важливим, оскільки інвертори, здатні перетворювати енергію за різних вихідних напруг змінного струму, мають різну ефективність за кожного значення напруги;

- максимальний вхідний струм – максимальне значення постійного струму, що його виробляє сонячна панель. Якщо сонячна панель вироблятиме струм, що перевищує це значення, інвертор його не використовуватиме;

- максимальний вихідний струм – максимальне значення безперервного змінного струму, що його виробляє інвертор. Цей показник використовують для визначення мінімального (номінального) значення перевантаження за струмом пристроїв захисту (наприклад, вимикачів або запобіжників);

- діапазон відстеження напруги максимальної потужності – діапазон напруги постійного струму, у якому буде працювати точка максимальної потужності мережевого інвертора; – мінімальна вхідна напруга – мінімальна напруга, необхідна для вмикання інвертора та його роботи. Цей показник особливо важливий для сонячних систем, тому що розробник системи має бути впевнений, що для створення цієї напруги в кожному ланцюжку послідовно з'єднано достатню кількість сонячних модулів;

– ступінь захисту IP – характеризує ступінь захисту корпусу від проникнення зовнішніх твердих предметів і води.

Можна виділити декілька видів використання мережевих інверторів. За отримання технічних умов на під'єднання блок-станції до мережі та підписання договору з місцевою енергопостачальною організацією на постачання електроенергії, можливий продаж електроенергії за підвищеним коефіцієнтом. Матимемо комерційну електростанцію. За будовою така станція складається з сонячних батарей, одного або більше мережевих інверторів (без резервування) та вузла обліку.

Для станцій невеликої потужності генерація буде відбуватися в мережу 380 В. Якщо потрібна велика потужність, то кілька таких блоків встановлюються паралельно. Залежно від потужності станція через підвищувальний трансформатор може бути під'єднана до мереж 6–10 кВ. На поточний момент окупність такої станції становить близько 5–7 років. Станції великої потужності (від 1 МВт) у разі використання китайських комплектуючих можна окупити за 3 роки. У разі завдання економії електроенергії така система містить усі ті самі сонячні батареї і мережеві інвертори (без резервування), але генерує енергію для «внутрішніх» потреб, тому вузол обліку тут не обов'язковий. Станція під'єднана до внутрішньої мережі підприємства (або приватного господарства) і генерує енергію безпосередньо в навантаження. Отже, завдяки додатковому джерелу генерації знижується споживання від мережі. Таке рішення актуальне для підприємств із постійним високим денним споживанням. Так само воно дозволяє компенсувати піки споживаної потужності. В автономних мережах великої потужності немає можливості використовувати великий масив сонячних панелей для заряджання акумуляторів. Так само навантаження розподіляється по значній території. Зважаючи на це логічно і генеруючу потужність розподілити по території за доступними площами. Таке стало можливим за використання двонапрямлених інверторів (інвертор – зарядний пристрій), що можуть не тільки перетворювати постійний струм з акумуляторних батарей у змінний, але і направляти

надлишки енергії з мережі в акумулятори, а також регулювати потужність джерел генерації, підімкнених на стороні змінного струму. Такими джерелами електроенергії можуть бути не тільки сонячні батареї, але й вітрогенератори або гідротурбіни з мережевими інверторами. Головною вимогою є наявність у такого мережевого інвертора окремого режиму роботи в автономних мережах. Ці мережі називають автономними «розумними» мережами, Smart Grid (інтелектуальними мережами).

1.7. SmartMeter та EnCombi Controller

SmartMeter - це інтелектуальний лічильник електроенергії, який підтримує високу точність вимірювання та дистанційне керування. Цей лічильник має вбудований модуль зв'язку RS485, який дозволяє передавати дані про споживання та стан лічильника до центру обліку. Лічильник також має функції захисту від перевантаження, збою мережі та спроби втручання. Забезпечує більш оперативне динамічне керування живленням. Регулює кілька потоків електроенергії, оптимізуючи весь процес керування енергоспоживанням.

Під дані потреби електростанції вибираємо розумний лічильник від компанії Huawei DTSU666-H. Даний датчик використовує широкомасштабну інтегральну схему з цифровою технологією вибірки яка була розроблена для моніторингу виробленої потужності, спожитої реактивної та активної потужностей, відслідковування в режимі реального часу таких параметрів як трифазна напруга, трифазний струм, позитивна та зворотна енергія і т.д.

Він може працювати в двох режимах:

1. В комплексі сонячної електростанції під комерційне використання (власне споживання). Пристрій здатен обмежувати генерацію активних точок у відповідності з потребами власного споживання. Відбувається це так: розумний лічильник отримує інформацію про потужність підключеної точки і відповідно до цього регулює потужність інвертора. В режимі реального часу передача

даних від лічильника до інвертора здійснюється за допомогою стандарту RS-485. Таким чином, надлишкова електроенергія не потраплятиме в мережу.



Рис. 1.1 Huawei DTSU666-H

2. В звичайні домашній мережі. Інколи мережа вимагає обмеження активної потужності в окремій точці. Лічильник збирає інформацію про потужність точки, і відповідно здійснює управління вихідною потужністю інвертора. Доцільно використовувати такий лічильник при підключенні до домашньої мережі системи акумуляторів для збільшення власної потужності мережі.

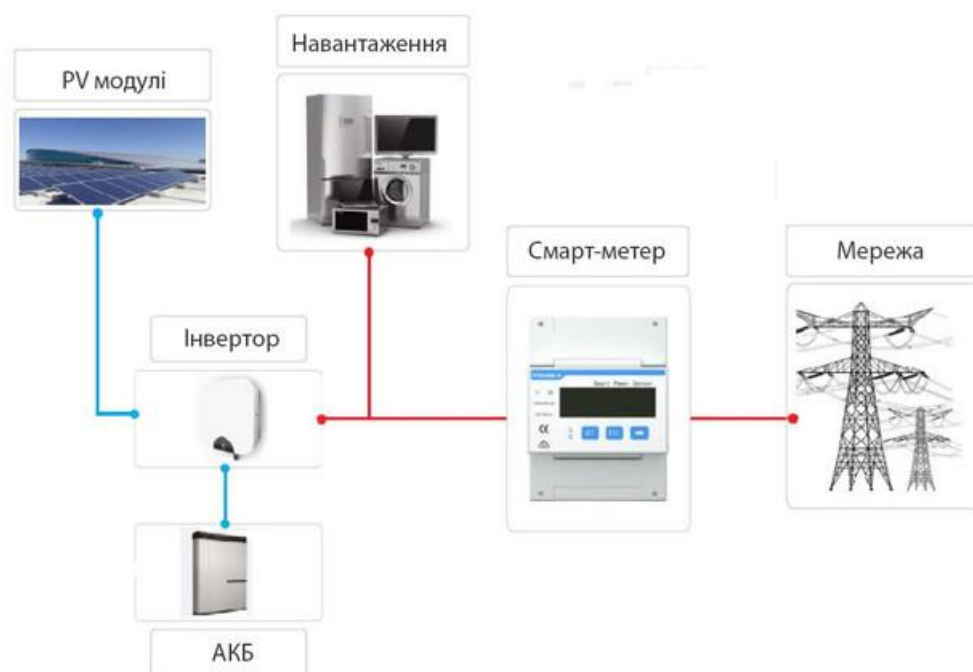


Рис. 1.2. Схема підключення лічильника

Пристрій EnCombi Controller призначений для керування системами, що містять сонячні панелі (PV) і генератори (Gen), з підтримкою потужностей до 500 кВт. Цей контролер забезпечує повний контроль над експортом електроенергії в мережу та самоспоживанням, а також ефективне керування генераторами, що дає змогу неабияк заощаджувати паливо.

1.8. Продуктивність сонячної електростанції

Для правильного розрахунку систем енергопостачання та точного обліку різноманітних параметрів, що впливають на продуктивність сонячної електростанції, широко використовуються спеціалізовані програми для моделювання роботи сонячної станції, такі як PVGIS і PVSyst. Ці інструменти дозволяють провести детальний аналіз і прогнозування вироблення електроенергії, використовуючи сонячні калькулятори та статистичні метеорологічні дані, включаючи показники сонячної інсоляції, швидкість вітру, температурні умови та інші кліматичні фактори.

Одним з ключових аспектів точного моделювання є врахування географічного розташування об'єкта та кутів нахилу сонячних панелей, оскільки це значно впливає на загальну ефективність станції. Для забезпечення коректних, максимально наближених до реальних умов експлуатації, значень генерації енергії, при проектуванні мережевих станцій зазвичай закладають близько 12 % втрат від вихідної потужності. Ці втрати можуть бути спричинені зносом деталей протягом терміну експлуатації, частковим затіненням панелей, накопиченням снігу та іншими чинниками.

Крім того, у процесі моделювання враховуються втрати, спричинені перегрівом фотомодулів у літній період, що впливає на продуктивність станції. Як результат моделювання, отримують усереднене значення продуктивності, яке є особливо показовим на сьомий-восьмий рік експлуатації. Це пояснюється тим, що в перші роки роботи станції очікувана продуктивність зазвичай

перевищує розрахункові значення через оптимальні умови функціонування компонентів.

Цей підхід дозволяє забезпечити максимально реалістичний розрахунок терміну окупності інвестицій у мережеву сонячну електростанцію, з огляду на всі можливі зміни в ефективності її роботи протягом життєвого циклу. У випадку автономних сонячних станцій при розрахунках передбачають близько 30 % втрат через комутаційне обладнання, інвертори та акумулятори, оскільки ці компоненти мають вищий рівень енергетичних втрат.

Результати такого ретельного моделювання використовуються при розробці проекту сонячної станції, що дає змогу підготуватися до реальних умов експлуатації, оцінити потенціал генерації та оптимізувати роботу системи. Це забезпечує ефективне планування та подальшу експлуатацію сонячної станції, сприяючи досягненню максимального рівня продуктивності й економічної доцільності проєкту.

Висновок до розділу 1

З огляду на величезні обсяги енергії, які Сонце надає Землі, використання сонячної енергії відкриває широкі перспективи для забезпечення глобальних енергетичних потреб. Теоретичні аспекти, як-от перетворення енергії через сонячні колектори та фотоелементи, відзначаються високим потенціалом ефективності, хоча залишаються залежними від зовнішніх умов, зокрема географічного положення, часу доби та погоди. Ефективність роботи сонячних електростанцій можна підвищити за рахунок оптимізації параметрів установки, налаштування орієнтації панелей і застосування розумних контролерів. Вивчення економічної й екологічної доцільності демонструє, що сонячна енергія є вигідною інвестицією з довгостроковими перевагами для сталого розвитку й зменшення викидів вуглекислого газу. Аналіз сучасних рішень, як-от мережевих інверторів і розумних лічильників, підкреслює важливість передових технологій для оптимізації виробництва й розподілу енергії.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

2.1. Загальна характеристика об'єкта, опис технологічного процесу та обладнання

Автозаправний комплекс мережі АЗС «АЗК БРСМ Нафта» (далі - АЗК) розташований за адресою: Київська обл. м. Київ вул. Жуковського, 22.

Площа земельної ділянки АЗК складає 0,7611 га

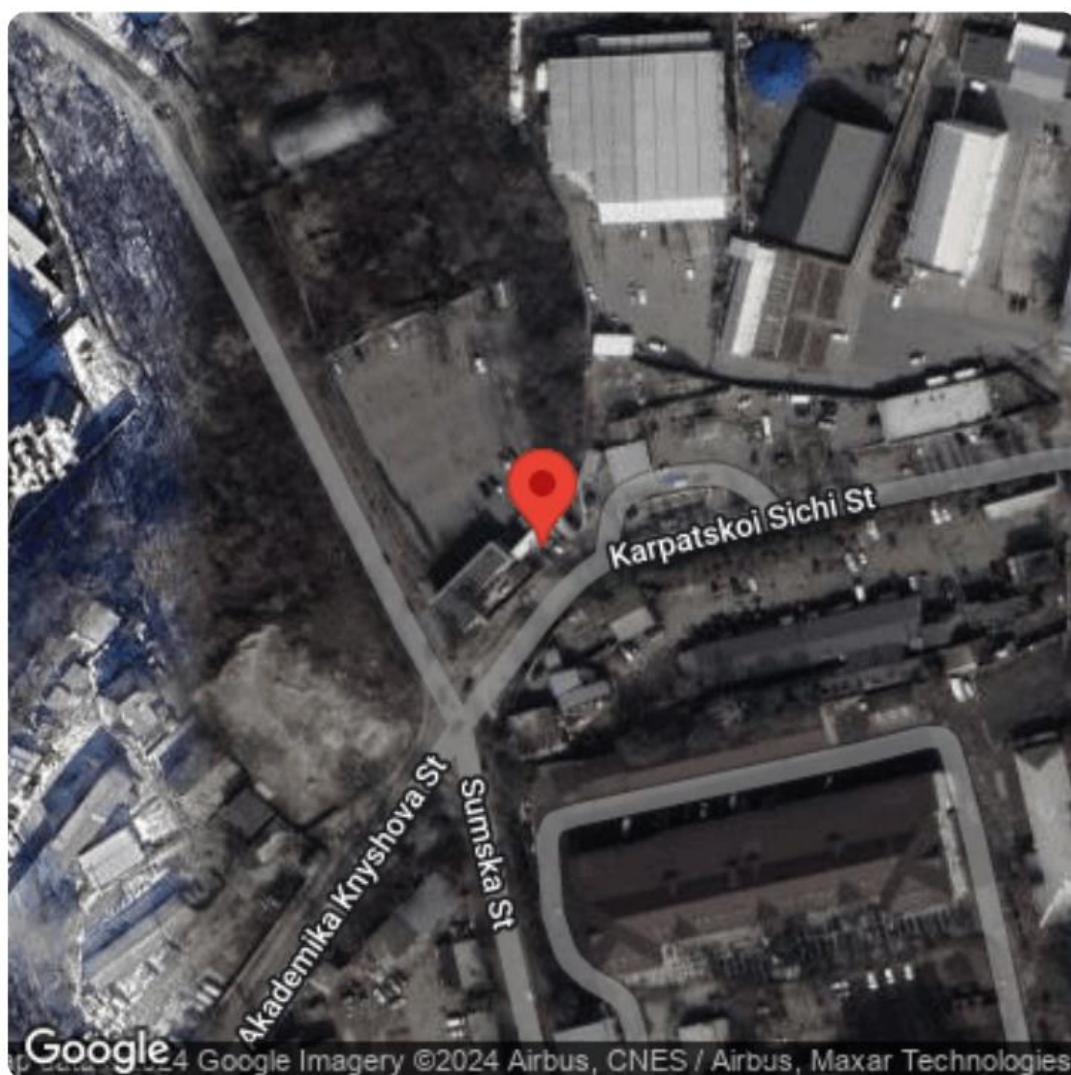


Рис. 2.1. Ситуаційний план розташування АЗК

Основним видом діяльності автозаправного комплексу є роздрібна торгівля світлими нафтопродуктами.

До складу автозаправного комплексу БРСМ Нафта входять:

- автомобільна заправна станція (АЗС);
- локальні очисні споруди дощового стоку;
- будівля операторської;
- майданчик для сміттєзбірників;
- майданчик розміщення засобів первинного пожежогасіння.

АЗК складається із: 4-х підземних резервуарів для зберігання світлих нафтопродуктів, паливороздавальних колонок (ПРК); шафи автоматики; приборів та обладнання, які контролюють безпечне ведення процесу прийому та відпуску нафтопродуктів.

Режим роботи на АЗК прийнятий такий:

- кількість робочих днів у році - 350;
- кількість робочих змін на добу АЗК - 3;
- кількість робочих годин у зміну - 8.

Автомобільна заправна станція призначена для заправлення автомобілів світлими нафтопродуктами. Фактична потужність АЗС – 375 заправлень на добу. На АЗС передбачена можливість зберігання й роздачі двох сортів бензину (А-92, А-95) та одного сорту дизельного палива.

Річна кількість палива, що зберігається в резервуарах АЗС та відпускається споживачам, становить 75,0 м³, з яких: бензину А-92 - 25,0 м³, бензину А-95 - 25,0 м³, дизельного палива - 25,0 м³.

2.2. Енергетичні потреби автозаправного комплексу

Будь-яка з існуючих АЗС має у своєму складі кілька обов'язкових конструктивних елементів, пов'язаних між собою технологічним циклом. Кожен з елементів має своє призначення та місце розташування на загальній

схемі станції. Це пов'язано не лише з вимогою техніки безпеки, але й продиктовано стандартом, згідно з яким проектується заправка та підбирається відповідне обладнання.

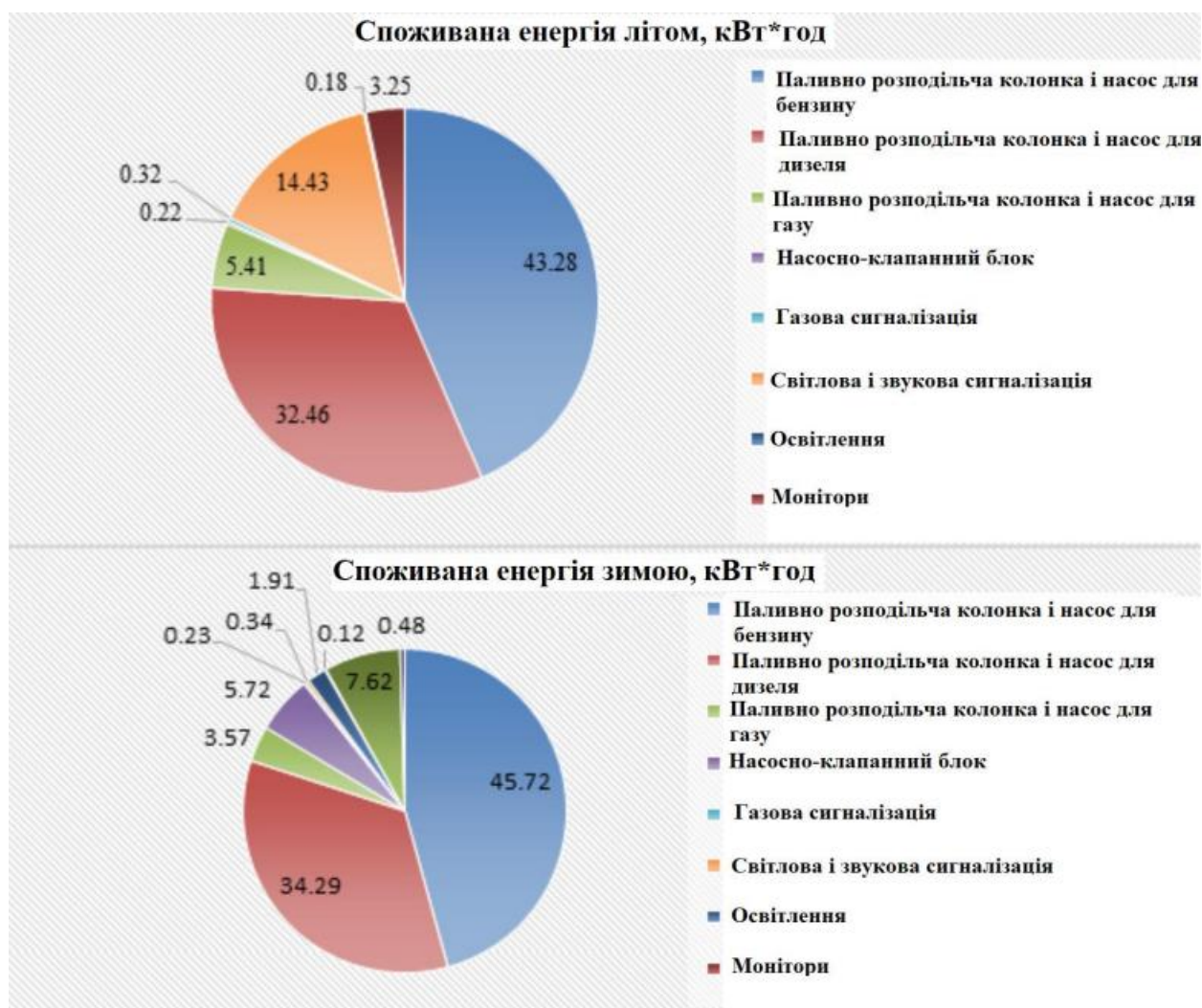


Рис. 2.2. Структура споживання електроенергії на АЗС

Для електроприймачів III категорії електропостачання може виконуватися від одного джерела живлення за умови, що перерви електропостачання, необхідні для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, не перевищують 1 доби. За ступенем забезпечення надійності електропостачання електроприймачі АЗС належать до III категорії.

Винятком є лише електроприймачі протипожежної та охоронної сигналізації, також аварійне (евакуаційне) освітлення. Ці електроприймачі відносяться до першої категорії.

Використання ВДЕ в мережевих системах енергозабезпечення об'єктів приводить до зменшення об'ємів споживання палива і збільшенню терміну використання дизельних генераторів.

2.3. Розрахунок необхідної потужності сонячної електростанції

Наступним етапом в розрахунку необхідної потужності СЕС буде розрахунок загального енергоспоживання всієї системи АЗС. Потужність кожного електроприладу множиться на кількість аналогічних приладів та середньодобовий час його роботи. Сума отриманого споживання у кВт*год є добовим значенням. Електроприймачі за режимом роботи поділяються на три основні режими: тривалий режим, короткочасний режим та повторно короткочасний режим. Усі електроприймачі працюють у тривалому режимі чи короткочасному режимі. Щодо заходів безпеки всі електроустановки працюють з глухозаземленою нейтраллю.

Припустимо є 8 паливорозподільчих колонок по 4 насоса з потужністю 1,5 кВт для кожного виду палива що працює в середньому 14 годин на добу, насосно-клапанний блок з потужністю 2 кВт 2 шт. працюючий 3 години на добу, газова сигналізація потужністю 0,1 кВт 1 шт. працююча 24 години на добу та все інше обладнання (монітори, холодильники, кавові апарати, освітлення і т.д.) в середньому 21 кВт.

$$E_d = 8 * 4 * 1,5 * 14 + 2 * 2 * 3 + 0,1 * 24 + 21 * 24 = 957,2 \text{ кВт*год. на добу} \quad (2.1)$$

У результаті маємо середнє споживання 957,2 кВт на добу, що становить близько

$$E_p = 957,2 * 365 = 349\,378 \text{ кВт*год. у рік.} \quad (2.2)$$

Аналіз доступних площ для встановлення сонячних панелей та кліматичних умов і рівня сонячної інсоляції дозволяє розглядати проектування СЕС для власних потреб потужністю 63,8кВт.

Оскільки річна потреба АЗК становить 349 378 кВт·год, а СЕС генерує приблизно $E_{річн} = 63,8 \cdot 1200 \cdot 0,8 = 61,248$ МВт·год на рік, то вона дозволить забезпечує покриття основних потреб у електроенергії з урахуванням пікових навантажень та особливостей роботи АЗК, зокрема роботу електронних паливних колонок, які використовують потужні автоматизовані паливні системи, які можуть споживати від 10 до 50 кВт·год за добу залежно від кількості та інтенсивності роботи.

Висновок до розділу 2

Аналіз структури енергоспоживання показав, що основні електроприймачі комплексу, зокрема автоматизовані паливорозподільчі колонки, насосно-клапанні блоки, системи освітлення та охоронно-протипожежна сигналізація, споживають значні обсяги енергії, що вимагає високої надійності електропостачання. Визначення добового споживання енергії (957,2 кВт·год) та розрахунок річної потреби (349 378 кВт·год) обґрунтовують вибір потужності сонячної електростанції в 63,8 кВт. Розрахунок підтвердив, що встановлення СЕС такої потужності забезпечить покриття значної частини енергетичних потреб АЗК, враховуючи специфіку роботи об'єкта та можливі пікові навантаження. Це дозволить не лише знизити витрати на електроенергію.

РОЗДІЛ 3

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНІ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ

3.1. Фотоелектричні модулі та інверторне обладнання

Для перетворення сонячного випромінювання в електроенергію постійного струму проектом передбачено встановлення фотоелектричних модулів (ФЕМ) типу Tiger Pro 72HC 545W виробництва "Jinko Solar", модулі - монокристалічні. До складу модуля входять приєднувальні коробки, які інтегровані в його конструкцію. Кожна коробка має два виводи, довжиною 250 мм, з конекторами плюсового і мінусового виводів для швидкої комутації та виключення помилкових з'єднань. Модуль обрамлений в алюмінієву раму з технологічними отворами для його механічної фіксації на опорних металевих конструкціях (столах).

Таблиця 3.1

Загальні характеристики Tiger Pro 72HC 545W

Параметр	Величина
Електричні параметри	STC
Максимальна потужність, Вт	545
Напруга максимальної потужності, В	40,8
Струм максимальної потужності, А	13,36
Ефективність модуля STC, %	21,1
Максимальна напруга збірки, В	1000
Температурний коефіцієнт для потужності, %/С°	-0,35%/С°
Температурний коефіцієнт напруги холодного ходу, %/С°	-0,28 %/С°
Температурний коефіцієнт струму короткого замикання, %/С°	0,035 %/С°
Діапазон робочих температур, С	-40 С-+80 С°
Оптимальна робоча температура, С	43 ±2С°
Габаритні розміри, мм	2278×1134×35
Маса, кг	28

ФЕМ встановлюються на конструкції для кріплення сонячних панелей (система «Баласт з підйомом кута») з кутом нахилу 15° на даху операторської і на системі кріплення Y-профілем з кутом нахилу 20° на покрівлі заправного навісу АЗК. Дане розміщення відповідає розробленій моделі у програмі HELIOSCOPE. Фотоелектричні модулі типу Tiger Pro 72HC 545W з'єднуються в стрінги. ФЕМ в стрінгу обрана з умови максимально доцільного використання даху будівлі та ефективності роботи інвертору.

У питанні вибору потужності інвертора дуже багато нюансів. У загальному випадку діє правило: підсумовується все плановане навантаження за потужністю і помножується на два.

Проектом передбачена установка інвертора постійного струму в змінний, виробництва «HUAWEI» моделі SUN2000-50KTL-M3 (380V). Інвертори перетворюють електроенергію постійного струму, яку виробляють фотоелектричні модулі, в електроенергію змінного трифазного струму синусоїдальної форми промислової частоти 50 Гц. Основні технічні характеристики інвертору наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Технічні характеристики HUAWEI SUN2000-50KTL-M3

Параметр	Значення
Тип	SUN2000-50KTL-M3
Ефективність, %	98,3
Максимальна напруга , В (PV)	1100
Максимальна потужність, Вт	50000
Діапазон робочої напруги MPPT	200-1000
Кількість входів постійного струму	8
Кількість MPPT контролерів	4
Максимальний струм (вхідний)	83,6
Габаритні розміри, Д×В×Г, мм	640×530×270

Згідно ДСТУ EN 50160:2014 нормальне виробництво електроенергії сонячною електростанцією забезпечується в межах діапазону частоти 47-52 Гц. В разі змін частоти в енергосистемі з перевищенням зазначених параметрів, ФЕС за рахунок задіяних технологічних захистів, відділяється (відключається) від зовнішньої мережі, до відновлення прийнятних режимів роботи ФЕС. В інверторі закладено функції поглинання реактивної складової та протидії підвищенню напруги в точці підключення, а також функція генерування реактивної складової, для боротьби з провалами напруги. Виконується програмування інверторів з функцією зміни режимів роботи в залежності від рівня генерації та напруги на клеммах (згідно з керівництвом по експлуатації інвертора), а саме: - Підтримка постійного коефіцієнта потужності, з підтримкою допустимих режимів роботи зовнішньої мережі (за умови, підтримки робочого діапазону регулювання); - Підтримка на виході інверторів постійної реактивної потужності; - Зворотній контроль рівня напруги відносно параметрів зовнішньої мережі; - Динамічний контроль уставок інверторів стосовно коефіцієнта потужності або рівня реактивної потужності, відносно параметрів мережі. - Згідно з паспортом (керівництвом по експлуатації) інверторів SUN2000-30KTL-M3 (СКГС) сумарний коефіцієнт гармонійних спотворень (THD - Total Harmonic Distortion) напруги електропостачання становить $\leq 3\%$, що задовільняє вимоги ДСТУ EN 50160:2014, згідно якого СКГС має бути меншими чи рівними 8%.

За допомогою кабелів постійного струму (PV кабелі) перерізом 1x6 мм² збірки під'єднуються до інвертору типу HUAWEI SUN2000-50KTL-M3 з перетворенням постійного струму в змінний напругою 0,4 кВ та промисловою частотою 50 Гц. Від інверторів генерована потужність силовими проводами ПВ3-нгд передається через проєктований щит силової комутації ЩСк-ФЕС (АС ВОХ) до головного вводного розподільчого щита 0,4 кВ (ВРЩ) автозаправного комплексу.

3.2. Вибір місця для встановлення сонячних панелей

Щоб забезпечити максимальну ефективність системи потрібно правильно вибрати місце встановлення та розташування ФЕМ. До основних факторів відноситься:

- Розташування та кут нахилу
- Освітленість та відсутність тіней
- Віддаленість від джерел пилу та бруду
- Структура покрівлі
- Доступ до обслуговування
- Доступ до інвертора та акумуляторів

Як правило у північній півкулі сонячні палені спрямовують на південь, щоб отримувати максимальну сонячну енергію протязі всього дня. Кут нахилу ФЕМ залежить від географічної широти та сезону (влітку менший, а взимку навпаки крутіший) для України це 30-35 градусів.

Також важливо уникати тіней, навіть маленька тінь від будь-якого об'єкта може сильно знизити продуктивність роботи системи.

Повинен бути вільний доступ до всієї площини розміщення панелей, для періодичного догляду за ними, влітку – це промивання від пилу, а взимку очищення від снігу.

Інвертор та акумулятори(якщо передбачені проектом) рекомендовано розміщувати неподалік від панелей, це дозволить зменшити втрати енергії та спростить підключення.

ФЕМ - Jinko JKM545M-72HL4-V 545W - 117 шт. Розміри 2278x1134x35 мм. Вага панелі 28 кг. Панелі встановлюються на даху магазину АЗС і даху навісу. Покриття даху навісу металопрофіль, покриття на магазині м'яка мембрана Система кріплень для навісу лапка+підйом кута 20°, для магазину баластна система кріплень з кутом підйому 15°.



Рис.3.1. Схема розташування панелей



Рис.3.2. Схема стрінговки панелей

Стрінг 1 - 17 ФЕМ на МРРТ1

Стрінг 2 - 17 ФЕМ на МРРТ1

Стрінг 3 - 16 ФЕМ на МРРТ2

Стрінг 4 - 16 ФЕМ на МРРТ2

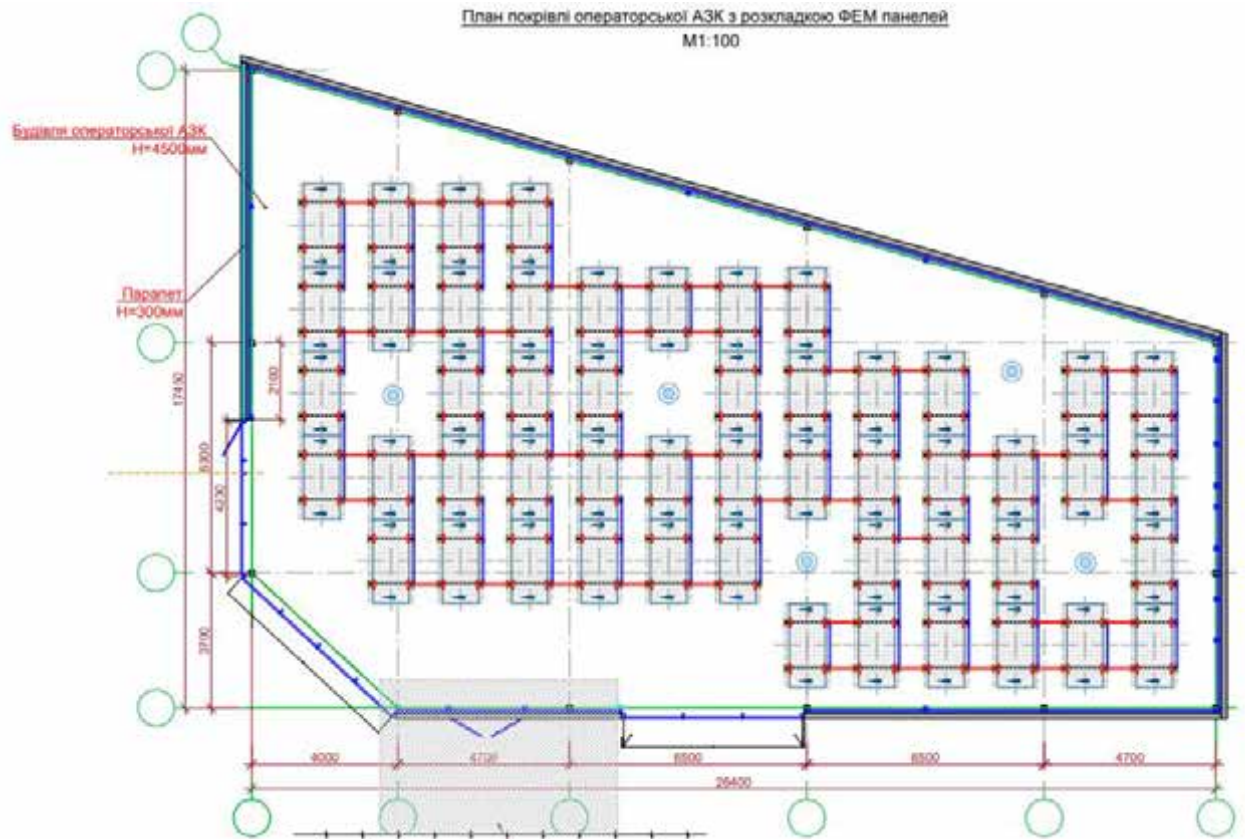
Стрінг 5 - 18 ФЕМ на МРРТ3

Стрінг 6 - 18 ФЕМ на МРРТ3

Стрінг 7 - 15 ФЕМ на МРРТ4

3.3. Розміщення та орієнтація сонячних панелей

Зробивши заміри будівлі та визначившись з розміщенням панелей у середовищі AutoCAD проектуємо план розташування фотоелектричних модулів для кожного даху окремо.



Умовні позначення

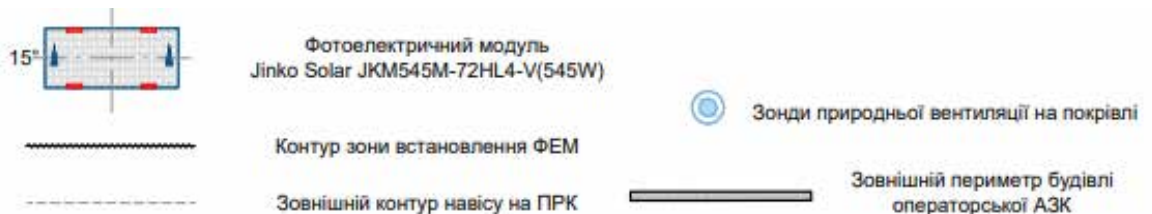
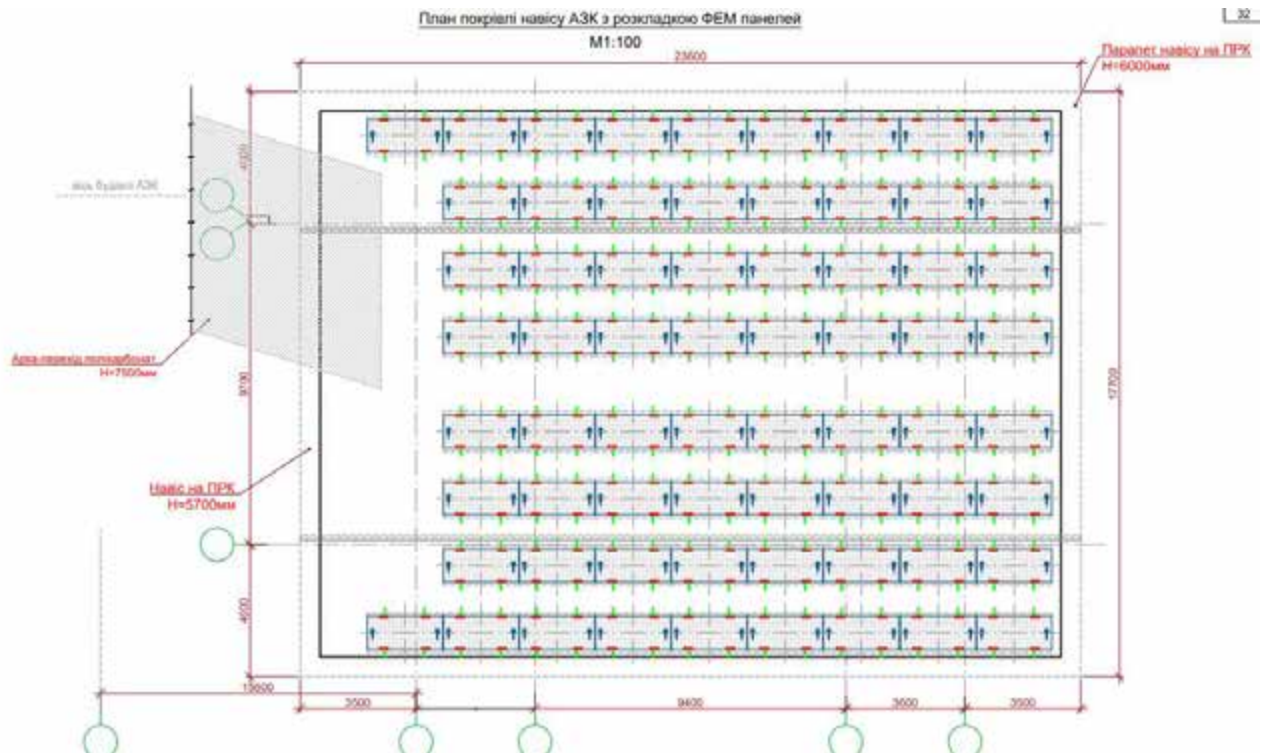


Рис.3.3. План покрівлі операторської АЗК з розкладкою ФЕМ панелей



Умовні позначення

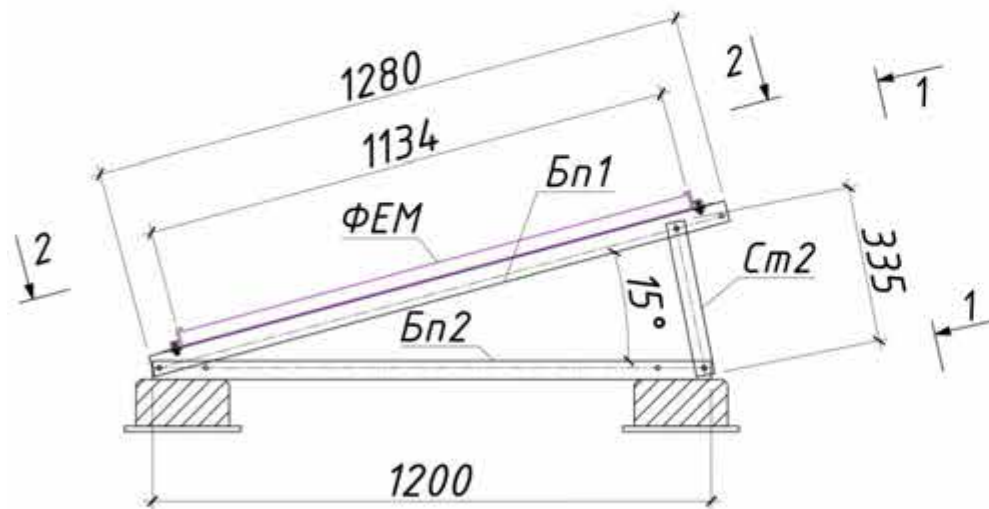


Рис.3.4. План покрівлі навісу АЗК з розкладкою ФЕМ панелей

3.4. Вибір матеріалів та конструкцій для кріплення панелей

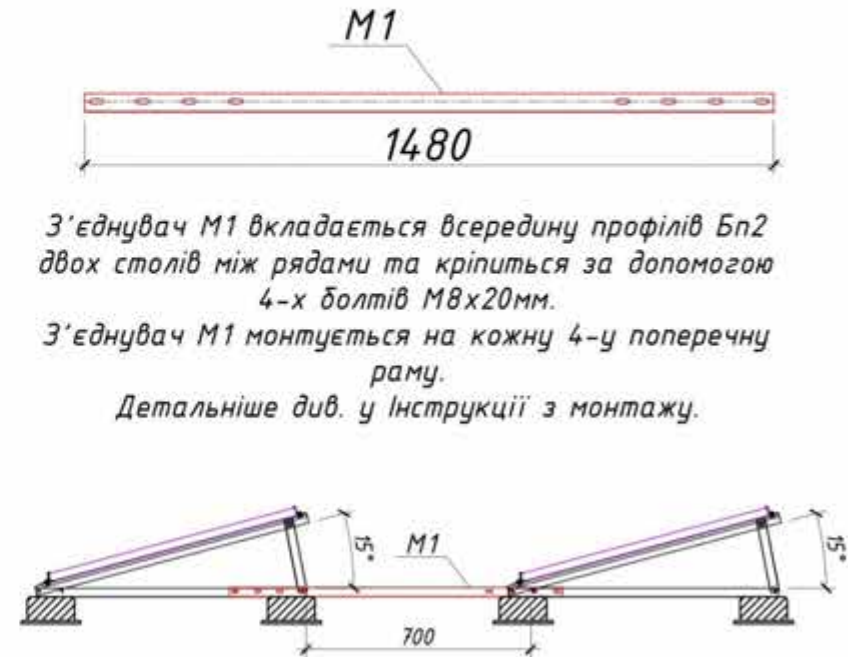
Після огляду поверхні та вибору оптимального місця для встановлення сонячних панелей, слід визначитися з вибором монтажних конструкцій. Найбільш практичними і довговічними є оцинковані металоконструкції.

Поперечна рама



Відомість елементів

Марка	Переріз			Опорні зусилля			Марка сталі	Примітки
	Ескіз	Поз	Склад	М тсм	N тс	Q тс		
Бп1		1	U42x40x10x1,5				С350	
Бп2		1	L40x40x2					
Вст, М1		1	L40x40x1,5					
Сп1, Сп2		1	U40x40x40x1,5					



З'єднувач М1 вкладається всередину профілів Бп2 двох столів між рядами та кріпиться за допомогою 4-х болтів М8х20мм.

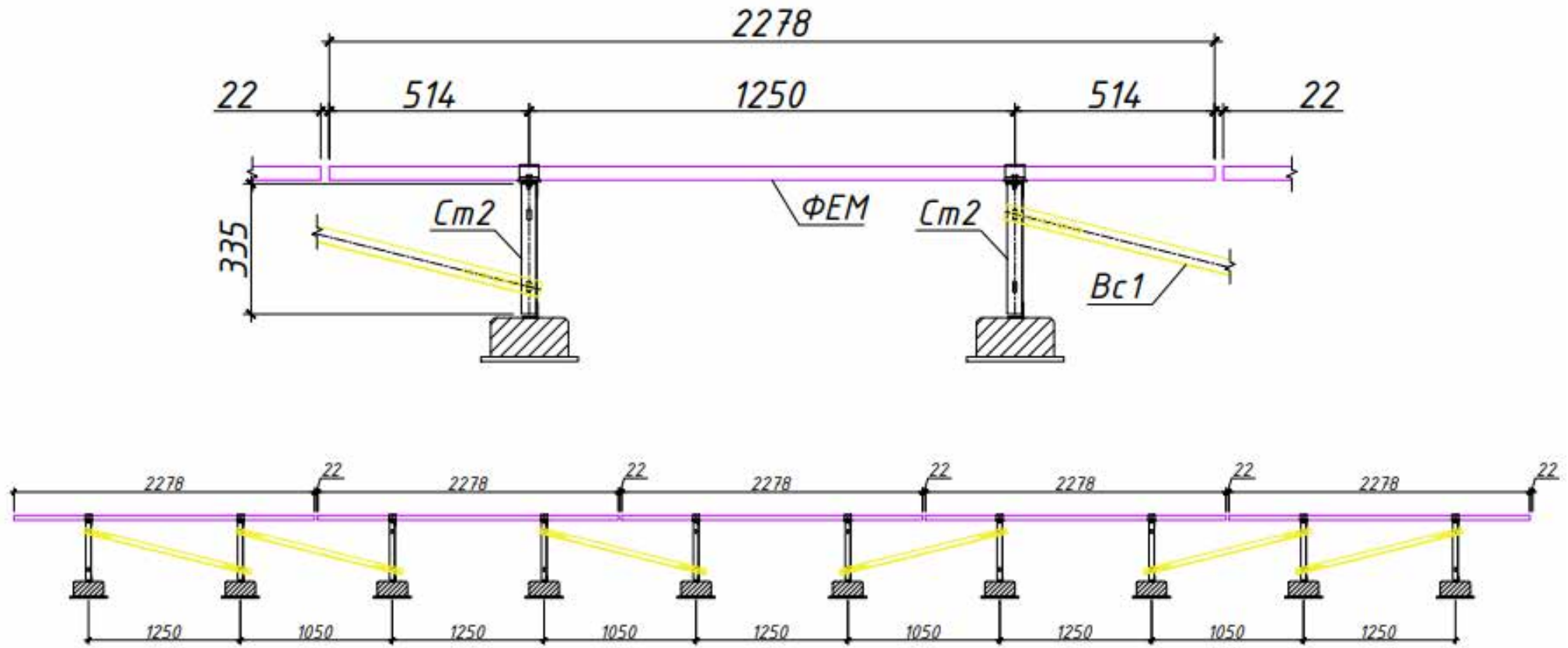
З'єднувач М1 монтується на кожну 4-у поперечну раму.

Детальніше див. у Інструкції з монтажу.

Відстань між рядами залежить від куту нахилу панелей та вказана на схемі.

Рис.3.5. Конструкції для кріплення ФЕМ на баласті

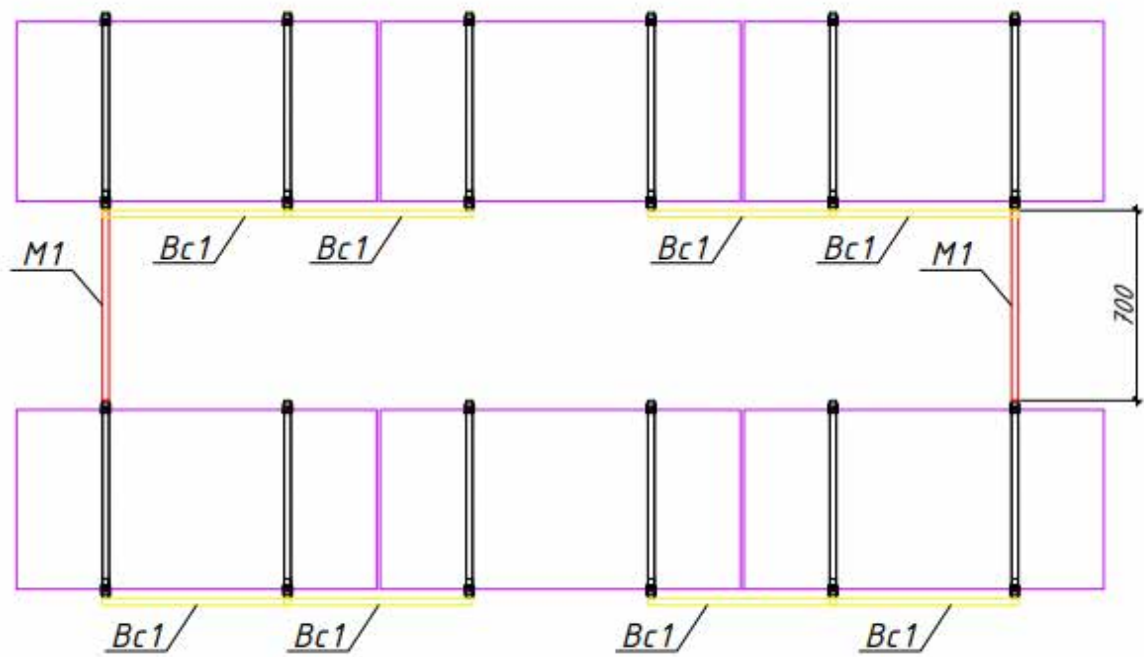
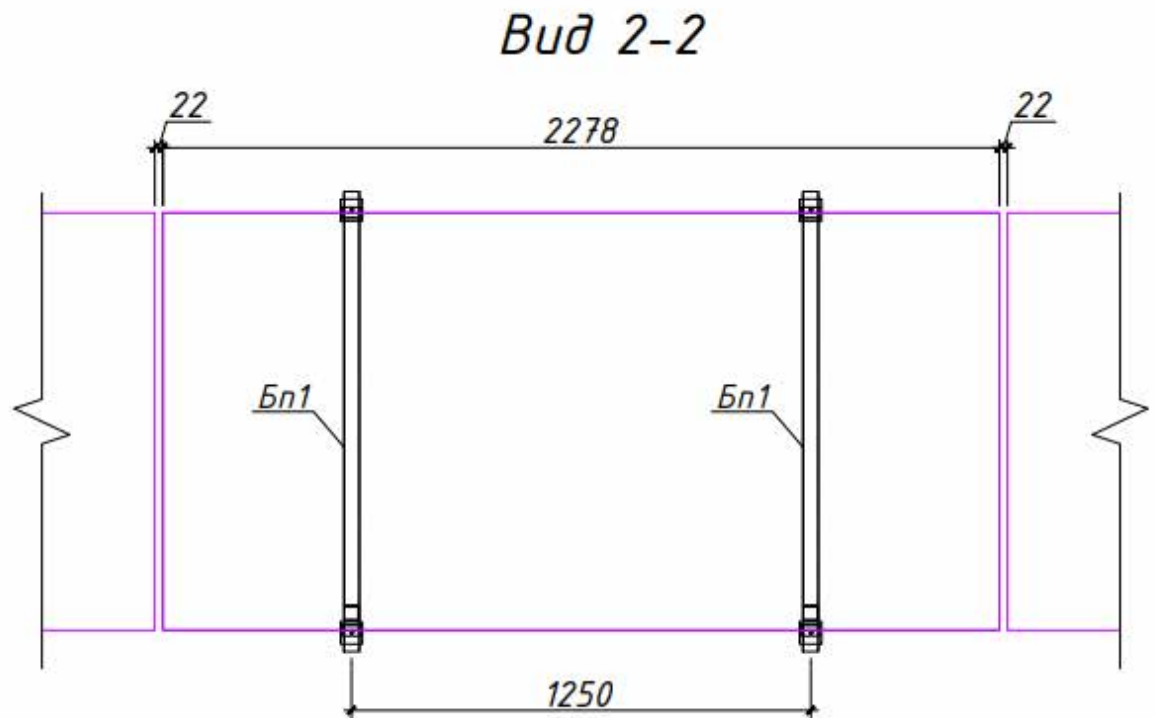
Вид 1-1



Схематичне зображення розкосів Vc1.

Розкіс Vc1 монтується за допомогою 2-х болтів M8x20мм та встановлюється у порядку, вказаному на схемі вище: у крайніх прольотах ряду, а також у кожен проліт на стиці столів (у місці стику сусідніх панелей).

Рис. 3.6. Схематичне зображення розкосів Vc1.



Схематичне зображення з'єднувачів М1.

*З'єднувач М1 монтується на кожну 4-у поперечну раму.
Відстань між рядами залежить від куту нахилу панелей та вказана на схемі.*

Рис.3.7. Схематичне зображення з'єднувачів М1

3.5. Інженерні системи сонячної електростанції

Інженерні системи сонячної електростанції є основою ефективного та безперебійного виробництва екологічно чистої електроенергії. Ці системи забезпечують оптимальне функціонування всіх компонентів СЕС, включаючи генерацію, перетворення та передачу енергії до споживачів. Розглянуто ключові складові інженерних систем СЕС, зокрема мережеві інвертори, системи моніторингу та управління, а також фактори, що впливають на продуктивність.

Таблиця 3.3

Перелік основного обладнання системи СЕС

№ п.п	Найменування	Тип обладнання	Од.виміру	Кількість	Вага од.кг	Приміт
1	Покрівля будівлі АЗК					
1.1	Сонячна панель Jinko Solar Tiger Pro 545 W	JKN545M-72HL4V	шт.	117	28	
2	Приміщення електрощитової					
	Існуюче обладнання					
	Вводно-розподільчий щит АЗК	ВРЩ	шт.	1		Існ.комплект.
	Проектоване обладнання					
2.1	Інвертор мережевий 50кВт	SUN2000-50KTL-M3	шт.	1	49	
2.2	Щит силової комутації системи ФЕС	ЩСк-ФЕС	шт.	1	До 30	АС ВОХ
	У складі					
2.2.1	Щит навісний металевий	Інд.	шт.	1		

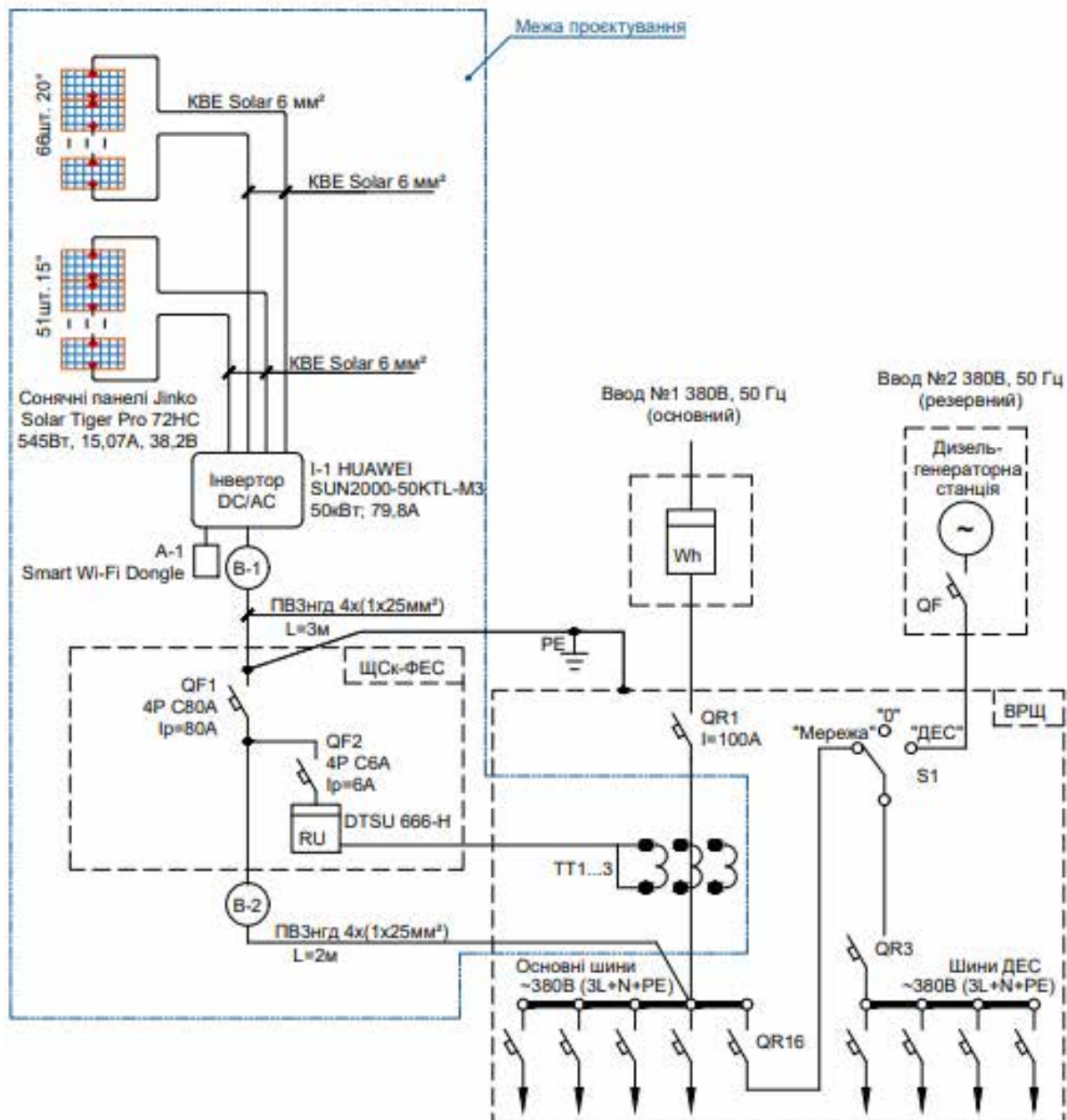


Рис. 3.9. Принципова схема живильної мережі 0,4 кВ

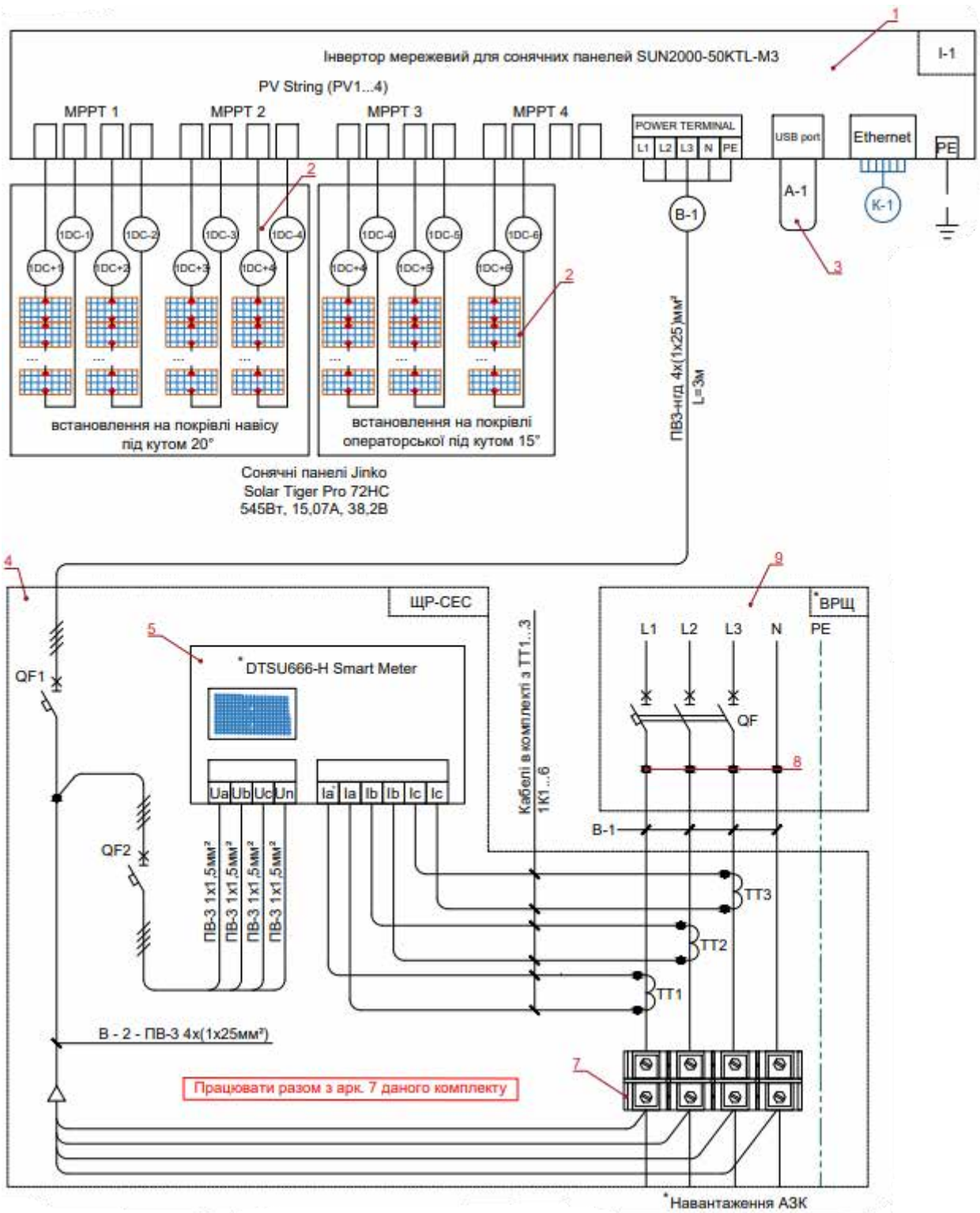


Рис. 3.10. Схема зовнішнього підключення мережевого інвертора SUN2000-50KTL-M3

Таблиця 3.5

Специфікація основного обладнання і матеріалів

№ п.п	Найменування	Тип	Од.виміру	Кількість	Вага од.кг	Примітки
	Існуюче обладнання					
1	Інвертор мережевий	SUN2000-50KTL-M3	шт.	1	49	
2	Сонячна панель Jinko Solar Tiger Pro 545 W	JKN545M-72HL4V	шт.	177	28	
3	Модем для Wifi моніторинга Smart Wi-Fi Dongle	A-1	шт.	1		
4	Щит силової комутації	ЩСк-ФЕС	шт.	1	До 30	АС ВОХ
5	Трансформатори струму	ТТ1...ТТ3/СТФ-24-5К-250	шт.	3		КОМПЛЕКТ
6	Розподільчий блок	ЕТІ	шт.	3		
7	Гільза мідно-алюмінієва 35/25 кв.мм		шт.	4		КОМПЛЕКТ
8	Вводно-розподільчий щит АЗК	ВРЩ, РЩ-1	шт.	1		
9	Провід силовий з підними жилами 25мм ²	ПВЗнгд 1×25мм ²	м	5		

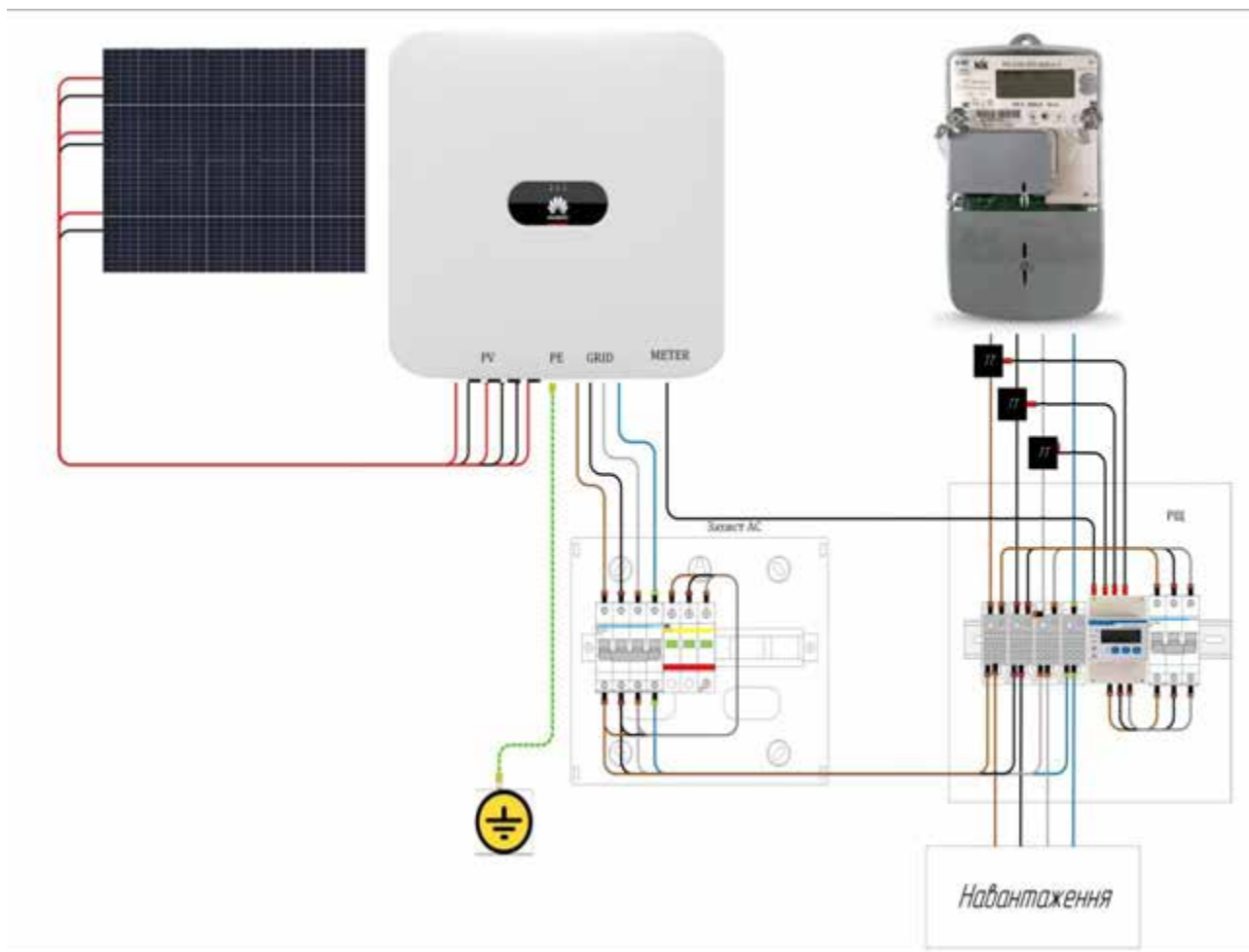


Рис. 3.13. Схема підключення обладнання

Даним щитовим обладнанням вирішується питання інтеграції системи фотоелектричної станції в існуючу систему електропостачання об'єкту - автозаправного комплексу. Дане рішення дозволяє розширити систему електропостачання без суттєвих змін головного вводно - розподільчого щита. Все запроєктоване комутаційне, вимірювальне і перетворювальне обладнання встановлюється в приміщенні електрощитової будівлі АЗК.

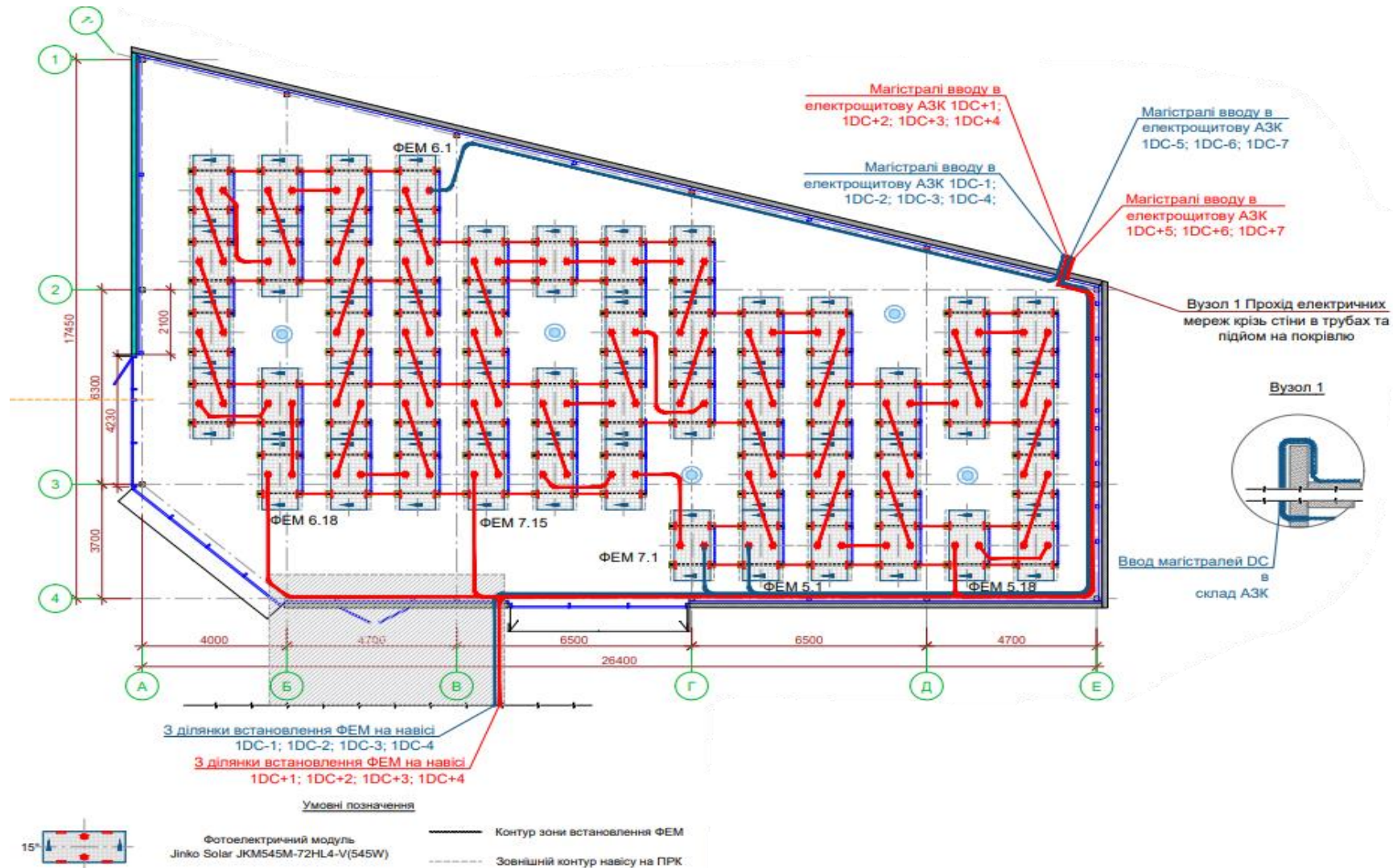


Рис. 3.14. План розташування електрообладнання СЕС та прокладання кабельних ліній системи на покрівлі операторської АЗК М1:100

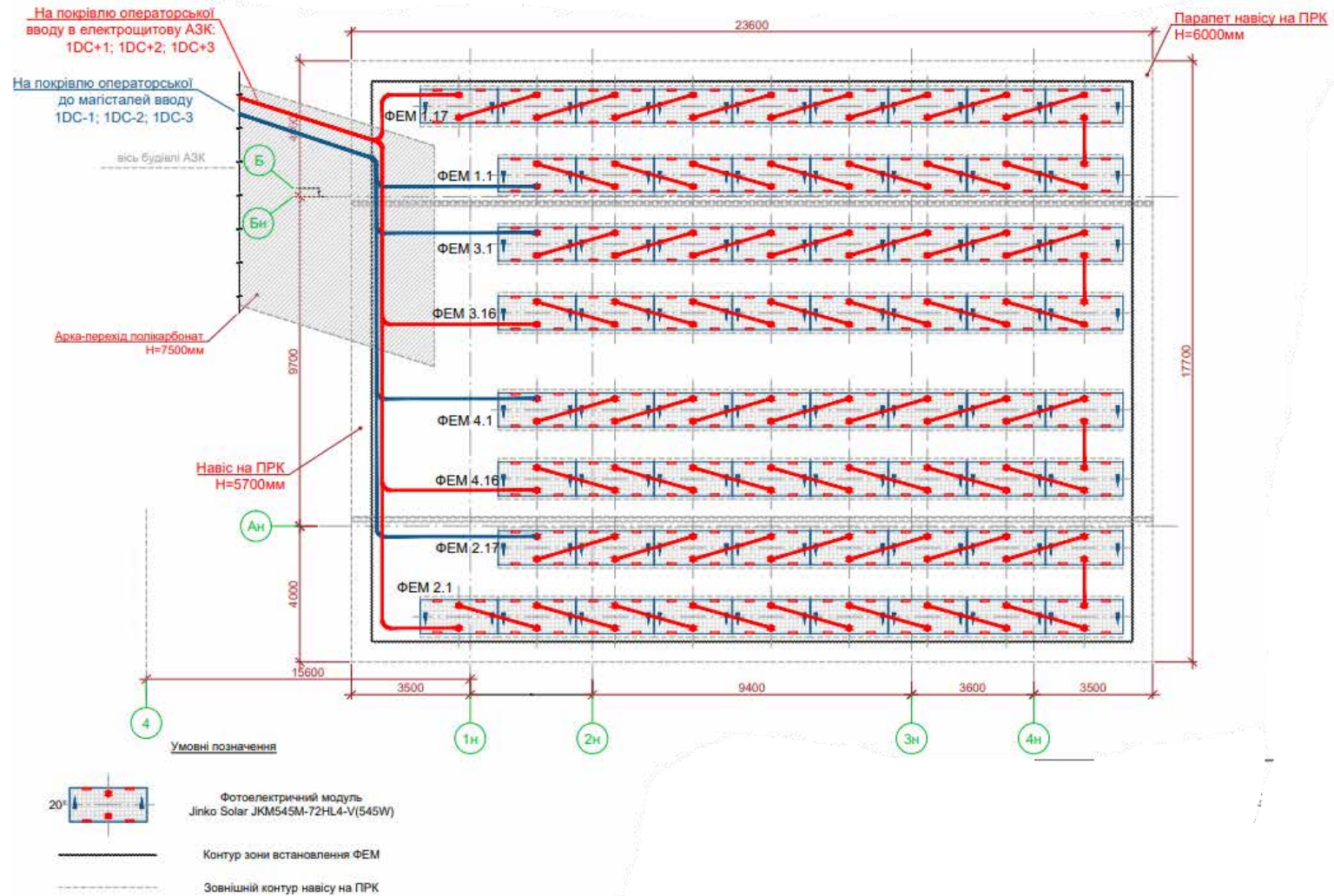


Рис. 3.15. План розташування електрообладнання СЕС та прокладання кабельних ліній системи на покрівлі операторської АЗК М1:100

Висновок до розділу 3

Розділ відображає комплексний підхід до проектування та реалізації сонячної електростанції, яка інтегрується в інфраструктуру АЗК, сприяючи екологічності та енергозбереженню. Вибрано монокристалічні модулі Tiger Pro 72HC 545W (Jinko Solar), що встановлюються на покрівлях АЗК. Особливості включають високоефективну конструкцію, зручність монтажу та відповідність сучасним стандартам. Використовується мережевий інвертор HUAWEI SUN2000-50KTL-M3, що перетворює постійний струм у змінний, забезпечуючи безперебійне живлення із врахуванням захисту енергосистеми та зменшення гармонійних спотворень. Вибір місця та способу встановлення модулів враховує оптимальний кут нахилу, освітленість, структуру покрівлі та легкість обслуговування. Розрахунок потужності системи базується на ефективному використанні площі даху та забезпеченні потреби АЗК. Система інтегрується у наявну мережу через щит силової комутації та головний розподільчий щит, забезпечуючи можливість роботи без значних змін у поточній інфраструктурі.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Техніко-економічне обґрунтування і розрахунок сонячної електростанції є сукупністю отриманих даних, що в загальному передають сутність капітальних витрат на будівництво та інформацію про ефективність капіталовкладень взагалі. Техніко-економічне обґрунтування і техніко-економічний розрахунок розробляються лише індивідуально і за конкретним замовленням з врахуванням всіх особливостей та деталей. Техніко-економічне обґрунтування – більш широкий обсяг інформації, найчастіше актуальний для великих інвестиційних проектів з будівництва сонячних електростанцій великої потужності. Найбільш затребуваними є техніко-економічні розрахунки, що охоплюють

обґрунтування запланованої потужності сонячної електростанції;

– огляд та аналіз характеристик обладнання, що буде використовуватися в проекті;

– фінансову модель разом із плановим обсягом вироблюваної електроенергії, заплановані витрати на будівництво, експлуатацію та сервісне обслуговування; – програми у вигляді необхідних сертифікатів і паспортів на обладнання.

4.1. Оцінка складових інвестиційних витрат

Оцінка складових інвестиційних витрат — це процес аналізу та підрахунку всіх витрат, пов'язаних із реалізацією інвестиційного проекту. Вона включає визначення витрат на основні матеріали, обладнання, будівельно-монтажні роботи, проектування та інші необхідні компоненти. Такий аналіз допомагає зрозуміти загальний бюджет проекту, прогнозувати його рентабельність і фінансову доцільність.

Оцінка складових інвестиційних витрат для сонячної електростанції охоплює витрати на проектування, будівництво, закупівлю сонячних панелей та

інверторів, металоконструкцій, монтажні роботи, підготовку, та пуско-налагоджувальні роботи. Це дозволяє ефективно планувати бюджет і прогнозувати економічну ефективність проекту.

Таблиця 4.1

Специфікація матеріалів та обладнання

№	Найменування	Од.виміру	Кількість	Ціна, грн
1	Jinko Solar Tiger Pro 545 Вт	шт.	117	458.055
2	HUAWEI SUN2000-50KTL-M3	шт.	1	138.000
3	Smart Wi-Fi Dongle	шт.	1	3.150
4	Кабель силовий КВЕ Solar 6мм	м.	755	43.035
5	Кабель силовий ПВЗнгд-1х35	м.	40	9.320
6	Конектор для сонячних панелей MC4	шт.	10	1.110
7	ЩСК	шт.	1	15.142
8	Автоматичний вимикач 4-х полюсний С80А, I=80А	шт.	1	6.136
9	Автоматичний вимикач 4-х полюсний С6А, I=80А	шт.	1	1.731
10	Блок розподільчий 100А	шт.	4	2.928
11	Шина заземлення	шт.	1	120
12	Трансформатори струмуСТФ24-5К-250	шт.	3	6.576
13	Smart Meter	шт.	1	7.927
14	Перфорований кабель канал	м.	2	167
15	Балка верхня поперечна Бп-1	шт.	234	35.345
16	Балка нижня поперечна Бп-2	шт.	234	33.228
17	Стійка опорна (20°)	шт.	132	8.940
18	Стійка опорна (15°)	шт.	102	7.865
19	Розкіс Вс-1	шт.	139	21.256
20	З'єднувач М-1	шт.	41	9.345
21	Болт М8х25 мм	шт.	746	3.128
22	Гайка М8х20 мм	шт.	746	2.422
23	Болт М8х20 мм (флянц.)	шт.	828	2.810
24	Гайка М8х20 мм (флянц.)	шт.	828	2.450
25	Опорна Y-рейка, L=295мм	шт.	264	11.358
26	Стрічка ЕРДМ 30мм*3мм	м.	54	1.720
27	Заклепка М4.8х12 Al/St	шт.	1056	1.920
28	Баластний блок бетоний 200х200х80мм	шт.	204	18.360
29	Гумова підкладка під баласт 250х250х12мм	шт.	204	4.230
30	Турбосаморіз для бетону	шт.	204	8.772

Продовження табл. 4.1

31	Труба гофрована, електромонтажна, Ø50 мм	м.	50	2.750
32	Труба гофрована, електромонтажна, Ø16 мм	м.	200	1.000
33	Труба гофрована, електромонтажна, Ø32 мм	м.	150	1.800
34	Загальна вартість			872.096

Вартість монтажу та пуско-налагоджувальних робіт, з огляду на відриті джерела, становить у Києві приблизно 3000-5000 грн. Враховуючи це розрахуємо орієнтовну вартість для монтажу спроектованої СЕС:

$$63,8 \cdot 4000 = 255200 \text{ грн} \quad (4.1)$$

Логістичні витрати, орієнтуючись на середню в суму на ринку для такої СЕС, становитимуть орієнтовно 30000 грн.

Підсумуємо всі витрати:

$$872096 + 255200 + 30000 = 1157296 \text{ грн} \quad (4.2)$$

Ціни на матеріали, обладнання та електромонтажні роботи для реалізації проекту сонячної електростанції можуть значно відрізнитися залежно від регіону, обсягу проекту, обраних постачальників та складність монтажу.

4.2. Розрахунок періоду окупності інвестицій

Період окупності інвестицій для сонячної електростанції визначається як відношення загальної суми вкладень до річного доходу від генерації електроенергії. Спочатку розраховуються всі витрати на встановлення станції, потім визначається річна генерація енергії та відповідний дохід або економія

від її використання чи продажу. Період окупності обчислюється шляхом ділення загальних витрат на річний прибуток.

Вартість електроенергії для юридичних осіб в Україні може варіюватися залежно від типу договору та умов ринку. Наприклад, на ринку "на добу наперед" (РДН) ціна в середньому коливається у межах 6,6 грн/кВт-год у нічний час і до 10 грн/кВт-год у піковий період з 17:00 до 23:00.

Загальна номінальна потужність станції – 63,8 кВт. Для розрахунку середнього річного виробництва електроенергії сонячною електростанцією у м. Києві з номінальною потужністю можна використовувати формулу:

$$E_{\text{річн}} = P_{\text{ном}} \cdot G_{\text{інсол}} \cdot \eta,$$

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

За даними кліматичних досліджень середнє річне значення інсоляції в Києві становить приблизно 1 200–1 300 кВт·год/м². Тобто мінімально очікуване середньо річне виробництво електроенергії сонячною електростанцією становитиме:

$$E_{\text{річн}} = 63,8 \cdot 1200 \cdot 0,8 = 61,248 \text{ МВт} \cdot \text{год} \quad (4.3)$$

Річна економія на електроенергії, при тарифі приблизно 8 грн/кВт·год, з підрахунками що тарифи зростають постійно для бізнесу, становить:

$$61248 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot 8,3 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год} = 508358,4 \text{ грн} \quad (4.4)$$

Розрахунок терміну окупності СЕС:

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

$$T = 1157296 / 508358,4 \approx 2,28 \text{ роки.}$$

Висновок до розділу 4

Проведені розрахунки підтверджують доцільність будівництва СЕС для власних потреб автозаправного комплексу у м. Києві як ефективного способу енергозабезпечення та зниження витрат. Сонячна електростанція вартістю 1 157 296 грн, з річним виробництвом 61,248 кВт·год, дає змогу заощадити 508358,4 грн на рік. Таким чином, термін окупності становить приблизно 2,3 років.

РОЗДІЛ 5

ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА АВТОЗАПРАВНОМУ КОМПЛЕКСІ

5.1. Аналіз потенційних ризиків та управління безпекою

Зменшення професійних травм та захворювань є метою стандарту ISO 45001 «Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги».

Аналіз потенційних ризиків і управління безпекою при будівництві сонячної електростанції охоплює кілька важливих аспектів. Фізичні ризики включають травми, які можна мінімізувати через використання засобів індивідуального захисту та захисних огорож. Електричні ризики, вимагають дотримання протоколів безпеки, відключення напруги та використання ізольованих інструментів. Робота під впливом погодних умов, таких як сильний вітер або дощ, також є значним ризиком, який потребує планування робіт у безпечні періоди та використання спеціального захисного одягу. Контакт з хімічними речовинами під час використання матеріалів і засобів для очищення поверхонь вимагає належного зберігання, використання та навчання працівників.

Ефективне управління ризиками базується на комплексному підході, що включає попереджувальні заходи, навчання персоналу, дотримання стандартів і оперативне реагування на інциденти для забезпечення безпеки та успішного завершення проекту.

5.2. Організація монтажних робіт та вимоги до засобів індивідуального захисту

Всі монтажні роботи виконуються згідно НПАОП 0.00-1.15-07 «Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті». Організація монтажних робіт

при будівництві СЕС включає в себе планування, підготовку, транспортування та встановлення обладнання та проведення підготовки до електромонтажних робіт. Весь процес чітко розподіляється між командою з дотриманням графіка та послідовності виконання робіт, а також забезпечення безпеки на кожному етапі. Важливими аспектами є перевірка технічного стану інструментів і обладнання, підготовка робочого простору та контроль за правильністю виконання монтажу відповідно до інженерних креслень і технічних норм.

Дотримання всіх вимог до засобів індивідуального захисту при будівництві сонячної електростанції є обов'язковим. Використання касок забезпечує захист голови, захисні окуляри запобігають травмам очей, рукавички захищають руки при роботі з електричними або гострими елементами, а взуття зі сталевими носками запобігає травмам ніг. При роботі на висоті передбачено оснащення страхувальними поясами та ременями безпеки. Одяг має бути міцним і зручним для монтажу, а захист органів дихання застосовується під час робіт із пилом. Сучасні засоби захисту використовуються згідно з інструктажем із правильного застосування та безпечного виконання монтажних робіт.

5.3. Електробезпека при встановленні та експлуатації сонячних електростанцій

Усі етапи монтажу, обслуговування та експлуатації фотоелектричних систем виконувались згідно з вимогами ПУЕ, що забезпечує безпеку працівників і запобігає аваріям. Під час роботи особливу увагу приділяли підключенню обладнання, заземленню, блискавкозахисту, організації робочого місця та засобам індивідуального захисту. Електробезпека розпочинається з планування, що включає перевірку компонентів, інструктаж персоналу та правила роботи з кабелями під напругою. Для мінімізації ризику ураження струмом використовуються ізоляційні інструменти та засоби захисту. Техніка

безпеки передбачає перевірку ланцюгів перед підключенням і встановлення систем заземлення.

Важливими є заходи безпеки під час експлуатації, такі як перевірка електроз'єднань, контроль ізоляції та технічне обслуговування спеціалістами. Впровадження сучасних систем моніторингу допомагає швидко виявляти аномалії та знижувати ризик аварій. Важливим є навчання персоналу щодо реагування на екстрені ситуації, включаючи правила використання пожежогасіння та надання першої допомоги.

Підготовка робочого місця враховує унікальність кожного об'єкта, аналіз сонячного випромінювання, вибір оптимального розташування панелей і мінімізацію ризиків. Огляд передбачає оцінку потенційних небезпек і планування розміщення обладнання. Інструменти перевіряються перед використанням, а робота на дахах вимагає надійних сходів і підйомників для безпечного переміщення панелей. Безпека на висоті забезпечується чистотою робочої зони, закриттям отворів і встановленням огорожень.

Робота з електричними компонентами потребує ізоляції панелей, дотримання правил вимкнення напруги та безпеки. Устаткування має відповідати стандартам IEC 61730 або UL 1703, що включають захист від замикань, перевантажень і перенапруг. Системи моніторингу допомагають виявляти несправності та реагувати на загрози. Дотримання цих вимог забезпечує надійність фотоелектричних систем і безпеку працівників.

5.4. Пожежна безпека та екологічні аспекти експлуатації сонячних електростанцій

Пожежна безпека сонячних електростанцій — критичний аспект, адже вони працюють з високою напругою та струмами, що можуть становити загрозу при неправильній експлуатації. Основні ризики: перегрів, короткі замикання, несправність інверторів, що можуть призвести до займання. Важливо забезпечити професійну установку сертифікованого обладнання та регулярно

проводити технічні огляди для запобігання аваріям. Пожежна безпека включає протипожежні системи, використання вогнестійких матеріалів та створення умов для евакуації.

Сонячні електростанції сприяють зменшенню викидів парникових газів та знижують залежність від викопного палива, але виробництво та утилізація панелей створюють екологічні виклики. Виготовлення фотомодулів потребує матеріалів, що можуть містити токсичні речовини, та значних енерговитрат. Сучасні технології дозволяють знижувати ці ризики, зокрема через переробку старих панелей, що мінімізує відходи та повертає матеріали в обіг.

Сонячні електростанції не генерують шуму чи шкідливих відходів, що робить їх екологічно привабливими. Встановлення на покрівлях або на непридатних для сільського господарства землях сприяє збереженню ландшафтів і біорізноманіття.

Висновок до розділу 5

У розділі акцентується увага на комплексному підході до забезпечення безпеки та мінімізації ризиків під час встановлення й експлуатації сонячних електростанцій. Аналіз і управління потенційними небезпеками, зокрема фізичними, електричними та екологічними, є ключовими аспектами для успішної реалізації проекту. Застосування стандартів ISO 45001, ПУЕ та НПАОП гарантує дотримання вимог безпеки, а використання засобів індивідуального захисту та правильна організація робочих процесів сприяють зниженню випадків травматизму.

ВИСНОВКИ

1. Використання сонячної енергії відкриває широкі перспективи для забезпечення глобальних енергетичних потреб. Ефективність роботи сонячних електростанцій можна підвищити за рахунок оптимізації параметрів установки, налаштування орієнтації панелей і застосування розумних контролерів. Вивчення економічної й екологічної доцільності демонструє, що сонячна енергія є вигідною інвестицією з довгостроковими перевагами для сталого розвитку й зменшення викидів вуглекислого газу. Аналіз сучасних рішень, як-от мережевих інверторів і розумних лічильників, підкреслює важливість передових технологій для оптимізації виробництва й розподілу енергії.

2. Аналіз структури енергоспоживання показав, що основні електроприймачі комплексу, зокрема автоматизовані паливорозподільчі колонки, насосно-клапанні блоки, системи освітлення та охоронно-протипожежна сигналізація, споживають значні обсяги енергії, що вимагає високої надійності електропостачання. Визначення добового споживання енергії (957,2 кВт·год) та розрахунок річної потреби (349 378 кВт·год) обґрунтовують вибір потужності сонячної електростанції в 63,8 кВт. Розрахунок підтвердив, що встановлення СЕС такої потужності забезпечить покриття значної частини енергетичних потреб АЗК, враховуючи специфіку роботи об'єкта та можливі пікові навантаження. Це дозволить не лише знизити витрати на електроенергію.

3. Вибрано монокристалічні модулі Tiger Pro 72HC 545W (Jinko Solar), що встановлюються на покрівлях АЗК. Особливості включають високоефективну конструкцію, зручність монтажу та відповідність сучасним стандартам. Використовується мережевий інвертор HUAWEI SUN2000-50KTL-M3, що перетворює постійний струм у змінний, забезпечуючи безперебійне живлення із врахуванням захисту енергосистеми та зменшення гармонійних спотворень. Вибір місця та способу встановлення модулів враховує оптимальний кут нахилу, освітленість, структуру покрівлі та легкість обслуговування.

Розрахунок потужності системи базується на ефективному використанні площі даху та забезпеченні потреби АЗК. Система інтегрується у наявну мережу через щит силової комутації та головний розподільчий щит, забезпечуючи можливість роботи без значних змін у поточній інфраструктурі.

4. Проведені розрахунки підтверджують доцільність будівництва СЕС для власних потреб автозаправного комплексу у м. Києві як ефективного способу енергозабезпечення та зниження витрат. Сонячна електростанція вартістю 1 157 296 грн, з річним виробництвом 61,248 кВт·год, дає змогу заощадити 508358,4 грн на рік. Таким чином, термін окупності становить приблизно 2,3 років.

5. Комплексний підхід до забезпечення безпеки та мінімізації ризиків під час встановлення й експлуатації сонячних електростанцій. Аналіз і управління потенційними небезпеками, зокрема фізичними, електричними та екологічними, є ключовими аспектами для успішної реалізації проєкту. Застосування стандартів ISO 45001, ПУЕ та НПАОП гарантує дотримання вимог безпеки, а використання засобів індивідуального захисту та правильна організація робочих процесів сприяють зниженню випадків травматизму.

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: 12.11.2024).
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: 12.11.2024).
3. Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2030 року. Міністерство енергетики України. URL: <https://mpe.kmu.gov.ua/> (дата звернення: 12.11.2024).
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: 12.11.2024).
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: 12.11.2024).
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: 12.11.2024).
7. Порядок приєднання електроустановок до мереж. НКРЕКП України. Київ, 2019. URL: <https://www.nerc.gov.ua/> (дата звернення: 12.11.2024).
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: 12.11.2024).
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: 12.11.2024).

10. Правила безпеки при роботі з електроустановками. Державна служба України з питань праці. Київ: Держпраці, 2020. URL: <https://dsp.gov.ua/> (дата звернення: 12.11.2024).

11. Бойко, В. В. Сонячна енергетика: принципи, технології, перспективи / В. В. Бойко. – Київ: Наукова думка, 2020. – 315 с.

12. Петров, О. І. Відновлювана енергетика та її впровадження в Україні / О. І. Петров. – Харків: ХНУ, 2019. – 228 с.

13. Мартинюк, Л. Г. Сонячні електростанції: технічні аспекти і прикладні рішення / Л. Г. Мартинюк. – Львів: Вид-во ЛНУ, 2021. – 405 с.

14. Дроздова, О. А. Енергетична ефективність відновлюваних джерел енергії / О. А. Дроздова. – Київ: Інститут енергетики, 2018. – 374 с.

15. Соловей, П. С. Сонячні енергосистеми та їх застосування / П. С. Соловей. – Одеса: ОНУ, 2017. – 289 с.

16. Тихонов, М. Ю. Ефективність сонячних електростанцій в умовах України / М. Ю. Тихонов // Енергетика та промисловість України. – 2021. – № 4. – С. 45–52.

17. Коломієць, І. В. Впровадження сонячних електростанцій для промислових підприємств / І. В. Коломієць, О. С. Литвин // Технічні науки. – 2019. – Т. 28, № 3. – С. 67–74.

18. Сімоненко, Г. М. Аналіз економічної ефективності сонячних електростанцій на АЗК / Г. М. Сімоненко, Л. В. Карпенко // Економіка та екологія. – 2020. – № 1. – С. 101–109.

19. Шевчук, Н. О. Інноваційні рішення для відновлюваної енергетики в Україні / Н. О. Шевчук, В. І. Бойко // Відновлювана енергетика. – 2021. – Т. 32, № 5. – С. 37–44.

20. Орлов, Р. В. Сонячні батареї: принципи роботи та ефективність / Р. В. Орлов, Т. П. Гриценко // Науковий вісник. – 2020. – № 2. – С. 12–19.

21. Кравченко, А. Ю. Основи сонячної енергетики / А. Ю. Кравченко. – Київ: Вища школа, 2019. – 512 с.

22. Іванов, О. Д. Енергозберігаючі технології: навчальний посібник / О. Д. Іванов. – Харків: Університетська книга, 2020. – 398 с.
23. Морозов, В. М. Економіка енергетичних систем / В. М. Морозов. – Львів: Національний університет, 2018. – 427 с.
24. Долгов, С. С. Альтернативна енергетика: навчальний посібник / С. С. Долгов. – Одеса: ОНУ, 2021. – 380 с.
25. Черненко, Т. Ю. Відновлювані джерела енергії: підручник / Т. Ю. Черненко, М. М. Ковальчук. – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 456 с.
26. Литовченко, Ю. Б. Інтеграція сонячних електростанцій в мережеву інфраструктуру / Ю. Б. Литовченко, І. Г. Мироненко // Відновлювана енергетика України. – 2018. – Т. 26, № 3. – С. 55–63.
27. Гончаренко, П. В. Аналіз сучасних методів підвищення ефективності сонячних електростанцій / П. В. Гончаренко // Технічні інновації. – 2019. – № 6. – С. 34–41.
28. Обґрунтування доцільності встановлення сонячної електростанції для забезпечення безперебійного електропостачання автозаправного комплексу. / Бабій В.Ю., Ликтей В.В. // Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування», Київ: НУБіП України, 6-7 листопада 2024 р. – С. 96-97.
29. Лабораторний зразок для експериментального дослідження режимних параметрів існуючих установок з акумуляторними батареями, інвертором напруги та фотоелектричними сонячними перетворювачами. / Петренко А.В., Кругляк Г.В., Ликтей В.В. // 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. Економічна ефективність відновлюваних джерел енергії: методи та моделі / М. В. Бойко, П. О. Кравченко // Економіка та управління в енергетиці. – 2020. – Т. 34, № 2. – С. 47–55.

31. Іванченко, О. І. Оцінка окупності сонячних електростанцій для промислових підприємств / О. І. Іванченко, Ю. С. Матвієнко // Відновлювана енергетика України. – 2019. – № 1. – С. 23–30.

32. Литвиненко, С. В. Аналіз інвестиційної привабливості СЕС в умовах українського енергетичного ринку / С. В. Литвиненко, В. І. Гаврилюк // Інвестиції: практика та досвід. – 2021. – № 5. – С. 14–22.

33. Ковальчук, Д. М. Визначення окупності сонячних енергетичних систем у комерційному секторі / Д. М. Ковальчук, Л. П. Данилюк // 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 / І. О. Петренко // Проблеми економіки. – 2018. – № 3. – С. 59–66.

35. Гринь, Ю. В. Методи розрахунку економічної доцільності встановлення сонячної електростанції на комерційних об'єктах / Ю. В. Гринь // Економічний вісник. – 2019. – № 8. – С. 75–82.

36. Сидоренко, П. С. Відновлювана енергетика та окупність інвестицій у СЕС: український досвід / П. С. Сидоренко, М. Л. Василенко // Екологічна безпека та енергетика. – 2021. – Т. 28, № 2. – С. 31–39.

37. Козлов, Т. П. Моделювання терміну окупності сонячних енергетичних установок для малих підприємств / Т. П. Козлов, О. А. Смирнова // Управління розвитком. – 2020. – № 4. – С. 20–28.

38. Поліщук, М. М. Вплив фінансових факторів на окупність сонячних електростанцій / М. М. Поліщук // Фінанси України. – 2019. – № 7. – С. 84–91.

39. Кравченко, В. Л. Методика розрахунку терміну окупності інвестицій в сонячні електростанції з урахуванням кліматичних особливостей / В. Л. Кравченко // Східноєвропейський журнал економічних досліджень. – 2018. – № 5. – С. 54–61.

Сонячна панель Jinko Sokar Tiger Pro

www.jinkosolar.com



Tiger Pro 72HC

535-555 Вт

МОНО МОДУЛЬ

P-Type

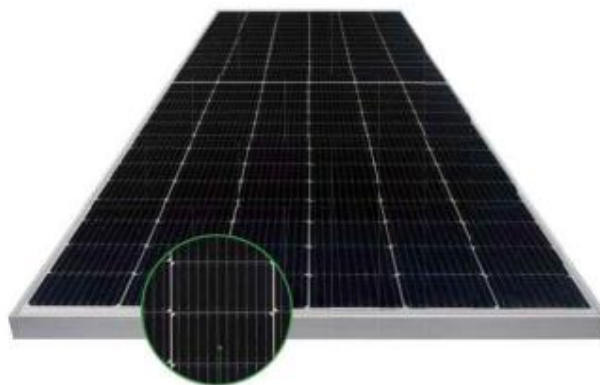
Позитивний толеранс потужності 0~+3%

IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Система управління якістю

ISO14001:2015: Система управління навколишнім середовищем

ISO45001:2018 Системи управління охороною праці



MBB HC Технологія

Ключові особливості



Multi Busbar Технологія

Краще уловлення світла та генерація струму для покращення вихідної потужності та надійності модуля.



Стійкість до екстремальних умов навколишнього середовища

Висока стійкість до соляного туману та аміаку.



Зменшення втрат при гарячих точках

Оптимізована електрична конструкція та менший робочий струм для зменшення втрат при гарячих точках та кращого температурного коефіцієнта.



Посилене механічне навантаження

Сертифіковано на вітряний вітрове навантаження (2400 Паскаль) і снігове навантаження (5400 Паскаль).

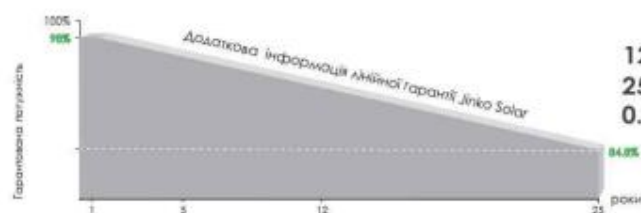


Довший термін служби

0.55% щорічне зниження потужності та 25-річна гарантія на лінійну потужність.



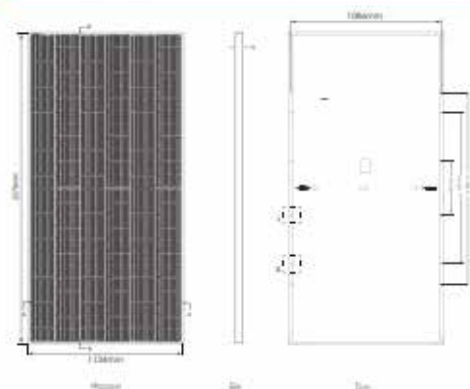
ГАРАНТІЯ ЛІНІЙНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ



12 Років гарантії на продукт
25 Річна гарантія на лінійну потужність
0.55% Щорічна деградація за 25 років

Характеристика сонячної панелі

Інженерні креслення

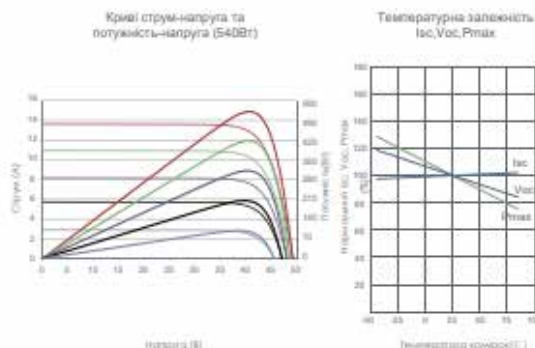


Конфігурація упаковки

(Два п'ядени в одну стопку)

31шт/в панель, 62шт/стопка, 620шт/ 40HQ в контейнері

Електричні характеристики та температурна залежність



Механічні характеристики

Тип комбірок	P тип Mono
Кількість	144 (6*24)
Розмір	2278*1134*35мм
Вага	28 кг
Скло	3,2 мм, антибликове покриття, висока прозорість, низький рівень заліду, загартоване скло
Рама	Анодований алюмінієвий сплав
Розподільна коробка	IP68
Кабель	TUV T4K.DMM (+): 400мм, (-): 200мм

Специфікація

Тип модулю	JKM535M-72HL4		JKM540M-72HL4		JKM545M-72HL4		JKM550M-72HL4		JKM555M-72HL4	
	JKM535M-72HL4-V	JKM540M-72HL4-V	JKM545M-72HL4-V	JKM550M-72HL4-V	JKM555M-72HL4-V	JKM535M-72HL4-V	JKM540M-72HL4-V	JKM545M-72HL4-V	JKM550M-72HL4-V	JKM555M-72HL4-V
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Максимальна потужність (Pmax)	535Вт	398Вт	540Вт	402Вт	545Вт	405Вт	550Вт	409Вт	555Вт	413Вт
Макс. напруга потужності (Vmp)	40,63В	37,91В	40,70В	38,08В	40,80В	38,25В	40,90В	38,42В	40,99В	38,59В
Макс. струм потужності (Impr)	13,17А	10,50А	13,27А	10,55А	13,36А	10,60А	13,45А	10,65А	13,54А	10,70А
Напруга розімкнутого ланцюга (Voc)	49,34В	46,57В	49,42В	46,65В	49,52В	46,74В	49,62В	46,84В	49,72В	46,93В
Струм короткого замикання (Isc)	13,79А	11,14А	13,85А	11,19А	13,94А	11,26А	14,03А	11,33А	14,12А	11,40А
Ефективність STC (%)	20,71%		20,90%		21,10%		21,29%		21,48%	
Робоча температура (°C)	-40°C ~ +85°C									
Максимальна напруга системи	1000/1500VDC (IEC)									
Запобіжник	25А									
Толерантність полярності	0 ~ +3%									
Температурний коефіцієнт Pmax	-0,35%/°C									
Температурний коефіцієнт Voc	-0,28%/°C									
Температурний коефіцієнт Isc	0,048%/°C									
Номинальна робоча температура комбірок (NOCT)	45±2°C									

*STC: Опромінення 1000Вт/м² Температура комірки 25°C AM=1,5
 \ NOCT: Опромінення 800Вт/м² Температура навколишнього AM=1,5 Швидкість вітру 1м/с

HUAWEI SUN2000-50KTL-M3

SUN2000-50KTL-M3
Smart PV Controller**Higher Yields**

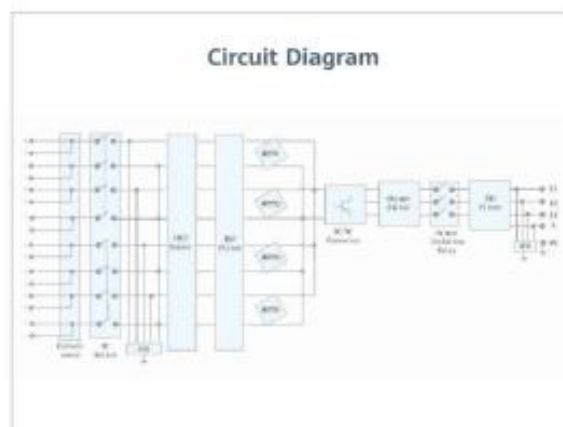
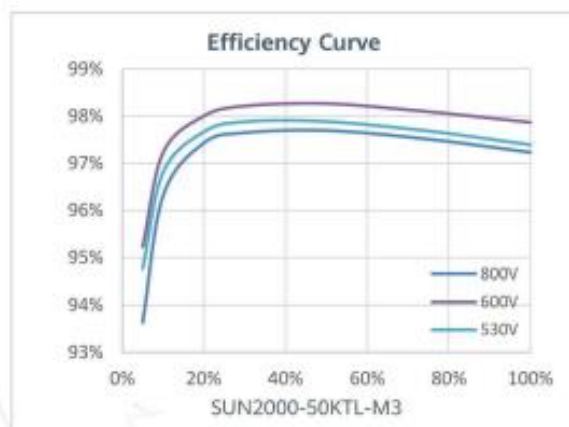
Up to 30% More Energy
with Optimizer

**Active Safety**

AI Powered
Active Arcing Protection

**Flexible Communication**

WLAN, Fast Ethernet, 4G
Communication Supported



Технічні характеристики HUAWEI SUN2000-50KTL-M3

SUN2000-50KTL-M3

Технічні характеристики

Технічні характеристики	SUN2000-50KTL-M3
Ефективність	
Макс. ефективність	98.5%
Європейська ефективність	98.0%
Вхід	
Макс. вхідна напруга ¹	1,100 В
Макс. струм на кожен MPPT	30 А (на MPPT) / 20 А (на один вхід)
Макс. струм КЗ на кожен MPPT	40 А
Стартова напруга	200 В
Робочий діапазон напруги MPPT ²	200 В – 1,000 В
Номинальна напруга DC	600 В
Макс. кількість входів	8
Кількість MPPT трекерів	4
Вихід	
Номинальна активна потужність AC	50,000 Вт
Макс. повна потужність AC	55,000 ВА
Макс. активна потужність AC (cosφ=1)	55,000 Вт
Номинальна вихідна напруга	400 Вac / 480 Вac, 3W+(N) + PE
Номинальна частота AC	50 Гц / 60 Гц
Номинальний вихідний струм	72.2 А @ 400Вac, 60.1 А @ 480Вac
Макс. струм AC	79.8 А @ 400Вac, 66.5 А @ 480Вac
Діапазон коефіцієнту потужності	0.8 LG ... 0.8 LD
Макс. коефіцієнт нелінійних спотворень	<3%
Захист	
DC вимикач	Так
Захист проти острігання	Так
Захист від надструмів AC	Так
Захист від зворотної полярності DC	Так
Моніторинг аварій кожного PV-струму	Так
ПЗП по стороні DC	Тип II
ПЗП по стороні AC	Тип II
Вимрювання опору ізоляції DC	Так
Пристрій моніторингу струму витіку	Так
Захист від утворення дуги	Так
Керування приймачем пульсацій	Так
Інтегроване відновлення PID ³	Так
Зв'язок	
Індикація	LED індикатори, Bluetooth + FusionSolar APP
RS485	Так
Smart Dongle	WLAN/Ethernet через Smart Dongle-WLAN-FE (Опційно) 4G / 3G / 2G через Smart Dongle-4G (Опційно)
Моніторинг BUS (MBUS)	Так (Потребується ізолюючий трансформатор)
Загальні дані	
Розмір (Д x В x Ш)	640 x 530 x 270 мм (25.2 x 20.9 x 10.6 дюйма)
Вага (з кріпленням)	49 кг (108.1 фунти)
Робочий діапазон температур	-25°C – 60°C (-13°F – 140°F)
Тип охолодження	Природна конвекція
Макс. робоча висота	4,000 м (13,123 фути)
Відносна вологість	0% RH – 100% RH
DC-конектор	Amphenol Helios H4
AC-конектор	Водонепроникний конектор + O1/O7 термінал
Ступінь захисту	IP 66
Топологія	Без трансформаторів
Сложивана потужність вночі	≤ 5.5Вт
Стандарти відповідності (більше інформації за запитом)	
Безпека	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Стандарти підключення до мережі	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 4110, VDE 0126-1-1, BDEW, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C1011, MEA, Resolution No.7, NRS 097-2-1, DEWA

Симуляція затінення СЕС

