

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА**

Навчально-науковий інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук

Кафедра електроніки і енергетики

**ПРОЕКТ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ
ПОТУЖНІСТЮ 3.2МВт**

Дипломна робота

Рівень вищої освіти - перший (бакалавр)

Виконав:

студент 4 курсу, 433 групи

Галогре Андрій Юрійович

Керівник:

к.ф.-м.н. доцент кафедри

електроніки і енергетики

Козярьський Дмитро Петрович

*До захисту допущено
на засіданні кафедри*

протокол № _____ від _____ 2024 р.

Зав. кафедрою _____ проф. Майструк Е.В.

Чернівці – 2024

Андрій ГАЛОГРЕ
ПРОЕКТ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПОТУЖНІСТЮ 3.2МВ
Анотація

У даній роботі був розроблений проект будівництва сонячної електростанції. Наведено основне креслення, та розташування СЕС.

Розраховано потужність СЕС, її компоненти (сонячні панелі, інвертори, кабелі, пристрої захисту). Розраховано економічну частину та час окупності електростанції.

Пояснювальна записка для роботи була виконана на 67 аркушах формату А4. Містить 35 зображень, 10 таблиць, 1 креслення формату А1.

Ключові слова: сонячна електростанція, сонячні панелі, інвертори, економічний розрахунок, час окупності.

Andrii HALOHRE
PROJECT OF A 3.2 MW SOLAR POWER PLANT

Abstract

In this work, a project for the construction of a solar power plant was developed. The main drawing and layout of the SES are provided. The power of the SES and its components (solar panels, inverters, cables, protection devices) were calculated. The economic part and the payback period of the power plant were also calculated. The explanatory note for the work was prepared on 67 A4 pages. It contains 35 images, 10 tables, and 1 A1 drawing.

Keywords: solar power plant, solar panels, inverters, economic calculation, payback period.

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

					ДП. 6.141.00 00 93			
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>					
<i>Розроб.</i>		Галогре			Проектування сонячної електростанції потужністю 3.2МВт	<i>Літ.</i>		
<i>Перевір.</i>		Козярьський						2
<i>Реценз.</i>						ЧНУ 433 ГР.		
<i>Н. Контр.</i>		Андрушак						
<i>Затверд.</i>		Козярьський						

ЗМІСТ

ВСТУП	4
I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	5
1.1 Зелений тариф	5
1.2 Типи сонячних електростанцій	7
1.3 Типи інверторів.....	11
1.4 Що таке МРРТ? - Значення МРРТ.....	14
1.5 Типи сонячних модулів.....	16
1.6 У якому напрямку повинні бути спрямовані сонячні панелі.....	24
1.7 Кут нахилу сонячних модулів.....	26
1.8 Основи підключення різних фотоелектричних панелей послідовно або паралельно.....	28
1.9 Інсоляція – що це таке і від чого вона залежить.....	37
II. РОЗРАХУНОК СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	39
2.1 Визначення робочого періоду ФЕС	39
2.2 Вибір типу інвертора	42
2.3 Вибір типу фотомодулів, визначення їх параметрів, обчислення їх кількості. Задання пробного значення площі фотомодулів.....	46
2.4 Економічна частина.....	57
ВИСНОВОК	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	61

ВСТУП

Світ вступив у нову енергетичну епоху, що характеризується підвищенням потреб у паливі. Незважаючи на різкі зміни попиту і цін на нафту, тенденція до зростання споживання палива та енергії все ж таки залишиться, хоча розподіл споживання між секторами і країнами може дещо змінитися. Водночас тенденції розвитку суспільства вимагають різкого підвищення ефективності використання природних ресурсів, прийняття нових нетрадиційних рішень, здатних у найкоротший термін і з мінімальними витратами вирішити проблеми нестачі електроенергетичних потужностей, зменшити шкідливе навантаження на довкілля і провести модернізацію енергетики відповідно до вимог ХХІ ст.

Україна має сприятливі природні умови для розвитку, вітрової, сонячної та біоенергетики. На початку 2022 року встановлена потужність об'єктів ВДЕ на контрольованій території досягла 9,5 ГВт (6,4 ГВт – промислові СЕС, 1,2 ГВт – СЕС приватних домогосподарств, 1,5 ГВт – вітроелектростанцій, 0,3 ГВт – об'єкти біоенергетики, 0,1 ГВт – мала гідроенергетика), а обсяг інвестицій в галузь перевищував 12 млрд доларів США.

Переважну частину об'єктів ВДЕ було побудовано у південних регіонах, які мають для цього найбільший потенціал (Херсонська, Миколаївська, Запорізька, Одеська, Дніпропетровська області).

Війна суттєво вплинула на обсяги виробництва електроенергії об'єктами ВДЕ. На сьогодні майже половина усіх об'єктів відновлювальних джерел енергії знаходиться у зоні бойових дій або на тимчасово окупованих територіях. Ще значна кількість таких об'єктів перебувають на суміжних територіях. Об'єкти ВДЕ на окупованих територіях практично зупинили свою діяльність через пошкодження трансформаторних підстанцій та ліній електропередач, небезпеки для персоналу та неможливості доступу на об'єкти.

					ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Зелений тариф

Особливості зеленого тарифу для юридичних осіб

Різниця між «Зеленим тарифом для фізичних осіб» та «Зеленим тарифом для юридичних осіб» полягає в тому, що підприємці продають державі всю сонячну енергію зі своєї станції. Енергія надходить у загальну електричну мережу. Це збільшує швидкість окупності витрат за встановлення станції, дає можливість повної окупності витрат електроенергії для підприємства й у майбутньому можливість додатковий дохід. Сонячні електростанції за типом розміщення бувають: даховими, наземними. Основною умовою встановлення дахових сонячних електростанцій є наявність даху площею від 1000 кв.м. Для встановлення наземних електростанцій вам знадобиться земельна ділянка.

Термін дії зеленого тарифу в Україні

01.01.2030 – це період поширення тарифу для всіх суб'єктів, що використовують вітер, сонце та ін. як джерело енергії. Донедавна будь-який громадянин, який побажав інвестувати в станцію, що використовує невичерпні джерела енергії, має право збути підприємству «Енергоринок» власну електричну енергію за «Зеленим тарифом», який значно вищий за звичайний. Встановлений «Зелений тариф» є фіксованим і трохи «стрибає» у більшу чи меншу сторону, лише за зміни курсу валют. Ця вигідна схема запроваджена для залучення вкладень в альтернативну енергетику України. Людей, які вкладають свої кошти, завжди хвилювало страхування фінансових ризиків та перспектива гарантії купівлі-продажу електроенергії для закриття всіх питань із кредитними організаціями. Останнім часом простежується тенденція до зниження цін на технології у сфері альтернативної енергетики. Як показує практика, ціна впроваджуваних технологій у сфері енергетики сьогодні зменшилась у рази, що згодом понижує ціну проектів.

					ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Ставки зеленого тарифу для підприємців

"Зелений тариф для промислових підприємств" фіксовано встановлено так:

- до 31.12.2019 р. – 0,1810 євро
- до 31.12.2024 р. – 0,1626 євро
- до 31.12.2029 р. – 0,1449 євро

Закон про «Зелений тариф для юридичних осіб»

Вже з липня 2019 року в нашій країні запустили нову систему аукціонів з подальшим розподілом квот державної підтримки виробництва електроенергії. Верховна Рада 25.04.19 встановила правила конкуренції для виробників енергії з відновлюваних джерел та ухвалила законопроект № 8449-д.

Під час проведення відкритих аукціонів проходитиме розіграш тих самих квот державної підтримки. Початковою цифрою буде названо величину "Зеленого тарифу", і далі від якої ставки будуть йти на зниження між гравцями.

Переможцем буде представлений той, хто заявить мінімальну вартість продажу за 1 кВт/год енергії. Він і одержить держ. підтримку з подальшою можливістю реалізації електроенергії кінцевого покупця за ціною, заявленою в рамках аукціону.

Для великих за потужністю сонячних електростанцій дана прозора схема роботи буде єдиним можливим способом у доотриманні підтримки держави. Плюс інвесторам, учасникам інших проектів, надаватиметься можливість поборотися за отримання підтримки терміном 20 років або зупинитися на стандартному процесі підключення «Зеленого тарифу», який є актуальним до 2030.

					ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1.2 Типи сонячних електростанцій

Фотоелектрична сонячна електростанція

Також широко відомі як сонячні електростанції, фотоелектричні електростанції використовують велику кількість фотоелектричних (PV) масивів для захоплення сонячної енергії для безпосереднього перетворення в електрику.

Тип фотоелектричних елементів, які використовуються для сонячних електростанцій, може бути різним. Деякі ферми використовують кристалічні сонячні панелі, тоді як інші можуть використовувати тонкоплівкові сонячні панелі.

Фотоелектричний матеріал у кристалічних сонячних панелях є монокристалічним, полікристалічним. Відомо, що монокристалічний матеріал більш ефективний, але цей матеріал дорожчий, ніж полікристалічний.

Тонкоплівкові сонячні панелі здатні поглинати світло в різних частинах сонячного спектру. Виготовлена з широкого спектру інших матеріалів, тонка плівка є більш гнучкою та може бути зігнута у вигнуті структури.

Типом генерованої електроенергії є постійний струм (DC). Однак постійний струм потрібно перетворити на змінний струм який є придатним для використання та подаватися в електромережу. Через необхідність перетворювати постійний струм на змінний, потужні інвертори є важливим компонентом фотоелектричних електростанцій.

СОНЯЧНІ СИСТЕМИ ON-GRID

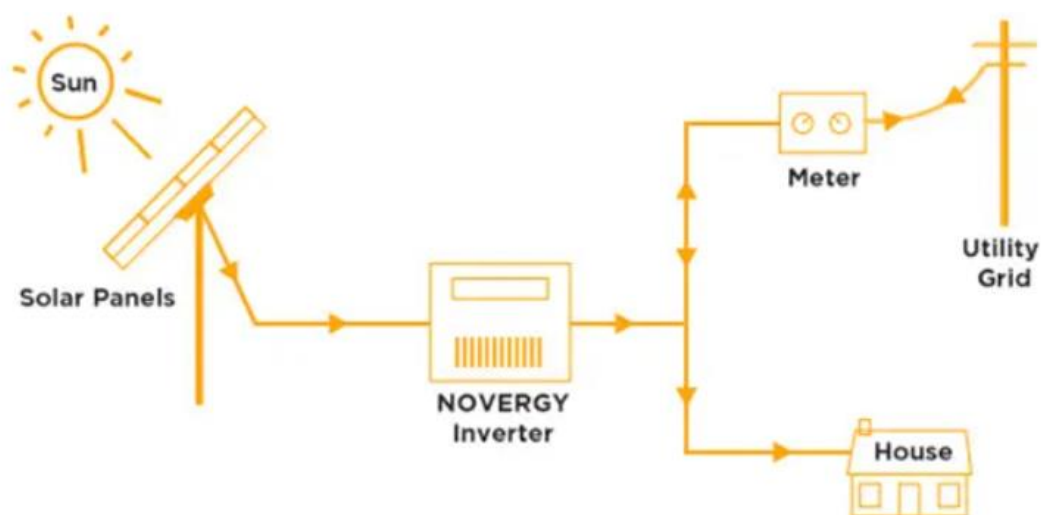
Мережева система

Мережеві сонячні електростанції

Мережеві або пов'язані з мережею сонячні системи на сьогоднішній день є найбільш поширеними і широко використовуються у будинках і на підприємствах. Ці системи не потребують батарейках, використовують сонячні

					ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

інвертори підключені до комунальної електромережі. Будь-яка надмірна сонячна енергія, яку ви виробляєте, експортується в електричну мережу, і зазвичай платять зелений тариф. На відміну від гібридних систем, мережеві сонячні системи не можуть працювати або виробляти електроенергію під час відключення електроенергії з причин безпеки. Оскільки відключення електроенергії зазвичай відбуваються при пошкодженні електромережі. Якщо сонячний інвертор все ще подає електрику в пошкоджену мережу, це може поставити під загрозу безпеку людей, усувають несправність в мережі.



On-Grid Solar System

Рис.1.1 Мережева система

Компоненти, що використовуються в мережевих системах – панелі, лічильники, мережеві інвертори та локальна мережа.

Випадки використання – підходить для житлових, комерційних, промислових об'єктів із надійною доступністю мережі.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СОНЯЧНІ СИСТЕМИ OFF-GRID

Автономна сонячна система

Автономна система не підключена до електромережі і тому вимагає акумуляторів. Автономні сонячні системи мають бути спроектовані таким чином, щоб вони виробляли достатньо енергії протягом року і мали достатню ємність батареї для задоволення потреб будинку навіть у розпал зими, коли зазвичай набагато менше сонячного світла. Висока вартість батарей і автономних інверторів означає, що автономні системи набагато дорожче, ніж мережеві системи, і тому, як правило, вони необхідні тільки в більш віддалених районах, де немає можливості живлення від електромережі.

Акумуляторна батарея

В автономній системі немає громадської електромережі. Як тільки сонячна енергія буде використовуватися приладами у вашій власності, вся надлишкова енергія буде відправлена у ваші акумуляторні батареї. Як тільки батарея повністю зарядиться, вона перестане отримувати енергію від сонячної системи. Коли ваша сонячна система не працює (вночі або в похмурі дні), ваші прилади будуть споживати енергію від батарей.

Резервний генератор

У періоди року, коли батареї розряджені, а погода дуже похмура, вам, як правило, знадобиться резервне джерело живлення, наприклад резервний генератор або генераторна установка. Розмір генераторної установки (вимірюється в кВА) повинен бути достатнім для живлення вашого будинку і одночасної зарядки акумуляторів.

					ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

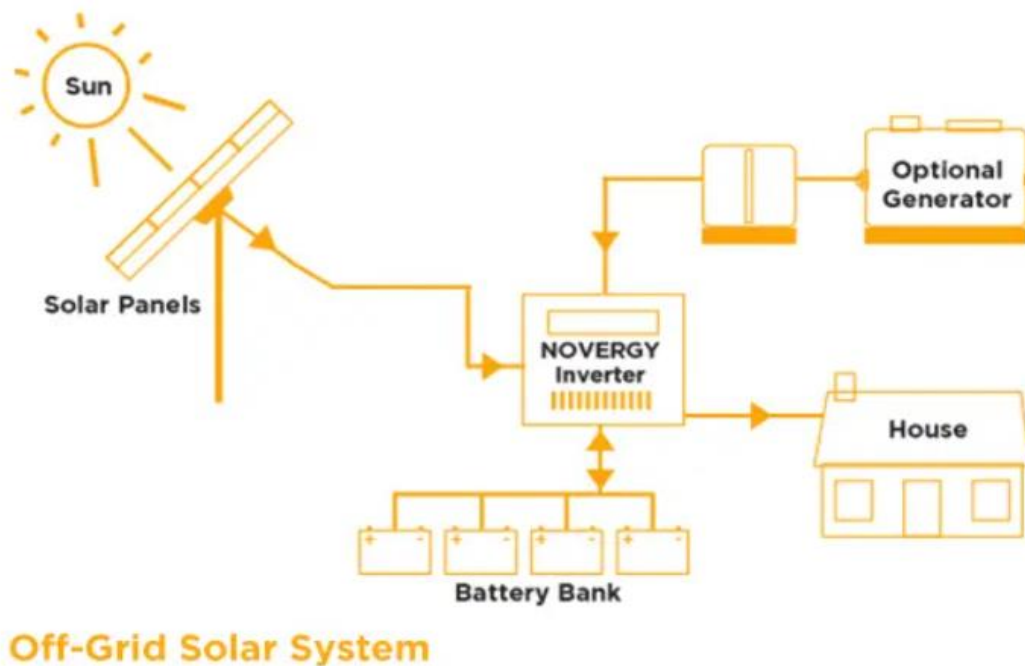


Рис.1.2 Автономна система

Компоненти, що використовуються в автономних системах – сонячні панелі , АКБ. Інвертори, генератори.

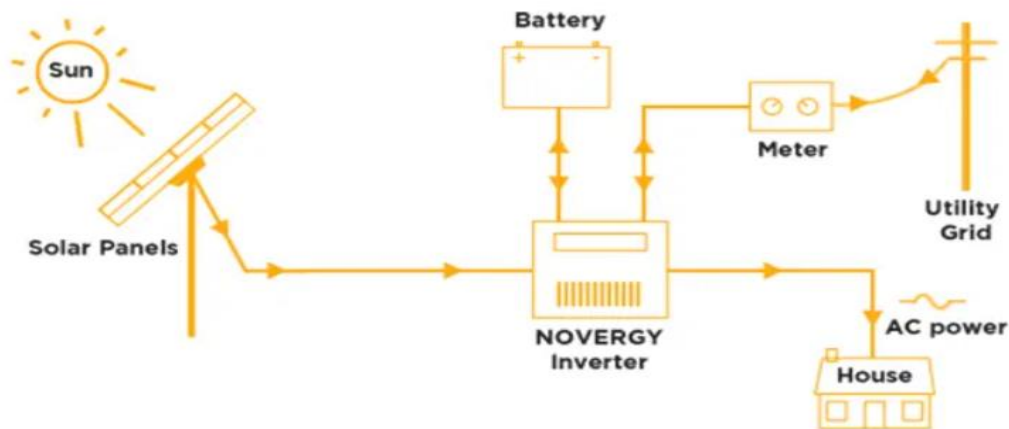
Варіанти використання – вони життєздатні для сільськогосподарських угідь, промислових об’єктів, сільських і віддалених районів і будівельних майданчиків.

Гібридні сонячні системи

Гібридні системи – це сонячні системи, які залежать від мережі, а також можуть накопичувати додаткову електроенергію в АКБ. Тут додаткова енергія, вироблена сонячною системою передається в акумуляторну батарею. Коли вони повністю заряджені, вони можуть експортувати додаткову енергію в мережу.

Ці системи одночасно забезпечують функціональність як автономних, так і мережевих систем. Вони є більш стабільним, безпечним і економічно ефективним способом виробництва електроенергії порівняно з іншими системами, про які ми згадували раніше. Тому що вам не потрібно інвестувати у великі системи зберігання. Це причина, чому вони більш популярні серед сонячних інвесторів, вони залишаються неушкодженими, тому що відключення електроенергії не перешкоджають їх роботі.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Hybrid Solar System

Рис.1.3. Гібридна система

Компоненти, що використовуються в гібридних системах – масив сонячних панелей, батареї та інвертори, лічильник і мережа

Варіанти використання - вони найкраще підходять для сільськогосподарського сектору, житлових приміщень, мікромереж, сільської місцевості та офісів.

1.3. Типи інверторів

PV Grid Interactive, також відомий як мережевий інвертор, Струнні інвертори є найпоширенішим типом сонячних систем у всьому світі. У цій системі сонячні панелі з'єднані послідовно, утворюючи рядок. Цей тип підключення додає більше напруги до струни. Струнні інвертори мають обмежений діапазон потужності, і у випадку встановлення великих сонячних панелей знадобиться кілька струнних інверторів. Хоча він відомий як найбільш економічно ефективний тип на сонячному ринку, він має кілька недоліків. Через тип підключення сонячної панелі всі фотоелектричні модулі в рядку залежать один від одного. Отже, якщо одна з сонячних панелей затінилася або з якоїсь причини вийшла з ладу, це вплине на весь рядок. Точніше, це призведе до загального зниження вихідної потужності. Необхідно мати на увазі, що струнні

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

інвертори пред'являють особливі вимоги, які дещо обмежують гнучкість установки. Таким чином, наприклад, сонячні батареї кожної струни мають бути однакової кількості, одного типу та повинні бути встановлені під однаковим кутом. Це обмеження в основному стосується встановлення невеликих сонячних систем. Монтажникам може бути складно розробити сонячну фотоелектричну систему з одним струнним інвертором, яка відповідатиме всім згаданим вище критеріям. Наприклад, якщо деякі з ваших сонячних панелей потрібно встановити під іншим кутом, вам знадобиться інший інвертор для них. Як бачите, цей тип може виявитися нерентабельним для невеликих площ. Іншою проблемою традиційних струнних інверторних систем є безпека. Якщо будь-яка комунальна мережа вимикається, сонячні батареї продовжують виробляти електроенергію, поки світить сонце.



Рис.1.4. Інвертор

PV Grid Interactive w/ Storage, яку часто називають ESS (системою зберігання енергії), є новою версією інтерактивного інвертора PV Grid, який також передбачає додавання накопичувача енергії. Ця термінологія, яку іноді називають «гібридними інверторами». Основне призначення цього типу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

12

інвертора таке ж, як і мережевого інвертора, але також може використовувати накопичення енергії для поглинання або вивільнення енергії, коли це більш корисно, а не лише коли світить сонце. Накопичувач енергії може бути використаний для переміщення виробництва сонячної енергії з середини дня до інших частин дня та ночі, щоб забезпечити самозабезпечення та перерозподіл навантаження, особливо коли місцеве комунальне підприємство не є стабільним. Зазвичай вони постачаються з трансформаторами струму для вимірювання струму на службовому вході, щоб вони могли постачати накопичену енергію в усьому будинку та/або обмежити живлення до мережі. Вони часто (але не завжди) зроблені так, щоб мати можливість відокремлюватися від мережі та формувати власний вихід мережі для запуску резервних навантажень під час збою мережі. Більшість із них здатні функціонувати лише як інтерактивний інвертор фотоелектричної мережі без встановленого накопичувача, тому накопичувач енергії можна додати пізніше. Цей тип інверторів можна розділити на два типи: акумулятори з власним внутрішнім перетворенням напруги, які працюють при нарузі, аналогічній нарузі PV, тобто: від 280 В до 450 В, і інвертори з перетворенням напруги, щоб вони могли працювати з 48 В. батареї. Батареї вищої напруги зазвичай літєвого типу з прямим зв'язком між інвертором і блоком батарей. Тип 48 В може використовувати більшість номінальних батарей 48 В, включаючи свинцеві або літєві типи з прямим зв'язком або без нього.

Автономні існують довше, ніж інші типи. Вони відомі як: акумуляторний інвертор; поза мережею; окремо стояти; гібридний; статичний; острівний; двонаправлений; формування сітки; інвертор/зарядний пристрій та інші назви. Це більш загальний діапазон інверторів, від простого перетворення постійного струму в змінний для використання з навантаженнями; до деяких, які мають передачу від входу змінного струму; до зарядки від мережі змінного струму; до можливості прив'язки до мережі. Їх відрізняє те, що для роботи їм завжди потрібен акумулятор. Їх можна змусити використовувати багато батарей різної

напруги, причому найпоширенішими є 12 В, 24 В і 48 В. Далі їх можна розділити на два типи: ті, які подають фотоелектричну енергію в мережу, і ті, які не будуть.

Ті інвертори, які можуть жити мережу, надсилають фотоелектричну енергію, яка перевищує необхідну для підтримки заряду акумулятора, у навантаження. Існує потреба в контролерах заряду для обробки енергії від масиву до батареї. Деякі інвертори мають вбудований контролер заряду. Версії з прив'язкою до мережі також добре працюють як інвертори, що працюють без мережі. Акумуляторні інвертори, які не можуть житися в мережі, все ще можуть використовувати мережу або генератор змінного струму для заряджання батареї або передачі для проходження до навантажень.

1.4. Що таке МРРТ? - Значення МРРТ

МРРТ — це технологія, яка використовується в сонячних інверторах і контролерах заряду, і вона має вирішальне значення для оптимізації взаємозв'язку між сонячними батареями та акумуляторною батареєю або електромережею. Він максимізує вилучення сонячної енергії за різних умов, підтримуючи роботу масиву в ідеальному діапазоні робочої напруги. Для сонячних систем з батареями це можна зробити завдяки встановленню контролерів заряду сонячних батарей МРРТ, оскільки вони регулюють напругу між сонячними панелями та батареями.

Крім того, контролери заряду батареї МРРТ можуть допомогти захистити батареї та збільшити термін служби. Подібним чином відстеження МРРТ є функцією, вбудованою в мережеві інвертори, але деякі мають більш розширені характеристики, ніж інші.

Що таке повна форма МРРТ?

МРРТ означає «відстеження максимальної потужності». Схеми МРРТ використовуються в сонячних енергетичних системах для оптимізації

					ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

ефективності фотоелектричних (PV) панелей. Система MPPT регулює робочу точку сонячних панелей, щоб вони завжди працювали на максимальній вихідній потужності, незалежно від змін навколишнього середовища, таких як інтенсивність сонячного світла та температура.

Переваги MPPT в Сонячній системі

Цінність трекерів максимальної потужності в сонячній енергетичній системі полягає в їх здатності оптимізувати виробництво енергії та підвищити загальну ефективність системи. Ось основні причини, чому MPPT має вирішальне значення:

- 1. Максимальний вихід енергії:** MPPT безперервно регулює робочу точку сонячних панелей до точки максимальної потужності, дозволяючи системі отримувати максимально можливу вихідну енергію від доступного сонячного світла. Ця оптимізація життєво важлива для максимізації загального виходу енергії сонячної енергетичної системи.
- 2. Адаптація до мінливих умов:** сонячні батареї залежать від змін інтенсивності сонячного світла, температури та затінення. Технологія MPPT динамічно реагує на ці зміни, забезпечуючи роботу системи з максимальною ефективністю в різноманітних умовах навколишнього середовища. Ця адаптивність особливо важлива для підтримки продуктивності в режимі реального часу.
- 3. Підвищення ефективності сонячної системи:** оптимізуючи електричну робочу точку сонячних панелей, MPPT запобігає втратам електроенергії, які виникають при фіксованих робочих точках. Це збільшення ефективності сприяє вищому загальному перетворенню сонячного світла в електроенергію, що робить сонячну систему більш ефективною у використанні відновлюваної енергії.

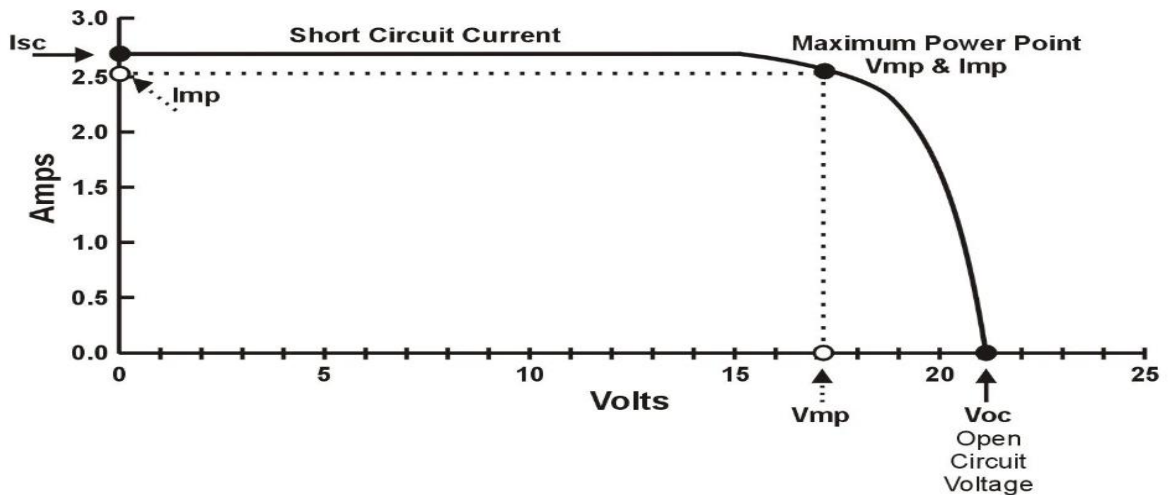


Рис.1.5 ВАХ

1.5. Типи сонячних модулів

- Перше покоління – кристалічні
 - Монокристалічний
 - Полікристалічний
- Друге покоління – тонка плівка
 - Кремній – a-Si
- Третє покоління
 - Сенсibilізовані до барвника сонячні елементи (DSSC)
 - Органічний
 - Перовскіт
 - Концентрований фотоелектричний (PV) елемент – концентрований PV (CVP) і висококонцентрований PV (HCPV)
- Передові технології та технології майбутнього
 - Технологія гетеропереходу (HJT)
 - Біфациальні клітини

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Перше покоління (кристалічний)

Сонячні панелі першого покоління є найбільш використовуваною фотоелектричною технологією, яка існує з перших днів сонячної енергії.

Сонячні панелі першого покоління використовують традиційну технологію кристалічного кремнію. Він буває двох типів – монокристалічний і полікристалічний – залежно від процесу виробництва.

Монокристалічний

Монокристалічні сонячні панелі виготовлені з кремнію найчистішої якості, складаються з однокристалічної структури та ретельно вирізані. Ці панелі мають чорний колір і дуже характерні. Вони пропонують один із найвищих показників енергоефективності (приблизно від 15 до 20%) серед сонячних панелей – тобто вони не вимагають стільки місця, як більш неефективні панелі – і добре працюють в умовах слабкого освітлення.

Монокристалічні панелі також менш схильні до впливу високих температур, ніж їхні полікристалічні аналоги, що забезпечує їм довший термін служби, тому на них, як правило, надається 25-річна гарантія виробника – найдовша на ринку. Це також робить монокристалічні сонячні панелі ідеальними для будинків у більш жарких та освітлених районах.

Єдині недоліки? Ця довговічність і якість мають свою ціну, і монокристалічні сонячні панелі є одними з найдорожчих на ринку.

Полікристалічний

Полікристалічні сонячні панелі виготовляються трохи інакше, ніж їх монокристалічні родичі. Замість того, щоб різати панелі, виробники розплавляють кремній і заливають його у форми – це простіший і дешевший процес виробництва.

Це, у свою чергу, робить полікристалічні сонячні панелі більш доступними, ніж монокристалічні; Хоча вони не зовсім відповідають останнім

					ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

за енергоефективністю, ці два типи сонячних панелей є рівними, коли йдеться про міцність і довговічність.

Рівень енергоефективності полікристалічних сонячних панелей, приблизно від 13 до 16%, прирівнюється до меншої потужності; це робить їх менш ефективними, а це означає, що вам знадобиться більше місця на даху, ніж з високоефективними монокристалічними панелями. Полікристалічні панелі також не можуть похвалитися такими ж рівнями високотемпературної продуктивності, як монокристалічні типи, що робить їх менш придатними для найспекотніших середовищ.

Друге покоління (тонка плівка)

Сонячні панелі другого покоління з'явилися після типу кристалічного кремнію. Друге покоління, що характеризується використанням альтернативних виробничих процесів і напівпровідникових матеріалів, включає тонкоплівкові, чутливі до барвників і органічні сонячні панелі.

Більшість сонячних панелей другого покоління засновані на технології **тонкоплівкових сонячних батарей**. Тонкоплівкові сонячні батареї виготовляються з кількох шарів фотоелектричного матеріалу поверх підкладки, такої як **кадмій**, **мідь** або **кремній**.

Кремнієві тонкоплівкові сонячні елементи (a-Si)

Кремнієві тонкоплівкові сонячні елементи використовують тонкі шари аморфного кремнію (a-Si).

Їхня ключова перевага? Гнучкість. Кремнієві тонкоплівкові сонячні панелі можна адаптувати до широкого діапазону будівельних потреб, типів будівель і ситуацій. Це, у поєднанні з тим, наскільки легко їх масово виробляти, робить їх доступнішими та дешевшими, ніж сонячні панелі першого покоління.

Однак недоліки суттєві: менший термін служби та короткий гарантійний термін. Їх нижчий рівень енергоефективності (наразі приблизно від 7 до 10%, хоча це покращиться з розвитком технологій) також означає, що вам знадобиться

					ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

більше місця для їх зберігання. Це робить їх менш ідеальними для невеликих домашніх сонячних установок, які, природно, обмежені доступним простором і бажанням уникнути тривалої заявки на отримання дозволу на планування, і краще підходять для великих комерційних сонячних батарей промислового масштабу.

DSSC

DSSC включають поглинання молекул барвника напівпровідниковим матеріалом – зазвичай діоксидом титану – для перетворення сонячного світла на електрику.

DSSC мають кілька ключових переваг. Вони відносно дешеві у виробництві та добре працюють навіть при непрямому сонячному світлі та в умовах слабкого освітлення. Вони також менш чутливі до високих температур, ніж сонячні батареї на основі кремнію, тому вони добре підходять для жаркого клімату або середовищ, схильних до температурних коливань.

Компроміс полягає в тому, що панелі з живленням DSSC мають нижчі показники ефективності, ніж традиційні кремнієві сонячні батареї. Наразі це приблизно 11%, хоча нещодавно лабораторія повідомила про рекордно високі результати ефективності DSSC у 14% .

Органічні фотоелементи

Органічні фотоелектричні елементи (OPV) використовують органічні молекули або полімери як напівпровідниковий матеріал. Завдяки недорогим процесам на основі рішень (таким як друк і нанесення покриттів), задіяним у їх виробництві, елементи OPV мають потенціал бути доступною, легкою, енергоефективною та екологічно низькою альтернативою традиційній сонячній технології.

Їх напівпрозорий вигляд полегшує інтеграцію в існуючий дизайн вашої будівлі. Це надзвичайно важливо для отримання дозволу на планування ваших

					ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

сонячних панелей, особливо якщо ваша будівля внесена до списку або є частиною об'єкта Всесвітньої спадщини чи природоохоронної території.

Вони також є ефективним способом перетворення сонячного світла на електрику. У реальних умовах органічні сонячні панелі мають енергоефективність від 10 до 12%; нещодавно в лабораторних умовах дослідники змогли отримати ефективність клітин OPV до 19%.

На цьому етапі основними недоліками OPV є його короткий термін служби та той факт, що технологія все ще перебуває у відносному зародковому стані. Це означає, що, хоча OPV мають багато перспектив і потенціалу для майбутнього, вони не є найефективнішими або найдовговічнішими сонячними елементами на ринку зараз.

Третє покоління

Сонячні панелі третього покоління представляють собою наступний етап інновацій та розвитку сонячних фотоелектричних технологій. Панелі третього покоління, які включають перовскіт, тандемні та багатоперехідні різновиди, визначаються акцентом на передових матеріалах, нових дизайнах і свіжих концепціях для покращення енергоефективності, підвищення економічності та підвищення екологічності.

Перовскіт

Перовскітні сонячні елементи використовують матеріали з кристалічною структурою за формулою ABX_3 , які демонструють все більш перспективні фотоелектричні властивості.

Основними перевагами перовскітових сонячних панелей на даному етапі є їхні високі (і швидко зростаючі) показники енергоефективності – близько 25%, за деякими оцінками, вони досягають 35%, що дає їм потенціал бути надзвичайно економічними. ефективне сонячне рішення.

Відносно дешеві у виготовленні за допомогою таких методів, як обробка розчином, перовскітові сонячні панелі можуть заощаджувати кошти на

					ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

споживача, за умови, що ключові проблеми, пов'язані з масштабованістю та стабільністю широкомасштабного комерційного впровадження, можуть бути вирішені – однією з яких є саме перовскітові сонячні панелі. нелегко виробляти у великих масштабах.

Інші проблеми з перовскітними сонячними елементами зосереджені на їх довговічності. Ранні випробування з перовскітними сонячними панелями виявили проблему під назвою гістерезис струму й напруги, яка може серйозно вплинути на робочі характеристики елементів.

Клітини CPV і HCPV

У системах CPV і HCPV використовуються лінзи або дзеркала, які діють як збільшувальні скла, концентруючи сонячне світло на невеликих високоефективних сонячних елементах. Завдяки цій методиці клітини CPV і HCPV забезпечують надзвичайно високий рівень ефективності. За деякими оцінками, це сягає 41% або більше, що випереджає навіть перше покоління сонячних панелей.

Заковика? Системи CPV і HCPV вимагають майже постійного впливу сонячного світла, щоб підтримувати такі високі показники ефективності. Ці панелі завжди мають бути спрямовані на сонце, тобто для належної роботи їм потрібне дороге, точно відкаліброване обладнання, наприклад системи стеження. Це робить їх менш придатними для домашніх сонячних батарей і більше придатними для великомасштабних комерційних установок.

Передові технології майбутнього

Технологія гетеропереходу

Технологія гетеропереходу поєднує в собі переваги двох різних типів сонячних елементів, про які ми вже торкалися: кристалічного кремнію (перше покоління) і тонкоплівкових (друге покоління).

Сонячні панелі HJT містять гетеропереходи, які є інтерфейсом між різними шарами напівпровідникових матеріалів. Вони поєднуються, щоб мінімізувати

рекомбінацію носіїв заряду, зменшуючи втрати енергії та підвищуючи загальну продуктивність і енергоефективність елементів (зазвичай між 24 і 26%, з рекордно високим рівнем майже 27%).

Серед інших переваг клітин НІТ – довговічність і естетична привабливість; вони мають елегантний, сучасний і ненав'язливий дизайн, ідеальний для будівель, де може знадобитися дозвіл на планування. Панелі НІТ також мають низькі температурні коефіцієнти, тому вони менш вразливі до втрат ефективності, спричинених нагріванням, і, отже, добре працюють у більш теплом кліматі.

Однак покращена енергоефективність НІТ має зворотний бік: це дорого. Сонячні панелі НІТ, як правило, складніші – і, отже, дорожчі – у виробництві порівняно з традиційними кристалічними кремнієвими панелями, що робить їх менш доступними для кінцевого споживача. Через їх відносну новизну в просторі сонячних панелей, панелі НІТ також буде важче знайти, ніж їх більш традиційні, усталені альтернативи.

Біфаціальні клітини

Як випливає з назви, двосторонні сонячні елементи мають два «обличчя».

Як і традиційні сонячні батареї, двосторонні сонячні батареї зазвичай виготовляються з кристалічного кремнію. *На відміну від* традиційних сонячних елементів, які поглинають світло лише з передньої панелі, двосторонні елементи призначені для захоплення сонячного світла з обох сторін. Це дозволяє їм вловлювати світло, відбите від поверхонь, таких як дахи, земля чи інші об'єкти поблизу.

Ця конструкція також робить двосторонні панелі більш ефективними (за оцінками, їхня ефективність становить від 16 до 22%), одночасно забезпечуючи більшу продуктивність в умовах розсіяного освітлення, таких як похмурі дні та рано вранці. Крім того, ви можете встановлювати двосторонні панелі в різноманітних конфігураціях, включаючи наземні системи, системи відстеження

на висоті або установки з відбиваючими поверхнями під ними, тому вони надзвичайно універсальні.

Зворотною стороною такої універсальності є те, що двосторонні панелі вимагають ретельного планування та розміщення для оптимізації виробництва. Вони також дорожчі, ніж монолицеві панелі, через підвищену вартість і складність процесу виробництва.

MBV 12BB P Тип Mono Сонячна Батарея PERC. У сонячних елементах цього сімейства використовують як технологію MBV, так і технологію PERC на монокристалічній пластині. MBV (Multi bus-bus) означає, що сонячний елемент оснащений 12 або 16 шинами замість 4, 5 або 6. Сонячні модулі з технологією MBV забезпечують більш високу вихідну потужність та високу надійність. Для сонячних елементів на основі технології PERC використовуються додаткові два ступені до стандартного поля задньої поверхні (BSF) під час виробничого процесу. Спочатку наноситься пасивуюча плівка на тильну поверхню із SiO₂ або Al₂O₃. По-друге, лазери або хімічні речовини використовуються для абляції заднього пасивуючого пакета і створення крихітних ліній або точок на плівці, щоб можна було сформувати металізацію між підкладкою кремнієвою і алюмінієвою пастою.



Рис. 1.6 MBV 12BB P Тип моно Сонячна батарея

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

23

Оптимальний напрямок і кут для сонячних панелей

Окрім виду сонячних панелей, які ви купуєте, їхнє розташування та орієнтація є однаково важливими. Коли сонячні промені падають на них перпендикулярно, панелі можуть поглинати найбільше енергії. Ви можете переконатися, що сонячні батареї виробляють достатню кількість енергії, якщо орієнтувати їх у правильному напрямку та правильно нахилити, щоб вони отримували максимум сонячного світла протягом тривалого часу.

Оптимальний напрямок і кут для сонячних панелей залежать від вашого місцезнаходження та типу сонячної панелі, яку ви використовуєте.

1.6. У якому напрямку повинні бути спрямовані сонячні панелі

Орієнтація ваших сонячних панелей повністю залежить від географічного розташування, тобто від того, чи живете ви в північній чи південній півкулі. Коли справа доходить до встановлення сонячних панелей у північній півкулі, загальноприйняте правило полягає в тому, що вони мають бути спрямовані на справжній південь, тоді як у південній півкулі вони мають бути спрямовані на справжній північ. Ці напрямки ідеальні, тому що сонячні батареї можуть отримувати лише пряме сонячне світло в цьому напрямку протягом дня.

Щоб уникнути плутанини, ви повинні розуміти різницю між магнітним і справжнім півднем. Компас вказує на магнітний південь, який є південним магнітним полюсом Землі.

З іншого боку, сонячні батареї повинні бути спрямовані на сонячний або географічний південь, або в напрямку Південного полюса. Те саме можна сказати про магнітну та справжню північ.

Залежно від того, як використовуються сонячні панелі, напрямок може змінюватися. У деяких випадках може бути корисним поступове обертання панелей від півдня до південного заходу. У той час як звернення до панелей прямо на південь може допомогти їм зібрати більше енергії, повернувши їх подалі від сонця, це може допомогти їм генерувати найбільше енергії, коли це необхідно. Якщо ви частіше використовуєте прилади на сонячних батареях у

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

вечірній час, а панелі дивляться на західне сонце, вони можуть виробляти більше енергії для цього часу доби.

Якщо для опалення та освітлення будинку використовуються сонячні колектори, оптимально розташувати панелі на схід. Якщо ви хочете зігріти будинок вдень, вам знадобиться максимум сонячного світла.

Чи можливо, щоб сонячні панелі були спрямовані на схід чи захід?

Якщо порівнювати з будь-яким іншим напрямком, сонячні батареї виробляють найбільше енергії, коли дивляться на південь. З іншого боку, сонячні батареї на вашому патіо можуть бути спрямовані на схід або захід. У порівнянні з сонячними батареями, орієнтованими на південь, ці панелі виробляють в середньому на 15% менше енергії. Навіть якщо ефективність сонячних панелей нижча, якщо вони спрямовані на захід чи південний захід, вони будуть економічно ефективнішими, оскільки плата за час використання буде меншою.

Виставлення рахунків за час використання досягає максимуму у другій половині дня, тому сонячні батареї на західній стороні ідеально підходять для тих, кому не потрібна електроенергія протягом дня. Таким чином ви можете встановити сонячні батареї на свій дах і при цьому заощадити багато грошей. Незважаючи на те, що вони виробляють лише 80% енергії, сонячні батареї, які виходять на схід, не є рідкістю. Однак для сонячних установок, орієнтованих на схід, потрібен чистий облік. Це означає, що ваші рахунки за електроенергію розраховуватимуться на основі вашого чистого споживання електроенергії, що допоможе вам заощадити гроші.

Чому сонячні панелі орієнтовані на північ?

Коли сонячні батареї встановлюються десь у південній півкулі, наприклад в Австралії, Південній Америці чи деяких азіатських островах, вони повинні бути спрямовані на північ. Якщо дивитися на північ, то буде найбільше сонячного світла, що призведе до великої кількості енергії для всіх ваших побутових приладів. З іншого боку, сонячні батареї, орієнтовані на північ,

					ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

ідеальні лише тоді, коли з північного боку немає перешкод, таких як будівлі чи дерева.

У той час як одні можуть дивитися на північ, інші можуть дивитися на захід, створюючи подібний ефект до панелей, орієнтованих на північний захід. Це виробляє найменше енергії вранці та найбільше енергії в середині та пізніше дня. Якщо ви хочете заощадити гроші на рахунках за електроенергію, це чудова річ.

1.7. Кут нахилу сонячних модулів

Щоб створити найбільшу кількість електроенергії, ви повинні нахилити свої сонячні батареї відповідно до широт вашого місця розташування. Наприклад, якщо широта місця становить 50 градусів, відповідний кут нахилу також має становити 50 градусів. Сонячна панель повинна бути більш вертикальною, коли вона наближається до екватора

Якщо вони ближче до полюсів, вони повинні нахилитися до екватора. На кут нахилу сонячних панелей також впливають метеорологічні та навколишні умови.

Сонячні промені можуть бути легко відхилені або навіть заблоковані в місцях, схильних до сильного снігопаду, в результаті чого сонячні панелі з низьким нахилом отримують мало світла. Це витрачає багато енергії в таких місцях, як Канада та Сполучені Штати. Брудні та схильні до сміття місця також можуть бути шкідливими для низьконахилених сонячних панелей.

Який правильний кут сонячної панелі?

Основна мета правильного кута нахилу сонячної панелі – максимізувати виробництво енергії, щоб усі побутові прилади могли працювати від сонячної енергії. Через те, що сонце змінюється протягом дня, визначити правильний кут для сонячних панелей може бути важко. Ви повинні мати можливість відрегулювати кут нахилу сонячних панелей відповідно до напрямку сонця в

ідеальних обставинах, але це не завжди можливо. У результаті ви повинні розташувати його під найкращим можливим кутом.

Найкращий спосіб отримати максимальну віддачу від сонячних панелей – нахилити їх під гострим кутом 60 градусів. Оптимальний кут нахилу для сонячних панелей навесні становить 45 градусів, а коли настане літо, ви можете вибрати низький кут нахилу для сонячних панелей, бажано 20 градусів.

Як дізнатися, який кут найкращий для сонячних батарей?

Вам потрібно знати, як розрахувати правильний кут для сонячних панелей, У цих обставинах корисні калькулятори кутів сонячних панелей, але ви також можете провести обчислення самостійно. Розрахунок кута нахилу влітку сильно відрізняється від розрахунку взимку. Для таких розрахунків існує два основних методи.

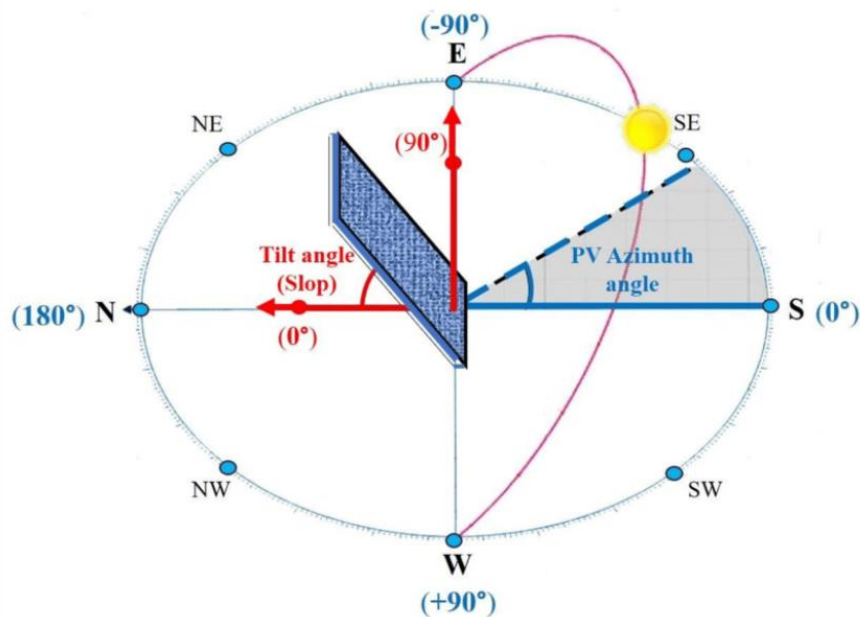


Рис. 1.7 Оптимальний кут встановлення панелі

Одним із підходів до визначення правильного кута для сонячних панелей є віднімання 15 градусів від широти сонячної системи. Це чудовий варіант для спекотних літніх днів. Для зимових днів додайте 15 градусів до широти. Цей

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

підхід критикували за недостатню надійність. Другий підхід передбачає множення широти місця на 0,9, а потім віднімання 23,5 градусів від результату.

Це розрахунок ще раз для літнього сезону. Повторіть всі кроки для зимового сезону, потім додайте до результату 29 градусів.

1.8.Основи підключення різних фотоелектричних панелей послідовно або паралельно

Змішування сонячних панелей різної напруги чи потужності, або вироблених різними виробниками, є частим питанням більшості майстрів своїми руками.

Хоча змішувати різні сонячні батареї не рекомендується, це не заборонено, і все буде добре, якщо ретельно врахувати електричні параметри кожної панелі (напруга, потужність, ампер).

Якщо ви збираєтеся з'єднати дві панелі, виготовлені різними виробниками, постачальники не є проблемою.

Проблема полягає в різних електричних характеристиках панелей разом з різним погіршенням продуктивності.

Ми об'єднуємо сонячні панелі, щоб збільшити вироблену сонячною енергією.

Підключення кількох сонячних панелей послідовно, паралельно або в змішаному режимі є ефективним і простим способом не тільки побудувати рентабельну систему сонячних панелей, але й допоможе нам додати більше сонячних панелей у майбутньому, щоб задовольнити наші щоденні потреби. потреби в електроенергії.

Спосіб підключення сонячних панелей залежить від:

- Тип вашої системи сонячних панелей,
- Сонячна енергія, яку ви хочете генерувати,
- Інші компоненти системи, такі як контролер заряду, акумулятор і інвертор.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Існує два основних типи з'єднання сонячних панелей – послідовне або паралельне. Ви підключаєте сонячні панелі послідовно, коли хочете отримати вищу напругу.

Однак, якщо вам потрібна більша сила струму, вам слід з'єднати панелі паралельно.

Якщо вам потрібна і вища напруга, і більший струм, ви повинні застосувати обидва режими підключення, що означає, що частина ваших сонячних панелей повинна бути з'єднана послідовно, а решта – паралельно.

Найважливіше пам'ятати, що обидва режими підключення забезпечують вищу потужність.

Тому, якщо вихідна потужність сонячної панелі сама по собі не може задовольнити ваші щоденні потреби в електроенергії, вам слід подумати про те, щоб додати до неї більше таких панелей, послідовно або паралельно.

Щоб отримати максимально ефективну систему сонячних панелей, ви повинні дотримуватися деяких основних принципів, пов'язаних із підключенням сонячних панелей.

І останнє, але не менш важливе, не забувайте про захист від перевантаження сонячних панелей і системи сонячної енергії !

Послідовне підключення сонячних фотоелектричних панелей

Як ми вже говорили вище, при послідовному з'єднанні сонячних панелей ми отримуємо підвищену потужність у поєднанні з більшою напругою.

Така «вища напруга» означає, що послідовне з'єднання частіше застосовується в мережевих сонячних системах, де:

- 1) напруга в системі часто не менше 24 вольт, і
- 2) вихідна напруга сонячної батареї подається на інвертор або контролер заряду із зазвичай вищою вхідною напругою порівняно з автономними системами.

Послідовне підключення означає з'єднання позитивної клеми сонячної панелі з негативною клемою наступної сонячної панелі, доки врешті-решт не залишиться одна вільна позитивна та одна вільна негативна клема масиву, які

потрібно підключити до входу будь-якого з інвертор (у разі прив'язаної до мережі системи без резервного акумулятора) або контролера заряду (у разі прив'язаної до мережі системи з резервним акумулятором або автономної системи сонячних панелей).

Коли ви з'єднаєте сонячні панелі послідовно, загальний вихідний струм сонячної батареї дорівнює струму, що проходить через одну панель, тоді як загальна вихідна напруга є сумою падінь напруги на кожній сонячній панелі.

Останнє дійсне лише за умови, що підключені панелі мають однаковий тип і номінальну потужність.

Давайте розглянемо зображені нижче сонячні панелі, призначені для системи сонячних панелей 12 В, які працюють на **максимальній точці потужності** , забезпечуючи зображену напругу та струм, які відповідають цій точці відстеження потужності.

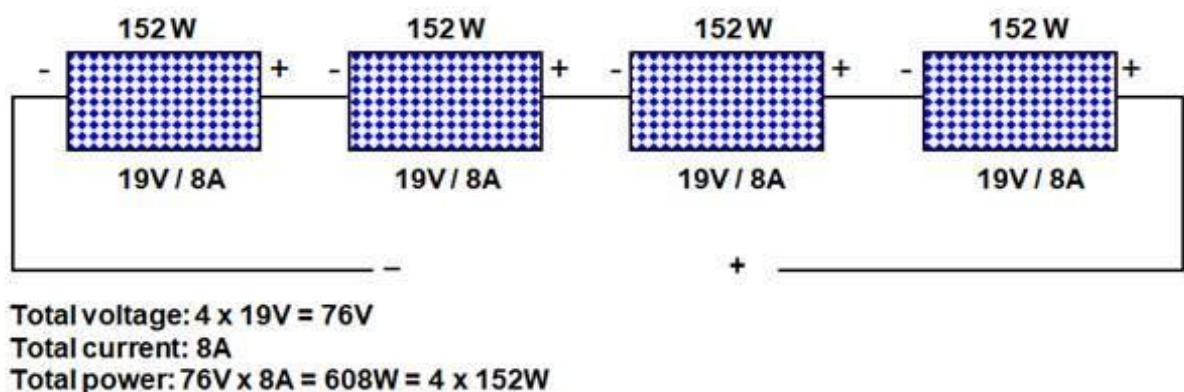
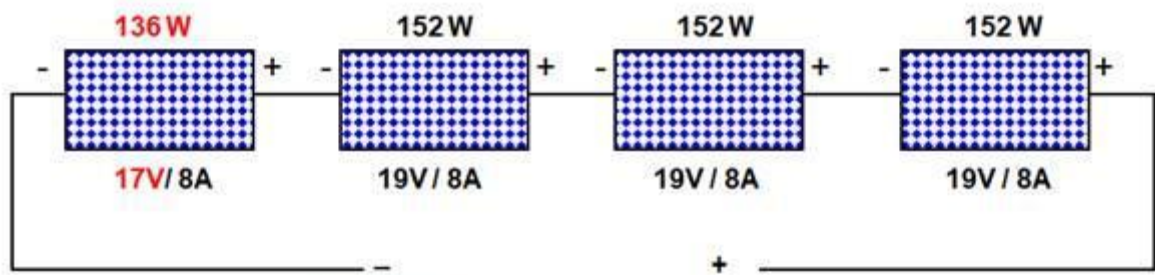


Рис. 1.8 Схема послідовно з'єднаних сонячних батарей

Розводка сонячних панелей різної потужності серіями

Ось послідовне з'єднання сонячних панелей різної напруги та однакового номінального струму:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Total voltage: $3 \times 19V + 17V = 74V$
 Total current: 8A
 Total power: $74V \times 8A = 592W$ (16W lower wattage or 3% loss of installed power)

Рис. 1.9 Зображення підключення сонячних панелей різної потужності в серії

Ви бачите, що якщо одна з сонячних панелей має нижчу напругу (і той самий номінальний струм) порівняно з іншими панелями, вихідна потужність нижча, ніж у попередньому прикладі, але втрати не значні. Зовсім по-іншому йдуть справи, якщо ви з'єднаєте послідовно панелі з різною силою струму.

Слід, однак, мати на увазі, що струм, який виробляє сонячна панель, залежить від температури навколишнього середовища, температури сонячних батарей і сонячного випромінювання.

Якщо менша потужність сонячної панелі з іншої серії або іншого бренду, вона може поводитися по-різному за однакових умов навколишнього середовища.

Наприклад, якщо за однакових умов навколишнього середовища сонячна панель різної потужності (тобто 136 Вт) має нижчий струм (наприклад, 7,5 А), це призведе до зниження продуктивності всієї сонячної батареї, оскільки це обмежить струм сонячної батареї до 7,5 А.

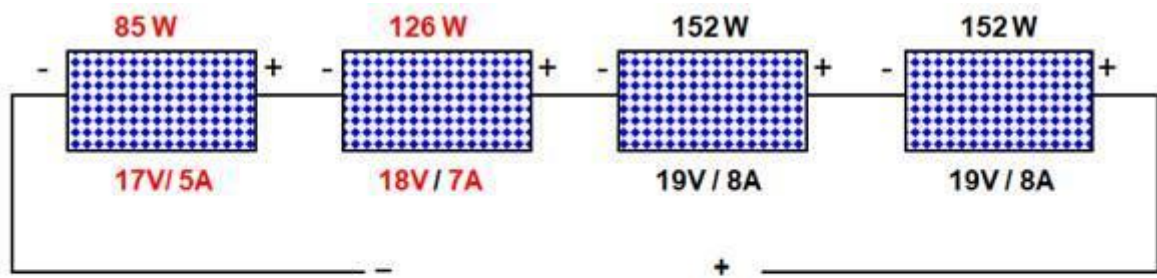
Ефективність сонячної батареї така ж висока, як і продуктивність найслабшого елемента.

При послідовному з'єднанні таким слабким елементом є сонячна панель з найменшим струмом.

Наступний приклад розкриває це більш детально.

Цього разу у нас є послідовне з'єднання сонячних панелей різної напруги та різного струму:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Total voltage: $2 \times 19V + 17V + 18V = 73V$

Total current: **5A**

Total power: $73V \times 5A = 365W$ (243W lower wattage or 40% loss of installed power)

Рис.1.10 Зображення послідовного з'єднання сонячних панелей з різною напругою та струмом

На цьому зображенні ви бачите, що загалом використовуються три різні типи сонячних панелей.

Кожен тип панелі має власну напругу, струм і потужність.

Загальний струм тут **визначається панеллю з найнижчим значенням струму**, і, як наслідок, загальна потужність значно зменшується (на 40%) порівняно з попереднім прикладом, де втрата вихідної потужності не така значна.

Крім того, якщо ви подивитися на першу панель у рядку та припустите, що ви підключили чотири такі панелі паралельно, тоді загальна вихідна потужність буде: $4 \times 85 \text{ Вт} = 340 \text{ Вт}$.

Просто порівняйте це з різко зменшеною потужністю в 365 Вт, і ви побачите, що якщо ви з'єднаєте послідовно сонячні панелі з різною напругою та струмом, загальна вихідна потужність визначається переважно сонячною панеллю з найнижчим рейтингом!

Більше того, уявімо ідеальну фіктивну ситуацію, коли струм не впливає на продуктивність сонячної батареї – загальна зібрана сонячна енергія становитиме 515 Вт ($85 \text{ Вт} + 126 \text{ Вт} + 152 \text{ Вт} + 152 \text{ Вт}$)!

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Паралельне підключення сонячних панелей

Наступний основний тип підключення сонячних панелей - паралельне.

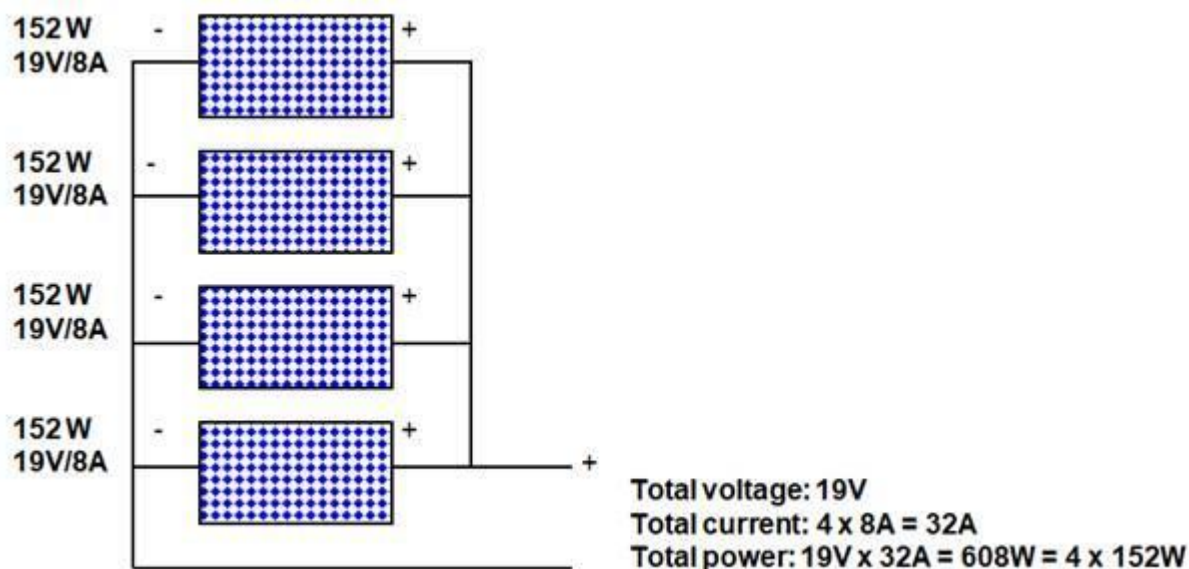
Паралельне підключення сонячної панелі протилежне послідовному підключенню і використовується для збільшення загального вихідного струму масиву при збереженні тієї ж напруги і, таким чином, для збільшення загальної вихідної потужності. «Та сама напруга» — це напруга системи, яка для автономних систем сонячних панелей зазвичай становить лише 6 В або 12 В.

З цієї причини паралельне підключення більш характерно для автономних систем.

При паралельному з'єднанні всі плюсові клеми панелей з'єднуються разом, а також усі мінусові клеми.

Зрештою, у вас є один загальний позитивний і один загальний негативний контакти сонячної батареї, які потрібно підключити до входу інвертора (у випадку системи, пов'язаної з мережею без резервного акумулятора), або контролера заряду (у випадку мережева система з резервним акумулятором або автономна система).

Коли ви з'єднуєте сонячні панелі паралельно, загальна вихідна напруга сонячної батареї є такою ж, як напруга окремої панелі, тоді як загальний вихідний струм є сумою струмів, що проходять через кожну панель.



1.11 Зображення паралельного підключення аналогічних сонячних панелей

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Останнє дійсне лише за умови, що підключені панелі мають однаковий тип і номінальну потужність.

Ось паралельне з'єднання сонячних панелей різної напруги та однакового номінального струму:

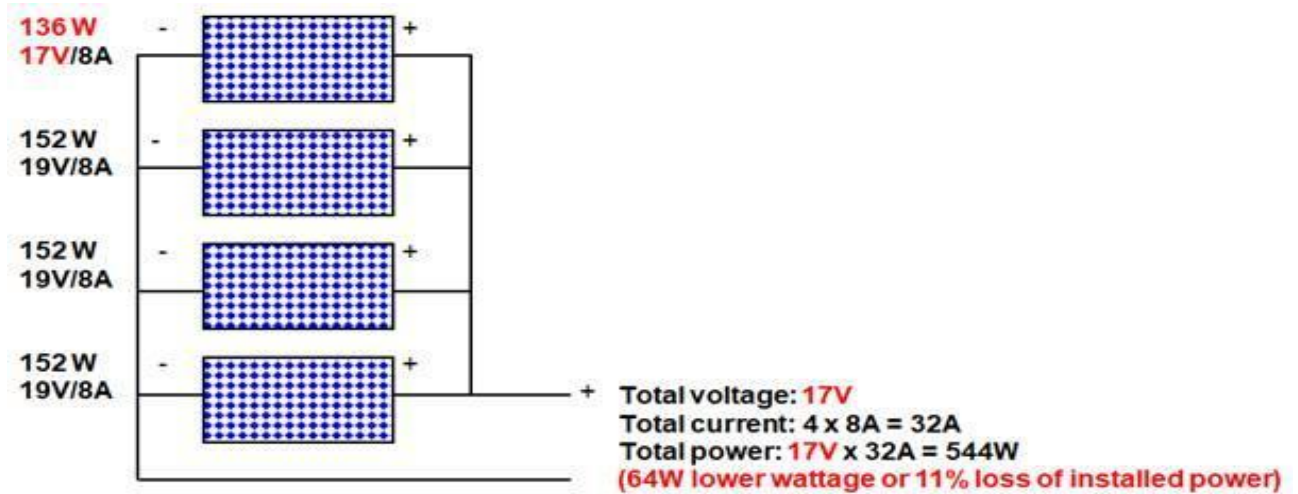


Рис.1.12. Зображення паралельного з'єднання сонячних панелей різної напруги та однакового номінального струму

Як бачите, справи погіршуються, оскільки загальна напруга масиву визначається сонячною панеллю найнижчого номіналу напруги: ми отримали 11% втрати встановленої сонячної енергії.

Давайте подивимося, що вийде, якщо ми внесемо ще більше різноманітності та з'єднаємо паралельно сонячні батареї з різною напругою та струмом:

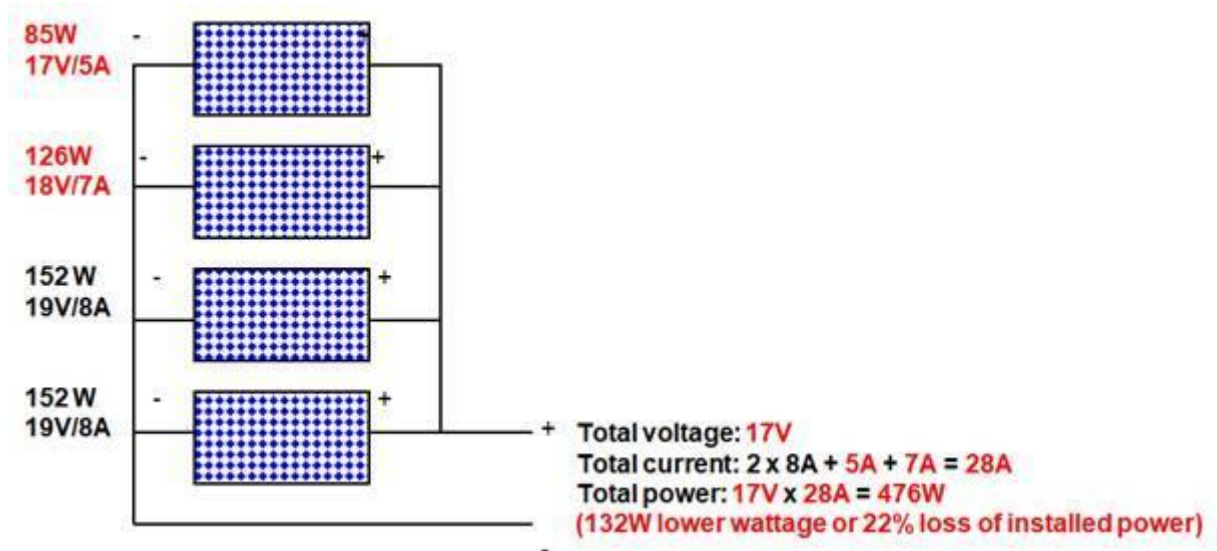


Рис.1.13. Зображення з'єднаних паралельно сонячних панелей різної напруги та струму

Ситуація неухильно погіршується, але очевидно, що ви втрачаєте тут потужність набагато нижчу порівняно з послідовним з'єднанням різних сонячних панелей.

Важливо підсумувати:

Як при послідовному, так і при паралельному з'єднанні підключення панелі з нижчою потужністю до масиву зменшує всю вихідну потужність.

Чим нижчий рейтинг, тим більші втрати сонячної енергії.

Однак це набагато важливіше для панелей, з'єднаних паралельно.

Тому, якщо ви хочете отримати максимальну потужність від вашої сонячної батареї, ви повинні підключати лише аналогічні панелі.

Змішування різних панелей, з'єднаних послідовно чи паралельно, ЗАВЖДИ зменшує встановлену потужність.

Крім того, якщо у вас немає іншого варіанту, окрім підключення різнорідних панелей, ви повинні знати, що:

- 1) Для послідовного з'єднання – більш важливий однаковий номінальний струм панелей.
- 2) Для паралельного з'єднання – більш важлива однакова номінальна напруга панелей.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Змішана розводка сонячних панелей

Також можлива комбінація послідовного і паралельного з'єднання.

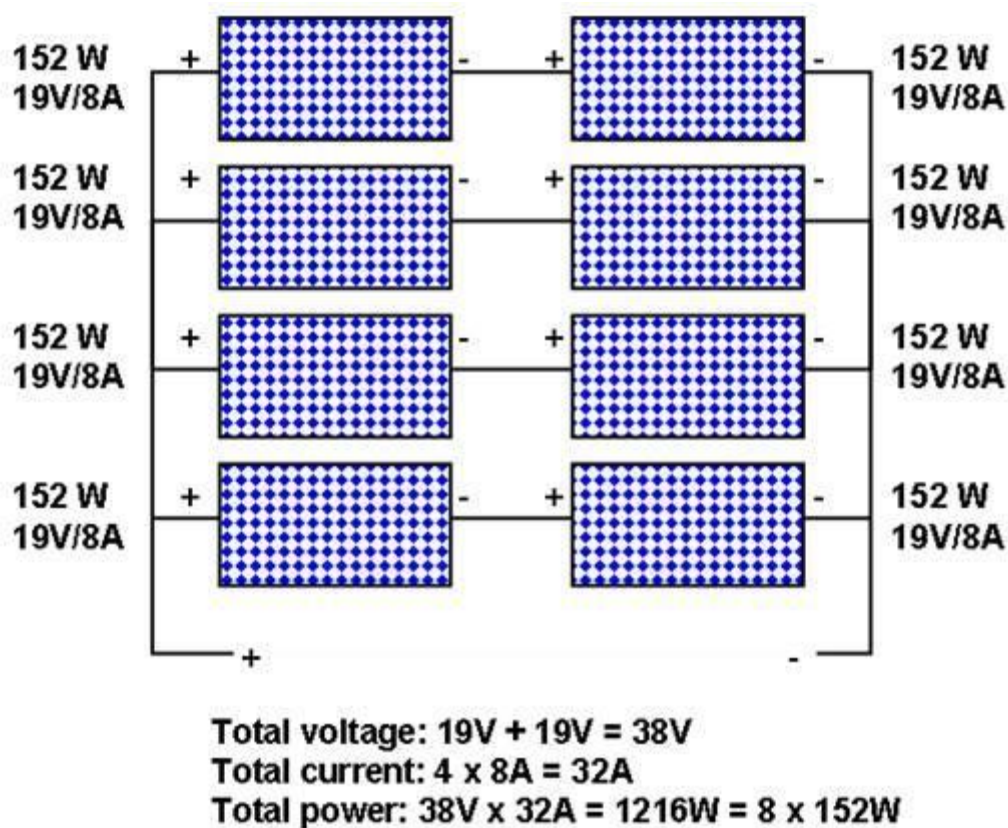


Рис.1.14 Зображення поєднання послідовного та паралельного з'єднання сонячних фотоелектричних панелей

Це насправді залежить від максимально можливої чистої вихідної напруги сонячної батареї та максимально можливого чистого вихідного струму, але це може бути або контролер рзаряду (для автономних систем), або інвертор (для мережєвих додатків). Розрахунки показують, скільки панелей і як підключити.

Слід пам'ятати, що послідовне з'єднання збільшує напругу, а паралельне – струм.

І послідовне, і паралельне з'єднання призводять до більшої встановленої потужності, яка зменшується, якщо ви вирішите підключити сонячні панелі різної потужності.

Якщо ви вирішите застосувати змішане підключення, доцільно, щоб ваша сонячна батарея містила парну кількість панелей (кратну 2), наприклад, 4 панелі (2 послідовно і 2 паралельно) або 6 панелей (3 послідовно і 2 паралельно).

Якщо розрахунки розмірів системи призводять до непарної кількості панелей (наприклад, 3 або 5), і ви впевнені, що не збираєтеся додавати додаткові панелі в майбутньому, доцільно використовувати послідовне або паралельне з'єднання.

Якщо ви все одно віддаєте перевагу підключенню сонячних панелей різної потужності, а не витратити гроші на покупку подібних сонячних панелей і отримати встановлену потужність, яка вам ніколи не знадобиться, розумною ідеєю буде розділити панелі на два комплекти та підключити їх паралельно.

У такому випадку, однак, вам слід або шукати контролер заряду (або інвертор, для систем, прив'язаних до мережі) з принаймні двома вхідними живленнями, або встановити другий контролер заряду (або інвертор, для систем, прив'язаних до мережі).

Як ви бачите, з сонячною батареєю, що складається з різних сонячних панелей, єдиним способом уникнути втрат встановленої потужності є розділення панелей

в окремих ланцюгах, проте, заради, можливо, більш складної проводки та дорожчого контролера заряду або інвертора.

1.9.Інсоляція: що це таке, і від чого вона залежить

Інсоляція – це важливий показник, який визначає кількість сонячної енергії, яка потрапляє на один квадратний метр поверхні землі за одиницю часу. Для сонячних електростанцій цей параметр є критичним, оскільки від нього залежить, скільки електроенергії може бути вироблено.

Іншими словами, інсоляція вказує на потенційну енергію, яку можна отримати від сонячних променів.

					ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Коефіцієнт сонячної інсоляції може значно коливатися залежно від різних факторів, таких як географічне положення ділянки, кліматичні умови, наявність перешкод або тіні від будівель або дерев, а також висота над рівнем моря. Всі ці чинники треба враховувати при проектуванні сонячних електростанцій для максимізації їхньої продуктивності. Одним з основних методів розрахунку інсоляції є використання спеціальних карт, які показують середні значення інсоляції для певних регіонів протягом року. Ці дані допомагають визначити оптимальне розміщення та нахил сонячних панелей для максимізації збору сонячної енергії.



Рис.1.15 Таблиця сонячної інсоляції по містах України

У таблиці наведена середньомісячна величина сонячної інсоляції (сонячної постійної) в українських містах для кожного місяця.

Середній показник за спостереженнями НАСА за останні 22 роки, кВт·ч /м2/ день.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

2.1 Визначення робочого періоду ФЕС

Для визначення періоду роботи СЕС ми скористаємося програмою яка дає змогу отримати середньомісячні та середньорічні результати розрахунку СЕС із заданими нами параметрами.

Змінність від року до року — це стандартне відхилення річних значень, розрахованих за період часу, який охоплює вибрана база даних сонячної радіації.

Програмою для визначення роботи СЕС виступає програма: GLOBAL SOLAR ATLAS

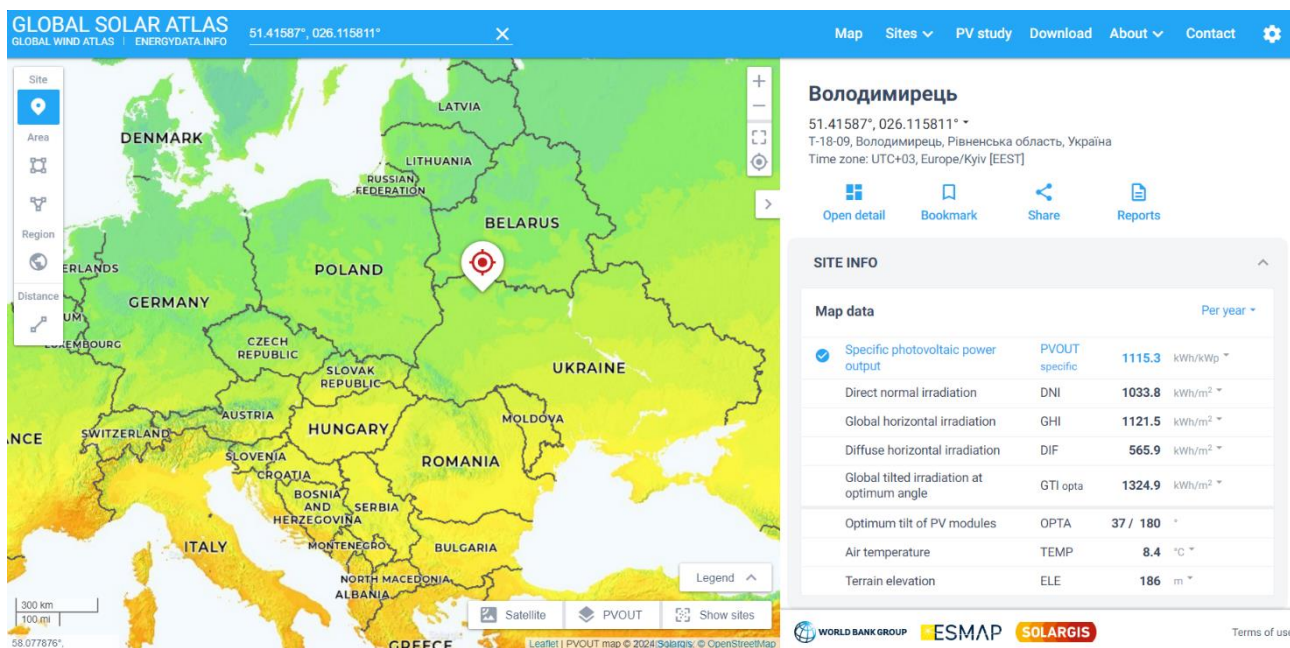


Рис.2.1. GLOBAL SOLAR ATLAS

З допомогою даної програми ми маємо можливість визначити показники інсоляції в регіоні будівництва та прогнозовану генерацію електроенергії. Дані показники дають нам можливість розрахувати наскільки даний проект є вигідним та який проміжок часу потрібен для окупності СЕС потужністю 3МВт. Для визначення необхідних даних необхідно вказати:

- координати будівництва СЕС
- потужність

- метод встановлення (наземний, дах)
 - кут встановлення сонячних модулів (можна встановити за замовчуванням. Програма сама прогнозує найбільш прийнятний кут)
- В результаті ми отримуємо розрахунок в наведеному нижче прикладі.

Середньомісячні показники

Загальна вихідна фотоелектрична потужність

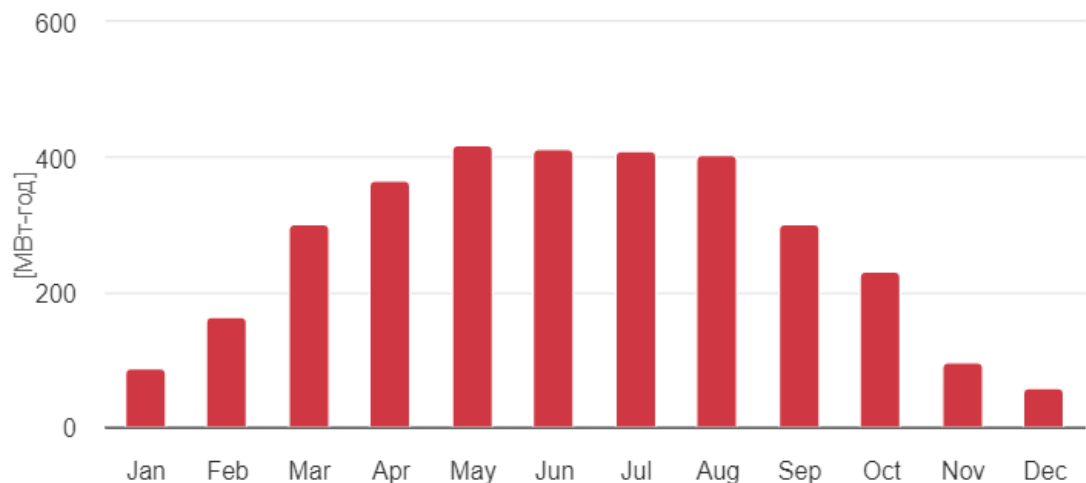


Рис.2.2. Середньомісячні показники генерації

Згідно з отриманими даними з діаграм ми отримуємо інформацію про те що:

1 Річна генерація складатиме 3,251ГВт/рік

Прогнозовані місячні показники генерації СЕС 3МВт

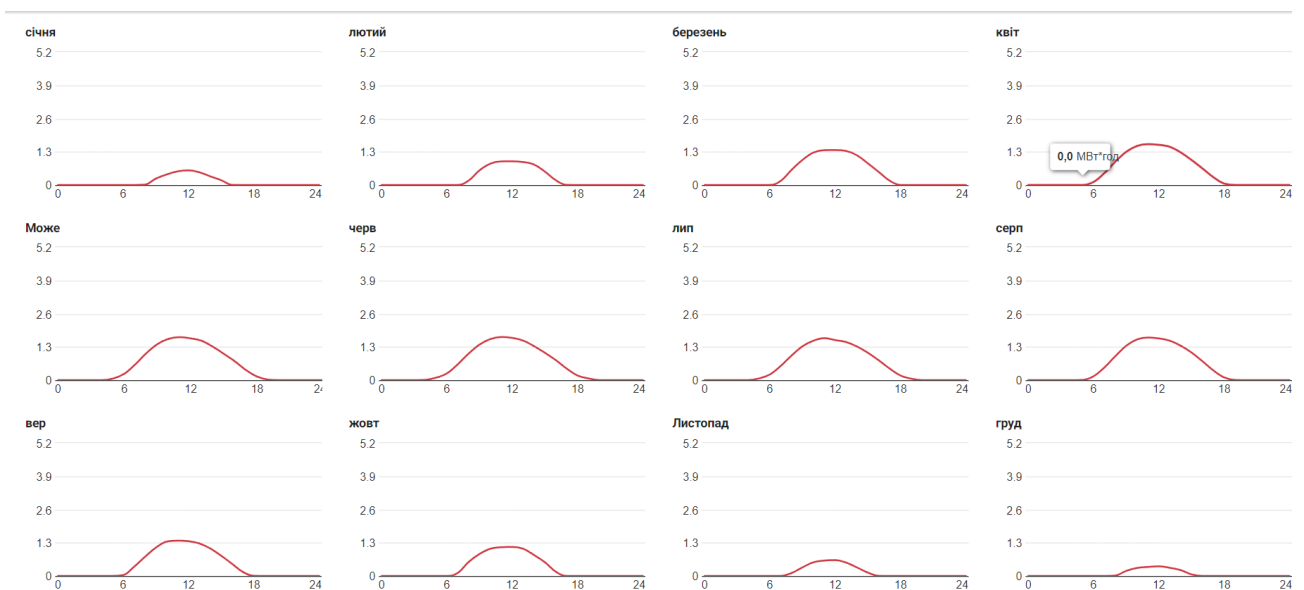


Рис.2.3. Середньочасові показники генерації

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

	січня	лютий	березень	квіт	Може	черв	лип	серп	вер	жовт	Листопад	груд
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5						0,010						
5 - 6					0,064	0,095	0,066	0,007				
6 - 7			0,001	0,120	0,250	0,263	0,222	0,152	0,034			
7 - 8			0,162	0,468	0,622	0,621	0,556	0,498	0,361	0,120		
8 - 9	0,016	0,174	0,596	0,913	1,057	1,040	0,965	0,938	0,749	0,549	0,115	0,016
9 - 10	0,251	0,576	0,984	1,298	1,411	1,391	1,326	1,344	1,109	0,861	0,337	0,198
10 - 11	0,413	0,836	1,270	1,527	1,615	1,607	1,542	1,593	1,344	1,066	0,535	0,314
11 - 12	0,534	0,924	1,363	1,597	1,680	1,686	1,642	1,665	1,381	1,123	0,601	0,352
12 - 13	0,573	0,926	1,367	1,569	1,631	1,651	1,564	1,630	1,358	1,134	0,619	0,376
13 - 14	0,495	0,897	1,332	1,494	1,536	1,546	1,489	1,541	1,269	1,064	0,521	0,318
14 - 15	0,337	0,800	1,160	1,274	1,305	1,327	1,314	1,347	1,073	0,817	0,330	0,227
15 - 16	0,186	0,523	0,845	0,976	1,024	1,068	1,069	1,076	0,788	0,535	0,129	0,059
16 - 17	0,003	0,184	0,508	0,646	0,729	0,781	0,773	0,737	0,472	0,164	0,003	
17 - 18		0,003	0,167	0,306	0,389	0,450	0,452	0,379	0,153	0,001		
18 - 19			0,001	0,055	0,136	0,178	0,177	0,102	0,005			
19 - 20					0,020	0,066	0,055	0,006				
20 - 21						0,002						
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
сума	3	6	10	12	13	14	13	13	10	7	3	2

Картографічні дані		В рік ▾
Пряме нормальне опромінення	DNI	1033,8 кВт*год/м ² ▾
Глобальне горизонтальне опромінення	GHI	1121,5 кВт*год/м ² ▾
Дифузне горизонтальне опромінення	DIF	565,9 кВт*год/м ² ▾
Глобальне нахилене опромінення під оптимальним кутом	GTI опта	1324,9 кВт*год/м ² ▾
Оптимальний нахил фотоелектричних модулів	ОПТА	37/ 180 °
Температура повітря	ТЕМП	8.4 °C ▾
Висота місцевості	ELE	186 м ▾

Рис.2.4. Показники сонячної інсоляції

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

41

Карта PVOUT

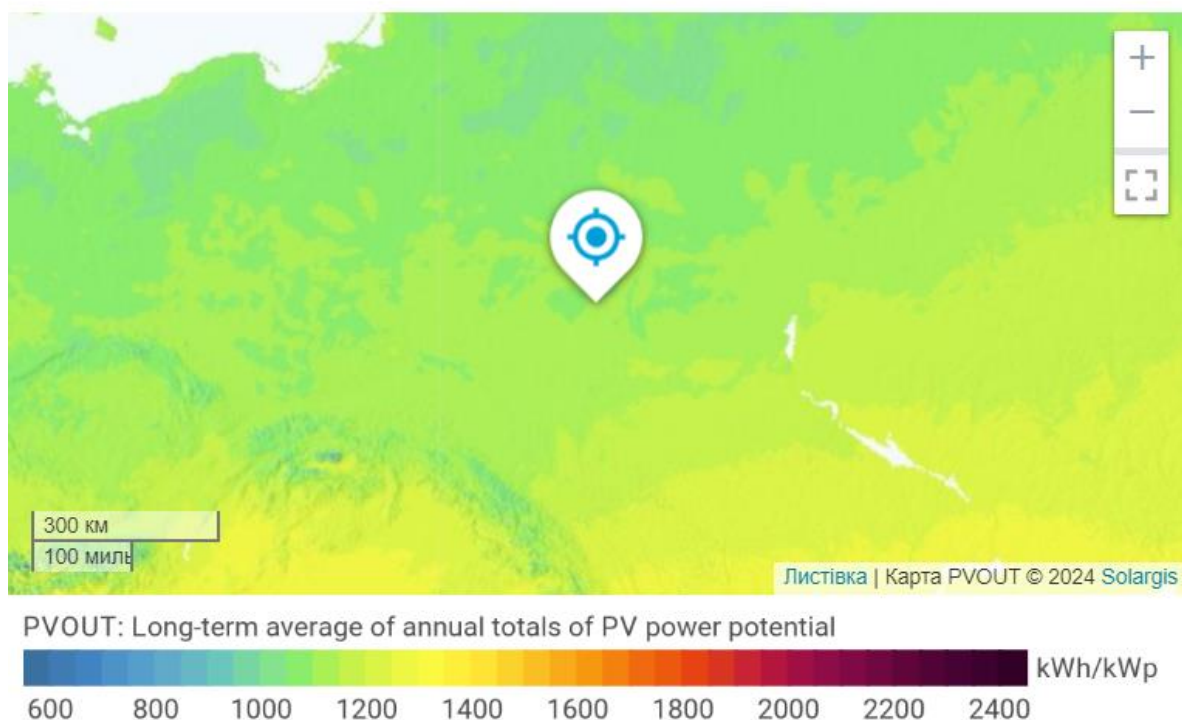


Рис.2.5. Область розташування за показниками сонячного опромінення

2.2. Вибір типу інвертора

Мережевий інвертор Huawei SUN2000-100KTL-M1

Huawei SUN2000-100KTL-M1 – ефективний інвертор мережевого типу, який призначений для роботи в промислових СЕС. Застосовується під "зелений" тариф та в сонячних електростанціях для бізнесу, тобто для генерації великої кількості електроенергії з метою зменшення залежності від зовнішньої електролінії. Такий перетворювач можна назвати одним з кращих на нашому ринку. Відрізняється чудовою апаратно частиною та інтелектуальною системою управління програмного типу. Виготовляється компанією Huawei. Важлив перевага SUN2000-100KTL-M1 – 10 MPPT трекерів з 20 входами. Це дозволяє підключити до інвертора 20 стрінгів фотомодулів. При цьому, рівень ефективності кожного зі стрінгів є максимальним, оскільки кожен працює по MPPT алгоритму. MPPT діапазон – від 200 до 1000 В. Потужність даної моделі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

42

становить 100 кВт, але 100KTL-M1 здатен витривувати значні перевантаження від підключеного масиву сонячних панелей масиву.



Рис.2.6. Інвертор

- Висока ефективність. ККД інвертора досягає 98.8 %, що дозволяє перетворювати постійний струм в змінний з мінімальними втратами.
- Апаратні переваги. Інтелектуальне діагностування вольт-амперних характеристик сонячного масиву. В інверторі не використовуються запобіжники.
- Система захисту. Вбудований захист від перенапруги по DC/AC контурах. Інтелектуальна система захисту вбереже від короткого замикання та перевантаження.
- Інтерфейси та система налаштування. Інвертор підтримує комунікаційні MBUS та RS485. Моніторинг на основі мобільного додатку Fusion Solar спрощує налаштування пристрою інженерам та дозволяє з легкістю внести зміни в робочу конфігурацію інвертора самостійно. Тому інвертору не потрібно вбудованого дисплею.
- Сумісність з моніторингом системою. Придбавши спеціальний Wi-Fi чи 4G донгл, моніторинг роботи станції на основі даного інвертора є надзвичайно простим. Можна переглядати актуальні дані про виробіток станції, звіт про

її роботу протягом певного терміну, або ж виявляти помилки і несправності в роботі системи.

- Природне охолодження. Відсутність зовнішніх вентиляторів забезпечує кращу захищеність інвертора від вологи та пилу (IP66). При цьому, система охолодження базується на природній конвекції

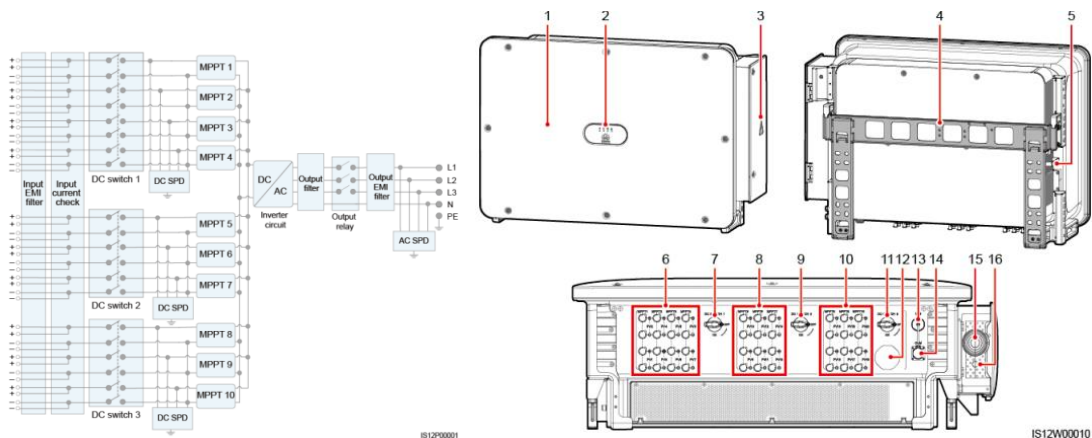


Рис.2.7. Схема розташування МРРТ

(1) Панель (2) Світлодіодні індикатори (3) Відсік для обслуговування дверей (4) Монтажний кронштейн (5) Зовнішній відсік вентиляторів (6) Група вхідних клем постійного струму 1 (PV1–PV8, керується ПЕРЕМИКАЧ DC 1) (7) Перемикач постійного струму 1 (ПЕРЕМИКАЧ постійного струму 1) (8) Група вхідних клем постійного струму 2 (PV9–PV14, керується ПЕРЕМИКАЧ DC 2) (9) Перемикач постійного струму 2 (ПЕРЕМИКАЧ постійного струму 2) (10) Група вхідних клем постійного струму 3 (PV15–PV20, керується DC SWITCH 3) (11) Перемикач постійного струму 3 (DC ПЕРЕМИКАЧ 3) (12) Вентиляційний клапан (13) USB-порт (USB) (14) Комунікаційний порт (COM) (15) Отвір для виходу змінного струму кабель живлення (16) Отвір для кабелю живлення системи стеження

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.1 Технічні дані інвертора

Технічні дані	
<i>Сторона DC</i>	
Макс. вхідна потужність	100кВт
Максимальна вхідна напруга	1100 В
Напруга старту	550В
Діапазон напруг МРРТ	540~800В
Макс. вхідний струм	26А
Макс. струм КЗ	40А
К-сть МРРТ	10
<i>Сторона AC</i>	
Ном. вихідна потужність	100кВт
Макс. вихідна потужність	110кВт
Номінальна вихідна напруга	3/Н/РЕ, 220/380В, 230/400В
Номінальна частота мережі	50Гц/60Гц
Номінальний вихідний струм	152А
Коефіцієнт потужності	>0.99 (в діапазоні від 0,8 ємнісного до 0,8 індуктивного)
Коефіцієнт гармонічних спотворень	<3%
Загальні дані	
Габаритні розміри (В*Ш*Т)	1035 x 700 x 365
Маса	85кг
Топологія	Безтрансформаторна
Власне споживання	< 1Вт (нічне)
Діапазон робочих температур	-25~60°C
Робоча вологість повітря	0~100%
Ступінь захист	IP65
Система охолодження	Природня конвекція
Макс. робоча висота	4000 м
Стандарт приєднання до мережі	EN50549, G99, AS4777.2-2015, VDE0126-1-1, IEC62727, VDE4105-2018, NB/T 32004
Відповідність стандартам безпеки/EMC	IEC62109-1/-2, EN61000-6-2, EN61000-6-3

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

45

За допомогою 32-х таких інверторів ми зможемо охопити діапазон генеруючої потужності в 3 200кВт.

2.3.Вибір типу фотомодулів, визначення їх параметрів, обчислення їх кількості. Задання пробного значення площі фотомодулів

Для будівництва даної СЕС ми обрали фотомодулі:

JA Solar лінійка JAM72S30-MR 525-550 W

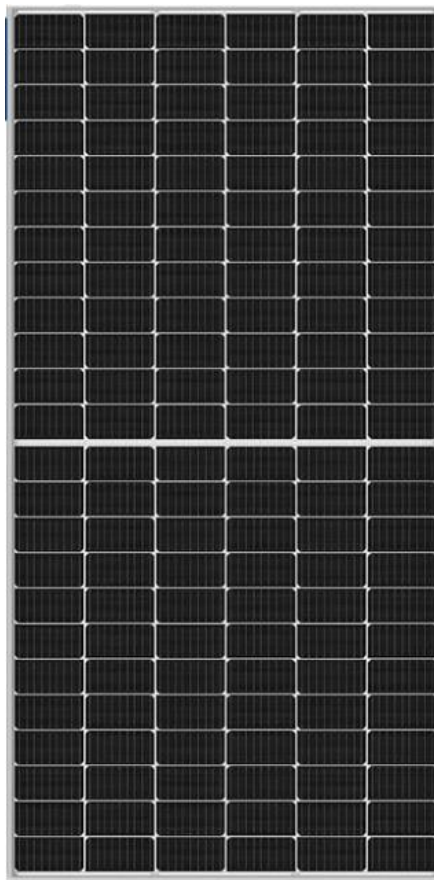


Рис.2.8. Сонячний модуль

Фотомодуль JA Solar лінійка JAM72S30-MR 525-550 W – високопотужний фотомодуль, розроблений китайським брендом JA Solar. Дана компанія є одним з галузевих лідерів і потрапляє в рейтинговий списки Tier1. Стосовно фотомодуля, то він відзначається одним з найбільших показників потужності на ринку, особливою будовою архітектури та чудовим коефіцієнтом корисної дії. JAM72S30-MR 525-550 W є високопотужним модулем, з номінальним показником у 525Вт. ККД сонячної батареї становить 21.%, тому панель

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

46

надзвичайно ефективно перетворює сонячну енергію в електричну. Тип панелі – монокристалічна. Кількість фотоелементів (комірок) – 144 шт. Габарити пристрою - 2279x1134x35. Вага фотомодуля становить 28,6кг.

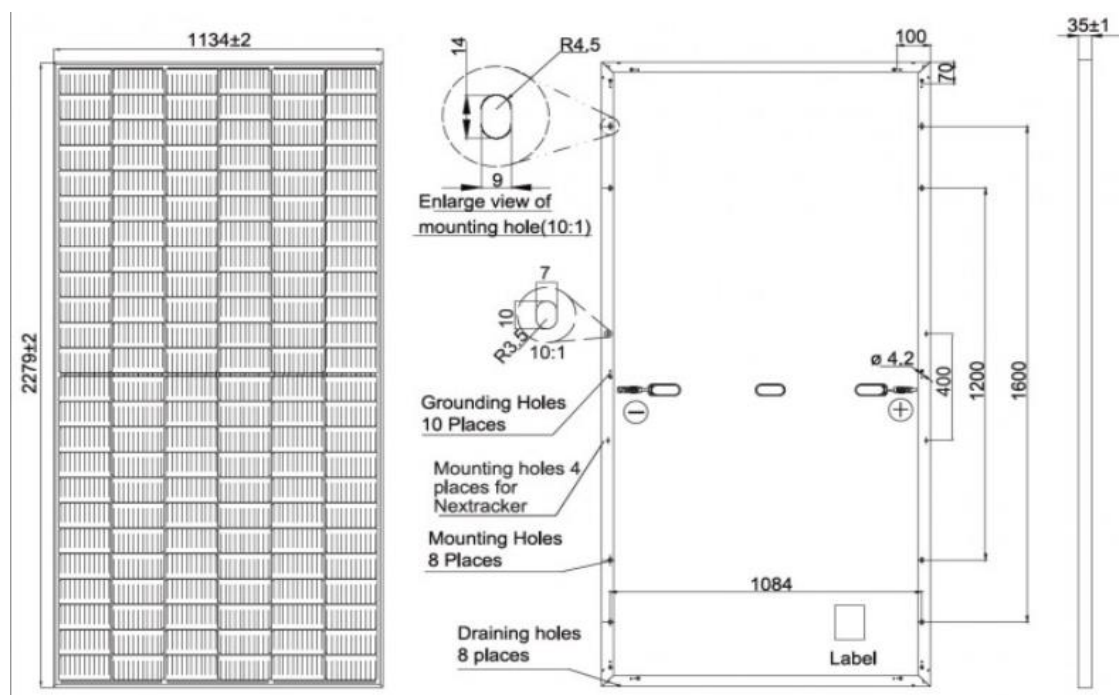


Рис.2.9. Сонячний модуль JA Solar

Температурні коефіцієнти (потужності, напруги та сили струму) є наступними: для потужності це значення становить $-0.34\%/C_0$, яке на ринку України є рекордно низьким, для напруги становить $-0.25\%/C$, для сили струму значення температурного коефіцієнта становить $0.04\%/C$. Дані коефіцієнти визначають відсоткові втрати кожної з характеристик при нагріванні фотомодуля на $\pm 2C_0$ від норми ($44 C_0$). Гарантія на сонячну панель становить 12 років. Після 10 років експлуатації фотомодуль втрачає не більше 10% від заявленої потужності. Після 25 років – не більше 20%. Загальний термін експлуатації пристрою – понад 25 років. Країна виробництва: Китай.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.2 Технічні дані сонячного модуля

Виробник	JA Solar
Країна виробник	Китай
Модель	JAM72S30-MR 525-550 W
Тип фотомодуля	монокристал
Кількість струмознімних доріжок	11
Потужність Вт	525-550
Напруга при макс. потужності, В	41,96
Струм при макс. потужності, А	13,11
Струм короткого замикання, А	14
Напруга холостого ходу, В	49,9
Максимальна напруга в системі, В	1500
ККД фотомодуля %	21
Робоча температура °С	-40...+85
Кількість фотоелементів, шт.	144
Габарити, Д*Ш*Т, мм:	2279x1134x35
Вага, кг	28,6
Ступінь захисту фотомодуля	IP68
Гарантійний термін, років	12
Гарантія на 90% вихідної потужності, років	10
Гарантія на 80% вихідної потужності, років	25

2,58м² — площа панелі (2,28x1,134м)

Панелі будуть розташовані у вигляді столів, які складатимуться з 16 панелей (висотою у 2 панелі, та довжиною 8 панелей)

Розрахуємо розміри столів

Довжина стола :

$$l_{\text{ст}} = l_{\text{п}} \times N$$

$$l_{\text{ст}} = 1,134\text{м} \times 8 = 9\text{м}$$

Ширина стола :

$$b_{\text{ст}} = b_{\text{п}} \times N$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$b_{\text{ст}} = 2,28\text{м} \times 2 = 4,56\text{м}$$

Потужність одного стола:

$$P_{\text{ст}} = N_{\text{п}} \times P_{\text{п}}$$

$$P_{\text{ст}} = 16 \times 525 = 8,4\text{кВт}$$

Загальна потужність системи : 3200кВт

Загальна кількість столів у системі – 380 (16 рядів, по 24 стола у кожному ряду окрім останнього в якому буде 20 столів)

Знаючи розміри столів панелей, розрахуємо площу, необхідну для їх розміщення на території:

$$S_{\text{пл}} = l_{\text{пл}} \times b_{\text{сп}}$$

$b_{\text{сп}}$ – ширина панелі

Довжина площі під панеллю :

$$l_{\text{пл}} = l_{\text{сп}} \times \cos A$$

A – кут між горизонтом та панеллю.

$$l_{\text{пл}} = 4,56 \times 0,76 = 3,45\text{м}$$

$$S_{\text{пл}} = 6,89 \times 4,56 = 23,8\text{м}$$

Для того, щоб уникнути затемнення, панелі потрібно розташувати на відстані один від одного.

$$b_{\text{прох}} = l_{\text{сп}} \times \cos A$$

$$b_{\text{прох}} = 4,56 \times 0,76 = 3,45\text{м}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Висоту встановленого похило стола з сонячних панелей визначимо, як добуток довжини панелі на синус кута A

$$h_{\text{сп}} = l_{\text{сп}} \times \sin A$$

$$h_{\text{сп}} = 4,56 \times 0,6 = 2,73\text{м}$$

Панелі будуть збиратись у ряди столів по 24 штуки. Виходячи з цього, визначимо протяжність ряду:

$$l_{\text{ряду}} = N \times b_{\text{ст}}$$

$$l_{\text{ряду}} = 27 \times 9 = 216\text{м}$$

Враховуючи відступи між столами:

$$l_{\text{ряду}} = 216 + 23 \times 0,5 = 227,5\text{м}$$

Визначення конфігурацій послідовних і паралельних з'єднань фотомодулів

Зважаючи на характеристики обраного інвертора та характеристики сонячних модулів ми можемо виконувати підключення сонячних модулів до інвертора виключно послідовним чином. Кількість виходів МРРТ 10.

В схемі буде використано 32 інверторів. До кожного МРРТ буде підведено стрінг з 19 фотомодулів що дає нам напругу на стрінгу в 797В що задовольняє умови роботи інвертора при макс. 1100В.

$$797\text{В} \times 13,11 = 10\,361 \text{ Вт- навантаження на 1 МРРТ}$$

$$10\,361 \times 10 = 103\,610 \text{ Вт навантаження на інвертор}$$

Необхідна кількість фотомодулів для виконання заданої потужності складає:

$$19 \times 10 = 190$$

$$190 \times 32 = 6\,080 \text{ шт}$$

Вибір кабелів

Для нашої системи підійде кабель АвБбШв 4х95



Рис. 2.10 АвБбШв 4х95

Основні характеристики:

Таблиця 2.3 Основні технічні характеристики кабелю

Артикул виробника	АвБбШв 4х95
Кількість жил	4
Опір	0,32Ом
Максимальний струм	212А

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

51

Номінальна частота	50 Гц
Ізоляція	ПВХ пластикат
Січення жили	95мм ²

Знайдемо лінійний струм:

$$I_L = P_{інв} \div U$$

$$I_L = 100000 \div 400 = 250A$$

Фазний струм:

$$I_\phi = I_L \div \sqrt{3}$$

$$I_\phi = 250A \div \sqrt{3} = 144,3A$$

Вибір запобіжників

Вибираємо автоматичний вимикач за допомогою фазного струму.

За умови, що фазний струм дорівнюватиме 144,3А, виберемо Автоматичний вимикач 150 Ампер NSX160Н, з електронним роз'єднувачем Micrologic 2.2М, 400В, 3 полюси, 70 кА,



Рис. 2.11 Автоматичний вимикач NSX160Н

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

52

Назва пристрою	NSX 160H
Тип виробу	Автоматичний вимикач
Number of poles	3
Опис захищених полюсів	3t
Номінальний струм	150А
Номінальна напруга	400В
Тип мережі	Змінний струм
Частота мережі	50/60 Гц

Таблиця 2.4 Основні характеристики вимикача

Вибір та розрахунок апаратів захисту розподільних щитків

Потужність РП-1 дорівнює;

$$in_1+in_2+in_3+in_4+in_5+in_6+in_7+in_8=828880 \text{ Вт}$$

Розрахунковий струм становить:

$$I_{\text{РП-1}} = \frac{P_{\text{рп-1}}}{\sqrt{3} * \cos\varphi * U_{\text{л}}} = \frac{828880}{\sqrt{3} * 0,983 * 400} = 1217\text{А}$$

Переглянувши вищенаведене значення, було обрано автоматичний вимикач на 1250А, та трансформатори струму ТШ-0,66-2 1500/5, які включатимуться до лічильника непрямого підключення типу NIK 2307 5(10)А 1.0, який може передавати дані онлайн.



Рис. 2.12 ТШ-0,66-2 1500/5

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Клас точності	0.5S
Номінальний первинний струм	1500А
Номінальний вторинний струм	5А
Номінальна напруга	0.6кВ
Вага	3кг
Наявність шини	Ні
Габарити	95 x 175 x 92мм
Середній час служби	25 років

Таблиця 2.5 Основні характеристики ТШ-0,66-2 1500/5

Після лічильника потрібно встановити розривний рубильник типу РЕ19-49 на 1600А. Він буде забезпечувати вимкнення від мережі, що дозволить здійснювати безпечний огляд щитка.



Рис 2.13 РЕ19-49 на 1600А

Кількість полюсів	3
Номінальний струм	1600А
Частота струму	50/60 Гц
Рід струму	AC/DC

Таблиця 2.6 Основні характеристики РЕ19-49

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

54

Всі щитки завдяки однаковій кількості панелей отримують однакову потужність завдяки цьому для решти щитків можна взяти ідентичні апарати захисту.

Вибір трансформаторів здійснюється за допомогою вихідної напруги інвертора. У нашому випадку, підвищуючим до 10 кВт трансформатором буде слугувати Трансформатор TS TRV 500кВА, 10/0.4кВ, Eco Design . Для нашої електростанції, знадобиться 8 таких трансформаторів.



Рис 2.14 Трансформатор TS TRV 500кВА

Виробник	TESAR
Висота, мм	1600
Довжина, мм	1350
Маса, кг	1500
Потужність, кВА	500
Номінальна вторинна напруга, кВ	0.4
Номінальна первинна напруга, кВ	10
Ширина, мм	880

Таблиця 2.7 Основні характеристики трансформатора TS TRV500кВА

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

55

Після цього було обрано підвищуючий трансформатор з 10 кВт до 110 кВт. Ідеальним варіантом послужить Трансформатор ТМГ 2000 кВА “ЕКОДИЗАЙН”, у кількості 4шт.



Рис.2.15 Трансформатор ТМГ 2000 кВА “ЕКОДИЗАЙН”

Далі потрібно підібрати пристрій релейного захисту:

$$I_{сз} = \frac{k_{відб}}{k_B} I_{ном}$$

де $k_{відб} = 1.2$ коефіцієнт відбування

$k_B = 0,95$ коефіцієнт повернення

$$I_{сз} = \frac{k_{відб}}{k_B} I_{ном} = \frac{1,2}{0,95} \cdot 150 = 189.4A$$

Було підібрано мікропроцесорний пристрій релейного захисту та автоматики для двообмоткового трансформатора або автотрансформатора з вищою напругою 35-110 кВ РЗЛ-05.Т2.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

56



Рис. 2.16 РЗЛ-05.Т2.

Також перед реле потрібно встановити трансформатор струму тому, що струм спрацювання реле не перевищує 5А. Для цього підійде ТПЛ-10 200/5. Треба взяти 3шт, тому що вони однофазні.



Рис 2.17 ТПЛ-10 200/5

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

57

Ізоляція	Заливне компаунд
Максимальний первинний струм, А	200
Вторинний струм, А	5
Маса, кг	14
Напруга, кВ	10
Частота струму, гЦ	50

Таблиця 2.8 Основні характеристики ТПЛ-10 200/5

Вибір роз'єднувачів

$$Z_t = \frac{8.5 \cdot (10 \cdot 10^3)^2}{100 \cdot 3 \cdot 10^5} = 28,3$$

$$I_{кз} = \frac{10 \cdot 10^3}{28,3} = 353 \text{ А}$$

$$I_y = 353 \cdot 2 = 704 = 1000 \text{ А}$$

Для низької сторони обираємо роз'єднувач РВ-10/1000 УХЛ2, тому що він є найдоцільнішим.



Рис.2.18 Роз'єднувач РВ-10/1000 УХЛ2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

58

Параметри	Значення
Ном.напруга, кВ	10
Макс. Робоче напр., кВ	12
Норм.струм, А	1000
Відстань між фазами, мм	200,250
Кількість полюсів	3
Кількість заметів. Ножів	Немає
Тип ізоляторів	Порцелянові
Тип приводу	Ручний
Маса роз'їзника, кг	25

Таблиця 2.9 Основні характеристики Роз'єднувача РВ-10/100

$$Z_t = \frac{8.5 \cdot (110 \cdot 10^3)^2}{100 \cdot 3 \cdot 10^5} = 3428$$

$$I_{кз} = \frac{110 \cdot 10^3}{3428} = 32A$$

$$I_y = 32 \cdot 2 = 64A$$

А для високої сторони, був взятий роз'єднувач GW4 110KV /1600A



Рис.2.19 Роз'єднувач GW4 110KV /1600A

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

59

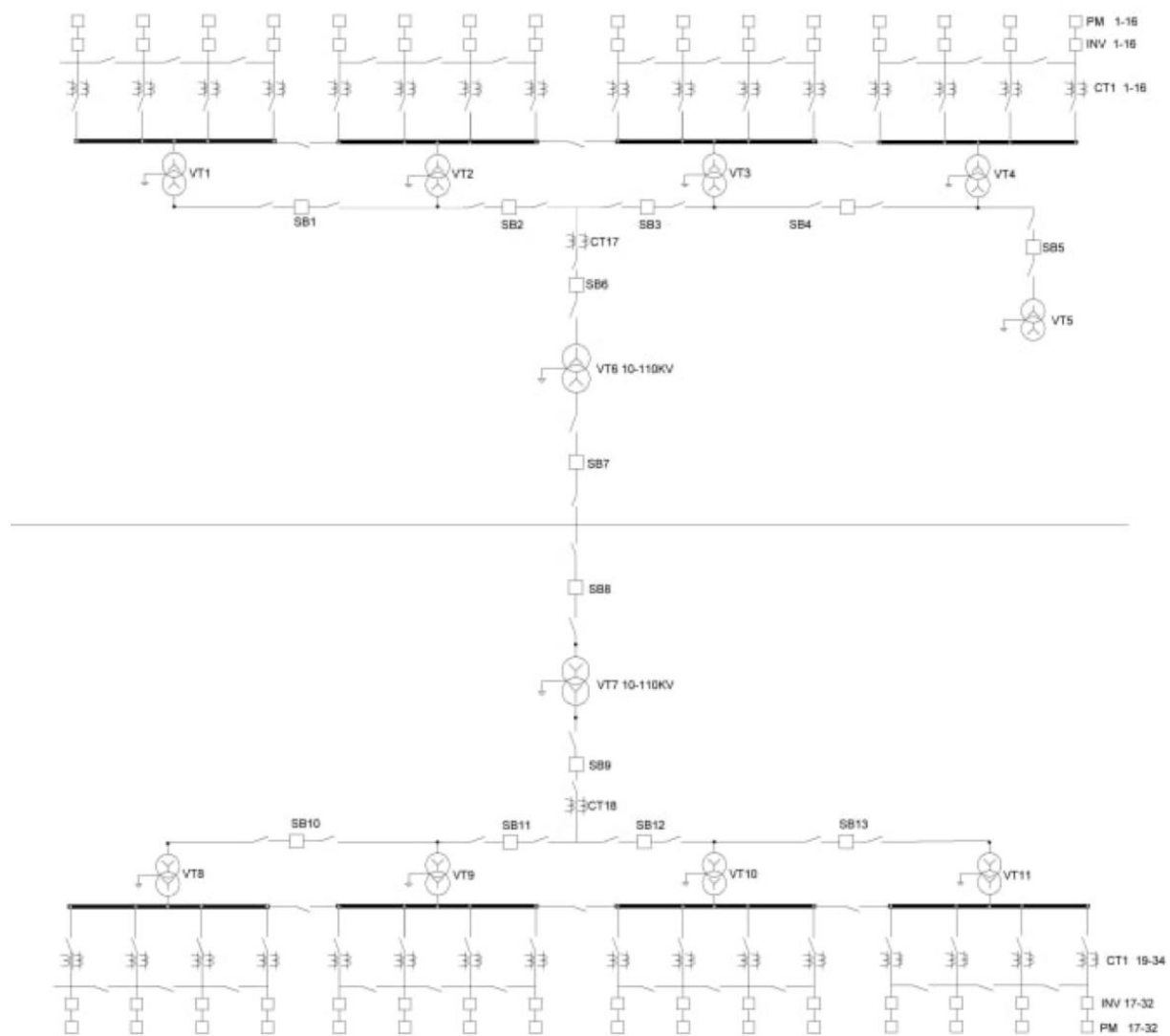


Рис. 2.20 Принципова схема системи

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

60

2.4.Економічна частина

При розрахунку кошторису проекту було перераховано кількість

Назва матеріалу	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
Сонячні модулі JAM72S30 525-550/MR	6 080	6 600	40128000
Інвертор Huawei SUN2000-100KTL-M1	32	272 000	8 704 000
Монтажні роботи	-	-	1 800 000
Роз'єднувач GW4 110KV /1600A	1	67 000	67 000
Роз'єднувач РВ-10/1000 УХЛ2	1	37 000	37 000
ТПЛ-10 200/5	3	4 500	13 500
35-110 кВ РЗЛ-05.Т2.	1	40 000	40 000
ТМГ 2000 кВА ‘‘ЕКОДИЗАЙН’’	4	1 333 000	5 332 000
TS TRV 500кВА, 10/0.4кВ	8	950 000	7 600 000
РЕ19-49 на 1600	4	14 091	56 364
НІК 2307 5(10)А 1.0	4	1 344	5 376
ТШ-0,66-2 1500/5	4	3 877	15 508
Автоматичний вимикач на 1250А	4	36 078	144 312
АББШВ 4×95	11 200	377	4 222 400
Розхідний матеріал та комплектуючі	-	-	1 033 600
Металева конструкція	380	19 776	7 514 880
ПВ кабель 6 мм ²	12 160	60	729 600
Гвинтові палі (встановлення) м/п	3 040	450	2 052 000
Загальна сума			79495540

комплектуючих та вартість робіт .

Річна генерація складатиме 3,251ГВт/рік.

Таблиця 2.10 Економічна частина

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

61

ВИСНОВОК

У даній роботі була спроектована сонячна електростанція з номінальною потужністю 3.2МВт, яка буде розташована у смт. Володимирець, Рівненської області.

Під час проектування були вибрані сонячні панелі марки JAM72S30 525-550/MR, інвертори Huawei SUN2000-100KTL-M1, Роз'єднувач GW4 110KV /1600A, Роз'єднувач РВ-10/1000 УХЛ2, підвищуючий трансформатор марки TS TRV 500кВА, 10/0.4кВ, та ТМГ 2000 кВА ‘ЕКОДИЗАЙН’. Також були обрані розмикачі марок NIK 2307 5(10)A 1.0, ТШ-0,66-2 1500/5, та Автоматичний вимикач на 1250А . Були обрані кабелі АББШВ 4×95. Було вибрано розташування цього обладнання на ділянці.

Як результат, після зроблених обрахунків ми отримали дані щодо доцільності будівництва електростанції у визначеному нами місці використовуючи розраховане обладнання. Також, був визначений час за який електростанція окупиться.

					ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Електротехнічні матеріали

<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/8d0ebb78-3e8f-4e4a-98ef-dfb18ff2573d/content>

2. Типи сонячних електростанцій - <https://deye.com.ua/news-uk/iaki-ie-soniachni-elektrostantsii/>

3. Зелений тариф від 29.04 2024 - https://biz.ligazakon.net/news/226712_z-1-kvtnya-onovleno-zeleniy-tarif-na-elektrichnu-energyu

4. Основні правила встановлення сонячних панелей - https://hexagon-energy.com.ua/ua/articles/46.osnovnie_pravila_ustanovki_solnechnih_batarey

5. Типи сонячних батарей - <https://ekotechnik.in.ua/blog/yak-pravilno-vibrati-sonyachni-batareyi>

6. Правила улаштування електроустановок - <https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/pue.pdf>

7. Герєга, С. Збільшення ефективності використання сонячних панелей

8. Global Solar Atlas – Електрон. текстові дані . - <https://globalsolaratlas.info/>

9. JAM72S30 525-550/MR <https://sun-energy.com.ua/image/pdf/JAM72S30-MR-525-550-UA.pdf>

10. Huawei SUN2000-100KTL-M1 https://solar.huawei.com/ua/professionals/all-products?utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=ua_sem&utm_content=products&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwjeuyBhBuEiwAJ3vuoVj65vS963Gq1Tr_piNdC_G8asPNWv3oXkISXk_nCShWnQxf4dqpXoCPyAQAvD_BwE

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Додаток А

Охорона праці

Перелік нормативних документів

Перед початком роботи персоналу слід ознайомитись з наступними нормативними документами:

- «Правил улаштування електроустановок» (далі ПУЕ)
- НПАОП 0.00-1.15-07. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті • НПАОП 24.11-1.03-78. Правила безпеки при виробництві водню методом електролізу води
- НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском
- «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів» (ПТТЕ)
- НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок

Охорона праці та безпека в Україні

В Україні протягом останніх 10 років спостерігається стійка тенденція до зниження рівня виробничого травматизму. Загальна кількість травмованих на виробництві зменшувалась в середньому на 13 % щороку, а кількість загиблих на 7 %.

Рівень виробничого травматизму (з розрахунку на 100 тисяч працюючих) за два роки знизився на 19 %, а рівень смертельного травматизму на 40 %. За останні п'ять років середній рівень смертельного травматизму в Україні складає 6,2 випадки на 100 тис. працюючих (www.rada.gov.ua). Разом з тим, за даними Міжнародної організації праці рівень смертельного травматизму в Україні ще залишається одним із самих високих порівняно з європейськими країнами та США: з розрахунку на 100 тис. працюючих порівняно з Німеччиною вищий у 2,5 рази, США – у 2 рази, Італією – в 1,3 рази, але нижчий ніж у Росії в 1,5 рази. За даними Міжнародної організації праці в країнах з ринковою економікою середній показник нещасних випадків із смертельними наслідками становить один випадок за рік на 23,5 тисяч працюючих, тоді як в Україні він у середньому складає один випадок за рік майже на 16 тисяч працюючих. При цьому майже 80% випадків травмування та понад 40% випадків гибелі людей ставалося на підприємствах вугільної промисловості, машинобудування, агропромислового комплексу, соціально-культурної сфери.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

64

Внаслідок зменшення обсягів промислового виробництва в країні за 2008-2009 роки практично в усіх галузях економіки, зменшилась загальна кількість нещасних випадків на виробництві. Незважаючи на певні позитивні зрушення, становище в сфері охорони праці в Україні і залишається напруженим.

Характерною особливістю сучасного виробництва України є шкідливі та небезпечні умови праці та високі виробничі ризики, що зумовлюють зростання ризику збільшення кількості нещасних випадків та профзахворювань.

Загальні вимоги до персоналу

Власник повинен забезпечити організацію експлуатації певного обладнання (розробити і затвердити виробничу інструкцію для персоналу, який обслуговує обладнання, забезпечити працівників цими правилами, інструкціями, що діють у межах підприємства, розробити і затвердити виробничу інструкцію для персоналу), призначити особу відповідальну за відповідне господарство та особу, яка буде її замінювати (окремих спеціалістів для кожної сфери).

Відповідальна особа забезпечує повний обсяг організаційних і технічних заходів з експлуатації. До проведення робіт та обслуговування обладнання допускаються лише спеціально підготовлені працівники, що мають необхідну кваліфікацію та яким виповнилось 18 років. Дані працівники повинні проходити інструктаж – вступний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий з записом у відповідному журналі. Працівники в процесі трудової діяльності проходять навчання – професійне, періодичне, щорічне. Перевірка знань проводиться 1 раз на рік, а у відповідальній особі – 1 раз на 3 роки з питань техніки експлуатації електроустановок. раз на 3 роки з питань техніки експлуатації електроустановок.

Загальні вимоги для безпечної експлуатації електричного обладнання об'єкту

Для уникнення електротравм від контакту з струмопровідними елементами електроустановки, потрібно:

- розмішувати неізолювані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях, до яких обмеженим доступом, або у металевих шафах;
- використовувати засоби для орієнтації в електроустановці - таблички, написи, попереджувальні знаки;
- підвід кабелів електроживлення до споживачів здійснювати у закритих конструкціях у стінах та підлозі;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

65

При підключенні однофазних споживачів струму до трифазної мережі при напругах до 1000 В необхідно використовувати нульовий захисний провідник. При пробі на корпус відбувається КЗ. В результаті цього спрацьовує система захисту від КЗ, що у свою чергу відключає пошкодженого споживача від мережі.

Згідно з нормативами, необхідно забезпечити кратність струму КЗ в залежності від типу запобіжника, а також необхідно забезпечити цілісність нульового захисного провідника.

Персонал, що обслуговує електроустановки та його обладнання, повинен мати необхідні засоби захисту. Перед застосуванням захисного спорядження персонал повинен перевірити їх справність, оглянути на відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити від пилу, перевірити дату наступної перевірки за штампом.

Використовувати засоби захисту, термін придатності яких сплинув, забороняється. Використовують основні та допоміжні засоби електрозахисту. Основними засобами електрозахисту називають засоби, ізоляція яких витримує робочу напругу протягом тривалого часу, що захищає персонал при дотику до струмопровідних частин, які підключені до мережі та знаходяться під напругою. До них відносяться: діелектричні рукавиці; ізолювальні штанги; інструмент з ізольованими ручками; ізолювальні та струмовимірні кліщі; покажчики напруги.

Додатковими засобами електрозахисту називають засоби, які захищають персонал від напруги кроку, напруги дотику, попереджають персонал про можливу помилкову дію. До них належать: діелектричні килимки; діелектричні калоші; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки.

Роботи по обслуговуванню електричного обладнання.

При роботі, яка пов'язана з доторками до струмоведучих частин обладнання, необхідно на пусковому пристрої розмістити попереджувальний знак "ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ, НЕ ВМИКАТИ".

Відключені комутаційні апарати напругою до 1000 В з неможливими для огляду контактами (рубильники в закритому виконанні, пакетні вимикачі, автоматичні вимикачі тощо) визначають перевіркою відсутності напруги та струму на їх затискачах або на шинах, проводах, які відключаються цими комутаційними апаратами. В електрообладнанні до 1000 В при роботі на збірних шинах розподільного пристрою, щитків напруга повинна бути знята та шини повинні бути заземлені (окрім шин, які виконані з ізольованим

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

66

проводом). Можливість та необхідність встановлення та приєднання на цих розподільчих пристроях, щитках, збірках і підключеного до них обладнання визначає спеціальний працівник, який видає розпорядження.

Експлуатація фотоелектричних установок

Фотоелектричні установки встановлюються на спеціальних конструкціях, які забезпечують надійне їхнє кріплення на наземній ділянці. Фотоелектричні установки укомплектовані кабелями із з'єднувачами («+» і «-») для сполуки між собою при паралельній або послідовній роботі групи модулів і під'єднанні їх до інших компонентів системи. Усі роботи повинні виконуватися із застосуванням засобів індивідуального захисту персоналом, що має необхідний кваліфікаційний рівень. Планове технічне обслуговування фотоелектричної установки: Раз на місяць:

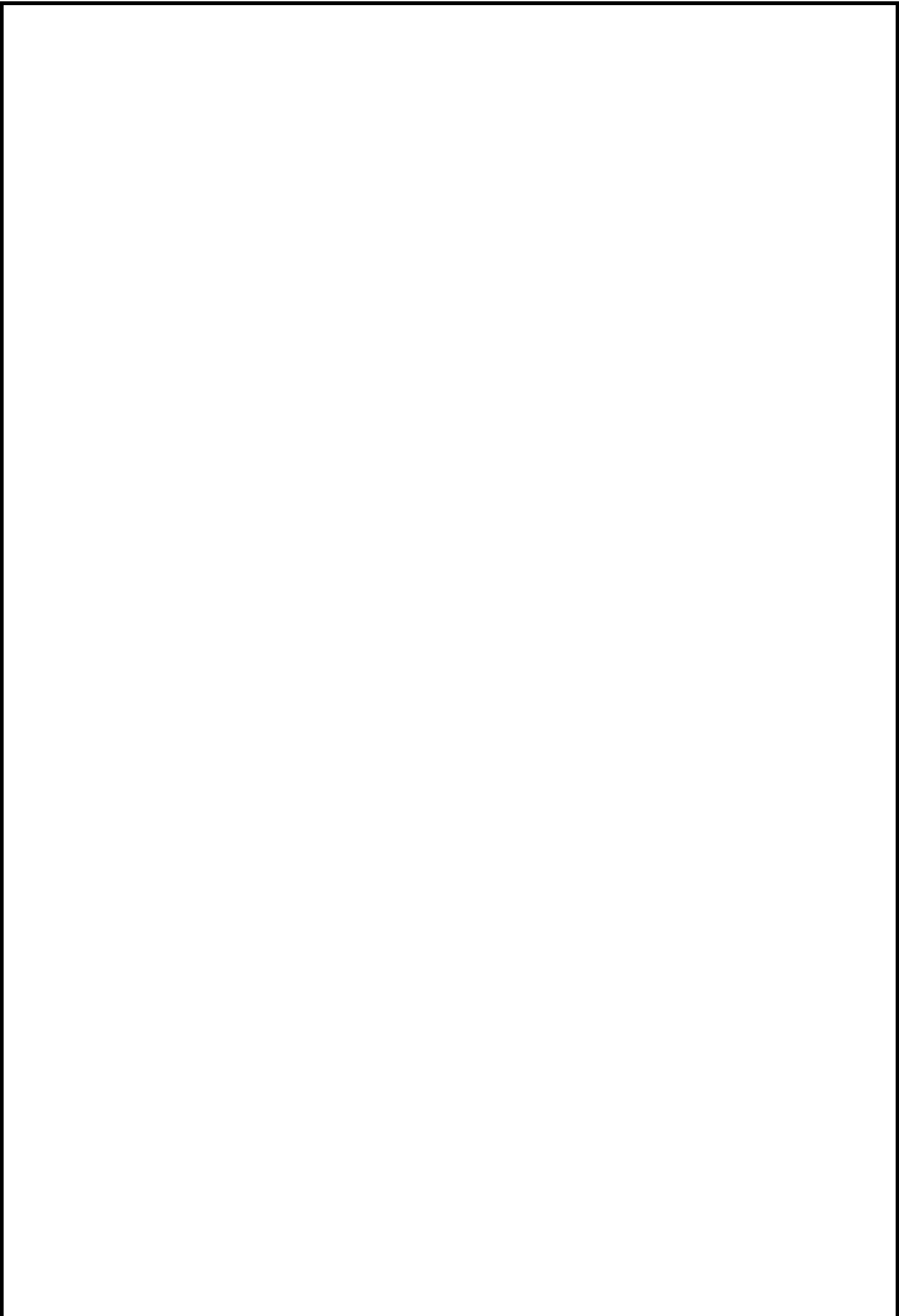
- Зовнішній огляд, перевірка кріплень, огорож і конструкцій обладнання; • Очищення панелей сонячних батарей;
- Перевірка електричних силових кабелів, що з'єднують блок з розподільним щитом, на відсутність порізів, тріщин, і ознак старіння ізоляції, в разі потреби проводити підтягування різьбових з'єднань обладнання;
- Контроль і запис стану автоматики і показань контрольновимірювальних приладів, рівня зарядження акумуляторних батарей;
- Контроль стану конструктивних вузлів та блоків на предмет корозії, міцність кріплень панелей кожуха; Раз на півроку: Підтягування різьбових з'єднань проводів від панелі, при необхідності заміна запобіжників, наконечників, зачистка контактів;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.

67



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.7.141.15.00 29 – ПЗ

Арк.
68