

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННЦ Енергетики, автоматики та енергозбереження

НУБІП України

УДК 621.3

ПОГОДЖЕНО
Директор ННЦ енергетики, автоматики
і енергозбереження

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електропостачання ім. проф. В. М.
Синькова

НУБІП України

Віктор КАПЛУН

(підпис)

Олександр ГАЙ

(підпис)

“НУБІП” 2022 р. “України” 2022 р.

НУБІП України

КВАЛІФІКАЦІОНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему проектні рішення реалізації енергоефективної системи
електропостачання приватного домогосподарства

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код / назва)

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(назва)

НУБІП України

Магістерська програма _____
(назва)

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

НУБІП України

Керівник магістерської роботи

Доцент кандидат тех. наук
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

МАКАРЕВИЧ Світлана Сергіївна
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

ВЕНГЕР Роман Михайлович
(ПІБ студента)

НУБІП України

НУБІЛ ҮКРАЇНИ

НУБІЛ ҮКРАЇНИ

НУБІЛ ҮКРАЇНИ

НУБІЛ ҮКРАЇНИ

НУБІЛ ҮКРАЇНИ

НУБІЛ ҮКРАЇНИ

Н
У
Б
І
Л
Ү
К
Р
А
Ї
Н
И

МОДЕЛОВАНА РОБОТА СЕС У ПОРПАМНОМ

КНИГ - 2022
ЗМІСТ

НУБІЛ УКРАЇНИ

Л

Е

Р

Е

Ж

І

НУБІЛ УКРАЇНИ

Х

И

Н

А

Т

С

НУБІЛ УКРАЇНИ

И

Р

О

К

И

В

НУБІЛ УКРАЇНИ

К

О

С

И

Н

НУБІЛ УКРАЇНИ

О

НУБІЛ УКРАЇНИ

НУБІП України

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ФЕП-фотоелектричні перетворювачі.

АКБ-акумуляторні батареї.

ФГП-фізико-географічне положення

ККД-коефіцієнт корисної дії.

СЕС-сонячна електростанція.

ПЗВ-пристрій захисного вимикання.

ПЗП-пристрій захисту від імпульсних перенапруг.

ТЕС-теплова електростанція.

АЕС-атомна електростанція.

BMS-battery management system.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РЕФЕРАТ

Магістерська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» виконана у Національному університеті біоресурсів і природокористування України, Київ, у 2022 році.

Метою дослідження є розробка заходів проектування енергоефективних рішень приватного домогосподарства.

Об'єкт дослідження – гібридна система електропостачання на базі сонячної електростанції.

Предметом закономірності впливу застосування гібридної системи електроживлення.

У магістерській роботі надано проєктні рішення щодо розробки системи електропостачання приватного домогосподарства на базі гібридної сонячної електростанції. Проаналізовано використання сучасного обладнання та матеріалів. Надано пояснення щодо принципу роботи кожного з апаратів, які застосовуються в системі електропостачання. На основі аналізу вибрано потрібне обладнання, апарати та матеріали для реалізації проєктних рішень. Описано правила безпечної експлуатації електроустановок, а також заходи з охорони праці.

Проєкт складається із 60 сторінок друкованого тексту формату А4, до яких входять вступ, основна частина з 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, і презентації у форматі MS PowerPoint.

Ключові слова: гібридна сонячна електростанція, надійність, якість електричної енергії.

ВСТУП

Спостерігаючи за теперішніми потребами людства, враховуючи вичерпність паливних ресурсів та залежність від них, екологічний стан та ефективність традиційних джерел електричної енергії, все більше постає питання у якісному та безперебійному електропостачанні. Відтак, обладнання та апаратура, які забезпечують генерацію електричної енергії традиційними методами (ТЕС, АЕС) з кожним роком зношуються і стають небезпечними в процесі експлуатації.

Альтернативним рішенням таких проблем можуть бути джерела електричної енергії, які використовують невичерпні ресурси. Це енергії: сонця, вітру, води, хвиль, температури землі, тощо). Такі відновлювальні джерела енергії можуть генерувати потужність нескінченно довго, а саме без шкоди навколишньому світу, з набагато більшою ефективністю та в разі безпечної експлуатацією. Тому задумуючись над електропостачанням об'єктів на сьогодні

проектувальник неодноразово задумується про використання відновлювальних джерел електричної енергії як рішення щодо зменшення вартості плати за електричну енергію, яку споживає об'єкт та підвищення показників її якості. І в більшості випадків використовує комбіновані системи електроживлення об'єкту. Ваяко не помітити стрімкий розвиток ВДЕ в нашій країні, що складає близько 6% від усього виробітку електроенергії в Україні[2]. Промислові СЕС великої потужності чи малі приватні СЕС вже активно впроваджуються і несуть свою користь, створюючи двосторонній зв'язок між споживачем і постачальником

електричної енергії, що відповідає технологіям Smart Grid. Це один із найпоширеніших варіантів комбінованого електропостачання, яке дозволяє отримувати надійну і якісну електроенергію.

Україна має вигідне ФГП оскільки її територія є зоною середньої інтенсивності сонячної радіації[1]. Звісно, що для кожної області цей показник

буде відрізнятися і лідерами по ньому виступають південні області нашої країни.
Проте така різниця відносно інших областей не є суттєвою, тому встановлення
СЕС є доцільним по всій території країни[2].

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

1.1 Типи СЕС та їхні особливості.

За результатом проаналізованих можливих варіантів електропостачання об'єкту проектування було обрано варіант із застосуванням сонячної електростанції. Поняття сонячна електростанція є широким тому варто окреслити її призначення види та застосування.

На сьогоднішній день розрізняють мережеві, автономні та гібридні СЕС. Мережеві СЕС призначені для генерації електричної енергії від фотомодулів та видачу генерованої потужності в мережу за певною вартістю[3].



Рис. 1.1 схема мережевої СЕС.

Особливості мережевих СЕС(рис.1.1):

- не працює при відсутності мережі;
- сфера застосування-«зелений» тариф;
- найнижча вартість станції.

Вартість згенерованої потужності мережевою станцією визначається згідно з Законом України «Про альтернативні джерела енергії»[8].

НУБІП України

Автономні СЕС- призначені для генерації електричної енергії тільки для власного споживання об'єкту. Може використовуватися як резервне джерело живлення(рис.1.2).



Рис. 1.2 Схема автономної СЕС.

Особливості автономних СЕС:

- обов'язкова наявність АКБ в системі;
- немає можливості віддавати енергію в мережу;
- сфера застосування: комерційні та побутові об'єкти з високими вимогами до безперебійної роботи;
- вища вартість в порівнянні з мережевою (у основному за рахунок застосування АКБ).

НУБІП України

Гібридні СЕС поєднують всі переваги мережевих і автономних станцій- можуть віддавати згенеровану потужність у мережу, а при відсутності забезпечувати споживача енергією від АКБ та сонячних батарей.

Особливості гібридних СЕС(рис.1.3):

- найбільш надійна система;

НУБІП України

сфера застосування комерційні та побутові об'єкти з високими вимогами до комфорту та електроживлення.

НУБІП України

- найвища вартість станції.

Підсумовуючи всі особливості кожного типу СЕС робимо висновок, що для якісного та надійного електроживлення приватного домогосподарства найкращим рішенням буде встановлення гібридної СЕС, оскільки вона зможе забезпечити певний час автономне живлення деяких споживачів резервної групи, а також при надлишковій генерації потужності фотомодулями, віддавати енергію в мережу по «зеленому тарифу», а це позитивно впливатиме на термін окупності такої станції[5].

1.2. Обладнання для СЕС.

У залежності від типу використовуваного обладнання для сонячних станцій буде визначатися їх тип. Відтак обладнання поділяють на основне і додаткове. До основного обладнання відносять:

- фотомодулі;
- інвертор;
- контролер заряду;
- акумуляторні батареї;
- система кріплення фотомодулів;
- захист.

Додатковими є елементами сонячних станцій переважно є:

- додаткові лічильники зі сторони мережі;
- панелі зовнішнього керування та моніторингу;
- зовнішня BMS для акумулятора.

Перелічене вище обладнання здебільшого використовують при проектуванні та будівництві автономних чи гібридних електростанцій. Основна відмінність таких станцій полягає у логіці їх роботи. Гібридна станція – може

НУБІП України

видавати потужність фотомодулів в мережу і для живлення об'єкту. Автономна станція у свою чергу забезпечує лише живлення навантаження об'єкту і зарядку акумуляторних батарей з мережі [4].

Вибір фотомодулів.

Фотомодуль-апарат призначений для перетворення сонячної енергії в електричну (рис 1.4).



Рис. 1.4 Основні складові модуля.

Фотоелемент- це оброблений певним чином напівпровідник, здебільшого Кремній. У залежності від обробки матеріалу існує два типи комірки: полікристалічна та монокристалічна.

Призначення фотоелемента-сприйняти сонячне світло і видати напругу на своїх клеммах. Якщо розібратися глибше у принципі роботи фотомодуля, то треба відмітити їхню структуру - кожен модуль складається з фотоелементів. Це напівпровідники виготовлені на основі моно- або полікристалічного кремнію, які при попаданні фотонів на їх поверхню, створюють заряджені частинки. Заряджені частинки рухаються і накопичуються а двох полюсах фотоелементу, який генерує постійний струм при з'єднанні провідником двох полюсів [4].

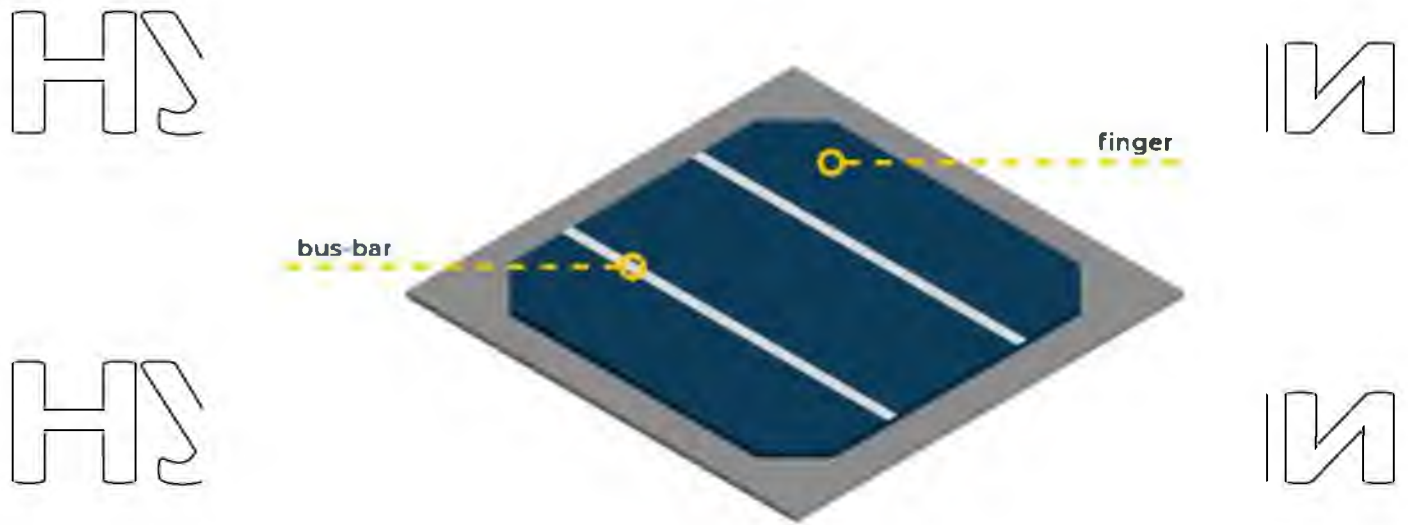


Рис. 1.5 Структура фотоелемента.

Фотоелемент містить у собі струмоз'ємну доріжку (bus-bar), яка електрично з'єднує фотоелементи та горизонтальну доріжку (finger), яка знімає струм з фотоелемента (рис. 1.5).

Усі фотоелементи з'єднуються в певній послідовності та утворюють батарею фотоелементів певних розмірів та певних параметрів. Кожна батарея містить у собі клемну колодку всередині якої є також байпас-діод (рис. 1.6). Використання байпас-діодів дозволяє зменшити втрати енергії при частковому затіненні [3].

У звичайних сонячних батареях, в яких не використовуються байпас-діоди, при частковому затіненні фотоелементів, генерація усієї сонячної батареї припиняється, оскільки вони не генерують енергії і через їхні струмоз'ємні доріжки не може проходити струм. Відтак при застосуванні байпас-діодів, струм із фотоелементів, які є незатіненими, протікає без будь-яких перешкод і таким чином батарея фотоелементів генерує електричну енергію. Відповідно до цього втрати-мінімальні, а генерація-максимально можлива для даних умов.

НУБІП України

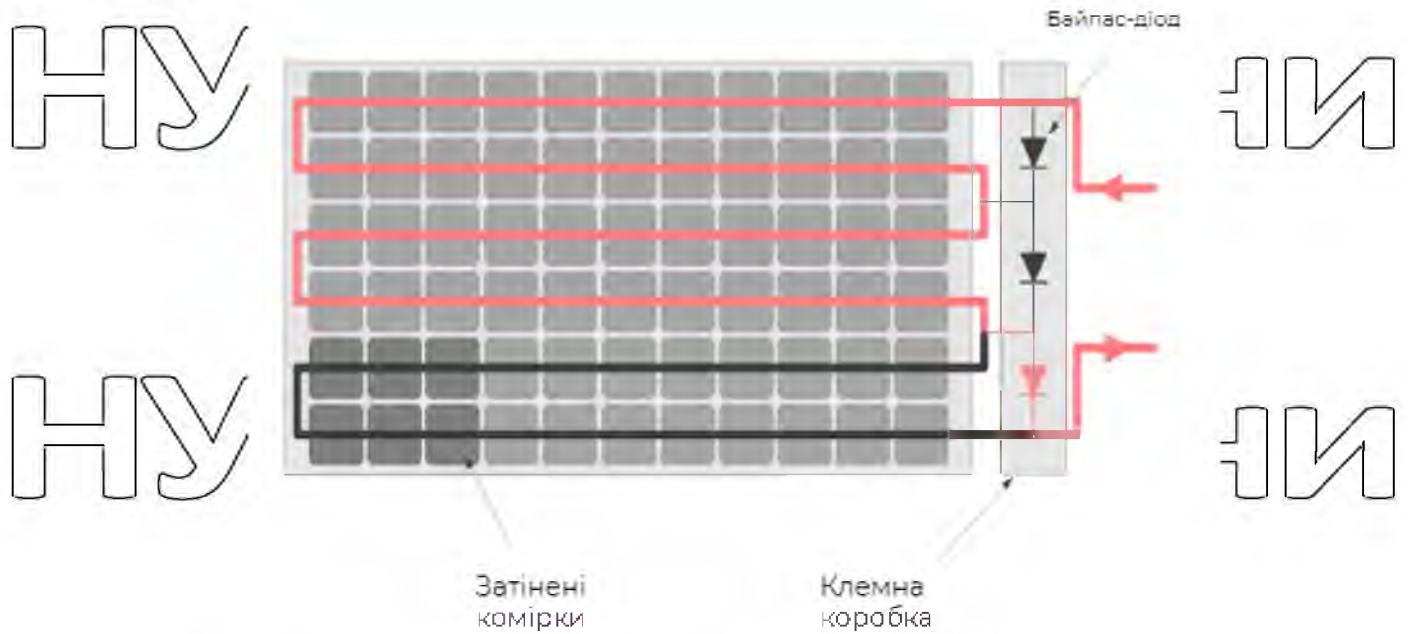


Рис. 1.6 Схема роботи байпас-діодів.

Нові технології у виробництві сонячних панелей.

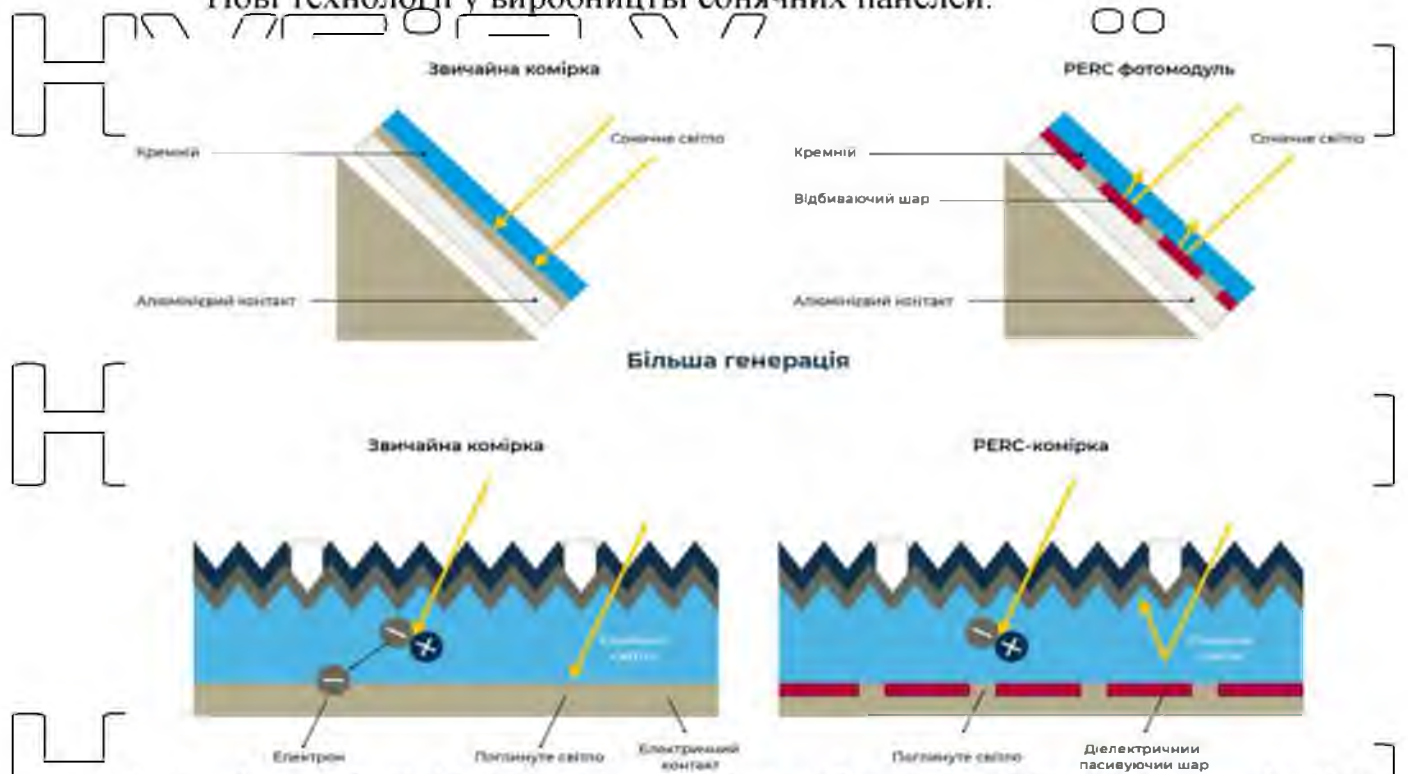


Рис. 1.7 Відображення PERC технології
 PERC технологія- процедура покращення стандартних сонячних елементів.

Забезпечує більшу ефективність сонячних батарей, відповідно більше генерованої енергії, а також менший температурний коефіцієнт[4].

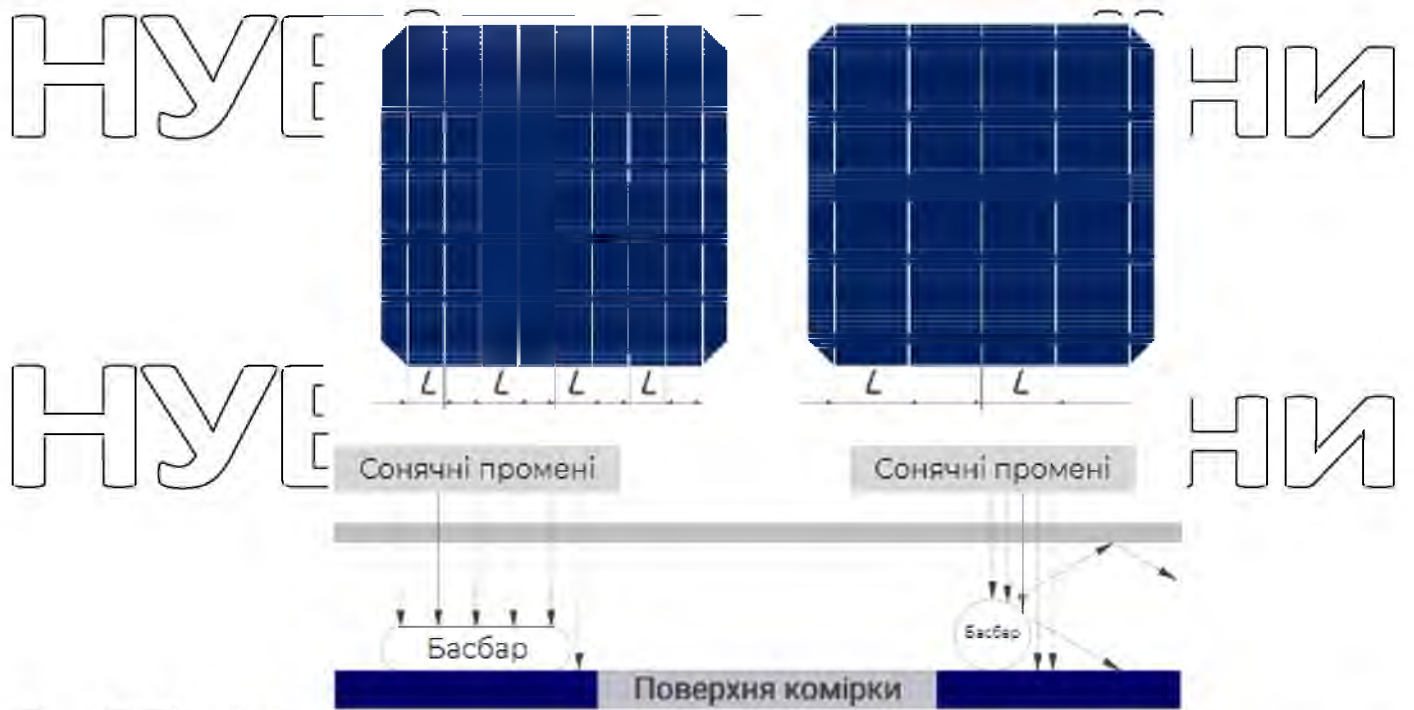


Рис. 1.8 Технологія Multi Bus Bar

Технологія Multi Bus Bar передбачає застосування додаткових струмоз'ємних доріжок у фотоелементі. Тому за рахунок зменшення горизонтальних ділянок (fingers) між басбарами вдається досягти зменшення втрат при перенесенні електричного струму. Зміна форми самих басбарів дає змогу збільшити активну поверхню комірки.

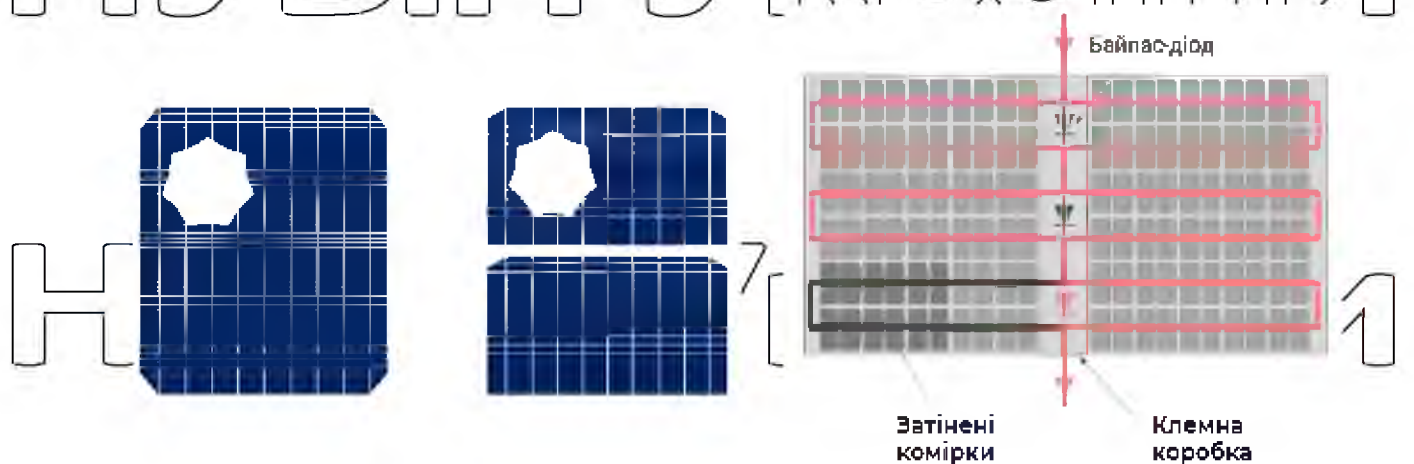


Рис. 1.9 Технологія Half-cell.

НУБІП України

На рівні комірки
Технологія Half-cell забезпечує зменшення втрат при протіканні
електричного струму. Зменшення струму в 2 раз зменшує втрати на 75% і
підвищує потужність на 4%.
На рівні модуля

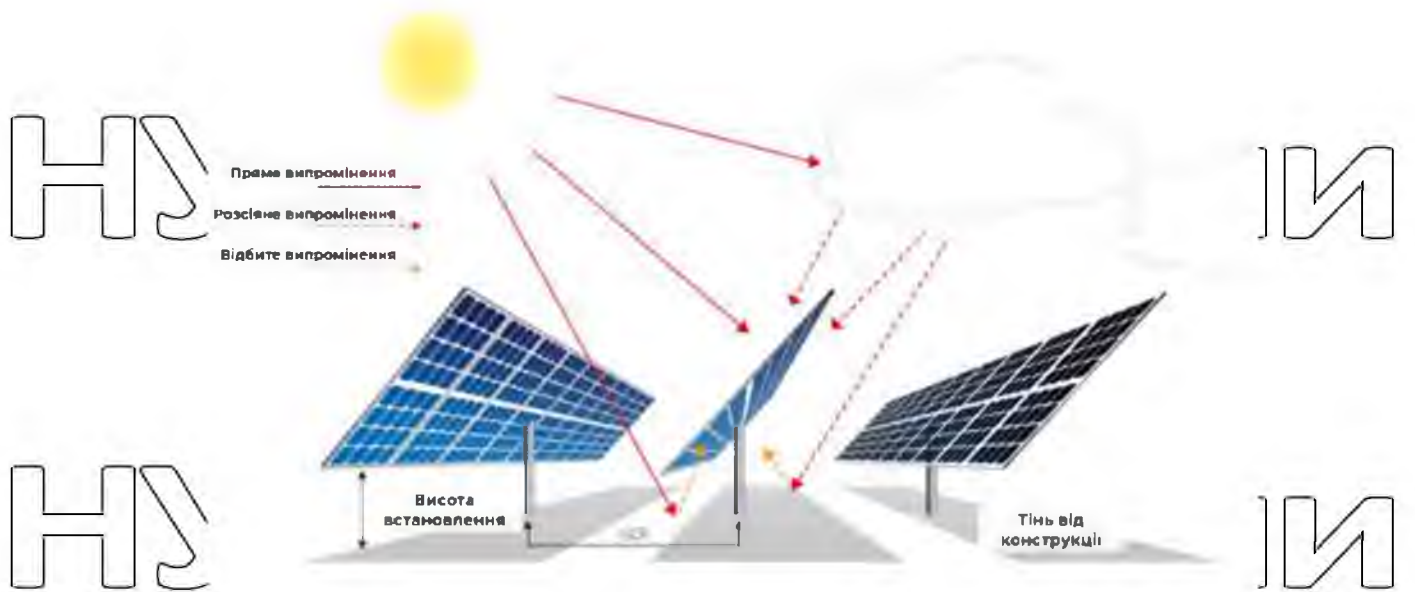


Рис. 1.10 Технологія Bifacial

Технологія Bifacial або двосторонні модулі. Забезпечує збільшення генерації за рахунок відбитого випромінювання. Багато сонячної енергії розсіюється і просто «зникає». Відтак така технологія, яка передбачає використання двох сторін сонячної батареї, дозволяє отримувати частково відбиту і розсіяну енергію, а відповідно і збільшити генерацію [5]

НУБІП України

НУБІП України

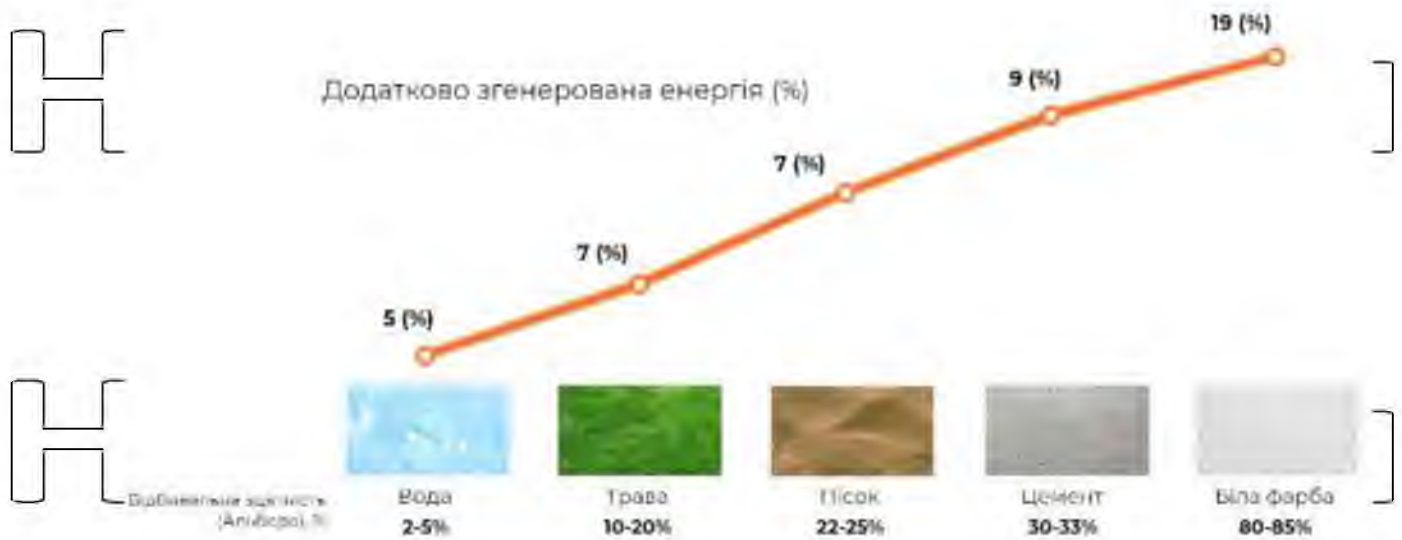


Рис. 1.11 відбивальна здатність(Альbedo) поверхонь
 Тепер варто описати основні параметри фотомодулів. До них відносять такі параметри:

- Номінальна потужність;
- Струм точки максимальної потужності;
- Напруга точки максимальної потужності;
- Струм короткого замикання;
- Напруга розімкнутого кола;
- Температурні коефіцієнти по напрузі і струму;
- Ефективність або коефіцієнт корисної дії (ККД).

Всі ці параметри можна знайти у даташитах до фотомодулів.

Вольт-амперна характеристика (ВАХ) фотомодулів відображає зміну маже усіх основних параметрів при: зміні інсоляції, зміні умов роботи модуля, частковому затіненні[4].

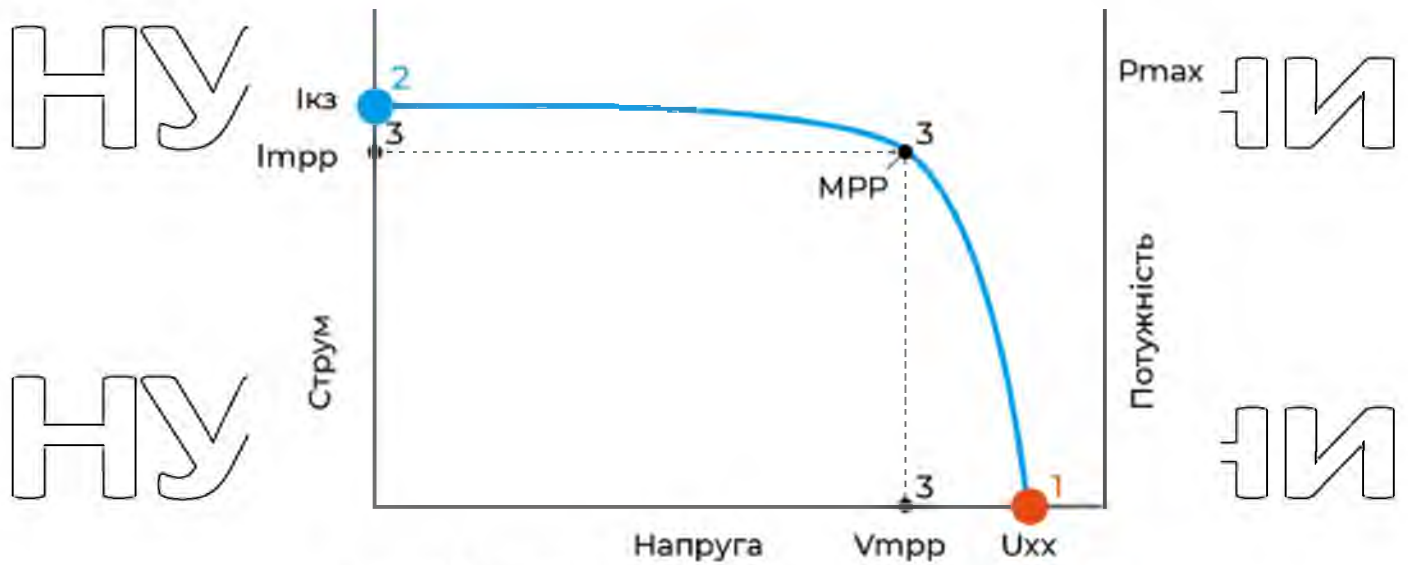


Рис. 1.12 Вольт-амперна характеристика фотомодуля

На роботу різко впливає інсоляція, змінюються показники фотомодуля. Відтак при зміні інсоляції струм значно змінюється, падає напруга і в результаті знижується потужність фотомодуля.

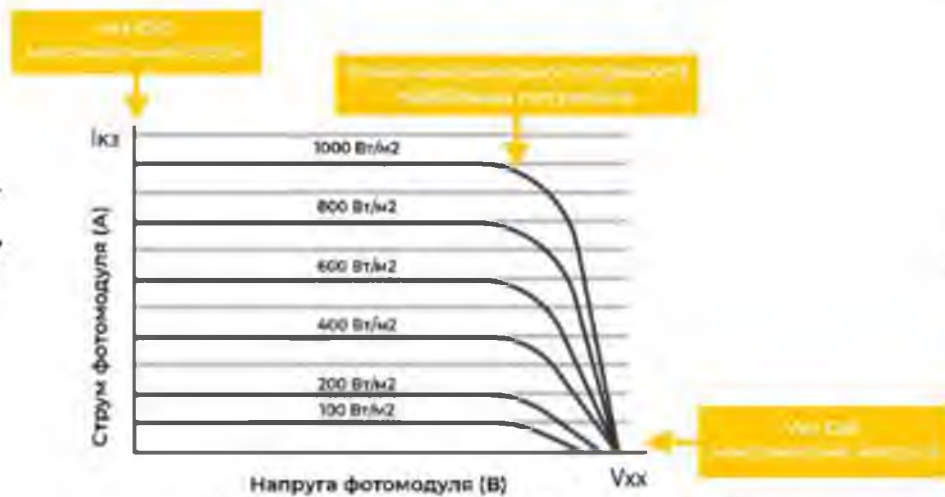
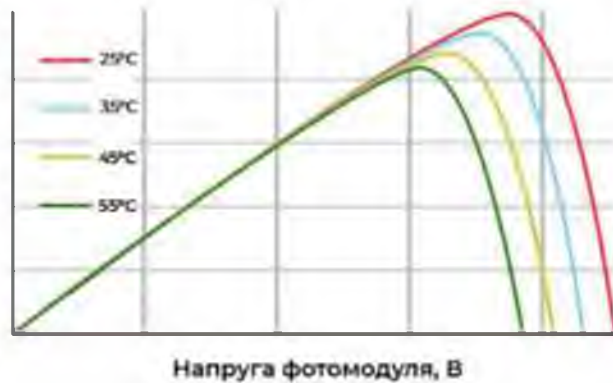


Рис. 1.13 ВАХ при зміні інсоляції.

При виборі фотомодулів потрібно враховувати також температурні коефіцієнти по струму, напрузі та результуючий коефіцієнт по потужності.

НУБ

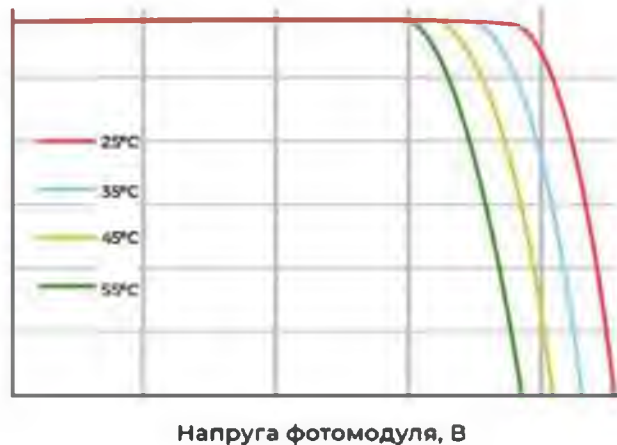
Потужність фотомодуля, Вт



їїни

НУБ

Струм фотомодуля, А



їїни

НУБ

Напруга фотомодуля, В

їїни

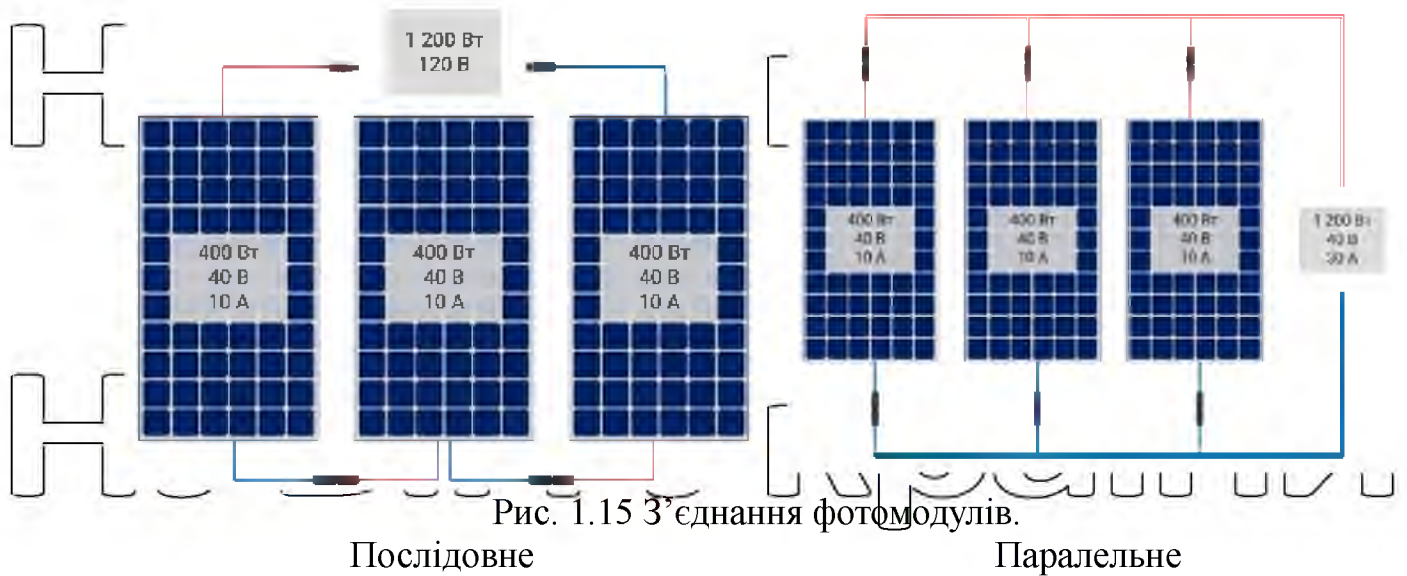
Рис. 1.14 ВАХ при зміні температури.

Якщо проаналізувати ВАХ наведені на рис. 1.14, то можна сказати, що при

збільшенні температури відбувається суттєве зменшення напруги, зростання струму і відповідно зменшення потужності генерації фотомодуля. При зменшенні температури суттєво зростає напруга, зменшується струм, і збільшується потужність.

З'єднання фотомодулів відбувається у стрінги та масиви. Стрінг-кілька послідовно з'єднаних панелей. Масив- кілька паралельних стрінгів. При послідовному з'єднанні фотомодулів напруга і потужність фотомодулів додається. При паралельному з'єднанні фотомодулів напруга залишається незмінною, потужність і струм додаються. Відтак сонячна станція складається із стрінгів фотомодулів, які вже пізніше об'єднуються у масиви і приєднуються до інверторів.

НУБІП України



Вибір акумуляторних батарей(АКБ).

Застосування акумуляторних батарей говорить одразу про тип сонячної станції, якщо у СЕС наявні АКБ, то це однозначно автономна або гібридна станція. Сьогодні розрізняють два найпоширеніших види АКБ: свинцево-кислотні та літієві. Тип хімії та матеріалів з яких складаються АКБ визначає їх тип. Свинцево-кислотні існують AGM-технологія та GEL-технологія. Перша використовує у якості електроліту кислоти із певним хімічним складом. Друга технологія передбачає використання першої, проте у цьому випадку електроліт є більш в'язким- гелеподібним.

Основна технологія літієвих АКБ- літій-залізо-фосфат(LiFePO₄).

Основними параметрами, які визначають характеристику батарей є:

- Номінальна ємність [А·год] або [кВт·год].
- Номінальна напруга [В].
- Зарядний струм [А].
- Розрядний струм [А].
- Кількість циклів або енергія з термін експлуатації [кВт·год]/
- Глибин розряду DOD (%) і стан заряду SOC (%).

Номінальна ємність - це енергія повністю зарядженої АБ (1.1).

НУБІП України

Стан заряду акумуляторної батареї - SOC (з англ. State of Charge) відсоток

енергії готової до споживання від АКБ (рис. 1.16).



Рис. 1.16 Стан заряду акумуляторної батареї

НУБІП України
Глибина розряду або DOD (з англ. Depth of Discharge) визначає дозволена глибину розряду. DOD для різних типів АКБ є різним. Для свинцево-кислотних до 50%, для літієвих до 90%.

Кількість циклів розряджання і заряджання АКБ. Правильність заряджання і розряджання АКБ різко впливає на термін експлуатації АКБ. Відтак по

наведених вище параметрах SOC і DOD видно, що використання літієвих акумуляторів буде ефективнішим, оскільки літієві АКБ дозволяють розряджатися до 20% заряду, тоді коли свинцево-кислотні лише на 50%.

Розряджання АКБ до рівня більшого ніж дозволено, призводить до швидкої деградації АКБ і виходу з ладу.

НУБІП України
Як і для фотомодулів так і для АКБ важливу роль при їх роботі відіграє їхнє з'єднання, коли їх є певна кількість. Відтак при послідовному з'єднанні напруга збільшується, ємність залишається незмінною. При паралельному з'єднанні напруга залишається незмінною, а ємність, у свою чергу, збільшується. Тому на практиці часто поєднують такі з'єднання, перше - щоб набрати потрібний рівень напруги, а другий, - щоб набрати потрібну ємність.

НУБІП України

Як було зазначено процес заряду і розряду АКБ є дуже важливим і впливає на термін експлуатації АКБ. Тому на сьогоднішній день процес заряду поділяють на три стадії.

- Заряд постійним струмом (Bulk-стадія);
- Заряд постійною напругою (Absorption-стадія).
- Підтримуючий заряд (Float-стадія).

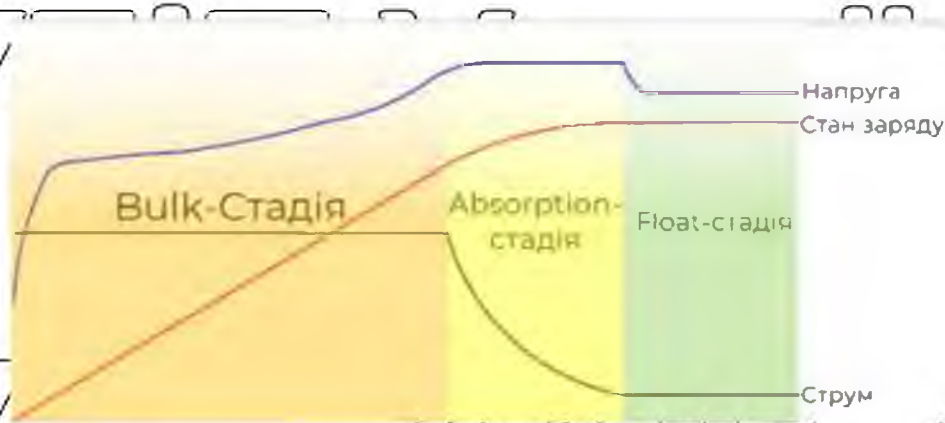


Рис. 1.17 Стадії заряду АКБ

На першій Bulk-стадії досягається максимального струму заряду, разом із тим росте напруга. На цій стадії досягається близько 80-90% ємності. На другій, Absorption-стадії, напруга зберігається постійною, а струм поступово зменшується, на цій стадії відбувається добір ємності. На третій, Float-стадії, АКБ повністю заряджена при цьому напруга залишається постійною при мінімальному струмі, відбувається підтримка набраної ємності.

Експлуатація акумуляторних батарей для усіх видів в принципі є однаковою. Найперше це однозначно сухе закрите приміщення із температурою в межах -10°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Порівняння свинцево кислотних та літєвих акумуляторних батарей.

Часто можна почути що літєві АКБ також називають розумними. Таку «характеристику» вони отримали через наявність у собі BMS (з англ. Battery Management System), яка контролює АБ на декількох рівнях. BMS контролює параметри АБ і не дозволяє будь-яких відхилень цих параметрів за

запрограмовані межі. Також вона збирає і передає інформацію про стан АКБ з допомогою CAN-протоколу.

Таблиця 1.1

Порівняння літєвих та свинцево-кислотних акумуляторних батарей		
Параметри	Літєві	Свинцево-кислотні
Номінальна ємність, [А·год]	Незмінна	Зниження ємності при збільшенні струму.

НУБІП Україна

<p>Д Н о мі на л ь на на п р уг а, [В]</p>	<p>НУБІП України</p> <p>Рівномірний заряд усіх АКБ; Можливість створення високовольтних систем (до 1000В)</p>	<p>НУБІП України</p> <p>Нерівномірний заряд АКБ при послідовному'єднанні, швидший вихід з ладу; Розраховані на роботу у системах до 48 В.</p>
<p>З а р я д н и й ст р у м, [А]</p>	<p>НУБІП України</p> <p>Зарядний струм в середньому 0,5-0,7С Розрядний струм не більше 2С.</p>	<p>НУБІП України</p> <p>Зарядний струм не більше 0,3С; Розрядний струм не більше 3С</p>
<p>К іл ь кі ст ь</p>	<p>НУБІП України</p> <p>Більше 6000 иклів при DOD 90%</p>	<p>НУБІП України</p> <p>Не більше 1000 циклів при DOD</p>

НУБІП України

Н
и
к
лі
в
за
те
р
мі
н
е
кс
п
л
у
аг
а
ці
ї
Г
л
и
б
и
н
а
р
оз
р
я
д
у
Д
О
Д
)
М
о
ж
л

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

DOD 90-95% жодним чином не впливає на ресурс АБ.

Збільшення DOD від 15% до 95% зменшує DOD з 2000 циклів до 200 циклів.

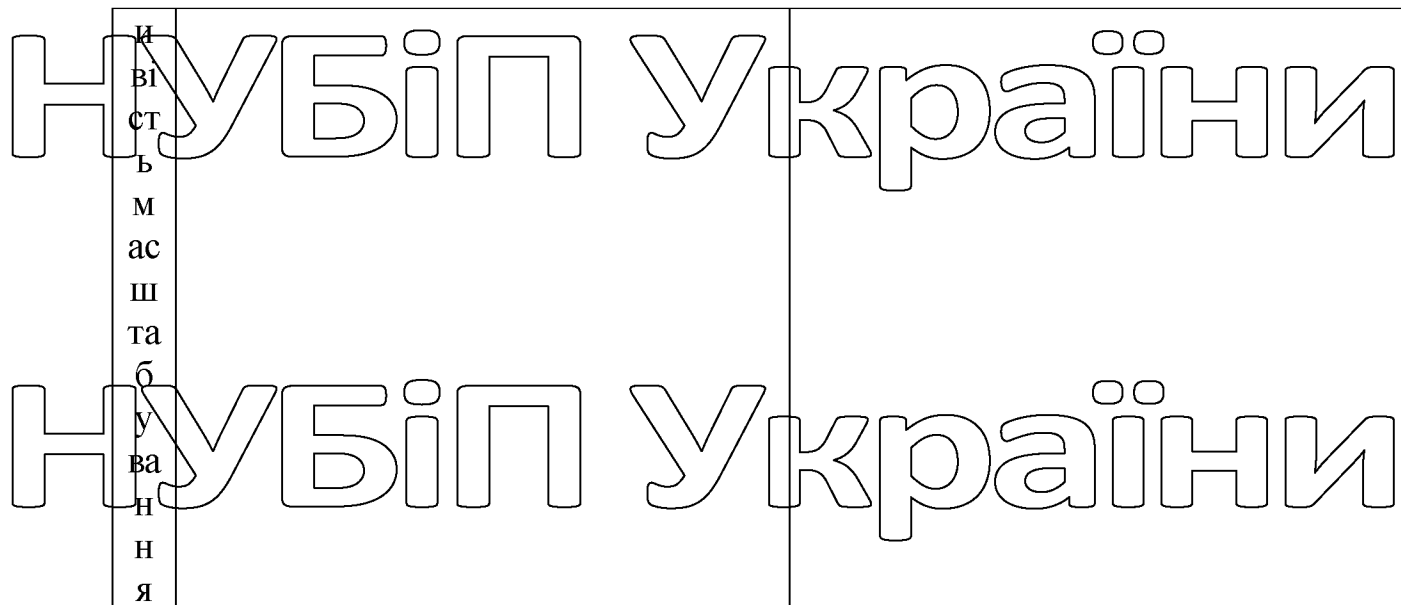
НУБІП України

НУБІП України

Можна масштабувати будь-коли

Не можна комбінувати АБ з різних виробничих партій.

НУБІП України

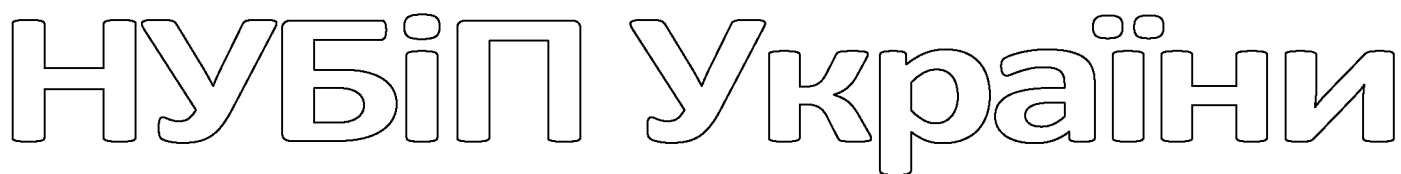


Результати порівняння: із позитивних якостей літєві акумуляторні батареї поєднують в собі: стабільну ємність, рівномірний заряд, більший зарядний струм, більший термін експлуатації і DOD, легке масштабування по напрузі і ємності; до позитивних якостей свинцево-кислотних АКБ відносять більший струм розряду.

Вибір інверторів.

Існує декілька незалежних класифікацій інверторів: по типу станцій, по класу потужності, по особливості будови перетворюючої схеми. Класифікація по типу станцій: мережеві, автономні, гібридні інвертори.

Мережевий інвертор працює лише при наявності мережі, напруга інвертора залежить від напруги мережі, напрям перетворення лише один- постійний струм(фотомодуль)→ змінний струм(мережа). Те, що станція не працює при наявності напруги в мережі пояснюється безпекою обслуговуючого персоналу лінії. При відсутності напруги на лінії, напруга буде віддаватися від мережевої станції в мережу, що може спричинити травмування обслуговуючого персоналу лінії. Тому висновок простий, не працює мережа- не працює мережева СЕС.



Автономний інвертор працює при наявності акумуляторів, сам створює напругу на своєму виході, може перетворювати змінний струм у постійний і навпаки, не може генерувати в мережу потужність по «зеленому тарифу».

Гібридний інвертор працює як в автономному так і мережевому режимах, може перетворювати змінний струм у постійний і навпаки, може використовувати сонячну енергію на вході мережі без генерації в мережу.

Класифікація по класу потужності передбачає поділ на: центральні, стрінгові та мікроінвертори. [5]

Класифікація по особливості будови: трансформаторні, безтрансформаторні. Трансформаторні інвертори мають один великий трансформатор, який підвищує напругу до 220 В на виході і працює при частоті 50 Гц, легко масштабуються по стороні змінного струму, більш стійкі до перевантажень. Безтрансформаторні інвертори складаються з високочастотних трансформаторів меншої потужності, ефективніші та дешевші. На сьогодні безтрансформаторна технологія є основою більшості інверторів.

Таблиця 1.2

Параметри інверторів	
по змінному струмі	по акумуляторам
п о п о с т і й н о м у с т р у мі	
М а к	Напруга акумуляторів (В)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

С
И
М
А
Л
Ь
Н
А
П
О
Т
У
Ж
Н
І
С
Т
Ь
Ф
О
Т
О
М
О
Д
У
Л
І
В
(
В
Т)
В
І
Д
С
О
К
П
Е
Р
Е
В
А
Н
Т
А
Ж
Е
Н
Н
Я

Номинальная мощность АС (Вт)

Тип підтримуваних акумуляторів

НУБІП України

Кі
ль
кі
ст
ь
т
р
ек
ер
ів

НУБІП України

Р
о
б
о
ч
и
й
ді

НУБІП України

а
п
аз
о
н
н
а
п
р
уг
ис
D
B

НУБІП України

НУБІП України

М
ак
с
и
м
ал
ь
н

НУБІП України

Н
й
с
т
р
у
м
к
о
р
р
т
к
о
г
о
з
а
м
и
к
а
н
н
я
D
C
(
A

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Максимальна потужність встановлених фотомодулів визначає коефіцієнт перевантаження інвертора.

НУБІП України



Рис. 1.18 Схема роботи СЕС.

НУБІП України

Якщо номінальна потужність генерованої енергії по інвертору становить 20 кВт, то це значення не буде змінюватись навіть якщо на вхід до інвертора по стороні фотомодулів приходить 30 кВт. Але як змінюються при цьому параметри інвертора? Задля цього вводять коефіцієнт перевантаження інвертора. Це співвідношення яке виражається у відсотках (1.2).

$$\frac{P_{nDC}}{P_{maxAC}} = k_{перев.}, \%$$

(1.2)

Інвертор перевантажувати можна, проте треба знати і вміти правильно це робити. Зазвичай доцільний відсоток перевантаження складає 130-140%, це робиться задля досягнення більшої генерації потужності впродовж дня.

Особливо варто згадати також про додаткові технічні особливості інверторів. До них відносять системи охолодження, використання оптимізаторів та моніторингу.

На продуктивність роботи інвертора, як і на все інше обладнання впливає охолодження. Відтак при зростанні температури відбувається зменшення потужності інвертора. Для таких апаратів виділяють пасивне та активне охолодження. Пасивне використовує радіатори, активне- вентилятори.

Моніторинг- це пристрій і хмарова платформа, куди передаються дані. Він теж має свої варіанти розгортання- проприетарний моніторинг виробника і власний з допомогою ModBus. Моніторинг важливий тим, що він дозволяє стежити за параметрами станції онлайн, архівування і доступ до архіву даних, моніторинг помилок, віддалена оцінка можливої поломки.



Рис. 1.19 моніторинг станції

Деякі особливості, якими характеризуються сучасні інвертори: розширення меж АС напруги, генерація реактивної енергії, динамічне зниження потужності, керування групами навантаження, робота з генераторами.

Вибір захисної автоматики

Сонячна електростанція дуже цікава і одночасно складна електроустановка, яка потребує надійного захисту і контролю. Тому захисна автоматика якраз призначена для того, щоб зберегти СЕС від різних несприятливих внутрішніх і зовнішніх процесів. Основними компонентами щитів захисту є:

- автоматичний вимикач;
- пристрій захисного вимкнення (ПЗВ);
- пристрій захисту від імпульсної перенапруги (ПЗіП);
- запобіжники;
- роз'єднувач навантаження;
- реле контролю напруги;
- реле і магнітні пускачі.

Автоматичний вимикач призначений для відключення надструмів, параметр захисту- струм відключення. Встановлюється на ввіді в щиті захисту[6].

Пристрій захисного відключення (ПЗВ)- відключення навантаження при виникненні струмів витоку. Принцип дії- порівняння струму у фазних

провідниках і нульовому провіднику. Різниця двох струмів і називається струмом витоку, який і є параметром захисту. Встановлюється після автоматичного вимикача у щиті.

Диференційний автоматичний вимикач- поєднує у собі всі функції автоматичного вимикача і ПЗВ, і потребує менше місця у щиті, ніж поєднання автоматичний вимикач + ПЗВ. Встановлюється на вводі у щиті захисту.

Пристрій захисту від імпульсної перенапруги (ПЗП) призначений для захисту від блискавок та імпульсів із мережі. Застосовується для відведення імпульсу в землю. Параметр захисту-тип ПЗПту (I,II або III). Встановлюється паралельно до обладнання, яке потрібно захистити[6].

Запобіжник призначений для відключення надструмів, параметр захисту-струм відключення. Встановлюється після ввідного комутаційного апарату в щиті захисту.

Роз'єднувач навантаження призначений для ручної комутації електричного кола. Основний параметр-максимальний довготривалий струм.

Реле контролю напруги- призначене для розмикання коли при напрузі за рамками дозволеного діапазону. Параметр захисту- діапазон робочої напруги. Встановлюється після комутаційного апарату в щиті захисту.

Реле і магнітний контактор призначений для комутації кіл. Встановлюється в щиті захисту на потрібних лініях для комутації.

Для гібридних та автономних СЕС використовують щити захисту для сторони змінного струму, постійного струму фотомодулів та постійного струму

АКБ[5]

РОЗДІЛ 2. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ.

2.1 Характеристика об'єкту проєктування.

Об'єктом для проєктування є приватне домогосподарство із господарськими будівлями та житловим одноповерховим будинком, яке розташоване в с. Лиса Тернопільської області.

За даними асоціації сонячної енергетики України Тернопільська область займає 3 місце по кількості встановлених СЕС для домогосподарств.

Таблиця 2.1

Потенціал виробництва електроенергії СЕС у домогосподарстві (на 1кВт потужності)

Область	Широта	Генерація енергії 11 кВт ФЕМ (кут 35 градусів) в місяць, кВт*год											За год кВт*ч	
		Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Листопад	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень		
Тернопільська	49°	34,2	45,1	107	131	149	144	147	140	109	83,5	40,1	25,9	1160,6

З наведених даних робимо висновок, що встановлення СЕС у цій області буде вигідним, оскільки рівень інсоляції сонячної енергії є достатньо великим, що впливає на кількість згенерованої енергії.

Приблизне споживання енергії домогосподарства за місяць складає 500 кВт*год. Господарство підключене до загальної енергомережі та має однофазний ввід 220 В. Варто зауважити, що панелі сонячної станції, яку ми плануємо будувати буде розміщуватися на скатах будівель загальною площею близько 117,1 м². Скати мають вигідне положення щодо сонця, всі вони південної експозиції.

Навантаження – змішане, в основному побутові струмоприймачі із невеликими за значеннями пусковими струмами.

Потужність струмоприймачів наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

№п/п	Найменування споживача	Встановлена потужність, кВт
	Мікрохвильова піч	
	Чайник	
	Холодильник 1	

	Холодильник 1	
	Кухонний комбайн	
	Телевізор	
	Комп'ютер	
	Порохотяг	
	Фен	
	Пральна машина	
	Праска	
	Електроплита	
	Принтер	
	Насос1	
	Насос2	
	Витяжка	
	Котел твердопаливний	
	Електросушка	
	Електроінструмент	
	Зернодробилка	
	Мінімийка	
	Освітлення	
	Відеоспостереження	
	ВСЬОГО:	2

2.2. Розрахунок навантаження об'єкту.

Беручи за основу встановлену потужність навантаження об'єкту наведену у табл.2.2. розрахуємо споживання об'єкту за день, в табл. 2.3.

Таблиця 2.3.

№п/п	Найменування споживача	Встановлена потужність, кВт	Кількість годин роботи за день	Споживання за день, кВт·год
1	Мікрохвильова піч	1,5	0,3	0,45
2	Чайник	1,5	0,25	0,375
3	Холодильник 1	0,03	15	0,45
4	Холодильник 2	0,03	15	0,45
5	Кухонний комбайн	1	0,1	0,1
6	Телевізор	0,3	2	0,6
7	Комп'ютер	0,3	2	0,6
8	Порохотяг	1,7	0,25	0,425

9	Фен	1,5	0,15	0,225
10	Пральна машина	2	2	2
11	Праска	1,5	0,1	0,15
12	Електроплита	3	0,25	0,75
13	Принтер	0,5	0,1	0,05
14	Насос1	1,1	3	3,3
15	Насос2	1,2	2	2,4
16	Витяжка	0,15	0,5	0,075
17	Котел твердопаливний	0,3	10	3
18	Електросушка	2	0,5	1
19	Електроінструмент	1	0,5	0,5
20	Зернодробилка	2	0,5	1
21	Мінімийка	3	0,1	0,3
22	Освітлення	0,2	8	1,6
23	Відеоспостереження	0,1	24	2,4
ВСЬОГО:		25,21		22,2
Всього по резервній групі		1,79		11,2

Отже встановлена потужність об'єкту становить 25,21 кВт, а споживання об'єкту 22,2 кВт·год. Окремо виділено резервну групу її встановлена потужність струмоприймачів становить 1,79 кВт, а споживання 11,2 кВт·год. Відповідно до цих параметрів тепер розрахуємо потужність сонячної станції.

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК СОНЯЧНОЇ СТАНЦІЇ

З огляду на запропоновані рішення наведені в розділі 1 до встановлення об'єктом гібридну сонячну станцію. Оскільки в сільській місцевості через погодні та ряд інших умов можливе часте відключення електропостачання енергії. Тому треба забезпечити якісне надійне електропостачання. Задля цього використаємо гібридну станцію із АКБ та в якості резервного живлення бензиновий генератор.

Розрахунок і вибір акумуляторних батарей.

Почнемо проєктування нашої сонячної станції із вибору акумуляторів та підрахунку їх потужності. Після порівняння типів акумуляторів я дійшов висновку встановлювати літєві акумулятори. Щодо пропонованих варіантів на ринку варто виділити такі компанії Huawei, Victron Energy, Byd, Pylon Tech.

Після аналізу прийнято рішення вибрати АКБ Pylon Tech.

Таблиця 3.1

Basic Parameters	US3000
Nominal Voltage (V)	48
Nominal Capacity (Wh)	3552
Usable Capacity (Wh)	3200
Dimension (mm)	442*420*132
Weight (Kg)	32
Discharge Voltage (V)	45 ~ 53.5
Charge Voltage (V)	52.5 ~ 53.5
Recommend Charge/Discharge Current (A)	37
Max. Charge/Discharge Current (A)	74
Peak Charge/Discharge Current (A)	100A@15sec
Communication	RS485, CAN
Configuration (max. in 1 battery group)	8pcs
Working Temperature	0°C~50°C Charge
	-10°C~50°C Discharge
Shelf Temperature	-20°C~60°C
Protective class	IP20
Cooling type	Natural Cooling
IP rating of enclosure	IP20
Humidity	5% ~ 85%
Certification	IEC62619/ CE / UN38.3
Design life	10+ Years (25°C/77°F)
Cycle Life	>6,000 25°C
Reference to standards	IEC62619, IEC62040, IEC62477-1, IEC61000-6-2, IEC61000-3, UN38.3

Перевіримо правильність вибору АКБ.

Знаючи споживання резервної групи споживачів визначимо, яку загальну кількість енергії буде взято з АКБ.

$$C_{AKB} = P_{спож} / \eta_{інв} \quad (3.1)$$

де C_{AKB} -ємність АКБ, кВт·год;

$P_{спож}$ -споживання резервної групи, кВт·год;

$\eta_{інв}$ - ККД інвертора, %

$$C_{AKB} = 11,27 / 0,93 = 12,04 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Переведемо одиниці вимірювання у А·год:

$$C_{AKB(A \cdot год)} = C_{AKB} / U_{н.АКБ}, \quad (3.2)$$

$$C_{AKB(A \cdot год)} = 12,04 / 48 = 250 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Врахуємо коефіцієнт температурного зменшення ємності АКБ для літєвих АКБ коефіцієнт дорівнює 1.

$$C_{AKB(A \cdot год)} = C_{AKB(A \cdot год)} \cdot k \quad (3.3)$$

$$C_{AKB(A \cdot год)} = 250 \cdot 1 = 250 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Необхідно також врахувати розряд акумулятора DOD:

$$C_{AKB(A \cdot год)} = C_{AKB(A \cdot год)} \cdot 0,9 \quad (3.4)$$

$$C_{AKB(A \cdot год)} = 250 \cdot 0,9 = 225 \text{ А} \cdot \text{год},$$

Загальна ємність потрібна для живлення резервної групи становить 225 А·год. Для зручнішого підбору АКБ переведемо одиниці вимірювання у кВт·год.

$$C_{AKB(кВт \cdot год)} = C_{AKB(A \cdot год)} \cdot U_{н.АКБ} \quad (3.5)$$
$$C_{AKB(кВт \cdot год)} = 225 \cdot 48 = 10,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вибираємо для встановлення акумуляторні батареї компанії PylonTech US3000, кількістю 4 шт.

Загальна встановлена ємність АКБ становить 4 кВт·год.

НУБІП Україна

Вибір фотомодулів

Згадані раніше технології, що застосовують при виготовленні фотомодулів використаємо для вибору розрахунку кількості і потужності. Нам потрібно

вибрати панелі, які будуть поєднувати в собі технології з вигорстанням байпас діодів, PERC-технології, технологія Multi Busbar, та Half-cell технологія.

Використання Bifacial технології у даному випадку недоцільне, оскільки панелі будуть встановлюватися на скатах даху будівель.

Таким параметром відповідають панелі компанії AVi Solar, JA Solar, Q-SUN. Переглянувши даташити запропонованих панелей вибираємо панелі

компанії AVi Solar. Потужність панелі вибираємо із найкращих можливих варіантів розміщення їх на скатах дахів. Варто зазначити, що також важливим

фактором щодо вибору габаритів фотомодулів були також архітектурні умови скатів будівель. Досягнуто максимального заповнення скатів фотомодулями із

врахуванням затінення. У результаті було вибрано сонячну панель AB550-72MHC.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (STC)

	AB520-72MHC	AB530-72MHC	AB540-72MHC	AB550-72MHC
Maximum Power (Pmax)	520W	530W	540W	550W
Short Circuit Current (Isc)	13.57A	13.71A	13.85A	14.04A
Open Circuit Voltage (Voc)	49.10V	49.26V	49.42V	49.60V
Maximum Power Current (Impp)	12.86A	13.08A	13.27A	13.48A
Maximum Power Voltage (Vmpp)	40.44V	40.54V	40.71V	40.83V
Module Efficiency	20.17%	20.55%	20.94%	21.33%
Power Tolerance	0→+5W			

Рис. 3.1 Електричні характеристики сонячної панелі AB550-72MHC при STC

NOCT

	AB520-72MHC	AB530-72MHC	AB540-72MHC	AB550-72MHC
Maximum Power (Pmax)	387W	394W	402W	410W
Short Circuit Current (Isc)	10.96A	11.07A	11.19A	11.35A
Open Circuit Voltage (Voc)	46.34V	46.50V	46.65V	46.82V
Maximum Power Current (Impp)	10.32A	10.41A	10.56A	10.73A
Maximum Power Voltage (Vmpp)	37.54V	37.86V	38.11V	38.25V
Maximum System Voltage	1500V (IEC)			
Maximum Series Fuse	25A			

Рис. 3.2 Електричні характеристики сонячної панелі АВ550-72МНС при NOCT.

STC - номінальні характеристики фотоелектричного модуля (стандартні технічні умови) при температурі фотоелектричного елемента 25°C та сонячній радіації 1000 Вт/м^2 .

NOCT - робоча характеристика фотоелектричного модуля при температурі повітря 20°C та сонячній радіації 800 Вт/м^2 .

Вибір кількості фотомодулів для цього нашого випадку буде нестандартним. Раніше продумано вже, що загальна площа до встановлення сонячних фотомодулів може вмістити 40 штук АВ550-72МНС. Загальна набрана потужність по сонячних панелях буде приблизно становити $P_{PV} = 22 \text{ кВт}$.

Перевіримо яку насправді потужність будуть генерувати панелі із врахуванням всіх умов.

Зазвичай вибір панелей відбувається із врахуванням необхідної ємності акумулятора, який у свою чергу має забезпечити живлення резервної групи.

У нашому випадку потрібна ємність складає $14 \text{ кВт}\cdot\text{год}$.

Врахуємо коефіцієнт розряду АКБ:

$$C_{AKB(\text{розр})} = C_{AKB} \cdot DOD \quad (3.6)$$

C_{AKB} - розрахункова ємність АКБ - 14 кВт .

DOD для літєвих акумуляторів-0,9.

$$C_{AKB(\text{розр})} = 14 \cdot 0,9 = 12,6 \text{ кВт}\cdot\text{год} \quad (3.7)$$

Для сезонності генерації вводять також коефіцієнт генерації, який становить для літнього періоду 4,5; міжсезоння-2,5; зимового періоду-1. Обираємо коефіцієнт 1 так, як генерація в зимовий період є найнижчою.

$$P_{n.PV} = 12,6 \cdot 1 = 12,6 \text{ кВт} \quad (3.8)$$

Далі також варто врахувати ККД АКБ та АКБ контролера заряду. ККД АКБ складає 0,95, ККД контролера -0,96.

$$P_{n.PV} = C_{AKB} \cdot \eta_{AKB} \cdot \eta_{контролера} \quad (3.9)$$

$$P_{n.PV} = 12,6 / 0,95 \cdot 0,96 = 11,5 \text{ кВт}$$

Умова перевірки достатньої потужності встановлених фотомодулів:

$$P_{n.PV} < P_{PV} \quad (3.10)$$

$$11,5 < 22$$

Отже, встановлена потужність по фотомодулях перевищує потрібну потужність для зарядки акумуляторів. Тому решту згенерованої енергії буде споживатися самим об'єктом і віддаватися в мережу по «зеленому тарифі».

Вибір інверторів.

Враховуючи проаналізовані варіанти застосування інверторів для нашого випадку використаємо гібридний інвертор, який має змогу працювати від кількох джерел енергії. У нашому випадку ми розрахуємо потужність інвертора для покриття базових потреб об'єкту, а також можливість віддати потужності в мережу по «зеленому тарифу».

Отже, для того щоб розрахувати номінал потужності інвертора потрібно знати встановлену потужність фотомодулів. У нашому випадку встановлена потужність фотомодулів складає $P_{PV} = 22 \text{ кВт}$. Тому при виборі інвертора будемо відштовхуватися від цього значення.

До встановлення приймаємо 3 гібридних інвертора Victron Energy Multi Plus 48/8000/110-100. Технічні характеристики наведено в даташиті інвертора табл.3.2.

Таблиця 3.2.

MultiPlus-II 230 V	12/3000/120-32 24/3000/70-32 48/3000/35-32	24/5000/120-50 48/5000/70-50	48/8000/110 -100	48/10000/140-100
PowerControl и PowerAssist	Да			
Переключатель передачи	32 A	50 A	100 A	100 A
Максимальное входной перем.ток	32 A	50 A	100 A	100 A
ИНВЕРТОР				
Диапазон входного пост. напряжения	12 V - 9,5-17 V	24 V - 19-33 V	48 V - 38-66 V	
Выход	Выходное напряжение: 230 В AC ± 2 % Частота: 50 Гц ± 0,1% [1]			
Долговрем. выходная мощность при 25°C	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA
Долговрем. выходная мощность при 25°C	2400 W	4000 W	6400 W	8000 W
Долговрем. выходная мощность при 40°C	2200 W	3700 W	5500 W	7000 W
Долговрем. выходная мощность при 65°C	1700 W	3000 W	4000 W	6000 W
Макс. чистая входная мощность	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA
Пиковая мощность	5500 W	9000 W	15000 W	18000 W
Максимальная эффективность	93 % / 94 % / 95 %	96 %	95 %	96 %
Мощность без нагрузки	13 / 13 / 11 W	18 W	29 W	38 W
Мощность без нагрузки в режиме AES	9 / 9 / 7 W	12 W	19 W	27 W
Мощность без нагрузки в режиме поиска	3 / 3 / 2 W	2 W	3 W	4 W

Розрахуємо коефіцієнт перевантаження для інверторів:

$$k_{перв.} = \frac{P_{нвс}}{P_{maxIC}} \cdot 100\%$$

(3.11)

Встановлена потужність трьох інверторів буде становити:

$$P_{зінв} = 3 \cdot 6400 = 19\,200 = 19,2 \text{ кВт}$$

6400 Вт- дані даних вибраних інверторів.

Встановлена потужність масиву фотомодулів становить $P_{pv} = 22 \text{ кВт}$

Звідси

$$k_{перв.} = \frac{22}{19,2} = 14,5\%$$

Перевантаження інвертора в дозволеному проміжку.

Вибір контролерів.

Контролер заряду акумуляторних батарей потрібний для стеження і контролю заряду і розряду АКБ. Для нашої гібридної сонячної станції оберемо контролер по таких параметрах: максимальної потужності по фотомодулях,

максимальною напругою холостого ходу та максимального струму короткого замикання.

Виходячи з загальної потужності встановлених фотомодулів та потужності встановлених АКБ виберемо контролер, який буде забезпечувати контроль за зарядом і розрядом АКБ. Встановлена потужність АКБ становить

$$C_{\text{АКБ(кВт·год)}} = 14 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Контролер варто обирати тієї ж компанії що й інвертор. Тому обираємо контролер Victron Energy Smart Solar.

Проаналізувавши запропоновані варіанти з лінійки Smart Solar, перевіримо контролери Smart Solar 150/100 та два контролери Smart Solar 150/85. Характеристики наведені в даташиті табл. 3.3. Отже потужність контролера Smart Solar 150/100 оберемо 5800 Вт, а для контролерів Smart Solar 150/85 по 4900 Вт. Сумарна набрана потужність по контролерах буде становити:

$$P_{\text{контролера}} = 5800 + 4900 + 4900 = 15,6 \text{ кВт}$$

Потужність по контролерах дещо перевищує потрібну потужність по встановлених АКБ. Тобто різниця 1,6 кВт буде «обрізатись». Проте такі рішення обґрунтовано перспективою навантаження та можливістю розширення ємності АКБ.

Розрахуємо кількість фотомодулів, які будуть приєднані до контролерів.

Для 1 контролеру Smart Solar 150/100 ($P=5800$ Вт):

Кількість послідовно з'єднаних панелей розрахуємо з формули:

$$n_{\text{посл}} = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{xxPV}} \cdot k_t} = \frac{150}{49,6 \cdot 1,12} = 2,7 \text{ шт} \quad (3.12)$$

де U_{max} - максимальна напруга контролера;

U_{xxPV} - напруга розімкнутого кола фотомодуля АВ550-72МНС при STC;

k_t - температурний коефіцієнт для обраної панелі 1,12.

Кількість паралельно з'єднаних стрінгів розрахуємо з формули:

$$n_{\text{посл}} = \frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{кзPV}}} = \frac{70}{14,4} = 4,86 \text{ шт} \quad (3.13)$$

Де I_{max} - максимальний струм контролера, А,

$I_{\text{кзPV}}$ - струм короткого замикання для фотомодуля, А.

Обраємо 5 паралельних стрінгів з'єднаних із 2 панелей. Разом отримуємо масив із 10 фотомодулів.

Розрахуємо кількість фотомодулів, які будуть прислані до контролерів. Для 2 контролеру Smart Solar 150/85 (P=4900 Вт):

Кількість послідовно з'єднаних панелей розрахуємо з формули:

$$n_{\text{посл}} = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{xxPV}} \cdot k_t} = \frac{150}{49,6 \cdot 1,12} = 2,7 \text{ шт} \quad (3.14)$$

Де U_{max} - максимальна напруга контролера;

U_{xxPV} - напруга розімкнутого кола фотомодуля AB550-72MHC при STC;

k_t - температурний коефіцієнт для обраної панелі 1,12.

Кількість паралельно з'єднаних стрінгів розрахуємо з формули:

$$n_{\text{пар}} = \frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{кзPV}}} = \frac{70}{14,4} = 4,86 \text{ шт}$$

Де I_{max} - максимальний струм контролера, А;

$I_{\text{кзPV}}$ - струм короткого замикання для фотомодуля, А.

Обираємо 4 паралельних стрінгів з'єднаних із 2 панелей. Разом отримуємо масив із 8 фотомодулів. Аналогічні рішення будуть і для 3 контролера.

Сумарна кількість фотомодулів необхідних для забезпечення заряду АКБ складає 26 шт., при цьому буде генеруватися 14,3 кВтг потужності.

Таблиця 3.3

НУБІП України

Контролер заряду SmartSolar з інтерфейсом VE.Can	150/70 VE.Can	150/95 VE.Can	150/100 VE.Can (Також доступні без Bluetooth)
Напряження батареї	12/24/48 В автовибіо (36 В: опціональн.)		
Назвначальний ток заряду:	70 А	85 А	100 А
Назвначальна потужність PV, 12 В 1a,b)	1000 Вт	1200 Вт	1450 Вт
Назвначальна потужність PV, 24 В 1a,b)	2000 Вт	2400 Вт	2900 Вт
Назвначальна потужність PV, 36 В 1a,b)	3000 Вт	3600 Вт	4350 Вт
Назвначальна потужність PV, 48 В 1a,b)	4000 Вт	4900 Вт	5800 Вт
Макс. ток короткого замикання PV 2)	50 А (макс. 30 А на MCA підпорт.)	70 А (макс. 30 А на MCA підпорт.)	
Максимальне напруження спорою PV дроти	150 В абсолютний максимум в самих холодних умовах 145 В максимум при запуску і при роботі		
Максимальна ефективність	98 %		
Автоматичне споживання	Нижче 35 мА @ 12 В / 20 мА @ 48 В		
Напруження «абсорбційного» заряду	Налаштування по умовчанням 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 В (Регулюється поворотним перемикачем, з допомогою екрана, VEDirect или Bluetooth)		
Напруження «плаваючого» заряду	Налаштування по умовчанням 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 В (Регулюється поворотним перемикачем, з допомогою екрана, VEDirect или Bluetooth)		
Напруження «рівномірного» заряду	Налаштування по умовчанням 16,2 В / 32,4 В / 48,6 В / 64,8 В (регулюється)		
Алгоритм заряду	Многостадійний адаптивний (восьмь предварительно запрограммированных алгоритмов) или пользовательский		
Температурна компенсація	-16 мВ / -32 мВ / -64 мВ / °С		
Захист	Обратная полярность PV / Короткое замыкание на выходе / Перегрев.		
Робочий температурний діапазон	-30 °С до +60 °С (побіль потужність до 40 °С)		
Відносительна вологість	95 %, без конденсації		
Максимальна висота	5000 м (повна номінальна потужність до 2000 м)		
Окружальні умови	Внутрішній, без конденсації		
Рівень захисту	IP23		
Передача даних	VE.Can, VEDirect и Bluetooth		
Внешній акумулятор	Да (2-полюсний коннектор)		
Програмовуємо режим	DPST АС режим: 240 В АС / 4 А DC режим: 4 А до 35 В DC, 1 А до 90 В DC		
Паралельна робота	Да, паралельна синхронізована робота з VE.Can (макс. 25 пристроїв) или Bluetooth (макс. 10 пристроїв)		
КОРТИС			
Цвіт			Синій (RAL 5012)
PV контакти 3)	35 мм ² / AWG2 (7x моделі), Два пари MCA' соединенний (MCA моделі)	35 мм ² / AWG2 (7x моделі), Три пари MCA' соединенний (MCA моделі)	
Клемми батарей	35 мм ² / AWG2		
Категорія захисту	IP43 (електронні компоненти) IP22 (зона підключення)		
Вага	3 кг	4,5 кг	
Розміри (в x ш x в) в мм	7x моделі: 185 x 250 x 95 MCA моделі: 215 x 250 x 95	7x моделі: 216 x 295 x 103 MCA моделі: 246 x 295 x 103	
СТАНДАРТИ			
Безпека	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2		
1a) При підключенні PV електропідстанції з більшою потужністю контролер автоматично вимкне вихідну потужність. 1b) Напруження PV повинно перевищити значення Vbat + 5 В, чтобы контролер начал работать. Затем минимальное напруження PV составляет Vbat + 1 В. 2) PV с более высоким током КЗ может повредить контролер. 3) MCA' моделі: несколько слоттерных пар может потребоваться для запрограммированных режимов соединенных панелей. Максимальный ток через разъем MCA: 30 А (разъемы MCA' подключены параллельно к одному MPPT-треккеру).			

Вибір генератора для гібридної станції

Вибір генератора для автономної роботи буде досить простим.

Передбачимо, що він буде працювати автономно і жити резервну групу струмоприймачів домогосподарства. Раніше було розраховано, що це число складає 1,79 кВт. Отже завдання полягає у виборі генератора потужність якого буде покривати потреби потужності струмоприймачів резервної групи. Тому умова вибору буде такою:

$$P_{ген} > P_{статс} \quad (3.15)$$

З огляду на особливості роботи СЕС із генератором і можливість його підключення до гібридного інвертора. Умови які повинен поєднувати генератор:

НУБІП України

- ДВЗ чотирьохтактний бензинового виконання;
- інверторного типу;
- однофазний;
- великий паливний бак;
- автоматичний пуск.

Таким вимогам відповідає генератор Karcher 3 кВт PGG 3/1. Компанія характеризується надійним обладнанням, а обраний генератор відповідає усім переліченим вимогам. Технічні характеристики генератора наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4.

Технічні характеристики		PGG 3/1 50 Hz	PGG 3/1 60 Hz	PGG 6/1	PGG 8/3
Генератор					
Максимальна ефективна потужність за тривалої роботи	kW	2,8	2,8	5,0	7,0
Максимальна потужність за короточасної роботи	kW	3,0	3,0	5,5	7,5
Споживання		1	1	1	1
Напруга мережі	V	230 (2x)	230 (2x)	230 (3x)	230 (2x), 400 (1x)
Фаза	-	1	1	1	1/3
Частота	Hz	50	60	50	60
Ступінь захисту		IP23M	IP23M	IP23M	IP23M
Клас захисту		B	B	B	B
Власть наванчання		G1	G1	G1	G1
Вихід постійного струму					
Напруга	V	12	12	12	12
Струм	A	6	6	6	6
Двигун зовнішнього з'єднання					
Тип двигуна		одноциліндровий	одноциліндровий	одноциліндровий	одноциліндровий
Тип		4-тактний	4-тактний	4-тактний	4-тактний
Тип регулювання		з повітряним заслінкою	з повітряним заслінкою	з повітряним заслінкою	з повітряним заслінкою
Об'єм	л	208	208	389	439
Потужність двигуна	kW/PS	4,0/5,4	4,0/5,4	8,5/11,6	9,0/12,2
Вид пального		бензин, мін. 86 октан	бензин, мін. 86 октан	бензин, мін. 86 октан	бензин, мін. 86 октан
Місткість паливного бака	л	15	15	25	25
Час роботи на повному баку, потужність 100%	h	6,5	6,5	6,5	5,5
Час роботи на повному баку, потужність 50%	h	12	12	10	7
Кількість матеріалу оливи	л	0,8	0,8	1,1	1,1
Розміри та вага					
Ширина	mm	622	622	713	713
Висота	mm	559	559	670	670
Вага без пальною	kg	52	52	85	90
Регулювання рівняння з'єдн. з EN 60335-2-79					
Рівень звукового тиску L _{WA}	dB(A)	74	74	75	76
Помилка K _{WA}	dB(A)	1	1	1	1
Рівень звукової потужності L _{WA} + помилка K _{WA}	dB(A)	74	74	76	76
CE, маркування відповідно до процедури стандартизації згідно з регламентом ЄС 2016/1628 Євро V		PGG 3/1 50 Hz	PGG 3/1 60 Hz	PGG 6/1	PGG 8/3
Двигун	q/m³h	700	700	678	678

Перевіримо умову вибору генератора, де $P_{сеп} = 2,8 \text{ кВт}$, $P_{стос} = 1,79 \text{ кВт}$:

$$2,8 > 1,79$$

Отже, умова виконується генератор вибрано правильно.

НУБІП України

НУБІП України



Рис. 3.1 Загальний вигляд генератора Karcher 3 кВт PGG 3/1.

Вибір системи кріплення.

Враховуючи особливості розміщення фотомодулів для нашої СЕС виберемо стандартизовані системи кріплення. Задля простого монтажу і облегшення маси і габаритів конструкції оберемо комплекти кріплень String Setter. Це алюмінієві конструкції, які характеризуються високою міцністю, довговічністю та ремонтпридатністю. Підходять для кріплення сонячних батарей на усіх типах скатів і мають стійкість проти зовнішніх та негативних впливів.

Для нашого випадку оберемо комплекти кріплень String Setter 4xSS03, 5xSS02, 2xSS09.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4. ЗАХИСТ І ДОДАТКОВІ КОМПОНЕНТИ.

4.1. Захист СЕС по постійному та змінному струмі.

Виберемо для початку захист по змінному струмі, захист який буде захищати інвертор. Для захисту використаємо автоматичний вимикач, який буде встановлюватися у ВРП об'єкту. Задаємо основні параметри, які потрібні для вибору автоматичного вимикача:

$$U_{inv} = 380 \text{ В}$$
$$P_{inv} = 19,20 \text{ кВт}$$

$$\cos \varphi = 1$$

Розрахуємо розрахунковий струм навантаження на ввіді ВРП:

$$I_{р.н} = \frac{P_{inv}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{19,20}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 1} = 29,53 \text{ А}$$

Приймаємо до встановлення автоматичний вимикач Schneider-Electric 3P 32A RESI9.

Захист по постійному струмі зі сторони фотомодулів оберемо такий, щоб спрацьовував при зовнішніх і внутрішніх перенапругах, а також міг захистити фотомодулі від надструмів. Тому виберемо пристрій захисту від імпульсних перенапруг (ПЗНП) Schneider Electric Easy9 3P 20 кА. А також запобіжники з $I_{пл.ест.} = 250 \text{ А}$ та $I_{пл.ест.} = 200 \text{ А}$.

Для захисту від надструмів по стороні фотомодулів, використаємо запобіжники.

Умова вибору запобіжників:

$$I_{розр.РV} < I_{пл.ест.}$$

Мною було запроєктовано 14 шт. фотомодулів, які будуть працювати суто генерацію потужності для власних потреб та власне споживання, тому розподілимо 14 шт. фотомодулів на три стрінги: п'ять+п'ять+чотири фотомодулі.

Відтак для стрінгів з п'ятьма фотомодулями:

НУБІП Україна

$I_{розр.PV} = n \cdot U_{PV} = 5 \cdot 49,6 = 247,5 \text{ A}$
 $247,5 < 250$

НУБІП України

Для стрінгу із чотирьох фотомодулів:

$$I_{розр.PV} = n \cdot U_{PV} = 4 \cdot 49,6 = 197,7 \text{ A}$$
$$197,7 < 200$$

Отже, умови виконуються запобіжники вибрано правильно.

Захист на постійному струмі зі сторони АКБ. Захист виконаємо теж проти надструмів, тому використаємо знову запобіжники.

НУБІП України

Умова вибору запобіжників:

$$I_{розр.АКБ} < I_{пл.вст.}$$

Визначимо розрахунковий струм створений однією АКБ;

$I_{розр.АКБ} = \frac{P_{АКБ}}{U_{АКБ}} = \frac{3200}{48} = 66,6 \text{ A}$

НУБІП України

Обираємо запобіжник із $I_{пл.вст.} = 80 \text{ A}$.

Перевіримо умову вибору:

$$66,6 < 80$$

Запобіжники вибрано правильно.

Облік і панель віддаленого керування.

НУБІП України

Облік за генерацією потужності сонячною станцією, споживання потужності об'єктом, а також генерація по «зеленому тарифі» можна відстежувати за допомогою системи моніторингу вбудованої в гібридному інверторі.

Проте необхідним приладом для реєстрації споживання і генерації енергії об'єкту є лічильник, який встановлюється на ввіді об'єкту. У нашому випадку треба встановити двонаправлений лічильник електричної енергії.

НУБІП України

НУБІП України

НУБ



їни

НУБ

їни

Рис. 4.2 Двохнаправлений лічильник для зеленого тарифу GAMA 300 G3B

Цей багатотарифний лічильник, використовується в трифазних трьохпровідних і чотирипровідних мережах змінного струму. Лічильник вимірює активну і реактивну енергію по модулю, максимуми потужності, 2 незалежних інтерфейси

Технічні параметри лічильника наведені в табл.4.1.

Таблиця 4.1.

Клас точності:	
активна енергія	1.0 (ДСТУ EN 62053-21:015), B (ДСТУ EN 50470-3:2010) 0.5 S (ДСТУ EN 62053-22:2015), C (ДСТУ EN 50470-3:2010)
реактивна енергія	2.0 (ДСТУ EN 62053-23:2015)
Номинальна напруга Un, В:	
4-х дротове підключення	3x57,7/100; 3x220/380; 3x230/400
універсальне підключення	3x57,7/100 ... 240/400
3-х дротове підключення	3x100; 3x110; 3x220; 3x230

НУБіП України

Номінальний (максимальний) струм, А:	
пряме включення	5(60); 5(80); 5(100); 5(120); 10(100)
трансформаторне включення	1(6); 5(10)
Поріг чутливості:	
пряме включення	0,4%In (клас 1,0)
трансформаторне включення	0,2%In (клас 1.0) 0,1%In (клас 0.5 S)
Номінальна частота, Гц	50
Споживана потужність, ВА	
в ланцюгах напруги	не більше 1 (не більше 0,5 Вт) не більше 2,3 (не більше 0,8 Вт) з додатковим пристроєм зв'язку
в колах струму	не більше 0,5 (трансформаторне включення) не більше 0,05 (пряме включення)

Для зручності керування і спостереження гібридною сонячною станцією варто установити також панель дистанційного керування. Так як СЕС будується на базі обладнання компанії Victron Energy, то панель дистанційного керування виберемо теж тієї ж компанії.

НУБІП України Таблиця 4.1.

t
r
o

НУБІП України Energy пропонує панель дистанційного керування Setbo GX характеристики наведені в табл.4.1.

НУБІП України

Cerbo GX	
Supply voltage	8 – 70V DC
Mounting	Wall or DIN rail (35mm ²)
Communication ports	
VE Direct ports (always isolated)	3 ¹
VE Bus (always isolated)	2 paralleled RJ45 sockets
VE Can	yes - non Isolated
Other	
Outer dimensions (h x w x dl)	78 x 154 x 48 mm
Operating temperature range	-30 to +50°C
Standards	
Safety	tdb
EMC	tdb
Automotive	tdb
GX Touch 50 / GX Touch 70	
Mounting	With included mounting accessories
Display Resolution	GX Touch 50: 800 x 480 GX Touch 70: 1024 x 600
Other	
Outer dimensions (h x w x dl)	GX Touch 50: 67 x 128 x 12.4 mm GX Touch 70: 113 x 176 x 13.5 mm
Cable length	2 meter
Notes	
<ol style="list-style-type: none"> For more detailed information about the Cerbo GX and the GX Touch, please visit the Victron GX product range page at Victron live: www.victronenergy.com/live/venus-os:start DIN rail mounting requires additional accessory - DIN35 Adapter. The listed maximum on the "Performance" section in above table is the total connected VEDirect devices such as MPPT Solar Charge controllers. Total means all directly connected devices plus the devices connected over USB. The limit is mostly bound by CPU processing power. Note that there is also a limit to the other type of devices of which often multiple are connected: PV Inverters. Up to three or four three phase Inverters can typically be monitored on a CCGX. Higher power CPU devices can monitor more. 	

НУБ

НИ

НУБ

НИ

НУБ

НИ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СЕС У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ PVSYSYТ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ Моделювання роботи СЕС у програмному середовищі PVSyst

Для того, щоб пересвідчитися у правильності розрахунків та доцільності будівництва СЕС змодельємо роботу стації у програмному середовищі PVSyst.

Програма надає можливості розрахунку параметрів фотомодулів та інверторів із бібліотеками обладнання сучасних виробників.

Програма виконує розрахунок із прив'язкою до орієнтації та особливостей розташування станцій, тому враховує рівні інсоляції земної кулі і надає метеодані для будь-якої точки світу для правильного розрахунку генерації електричної енергії. Технічно надає можливості введення параметрів фотомодулів, розрахунку їх кількості, потужності вихідної потужності та струму, враховує кількість стріпів та кількості фотомодулів в них. Враховує усі особливості інверторів, втрати на перетворення енергії віддачу енергії в залежності від генерації та із врахуванням коефіцієнту перевантаження інвертора. Прогнозує переміщення сонця протягом дня, тим самим визначає зони затінення масивів фотомодулів, що дозволяє врахувати при розміщенні фотомодулів. Видає помилки при неправильному налаштуванні системи чи введенні параметрів.

У нашому випадку при потужності масиву фотомодулів $P_{PV} = 22 \text{ кВт}$ у залежності від пори року та місяця СЕС може згенерувати таку кількість енергії як наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEH kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	28.2	17.52	-3.70	38.6	36.7	0.812	0.793	0.933
February	44.3	27.08	-2.69	55.9	53.6	1.183	1.160	0.943
March	89.2	48.22	2.10	105.4	101.5	2.199	2.162	0.933
April	125.1	61.25	8.87	136.3	131.8	2.748	2.702	0.901
May	159.2	84.08	14.81	164.7	159.1	3.232	3.178	0.877
June	166.4	84.67	17.65	169.4	164.1	3.289	3.235	0.868
July	175.0	74.06	20.52	179.5	173.9	3.434	3.376	0.855
August	151.9	68.52	19.65	164.7	159.3	3.169	3.117	0.860
September	103.1	50.84	13.28	118.6	114.4	2.358	2.318	0.888
October	67.0	34.94	7.96	82.0	78.9	1.664	1.633	0.905
November	30.9	19.92	3.21	41.3	39.2	0.849	0.830	0.912
December	21.6	13.34	-2.27	30.9	28.9	0.636	0.619	0.911
Year	1161.8	584.43	8.34	1287.4	1241.3	25.571	25.122	0.887

Таблиця 5.1 є результатом моделювання роботи СЕС у програмі PV Syst.

Колонка E_Grid показує можливу кількість згенерованої енергії при заданих попередньо параметрах із врахуванням втрат на перетворення енергії в фотомодулях та інверторах. З таблиці чітко видно, що найпродуктивнішими місяцями для генерації електричної енергії є місяці літнього періоду року.

Сумарно запроєктована станція може згенерувати близько 25 МВт електричної енергії за рік.

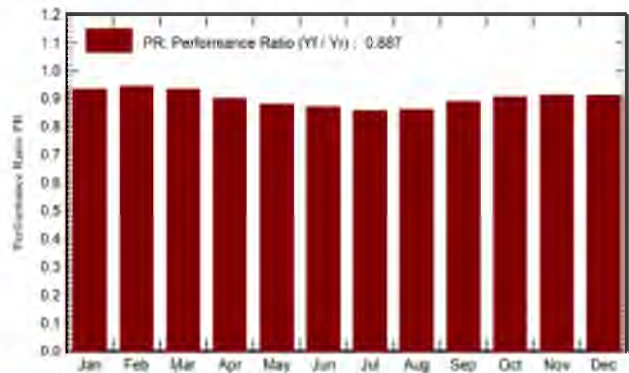
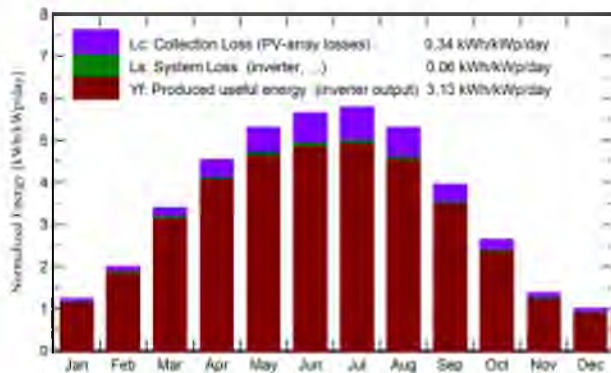


Рис. 5.1. Згенерована активна енергія (а) та ККД (б) СЕС

Рисунок 5.1 показує згенеровану активну електричну енергію СЕС та її ККД. На графіку а враховано також втрати на в інверторах (зелений колір) та втрати у фотомодулях (фіолетовий колір). Цікавою є залежність втрат від кількості згенерованої енергії: чим більше енергії згенеровано-тим більші втрати

на перетворення у фотомодулях та інверторах. Відповідно ККД такої системи буде різко залежати від цих показників.

Програма показала, що ККД такої системи становить близько $\eta = 88 \%$ і знову ж таки коефіцієнт залежить від кількості згенерованої енергії. Із графіку б рис. 5.1 чітко видно, у зимовий період, коли генерація має найнижчі показники за рік, ККД СЕС сягає показника $\eta = 94 \%$ у літній період $\eta = 84 \%$.

Техніко-економічне обґрунтування.

Пріоритетно гібридні СЕС налаштовані в першу чергу забезпечити електроенергією власника такої станції, а вже потім різницю, між згенерованою і спожитою енергією, віддати в мережу. Тому економічний розрахунок такої станції будемо проводити відштовхуючись із середнього споживання е/е домогосподарством.

Використавши вихідні дані із розділу 2 цієї роботи розрахуємо наближене значення споживання домогосподарством електричної енергії для кожного місяця протягом року. Отже приблизне споживання об'єкту за день складає близько 22 кВт·год. Визначимо помісячне споживання врахувавши кількість днів у кожному місяці і заносимо в табл. 5.1.

Відповідно до помісячної генерації розрахуємо кількість енергії відпущеної в мережу за формулою.

$$P_{\text{відп}} = P_{\text{зген}} - P_{\text{спож}}, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (5.1.)$$

де, $P_{\text{зген}}$ -кількість згенерованої потужності СЕС;

$P_{\text{спож}}$ -кількість спожитої енергії об'єктом,

На виконання вимог чинного законодавства (16 липня поточного року набув чинності Закон України "Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії" № 514) Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, встановила

"зелені" тарифи на електричну енергію, вироблену з енергії сонячного випромінювання та/або вітру генеруючими установками приватних домогосподарств, величина встановленої потужності яких не перевищує 30 кВт.

У разі виробництва електричної енергії з енергії сонячного випромінювання для приватних домогосподарств, договір про купівлю-продаж електричної енергії яких укладено з 01 січня 2020 року - 16,3 євроцента/кВт·год [8]

Підраховавши кількість відпущеної енергії в мережу по «зеленому» тарифу визначимо її вартість помісячно і разом за рік.

Згідно отриманих даних видно, що запроєктована станція разом із тим, що забезпечить потреби домогосподарства зможе щороку приносити додатковий дохід табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Місяць	Кількість днів	Споживання за день, кВт·год	Споживання за місяць, кВт·год	Приблизне значення генерації e/e, кВт·год	Різниця потужності	Ціна за кВт·год згідно "зеленого тарифу" грн/кВт·год	Відпущено e/є за місяць, \$
січень	31	22,2	688,2	793	104,8	0,16	16,768
лютий	28	22,2	621,6	1160	538,4	0,16	86,144
березень	31	22,2	688,2	2162	1473,8	0,16	235,808
Квітень	30	22,2	666	2702	2036	0,16	325,76
Травень	31	22,2	688,2	3178	2489,8	0,16	398,368
Червень	30	22,2	666	3235	2569	0,16	411,04
Липень	31	22,2	688,2	3376	2687,8	0,16	430,048
Серпень	31	22,2	688,2	3117	2428,8	0,16	388,608
Вересень	30	22,2	666	2318	1652	0,16	264,32
Жовтень	31	22,2	688,2	1633	944,8	0,16	151,168
Листопад	30	22,2	666	830	164	0,16	26,24

Грудень	31	688,2	619	-69,2	0,16	-11,072
РАЗОМ за рік		8103	25123			2723,2

Щоб визначити термін окупності СЕС розрахуємо вартість обладнання та матеріалів для її спорудження, дані заносимо в табл.5.3.

Таблиця 5.3.

Назва обладнання	Кількість	Орієнтовна вартість, \$	Загальна вартість
Сонячні панелі ABSolar A	40		
Інвертор Victron Energy Multi Plus 48/8000/110-100			
Акумуляторні батареї PylonTech			000
Генератор Karcher 3 кВт PGG 3/1			
Контролер заряду			
Панель віддаленого керування Cerbo			
Автоматичний вимикач Schneider Electric 3р 32 А RESI9	1		
ПЗП Schneider	1		
Запобіжники 250 А			
Запобіжники 200 А			
Запобіжники 80 А			

Лічильник е/е двонаправлений			
Кабельно- провідникова продукція			
Система кріплення		300	900
РАЗОМ			

Загальна вартість обладнання для СЕС становить близько 28 970 \$.

Розрахуємо термін окупності станції врахувавши загальну вартість обладнання та вартість відпущеної енергії по «зеленому тарифу»:

$$t_{\text{окуп}} = \frac{K_{\text{обл}}}{P_{\text{він}}} = \frac{28\,870}{2723} = 10,6 \text{ років}$$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПРАВИЛА БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

5.1. Безпека праці та правила обслуговування електроустановок.

Електробезпека - це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики [7].

Відповідно до статті 11 Закону України «Про альтернативні джерела енергії» [8] експлуатація альтернативних джерел енергії проводиться за умов:

1. безпечного проведення робіт, здійснення державного нагляду за режимами споживання енергії;
2. енергетичної безпеки, що гарантує технічне та економічне задоволення періодичних, поточних і перспективних потреб споживачів енергії;
3. виконання технологічних вимог щодо виробництва, акумулювання, передачі, постачання та споживання енергії;
4. додержання єдиних державних норм, правил і стандартів усіма суб'єктами відносин;
5. додержання правил експлуатації об'єктів альтернативної енергетики, що регламентуються нормативно-правовими актами, обов'язковими для виконання всіма суб'єктами підприємницької діяльності.

Відповідно до статті 12 Закону України «Про альтернативні джерела енергії» протиаварійний захист та забезпечення екологічної безпеки при використанні альтернативних джерел енергії здійснюються шляхом

1. запобігання аварійним ситуаціям і ліквідації їх наслідків на об'єктах альтернативної енергетики за рахунок додержання вимог та правил, встановлених відповідно до державних стандартів;

2. створення умов для розвитку, підвищення технічного рівня, безпечної експлуатації та охорони об'єктів альтернативної енергетики згідно із законодавством;

3. підтримки необхідного балансу потужності та якості енергії, виробленої з альтернативних джерел, для забезпечення надійного і безаварійного функціонування з об'єднаною енергетичною системою України;

4. здійснення нагляду за впровадженням нових систем протиаварійної автоматики та захисту об'єктів альтернативної енергетики, а також засобів зв'язку і диспетчерського (оперативно-технологічного) управління з енергетичними мережами України;

5. здійснення нагляду за експлуатацією систем протиаварійної автоматики та захисту об'єктів альтернативної енергетики від несанкціонованого втручання.

Для забезпечення охорони праці пожежної безпеки, проектом передбачається:

- застосування технічно-справного обладнання;
- розміщення обладнання та електроустановок, що забезпечує вільне обслуговування;
- улаштування надійного заземлення з нормованою величиною опорів;
- застосування при будівництві будівельних машин і механізмів, у конструкціях яких закладено принципи охорони праці;

Державний нагляд у сфері альтернативних джерел енергії здійснює спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади у відповідній сфері та інші органи у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України [7].

НУБІП України

Оскільки сонячна станція вимагає використання апаратів перетворення та контролю енергії, то задля безпеки обслуговуючого персоналу корпуси таких апаратів мають бути заземленими та ізольованими шаром діелектрика для захисту від випадкових доторкань. Дещо відмінність мають акумуляторні батареї

Для захисту обслуговуючого персоналу розрізняють основні та додаткові ізолюючі електрозахисні засоби. Основними ізолюючими засобами називають такі, ізоляція яких витримує протягом тривалого часу робочу напругу електроустановок до 1000В. До них відносять: діелектричні рукавиці, ізолюючі штанги, інструмент із ізолюючими ручками, ізолюючі кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги.

Додаткові захисні засоби мають не такі ізолюючі властивості, тому їх використовують тільки для підсилення захисної дії основних ізолюючих засобів. До них відносять: діелектричні калоші, ізолювальні підставки, килимки-при напрузі до 1000 В.

Інколи можуть бути застосовані огорожувальні захисні засоби, щити, екрани, плакати, які призначені для захисту обслуговуючого персоналу: від випадкових доторкань чи наблизень на небезпечну відстань до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою.

Особливих вимог щодо безпечної експлуатації сонячної станції вимагають акумуляторні батареї. Відтак згідно з «Інструкцією з охорони праці при експлуатації стаціонарних свинцево - кислотних акумуляторних батарей»[9] вирізняють такі вимоги до обслуговуючого персоналу:

1. До робіт з монтажу та експлуатації акумуляторних установок електрозв'язку допускаються особи, які пройшли медичний огляд, навчання та перевірку знань з питань охорони праці з позитивним результатом, одержали відповідне посвідчення, ознайомлені з експлуатаційними інструкціями, технічними особливостями роботи з

аккумуляторами та мають кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче III.

2. До монтажу акумуляторів у батареї допускаються працівники, що пройшли спеціальний інструктаж з такелажних робіт, а також ознайомлені з правилами паяння свинцевих сплавів газовим паяльником.

3. Персонал, що обслуговує стаціонарні свинцеві акумуляторні батареї, повинен знати:

- заходи надання першої допомоги потерпілим;
- типову (або розроблену на підприємстві на підставі типової) інструкцію по охороні праці при обслуговуванні стаціонарних свинцевих акумуляторних

батареї на підприємстві.

Огляд, обслуговування та ремонт сонячних станцій проводиться у час доби, коли станція перебуває у режимі мінімальної генерації енергії.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

Аналізуючи питання енергетичної безпеки з кожним разом пересвідчуємось, що надійне і якісне електропостачання є невід'ємною

складовою звичайного життя цивілізованої людини. Саме з огляду на актуальність проблеми, у кваліфікаційній магістерській роботі запропоновано один із варіантів автономного електроживлення приватного домогосподарства із

використанням відновлювальних джерел енергії. За основу взято сонячну електростанцію, тому було використано:

- фотомодулі компанії ABSolar одиничною потужністю кожної панелі

$$P_{1PV} = 550 \text{ Вт}$$

- гібридні інвертори компанії Victron Energy Multi Plus потужністю

$$P_{inv} = 6,4 \text{ кВт}$$

кількістю 3 шт. За допомогою функції об'єднання інверторів у трифазну систему, отримуємо трифазну систему потужністю

$$P_{AC} = 19,2 \text{ кВт}$$

- й
- контролери заряду АКБ для контрольованого заряду-розряду АКБ, що збільшить термін використання АКБ.
- Бензиновий генератор компанії Karcher 3 кВт PGG 3/1 інверторного типу з активною потужністю $P_{gen} = 2,8 \text{ кВт}$ кількіст. 1 шт.

Отже, вдень при сонячному випромінюванні станція генерує енергію для власного споживання та для заряджання АКБ. Пріоритетним є заряд АКБ, після

того як АКБ досягли рівня заряду 100% за що відповідають обрані контролери, вироблена е/е подається на власне споживання домогосподарством. У випадку, коли генерація е/е є більшою за поточне споживання, різниця енергії віддається

в мережу по «зеленому тарифу». Відтак, виходить, що уся згенерована енергія використовується. Інший варіант треба розглянути, коли погодні умови бажають

бути кращими і генерація від сонячних панелей відсутня. У цьому випадку

живлення резервної групи струмоприймачів буде здійснюватись від АКБ. Якщо АКБ вичерпали свій заряд, а живлення резервної групи треба забезпечити, власник такої СЕС може використати генератор.

Тобто таке рішення має забезпечити живлення резервної групи струмоприймачів, тих що працюють цілодобово, на цілий день. Гнучкість системи забезпечують гібридні інвертори, які дозволяють отримувати енергії постійного і змінного струму і перетворювати її до параметрів мережі із «чистою» синусоїдою. Задля контролю за роботою станції та її параметрами відповідає панель дистанційного керування, яка відображає всі параметри по генерації та споживанні е/е в реальному часів, а також записувати дані протягом часу.

Гібридна сонячна станція запроєктована із чотирьох джерелами живлення (фотомодулі, АКБ, централізована електромережа, бензиновий генератор), тому навіть при відсутності двох джерел живлення (що може бути дуже рідко), інші два зможуть забезпечити електроенергією домогосподарство протягом дня.

Розраховано також економічний фактор станції Відтак за підрахунками видно, що така система зможе окупити себе приблизно за 11 років експлуатації. Варто врахувати, що пріоритет роботи станції переважає у забезпеченні електроенергією найперше домогосподарство, а вже пізніше «залишки» електроенергії віддавати в мережу по «зеленому тарифу».

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВПРОВАДЖЕННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ
ВПЛИВУ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ» / - //

Електронний ресурс. – 2018.

ОЖЕМ'ЯКО В. П. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

[Електронний ресурс] / В. П. КОЖЕМ'ЯКО, О. Г. ДОМБРОВСЬКИЙ, В. Ф.
ЖЕРДЕЦЬКИЙ. – 2011

еретворювальна техніка в нетрадиційній та відновлювальній електроенергетиці :
навч. посібник / Ю. П. Колонтаєвський, Д. В. Тугай ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-
ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 67 с.

ослідження роботи фотоелектричного модуля [Текст]: Метод. вказівки до
виконання лабораторної роботи для студентів спеціальності «Теплоенергетика» /
Уклад В.В. Дубровська, В.І. Шкляр, В.В. Задвернюк – К.: НТУУ «КПІ», 2017. –

32 с.

етодическое пособие для проектирования «Расчет системы автономного
энергоснабжения с использованием фотоэлектрических преобразователей»,
составители: Бекиров Э.А., Воскресенская С.Н., Химич А.П. Симферополь:
НАНКС, 2010 г.

ИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ ЗАХИСТУ В МЕРЕЖАХ ДО 1000 В
Навчально - методичний посібник до практичних занять та самостійної роботи з
дисципліни “Електричні апарати” (для студентів 3 - 4 курсів денної та заочної

форм навчання спеціальності 6.090603 "Електротехнічні системи
електроспоживання"). Укл.: В.М.Буряк, Н.А. Дейнеко. Харків: ХНАДМГ, 2007. –
62 с.

ДСТУ 7237:2011. «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні
вимоги та номенклатура видів захисту»[Чинний від 2011-08-01], Київ, 2011.

НУБІП України

акон України «Про альтернативні джерела енергії», редакція від 16.07.2015

[Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/555-](http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/555-15-С1)

[15-С1.](#)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України