

Системи сонячних батарей

Сонячне світло та фотоелектричний ефект

Фотоелектричний ефект - це процес використання сонячного світла для виробництва електроенергії постійного струму безшумним, чистим та автономним способом. Обладнання, необхідне для виробництва цієї електроенергії, зазвичай називається "сонячною панеллю" і є модульним і вимагає мінімального технічного обслуговування. У поєднанні з їхньою довговічністю сонячні системи стають все більш популярними у віддалених районах або коли очікується, що стаціонарне підключення триватиме довго.

Сонячні панелі - це пристрої, здатні перетворювати світлове випромінювання в електрику за допомогою процесу захоплення фотонів і використання їх для збудження напівпровідників Р-типу та N-типу для переміщення вільних електронів. Сучасні фотоелектричні панелі, як правило, можуть перетворювати близько 15-20% енергії безпосередньо в електрику. Є панелі, які є більш ефективними, але вони дуже дорогі, легко пошкоджуються і, як правило, недоступні в місцях, де можуть працювати гуманітарні організації.

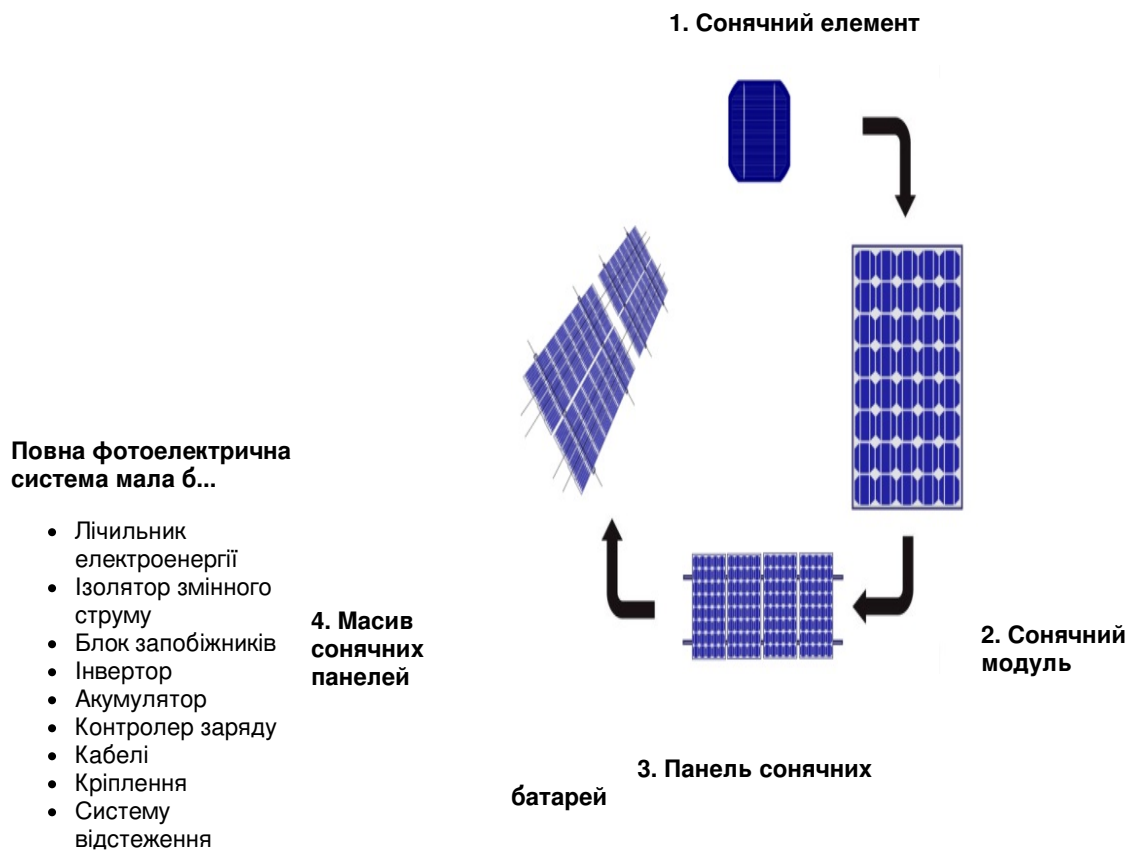
Світло потрапляє в пристрій через антибликове покриття, яке мінімізує втрату світла при відбитті. Потім пристрій ефективно захоплює світло, що потрапляє на сонячний елемент, сприяючи його передачі трьом шарам перетворення енергії нижче.

- Кремнієвий шар N-типу; Забезпечує додаткові електрони (негативні).
- З'єднувальний шар P-N. Шар поглинання, який становить ядро пристрою, що орієнтує електрони в одному напрямку.
- Кремнієвий шар P-типу; створює вільні електрони (позитивні).

Для виведення електричного струму на зовнішнє навантаження і назад в камеру потрібні два додаткових електричних контактних шари, які завершують електричну схему.

Більшість сонячних елементів мають площу кілька квадратних сантиметрів і захищені від навколишнього середовища тонким покриттям зі скла або прозорого пластику. Оскільки типовий сонячний елемент розміром 10 см × 10 см (4 дюйми × 4 дюйми) генерує лише близько двох Вт електричної потужності, елементи зазвичай об'єднуються послідовно для підвищення напруги або паралельно для збільшення струму. Сонячний або фотоелектричний (PV) модуль, як правило, складається з 36 або більше з'єднаних елементів, ламінованих склом в алюмінієвій рамці.

Один або кілька з цих фотоелектричних модулів можуть бути об'єднані та обрамлені разом, щоб утворити сонячну панель, а кілька панелей можуть бути об'єднані, щоб утворити сонячну батарею, разом забезпечуючи енергію як один блок.



Деградація сонячних елементів

Всі сонячні елементи - і, відповідно, сонячні панелі - з часом виходять з ладу. У той час як сонячні системи отримують енергію від сонця, сонце також повільно руйнує компоненти сонячних елементів. Більшість комерційно доступних сонячних панелей погіршуються в середньому на 2% за рік використання. Тривалість використання установки повинна враховуватися для цілей планування та бюджетування. Наприклад, сонячна батарея, встановлена під прямим сонячним світлом, що погіршується на 2% на рік, означає, що через 10 років панелі будуть приблизно лише на 80% ефективними, у порівнянні з часом встановлення. Менша ефективність означає меншу потужність масиву, що означає більш тривалі періоди часу для заряджання акумуляторів та менш оптимальний час заряджання протягом дня. Гуманітарні установи, які планують використовувати сонячні батареї довше 10 років в одному місці, можуть розглянути можливість складання бюджету для заміни панелей через 12-15 років, якщо загальний обсяг виробництва більше не відповідає потребам місця розташування.

Архітектура системи

Повна фотоелектрична система може складатися з одного сонячного модуля або багатьох, залежно від необхідної потужності. Хоча акумулятори можна використовувати як резервну копію будь-якого основного джерела живлення, сонячні системи потребують акумуляторної системи для зберігання виробленої енергії. Тому сонячна система завжди включає в себе певну форму акумуляторної системи, маленьку або велику. Ці акумулятори спеціально розроблені для подачі обмеженого струму протягом тривалого періоду часу.

Система живлення може розміщувати різні електричні навантаження, регулюючи напругу та/або струм, що надходить від сонячних батарей, що йдуть до акумулятора, щоб запобігти надмірному заряджанню. Більшість панелей «12 вольт» можуть видавати від 16 до 20 вольт в оптимальних умовах, тому, якщо немає регулювання, акумулятори можуть і будуть пошкоджені від перезарядки. Більшості акумуляторів потрібно від 14 до 14,5 вольт, щоб повністю зарядитися. Як і для будь-якої іншої електричної системи, необхідна належна оцінка та прокладка кабелів.

Система для перетворення сонячної енергії зазвичай складається з:

- Фотоелектричного модуля, сонячної панелі або масиву сонячних батарей, включаючи кілька типів кріплень.
- Системи акумуляторів.
- Сонячного регулятора.
- Прокладки кабелів та захисту.

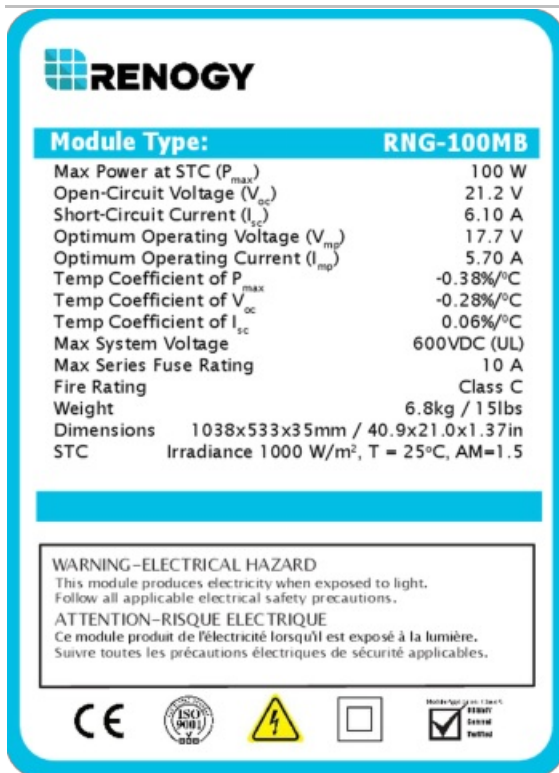
Сонячні системи можуть задовольнити практично будь-які конкретні потреби, оскільки вони є модульними за своєю природою. Це дозволяє підключати фотоелектричні модулі безпосередньо до багатьох пристроїв, таких як занурювальні насоси або автономні морозильні установки, або цілі панелі сонячних батарей здатні виробляти енергію для цілих офісів або майданчиків.

Сонячні модулі

Сонячні модулі мають номінальну потужність у Ваттах-пік, що представляється як номінальна пікова потужність (P_{max}), отримана шляхом множення пікової напруги потужності (V_{mp}) на її піковий струм потужності (I_{mp}):

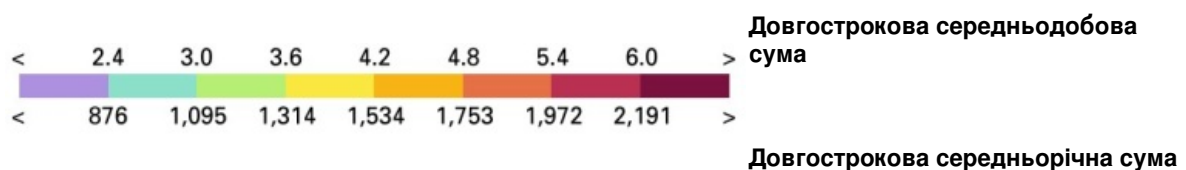
Сонячна панель потужністю 100 Вт-пік виробляє 100 Вт за стандартних умов випробування (STC). STC існують лише в лабораторіях, застосовуючи сонячне випромінювання до панелей 1000 Вт/м² з температурою елементів 25°C. У реальній установці фактичне виробництво електроенергії, як правило, набагато нижче, ніж пікова потужність, однак заходи залишаються корисними як якісний орієнтир для порівняння розмірів та потужностей, оскільки кожна панель оцінюється за однакових умов.

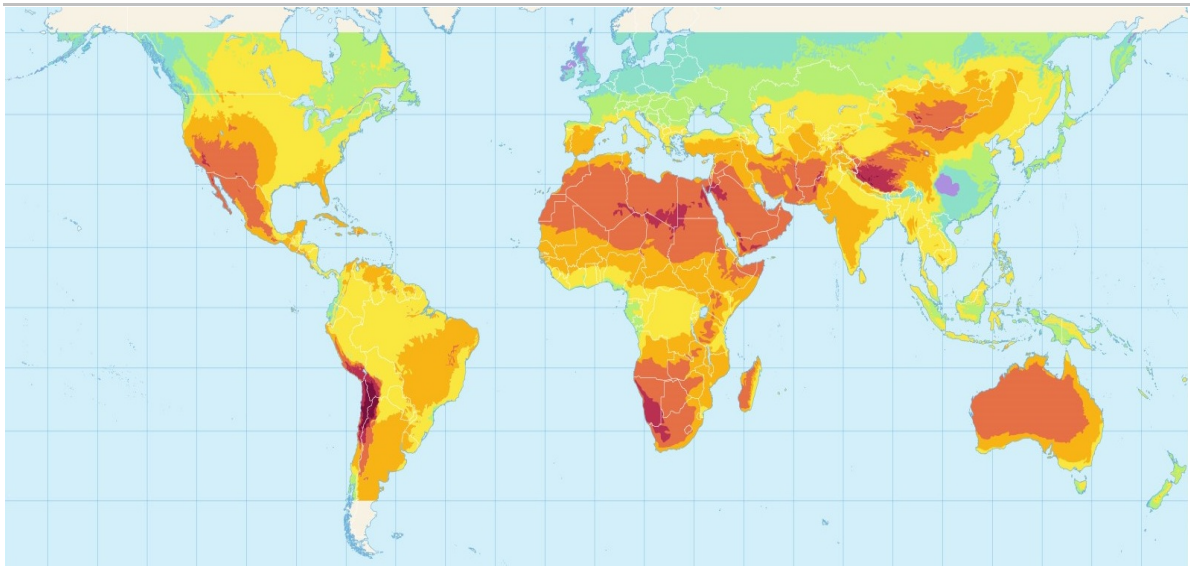
Приклад маркування, яке поставляється з панеллю сонячних батарей



Кількість електричної енергії, виробленої за один раз сонячним модулем, залежить головним чином від:

Щоденного опромінення: Кількість енергії, що забезпечується сонцем за один день, є найважливішим параметром. Ділянки, близькі до екватора, мають найкращу середню освітленість, однак це загальне правило може значно відрізнятись від одного місця до іншого та від одного сезону до іншого. Із середньою продуктивністю фотоелектричної системи, вираженою в кВт · год/м2/добу, можна ознайомитись у наведеній нижче діаграмі.





Тінь, помутніння та похмура погода: будь-яка перешкода, що блокує сонячне світло, зменшить виробництво енергії модулем. Крім того, якщо сонячна панель частково затінена, виробництво електроенергії може припинитися, оскільки затінені елементи будуть споживати енергію, вироблену рештою панелі. У деяких випадках явище, яке називається "нагрівання гарячої точки", виникає, коли затінені частини однієї панелі швидко нагріваються, коли вони споживають електроенергію з незатіненої частини, і можуть швидко зруйнувати панель. Цьому можна запобігти, використовуючи обхідні діоди, які зазвичай входять до складу фотоелектричних модулів, але настійно рекомендується перевірити цю функцію.

Орієнтація панелі: погано орієнтована панель - наприклад, звернена на північ в північній півкулі - буде виробляти набагато менше енергії, ніж вона розрахована, або навіть не буде виробляти взагалі.

Температура: Температура вище 25 °C також може зменшити кількість енергії, виробленої сонячною панеллю.

Тривалість світлового дня: Сонячні панелі виробляють більше електроенергії, коли вертикальні промені сонячного світла знаходяться ближче один до одного, забезпечуючи більше енергії на квадратний сантиметр. В результаті сонячні панелі вироблятимуть менше електроенергії, коли сонце знаходиться близько до горизонту, ніж тоді, коли сонце знаходиться прямо над головою. З практичної точки зору, сонячна панель поблизу екватора, яка перебуває на вулиці протягом 12 годин на добу, вироблятиме лише еквівалент 6 годин пікової електроенергії, і це лише за оптимальних умов. Зміна сезонів або погана погода призведе до ще більшого падіння виробництва.

В результаті вищезазначених факторів, фактичне виробництво електроенергії з сонячної системи може бути важко оцінити. Простий метод полягає в тому, щоб розрахувати розмір установки таким чином, щоб вона виробляла 30% добової потреби в енергії в найгірший місяць.

Монтажні панелі та масиви

З'єднання фотоелектричних модулів в сонячні панелі, а також сонячних панелей між собою для створення сонячних масивів можливе за допомогою стандартних з'єднувальних блоків типу MC3/MC4, які є водонепроникними і простими в підключенні. Як і батареї, масиви панелей повинні використовувати тільки сонячні модулі з однаковими характеристиками, однієї моделі і, наскільки це можливо, з однаковою історією.

Кріплення

Сонячні трекери - пристрої, які орієнтують панелі на сонце - складні, дорогі і не рекомендуються поза промисловим використанням та/або у високих широтах, де сонце значно рухається. Деякі

кріплення призначені для сезонного регулювання, що дає можливість вручну перемикається між двома положеннями протягом року, чого має бути більш ніж достатньо для більшості установок.

Існує, по суті, два типи кріплень для сонячних батарей: Наземні та дахові кріплення. Наземні сонячні панелі легше встановлювати та обслуговувати, ніж дахові системи. Системи, встановлені на даху, важко або неможливо відрегулювати, і вони можуть спричинити пошкодження конструкції через вагу та тиск вітру. Однак наземні кріплення мають свої проблеми: вони займають корисну площу, більш схильні до затінення і ризикують випадково пошкодитися автомобілями та людьми. Рішення про монтаж слід приймати залежно від місця розташування та наявної інфраструктури.

Акумуляторні системи

Сонячні акумулятори мають вирішальне значення для підтримки роботи сонячних систем. Без акумуляторної батареї електроенергія буде доступна лише в той час, коли сонячні панелі її виробляють. Оскільки панелі виробляють енергію лише вдень, а споживання може відбуватися в будь-який час, стабільний банк живлення необхідний для зберігання цієї енергії. Будь ласка, зверніться до [розділу про акумуляторні батареї](#) для отримання додаткової інформації.

Сонячний регулятор

Контролери зарядних пристроїв, широко відомі як сонячні регулятори - це електронні пристрої, призначені для управління струмом - як струмом, що заряджає батареї від панелей, так і струмом, що надходить від батарей до офісів/комплексів.

Сонячні регулятори контролюють заряд і розряд батарей, відключаючи панелі, коли батареї повністю заряджені, і припиняючи подачу живлення на навантаження, коли заряд батареї занадто низький. Ще однією важливою функцією сонячних регуляторів є оптимізація виробництва енергії з панелей шляхом перетворення вищої вихідної напруги, що надходить від панелей, на нижчу вхідну напругу, необхідну для батарей. Регулятор виконує функцію вузла установки, і від його правильної роботи залежить отримання максимальної вихідної потужності.

Існує два види сонячних регуляторів:

Відстеження точки максимальної потужності (MPPT):

	MPPT визначає вихідну напругу і струм сонячної панелі в режимі реального часу і безперервно відстежує максимальну потужність ($P=U \cdot I$), відповідно регулюючи вихідну напругу так, щоб система завжди могла заряджати батарею з максимальною потужністю. Цей тип відстеження потужності дозволяє краще виробляти електроенергію в умовах хмарності та різних температур. Хоча контролер заряду MPPT дорожчий, він дає більше енергії (і потенційно зменшує розмір фотомодуля) і подовжує термін служби підключених до нього акумуляторів. Деякі контролери навіть дозволяють підключатися до розумних пристроїв для дистанційного керування та моніторингу.
Спосіб заряду акумулятора	Багатоступенева MPPT
Коефіцієнт перетворення сонячної енергії в електричну	99%
Сила струму	30A-100A
Масштабованість/діапазон	>Велика енергосистема потужністю 2 кВт
Середня ціна	120 дол. США

Відстеження точки максимальної потужності (MPPT):

Переваги	- Алгоритм відстеження точки максимальної потужності збільшує коефіцієнт перетворення потужності до 99%. 4-х ступенева зарядка краща для акумуляторів. - Масштабується для великих автономних енергосистем. - Доступно для сонячних систем потужністю до 100 Ампер. - Доступно для сонячного входу до 200 В. - Пропонує гнучкість, коли потрібне збільшення системи. - Оснащено декількома пристроями захисту.
Недоліки	- Висока вартість, зазвичай вдвічі вища за ШІМ. - Більший розмір, ніж у ШІМ-регулятора.

:



ШІМ-контролери заряду можна вважати електричним перемикачем між сонячною панеллю і акумуляторними батареями, запрограмованим на пропускання в батарею тільки заздалегідь визначеного струму. Контролер повільно зменшує кількість енергії, що надходить до батареї, коли батареї наближаються до максимальної ємності. ШІМ-контролери заряду не регулюють напругу, а це означає, що для правильної роботи батареї та панелі повинні мати сумісну напругу. Це робить цей тип контролера заряду придатним для невеликих сонячних установок або для установок з панелями з низькою напругою і обмеженими за розміром акумуляторними батареями. ШІМ є більш доступним варіантом, але це призведе до меншого виробництва електроенергії від фотоелектричних модулів.

Спосіб заряду акумулятора	3-ступінчаста ШІМ
Коефіцієнт перетворення сонячної енергії в електричну	75%-80%
Сила струму	20A-60A
Масштабованість/діапазон	<Мала сонячна система потужністю 2 кВт
Середня ціна	65 дол. США

Переваги	- ШІМ-регулятори мають довшу і перевірену історію. - ШІМ-регулятори мають простішу будову і є більш економічно ефективними. - Легко встановлюються.
Недоліки	- Низький коефіцієнт конверсії. - Вхідна напруга повинна відповідати напрузі акумуляторної батареї. - Менша масштабованість для зростання системи. - Нижчий вихід. - Менший захист.

Установка панелі

Місце зберігання підключених до сонячної батареї акумуляторів слід визначити перед тим, як вибрати розмір і придбати будь-яке обладнання. Крім того, що простір повинен бути достатньо великим для встановлення необхідних панелей, відстань і довжина кабелю від місця зберігання батареї впливатимуть на розрахункові вимоги до потужності. Будь ласка, зверніться до [розділу про встановлення акумуляторів](#).

Вдале місце для установки масиву сонячних панелей буде мати такі характеристики:

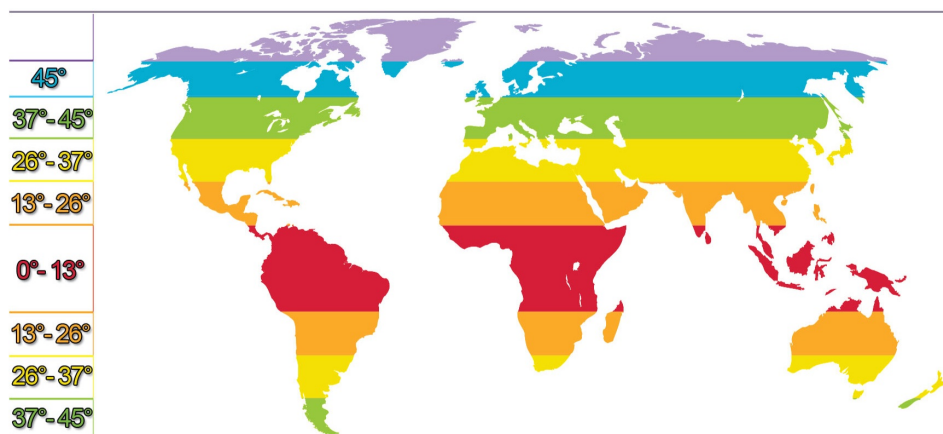
- Знаходитися всередині комплексу і бути невидимим ззовні. Наземні сонячні панелі в ідеалі повинні бути захищені стіною або парканом, тому важливо мати достатній простір на майданчику.
- Бути якомога ближче до акумуляторної системи.
- Перебувати подалі від тіні, наприклад, дерев або будівель.

Іноді важко повністю уникнути затінених ділянок. Пріоритетом має бути уникнення тіні в найсонячніші години дня (зазвичай з 10 ранку до 16 вечора). Пам'ятайте, що положення і розміри тіней змінюються зі зміною пори року.

Положення сонячної панелі

Для оптимізації виробництва енергії сонячні панелі повинні бути ретельно зорієнтовані, щоб отримати повну користь від впливу сонячного світла. Наведення сонячних панелей включає в себе.

- **Орієнтацію** - Орієнтація - це кут нахилу сонячної панелі відносно осі північ-південь. Сонячні панелі повинні бути спрямовані на південь у північній півкулі та на північ у південній півкулі.
- **Нахил** - Нахил - це кут нахилу сонячної панелі відносно горизонтальної площини. Нахил складніше оптимізувати. Широта може бути використана як наближення до оптимального кута нахилу, як зазначено в посібнику нижче для панелей з фіксованими кутами. Однак навіть на екваторі панелі повинні мати мінімальний кут нахилу від 5 до 10°, щоб уникнути накопичення води і пилу на панелі.



Підключення

Вихід сонячних панелей підключений до сонячного регулятора, а вихід сонячного регулятора підключений до акумуляторних батарей. Монтажна рама сонячної панелі з'єднана із землею, а для регулятора та пристрою захисту від перенапруги настійно рекомендується з'єднання заземлення/ занулення.

Залежно від необхідної потужності або енергії, панелі можуть працювати за трьома різними

схемами, які даватимуть різні результати по потужності та струму. Модулі, з'єднані послідовно, паралельно або їх комбінацією, даватимуть різну потужність і вихідну енергію.

Розміри установки

Фотомодулі

Нижче наведено простий метод визначення розміру установки, щоб вона виробляла 30% добової потреби в енергії в найгірші місяці року:

Для покриття 30% енергетичних потреб установки, скільки сонячних панелей знадобиться для:

- Запланованої потреби в електроенергії в 12 880 Вт/год
- Середньорічне середньодобове виробництво становить 4,32 кВт-год на 1 кВтп
- У найгірший місяць середньодобове виробництво складає 2,62 кВт-год на 1 кВтп

Загальна фактична потреба у виробництві електроенергії на добу становить:

$$12.88 \times 0.3 = 3.87 \text{ кВт-год}$$

Приклад: При середньодобовому виробництві 2,62 кВт-год на 1 кВт потужності модуля, загальна добова потреба становить:

$$3.87 / 2.62 = 1.48 \text{ кВтп}$$

Фактична кількість необхідних сонячних панелей буде залежати від пікової потужності кожної окремої панелі. Можливі конфігурації можуть бути:

12 x 130Втп панелей (1.56кВтп)	or	9 x 160Втп панелей (1.62кВтс)	or	6 x 260 Втп панелей (1.56кВтс)
--	----	---	----	--

Оскільки середньорічне середньодобове виробництво становить 4,32 кВт-год на 1 кВт, установка потужністю 1,48 кВт вироблятиме $4,32 \times 1,48 = 6,39$ кВт-год на добу в середньому за рік, що додасть до загального збільшення економії витрат на електроенергію.

Регулятор

Розмір сонячного регулятора повинен бути підібраний відповідно до кількості та типу використовуваних сонячних модулів. Розміри регулятора включають:

- Напруга повинна бути максимально можливою відповідно до кількості сонячних модулів у системі.
- Максимальний струм повинен дорівнювати струму короткого замикання (ISC) вашого масиву сонячних батарей. Струм короткого замикання для однієї окремої панелі можна знайти на ідентифікаційній таблиці панелі або в інструкції виробника. Щоб розрахувати струм короткого замикання всього масиву, об'єднайте струми короткого замикання всіх паралельно з'єднаних панелей.

Акумулятори

Інформацію про розміри акумуляторів можна знайти в [розділі про встановлення системи акумуляторів](#).

Кабелі та захист

Інформацію про довжини кабелів та діаметри проводів можна знайти в розділі [про електромонтаж](#).

Охорона та безпека

Фотоелектричні панелі виробляють електроенергію так само, як і звичайний генератор. Хоча метод виробництва може бути різним, і залежно від розміру масиву загальна потужність менше, ніж у генератора, сонячні батареї все одно можуть виробляти шкідливу кількість електроенергії.

Поводження

Кожного разу, коли люди повинні працювати з фотоелектричними сонячними панелями, вони повинні постійно носити належний [захисний одяг](#) та обладнання.

Що ще важливіше - фотоелектричні сонячні панелі виробляють електричний струм, навіть коли вони не підключені до жодного іншого пристрою! Поки панель частково піддається впливу світла, вона буде виробляти певний струм і все ще може становити небезпеку. Панель, що виробляє електроенергію, не буде шуміти або вібрувати, і може навіть не бути теплою на дотик. Зазвичай фотоелектричні сонячні панелі не мають жодних ознак того, що вони взагалі виробляють електроенергію. З цієї причини фотоелектричні сонячні панелі, як правило, виглядають безпечними на дотик, навіть якщо вони такими не є.

Під час встановлення, зняття або простого регулювання сонячних панелей, вони повинні бути повністю накриті. Якщо є можливість, роботу можна виконувати і вночі. Під час перенесення або переміщення сонячних панелей вантажники повинні звертати увагу на всі електричні виходи роз'ємів збоку, уникаючи випадкового контакту з ними. Розглядайте всі дроти, що йдуть від сонячної панелі, як дроти під напругою, що йдуть від електромережі або генератора під напругою.

Безпека

Фотоелектричні сонячні панелі завжди повинні знаходитися в безпечному місці, так само як генератори та акумулятори. Орієнтація будівель і рослинності може зробити це завдання складним, але планувальники повинні передбачити контроль доступу.

- По можливості встановлюйте панелі на дахах будівель, і в місцях, де люди не часто бувають - уникайте терас на даху або зон відпочинку.
- Встановлюйте сонячні батареї всередині комплексу, де це можливо, в межах безпечної стіни по периметру. Навіть якщо масиви знаходяться всередині стін комплексу, повинні бути певні знаки та бар'єрна огорожа, щоб запобігти доступу відвідувачів або випадкових робітників на територію.
- Якщо масиви сонячних батарей встановлюються під відкритим небом або у віддалених місцях, то ззовні потрібно буде побудувати окрему захисну огорожу або стіну. Обладнання коштує дорого, але воно також може завдати шкоди людям і тваринам, що проходять повз. Люди, незнайомі з сонячними панелями, можуть наблизитися до них з цікавості, тому вивіски повинні бути розміщені відповідною місцевою мовою.