

Типи сонячних електростанцій

Існують наступні види сонячних станцій: автономні, гібридні та мережеві.

Автономна сонячна електростанція (АСЕ) не пов'язана фізично із загальною електромережею, і як випливає з назви, призначена для забезпечення електроенергією як житлових, так і комерційних об'єктів у яких відсутня загальна електромережа. Основна перевага АСЕ полягає в незалежності від загальної мережі електропостачання.

Блок схему АСЕ показано на рис. 1. Електрообладнання АСЕ: фотобатарея, акумуляторна батарея, інвертор та контролер заряду-розряду. Основною ланкою контролера, є перетворювач постійної напруги (ППН), знижувального або підвищуючого типу, що погоджує вихідну напругу фотобатареї з напругою навантаження. Навантаження АСЕ - споживачі електроенергії.

В АСЕ присутні накопичувачі електроенергії – як правило акумуляторні батареї (АКБ), які використовуються для акумулювання електричної енергії в нічний час або дизель - генераторі установки, які забезпечують безперебійну роботу АСЕ.

Електроенергія, що генерується від сонячних панелей, розташованих на даху будинку або на наземній конструкції, надходить до контролеру заряду, який управляє режимами заряду АКБ і виключає перезаряд АКБ та сприяє збільшенню вироблення енергії сонячними панелям (MPPT- контролер). Режими заряду-розряду налаштовуються під певний тип АКБ автоматично або вручну. Струм сонячних панелей є постійним. Для його перетворення в змінний струм, необхідний для роботи більшості електроприладів, використовується інвертор. Інвертор підбирається так, щоб його потужності вистачило для одночасної роботи часто використовуваних приладів. Варто відзначити, що зараз на ринку існують велика кількість інверторів з вбудованим сонячним контролером заряду. Для захисту від короткого замикання і перенапруги система комплектується захисною автоматикою, яка розташовується в розподільних щитках. Туди входять запобіжники і обмежувачі перенапруги. Система кріплень для сонячних панелей забезпечує

надійну фіксацію панелей і провітрювання панелей, що дуже важливо для їх ефективної роботи.

Автономні сонячні станції розраховуються індивідуально під конкретні завдання.

Переваги автономних сонячних електростанцій:

- власна безкоштовна електроенергія, не прив'язана до тарифів;
- не вимагають палива, екологічно чисті;
- не потребують підведення загальної мережі електропостачання, що важливо для живлення споживачів у важкодоступних місцевостях.

Недоліки автономних сонячних електростанцій:

- висока вартість;
- можливе обмеження кількості пристроїв, які можливо запускати одночасно (в залежності від типу автономного інвертора);
- потребує допоміжних накопичувачів електроенергії: АКБ, дизель - генераторні установки для забезпечення безперебійної роботи. Використання АКБ потребує технічного обслуговування;
- використання АКБ обмежує запас енергії, призводить до зменшення терміну служби АСЕ та значно збільшують вартість АСЕ.

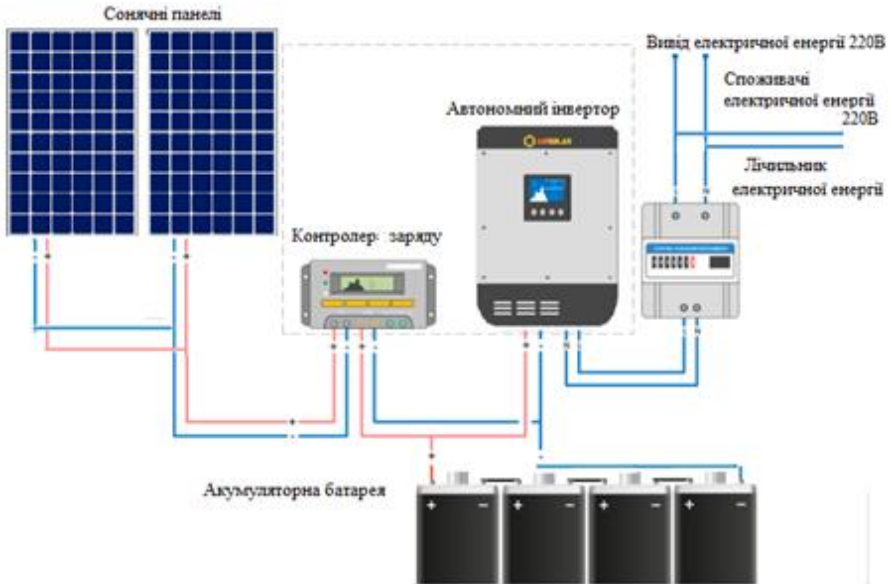


Рисунок 1 - Блок схема автономної сонячної електростанції

Гібридні сонячні електростанції (рис. 2) поєднують в собі плюси мережових і автономних сонячних електростанцій. Їх можна назвати автономними сонячними електростанціями з резервним живленням від мережі або мережеві сонячні електростанції з додатковими акумуляторами. При використанні гібридної СЕС необхідна ємність акумулятора набагато менше порівняно з ємністю автономною електростанцією. Гібридні СЕС генерують енергію так само, як і мережеві СЕС, але зберігають електроенергію в акумуляторах для подальшого використання ввечері або вночі.

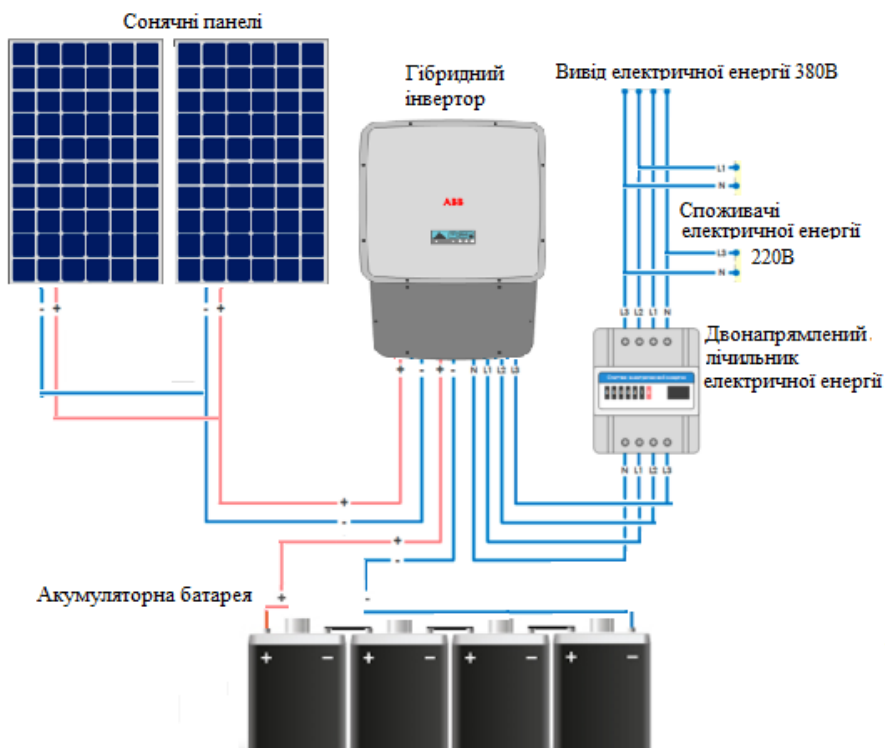


Рисунок 2. Блок схема гібридної сонячної електростанції

Традиційно термін «гібридні» відноситься до двох джерел енергії, таким як вітер і сонячна енергія. Цей вид електростанції вимагає наявності мережі змінного струму, яка використовується при розряді

акумуляторів, щоб не відбувалося припинення подачі електропостачання будинку, ферми або ін. Система автоматики, дозволяє об'єкту за відсутності сонця і при повному розряді акумуляторів, перемкнути живлення на електромережу.

Заряд АКБ від сонячних батарей у гібридній сонячній станції здійснюється за допомогою контролера заряду, він може бути як вбудованим в гібридний інвертор, так і окремим блоком.

Гібридний інвертор - це багатофункціональний прилад, який має багато налаштувань. Гібридний інвертор відслідковує потоки споживання електроенергії і віддачу (продаж) енергії у зовнішню мережу та скеровує надлишок, отриманий від сонячних панелей, на зберігання енергії в АКБ. Він може працювати в режимі мережевого інвертора (скидати вироблену панелями електроенергію у зовнішню мережу) або в режимі автономного інвертора (скидати вироблену панелями електроенергію у внутрішню будинкову мережу).

Останні моделі гібридного інвертора поєднують в собі функції мережевого інвертора з вбудованим МРРТ контролером і джерела безперебійного живлення. Двонаправлений інтелектуальний лічильник використовується для збору даних та зв'язку. За його показниками контролер інвертора керує, процесом заряду/розряду акумуляторної батареї. Двонаправлений лічильник веде 2 паралельних обліку: облік споживаної енергії і облік енергії, що йде на продаж в загальну мережу. За свідченнями даного типу лічильника, визначається сума виплат по «зеленому» тарифу.

Переваги гібридних сонячних електростанцій:

- можливість роботи при відсутності електроенергії в мережі (служить джерелом резервного живлення в разі відключення електромережі або в похмурий час);
- гнучка настройка пріоритетів джерел живлення;
- можливість живлення від мережі при недостатньої сонячної енергії;
- більш надійна в порівнянні з АСЕ;
- окупається швидше АСЕ завдяки меншій кількості АКБ;
- дозволяє продавати надлишки електроенергії в мережу за «зеленим» тарифом.

Недоліки гібридних сонячних електростанцій:

- високі початкові інвестиції;

- збільшений термін окупності в порівнянні з мережевими станціями.
- в залежності від типу АКБ потреба у технічному обслуговуванні.
- можливе обмеження кількості пристроїв, які можливо запускати одночасно (в залежності від типу гібридного інвертора і його можливостей).

Мережева сонячна електростанція (рис. 2.14) призначена для часткового електропостачання споживачів або вироблення енергії за зеленим тарифом. Основними елементами сонячної системи є: фотопанелі і мережевий інвертор.

Фотопанелі безпосередньо підключаються до інвертору, який перетворює постійний струм з фотопанелей в змінний струм для генерації електроенергії в мережу. Підключення інвертора до загальної мережі виконується через розподільчий щит.

Обов'язковою умовою генерації електроенергії в мережу є наявність напруги в мережі.

Мережеві сонячні електростанції менш економічні для житлових будинків, ніж для підприємств. Оскільки більшість людей працюють протягом дня і не використовують сонячну енергію, що генерується сонячною електростанцією. А ввечері все-таки використовують енергію із зовнішньої мережі. «Електричний» день закінчується тільки о 23:00 і до цього діє максимальний тариф.

Для більшості підприємств, що працюють протягом дня, як і раніше залишається найбільш економічним вибором звичайна мережева сонячна електростанція.

Переваги мережевих сонячних електростанцій:

- станція окупається протягом 4-6 років, а далі приносить прибуток.
- надійність;
- не вимагає регулярного обслуговування, тільки технічне обслуговування (профілактичний огляд електрообладнання);
- більш низька ціна в порівнянні з автономними і гібридними станціями.

Недоліки мережевих сонячних електростанцій:

- високі початкові інвестиції;
- залежність від загальної електромережі, не працює при відсутності напруги в мережі.

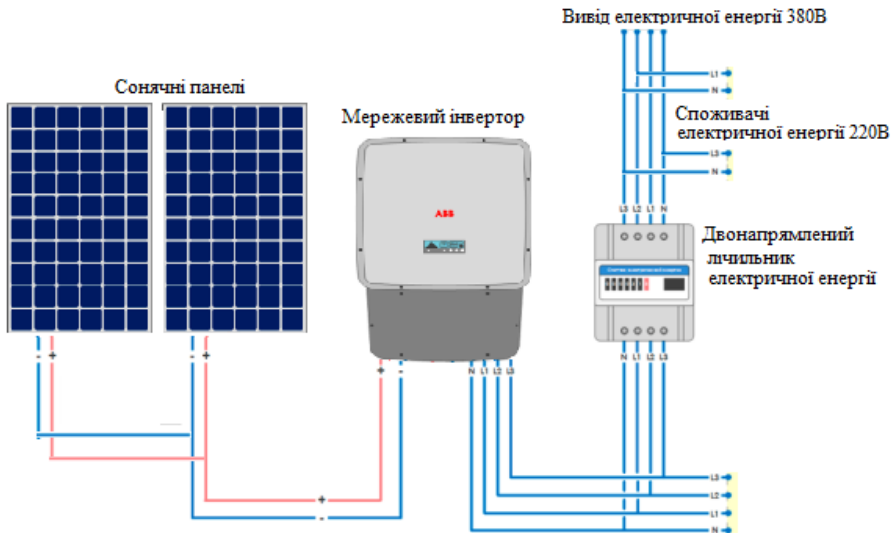


Рисунок 3 - Блок схема мережевої сонячної електростанції

Великі мережеві сонячні електростанції (більше 1 МВт) призначені для вироблення енергії в рамках промислового зеленого тарифу. Основними елементами промислової сонячної системи є: фотопанелі і стрінгові або центральні промислові мережеві інвертори. Існують панелі з інтегрованим інвертором. Їх перевагою є простота налаштування і можливість легко змінювати масштаб, шляхом простого додавання таких панелей. Такі інвертори використовуються тільки в з'єднаннях з мережею енергосистем. Підключення інвертора до загальної мережі виконується через трансформатор.

Елементи електрообладнання сонячних електростанцій можуть змінюватися в залежності від типу сонячних електростанцій.

Побудова сонячної електростанції

Структуру сонячної електростанції (СЕС) показано на рис. 4. Навантаження сонячної електростанції: споживачі змінної та постійної напруги.

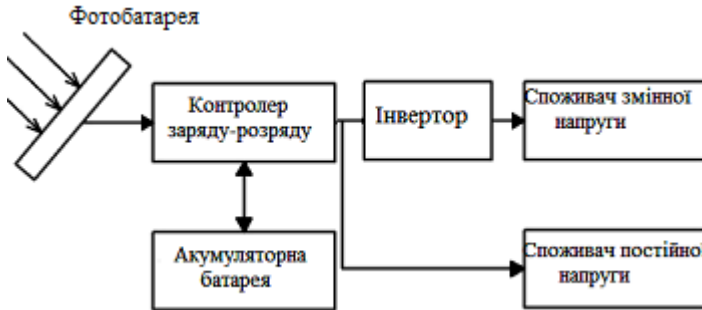


Рисунок 4 - Структура сонячної електростанції.

При виборі способу побудови СЕС можливі наступні підходи:

- розрахунок і проектування сонячної електростанції з використанням потрібних рішень і приладів;
- вибір типових рішень з серійно виготовленого обладнання для сонячної електростанції заданої потужності з розрахунком графіка навантаження для обраної потужності.

Наявність різноманітних вимог потребує визначення вимог до складових СЕС. Нижче розглянуто функціональні можливості складових електрообладнання які враховують при проектуванні СЕС.

Фотобатарея.

Ефективність фотобатареї залежить від виду з'єднань між собою фотомодулей. При паралельному з'єднанні сонячних панелей (фотомодулей) напруга в ланцюзі буде дорівнювати напрузі однієї сонячної панелі, але при цьому струм підсумовується в залежності від кількості панелей. При послідовному з'єднанні – напруга кожної панелі підсумовується, струм в даному разі відповідає слабкій сонячній панелі.

При неоднакових умовах освітленості (затіненні) сонячного модулю блокуючі діоди для запобігання зворотного струму блокують цей струм через слабоосвітлений модуль, тим самим запобігаючи зменшення результуючого струму через навантаження СЕС. При затіненні площини панелі на половину потужність сонячного модулю знижується на 60% від номінального значення, при повному затіненні – на 70% від номінального значення.

Акумуляторна батарея.

Для забезпечення енергією в темний час доби або в період недостатньої генерованої енергії, необхідно використовувати акумуляторну батарею (АКБ). Будь-які електричні акумулятори розглядаються як джерела постійного струму багаторазового використання з можливістю виконання оборотних хімічних процесів шляхом проведення багаторазових циклів заряду і розряду.

Існує кілька типів АКБ, які застосовуються з СЕС:

-свинцево-кислотні (Absorbent Glass Mat (AGM) технологія) або гелеві (GEL) акумулятори,

- літій-іонні (Li-ion) та літій-полімерні (Li-pol) акумулятори;

- нікель-кадмієві (NiCd) та нікель-металогідридні (NiMH).

До основних експлуатаційних параметрів акумулятора відносять:

- ємність ;

- питому потужність;

- саморозряд ;

- температурні і атмосферні режими.

Ємність акумулятора визначається величиною заряду, який вимірюється при віддачі енергії споживачам від повного зарядженого стану до мінімально допустимої величини вихідної напруги. Дотримуватися режимів заряду і розряду для АКБ дуже важливо, оскільки від цього залежить їх термін служби.

АКБ для сонячної станції з сумарною ємністю набирається з окремих серійно вироблених акумуляторів невеликої ємності шляхом послідовного і паралельного їх з'єднання.

Більш детально типи акумуляторів розглянуті в розділі 4.1 накопичувачі електричної енергії.

Інвертор.

Інвертор є пристроєм, що дозволяє перетворювати постійний струм, отриманий від сонячних батарей, АКБ в змінний струм

напругою 220-380 В і більше, залежно від призначення. Існують багато різновидів інверторів, відрізняючись потужністю і типом.

Залежно від призначення інвертори можна розділити на три основні типи:

- автономні (off grid) - інвертори, які не підключені до зовнішньої електричної мережі, призначені для автономних фотоелектричних систем. У автономних системах для живлення стандартних побутових пристроїв і приладів використовується напруга 220 В.

- гібридні (hybrid) – призначений для функціонування за наявності одночасно АКБ та підключення до загальної мережі. Надлишок виробленої енергії віддається в загальну мережу за «зеленим тарифом». Гібридні інвертори мають велику кількість налаштувань.

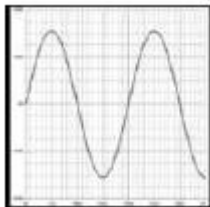
- мережеві (on grid) - інвертори, що працюють синхронно з централізованою мережею електропостачання; цей тип інверторів підходить для сонячних систем без акумуляторних батарей (АКБ), надлишок виробленої енергії віддається в загальну мережу за «зеленим тарифом». Мережевий інвертор призначений для підключення до трифазної зовнішньої мережі.

СЕС може оснащуватися одним, або декількома інверторами в залежності від типу та потужності СЕС.

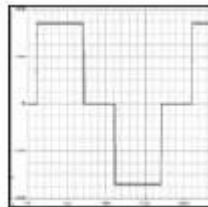
Залежно від форми вихідної напруги інвертори бувають:

- з синусоїдальною вихідною напругою (рис. 5 а), може жити будь-яке навантаження змінного струму;

- з квазісинусоїдальною (прямокутною) вихідною напругою (рис. 2.16, б), така форма вихідної напруги підходить для нагрівальних елементів, але є неприйнятною для асинхронних двигунів, трансформаторів, холодильників, насосів, пральних машини тощо.



а



б

Рисунок 5 – Форма вихідної напруги інвертора: а – синусоїдальна; б – квазісинусоїдальна (прямокутна)

Інвертори мають дуже високу ефективність. Частина енергії неминуче втрачається при перетворенні - від 5% до 15%, в залежності від якості та потужності інвертора і його режиму роботи. Якщо інвертор тривалий час перебуває без навантаження, тоді необхідно обирати такий, котрий має низьке споживання в режимі очікування. Якщо він буде більшу частину часу жити навантаження, необхідно обирати інвертор з максимальним ККД.

Тип інвертору обирається залежно від типу СЕС, відповідно - автономний для АСЕ, гібридний - для гібридної сонячної електростанції, мережевий для мережевої сонячної електростанції.

Для малопотужних АСЕ вхідна напруга автономного інвертора може бути: 12 В, 24 В, 48 (а іноді 96 В і більше) і вихідна 220 В (1 фазний). Для більш потужних СЕС вхідна напруга може досягати 1000 В (мережевий інвертор) і вихідна - 380 В (3 фазний). Вхідна напруга залежить від типу та потужності інвертора, оскільки зі збільшенням вихідної потужності зростають вхідні струми, що призводить до більш важких умов роботи транзисторів вихідного каскаду і до великих втрат потужності в сполучних проводах. Знизити вхідні струми і відповідно зменшити втрати потужності дозволяє більш висока вхідна напруга.

Більш детально типи інверторів розглянуті в розділі 4.2. Напівпровідникові перетворювачі для поновлюваних джерел енергії.

Контролер.

Контролер призначений для збільшення вироблення енергії сонячними панелями шляхом вибору оптимального режиму роботи сонячних панелей, а також для того щоб забезпечити бажану вхідну напругу, режим заряду та розряду АКБ.

Існує три види контролера сонячних батарей:

1. «On/Off», схема просто комутує сонячні панелі к акумуляторам за величиною напруги на клеммах. Найпростіші контролери просто відключають сонячну панель, якщо напруга на АКБ досягло приблизно 14,5 В (для АКБ $U_{ном}=12$ В). При зниженні напруги на АБ до $\approx 12,5-13$ В знову підключається сонячна панель, і заряд поновлюється. При цьому максимальний рівень зарядженості АКБ становить 60-70%. При регулярному недозаряді відбувається різке скорочення терміну служби АКБ.

2. ШІМ (широотно-імпульсна модуляція) або PWM (Pulse- width modulation) контролери – управляє силовим блоком для регулювання напруги в певному проміжку за допомогою сигналів зворотного зв'язку. При цьому можливий заряд АКБ до 100%. ШІМ – контролери зазвичай застосовуються в невеликих системах від 100 Вт до 2 кВт, де потрібна зарядка акумуляторів невеликої ємності і встановлено невелику кількість сонячних батарей.

ШІМ – контролери мають чотири стадії заряду АКБ від сонячної батареї:

1) Заряд максимальним струмом. На першому етапі заряд здійснюється постійним струмом до досягнення напруги 14,5 В. На цій стадії АКБ отримує весь струм, що надходить від сонячних панелей.

2) ШІМ-заряд. Коли напруга на АКБ досягає певного рівня, контролер починає підтримувати постійну напругу за рахунок ШІМ-струму заряду. Це запобігає перегріванню і газоутворення в акумуляторі. Струм поступово зменшується по мірі заряджання акумуляторної батареї.

3) Вирівнювання. Багато батарей з рідким електролітом покращують роботу при періодичному заряді до газоутворення, при цьому вирівнюються напруга на різних банках АКБ, очищаються пластини і перемішується електроліт.

4) Підтримуючий заряд. Коли АКБ повністю заряджена, зарядна напруга зменшується, щоб уникнути подальшого нагріву або газоутворення в батареї, і вона підтримується в зарядженому стані.

3. MPPT (Maximum Power Point Tracking) – контролер – пристрій що працює на основі ШІМ, але при цьому відстежує максимальну величину потужності, яку можуть видати сонячні панелі. Керуючий процесор також стежить, на якій стадії заряду знаходиться АКБ (наповнення, насичення, вирівнювання, підтримка), і на підставі цього визначає, який струм повинен подаватися на неї. Одночасно процесор може давати команди на індикацію параметрів на табло (при наявності), зберігання даних, і т.п. Методів пошуку точки максимальної потужності (ТМП) досить багато, найосновніші з них:

- метод постійної напруги (Constant voltage);
- метод струму короткого замикання (Short current);
- метод нечіткої логіки (Fuzzy logic);
- температурний метод;
- метод зростаючої провідності (Incremental conductance);

- метод напруги холостого ходу (Open voltage);
- метод збурення і спостереження (Perturbation and observation).

У комерційних виробках найбільш широко використовуються методи збурення і спостереження (perturbation and observation) і зростаючої провідності (incremental conductance) через їхні прості керуючі структури і зручності реалізації. Для сонячних панелей з низьким рівнем точності відстеження ТМП знаходять застосування такі методи, як метод постійної напруги (constant voltage) і струму, короткого замикання (short-current), напруги холостого ходу (open circuit voltage). Ці методи вимагають меншої кількості датчиків і недорогі в реалізації.

На даний час найбільш популярні контролери двох типів: ШІМ (PWM) контролери та МРРТ контролери.

Методика вибору електрообладнання автономної сонячної електростанції

Автономні сонячні електростанції використовуються для електропостачання окремих будинків, ферм де немає мереж централізованого електропостачання. Основна перевага полягає в незалежності від мереж електропостачання. Блок-схему автономної сонячної електростанції (АСЕ) показано на рис. 6.

Для проектування АСЕ, потрібно визначити :

- тип та номінальну потужність сонячних модулів , їх кількість,
- тип та ємність АКБ,
- тип та потужність інвертора ,
- тип контролера.

Необхідними даними для розрахунку потужності АСЕ є:

- добова інсоляція, для відповідного району розташування;

- загальна площа дахів приміщень та ін. придатних для встановлення сонячних модулів споруд;
- споживачі АСЕ (їх потужність і напруга, час роботи).

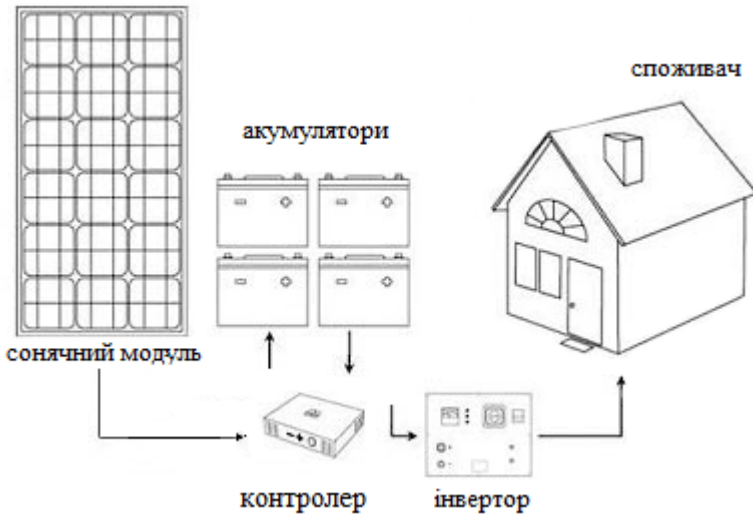


Рисунок 6 - Блок-схема автономної сонячної електростанції

При виборі способу побудови АСЕ можливі наступні підходи:

- розрахунок і проектування АСЕ з використанням потрібних рішень і приладів;

- вибір типових рішень з серійно виготовляемого обладнання для АСЕ заданої потужності та розрахунок графіку навантаження об'єкта.

При проектуванні АСЕ спочатку визначають напругу системи - напругу основної шини (ос) живлення (постійного струму). За основну шину живлення, приймається шина, до якої в нічний час доби підключається акумуляторна батарея (АКБ). Номінальна напруга основної шини живлення може становити 12 В, 24 В, 48 В, 96 В і т. п. Тобто напруга основної шини повинна бути кратна 12 (24) В.

Вибір величини напруги системи необхідний для вибору приладів системи з точки зору їх узгодженості за напругою інвертора, контролера заряду АКБ. Від величини напруги системи будуть залежати схеми з'єднання сонячних модулів і акумуляторів.

Основними критеріями вибору напруги системи є зменшення співвідношення собівартості електрообладнання та втрат електроенергії. Ці критерії передбачають багатоваріантний підхід до вибору оптимальної величини напруги основної шини системи.

Для малопотужних систем (менше 1 кВт) можливе застосування напруги шини постійного струму номінальною напругою 12 В. Для більш потужних систем рекомендується більш висока напруга, що забезпечує більш ефективну роботу інверторів і сприяє зменшенню струмів, що протікають через контролер, інвертор і з'єднувальні кабелі.

1) Розрахунок навантаження АСЕ. Застосовуються наступні методи визначення навантаження АСЕ:

- споживання електроенергії за добовим графіком навантаження, використовуючи номінальну потужність та поточний час роботи споживачів за добу;

- за номінальною потужністю споживачів і коефіцієнтом попиту (k_p) та споживання електроенергії за типовим графіком навантаження.

Складають список споживачів АСЕ, їх номінальну потужність (P_n) рід (постійна, змінна) та величину напруги (U_n) та поточний час роботи (t), у вигляді табл. 1.

Для побудови типових добових графіків активної потужності споживачів АСЕ, використовуються дані які засновані на багаторічних експериментальних дослідженнях замських та житлових будинків з урахуванням детермінованих, усереднених методів навантаження для прийнятого відрізка часу.

Таблиця 1

Параметри споживачів АСЕ замського будинку

№	Споживач	$U_n, В;$	$P_n, Вт$	$t, год$	$P_{oc}, Вт$	$n, шт.$
1						
2						
...						

Розрахункова потужність АСЕ:

$$P_p = k_{\Pi} \sum n \cdot P_{\text{ос.}i} \quad (2.10)$$

n, k_{Π} – кількість однотипових споживачів, коефіцієнт попиту.

$P_{\text{ос.}i}$ – потужність i -го споживача перерахована на основну шину живлення навантаження розраховується з урахуванням ККД i -го споживача ($\eta_{\text{сп.}i}$) та ККД інвертора: $P_{\text{ос.}i} = P_{\text{н.}i} / \eta_{\text{сп.}i} \cdot \eta_i$

$P_{\text{н.}i}$ - потужність i -го споживача;

ККД i -го споживача можливо прийняти при відсутності даних:

$\eta_{\text{сп.}i} = 0,8 \div 0,9$ при $P_{\text{н.}i} \geq 1000\text{Вт}$; $\eta_{\text{сп.}i} = 0,7 \div 0,8$ при $P_{\text{н.}i} < 1000\text{Вт}$.

η_i - ККД інвертора для приймача змінного струму $\eta_i = 0,9$.

Відповідно до СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий» коефіцієнт попиту для будинків з сумарною потужністю наведено в табл. 2.

Таблица 2
Коефіцієнти попиту для багатоквартирних будинків

Потужність, кВт	до 14	20	30	40	50	60	70 та >
Коефіцієнт попиту, k_{Π}	0,8	0,65	0,6	0,55	0,5	0,48	0,45

Метод визначення розрахункового навантаження вузла коефіцієнтом попиту з малою кількістю споживачів недоцільний так як призводить до суттєвого збільшення розрахункової потужності АСЕ.

Необхідність використання завищеного коефіцієнту попиту при незначній кількості і потужності споживачів виходить з вимоги пожежної безпеки і ґрунтується на можливості одночасного включення всіх споживачів. Для таких проектів найбільш доцільне використання «розумного будинку» так як потребує значно меншої потужності електрообладнання та захисної апаратури АСЕ, яка окупається більш значними темпами.

Користуючись типовими добовими графіками (рис. Б.1, додаток Б) розраховують :

- відповідну ступень типового графіка активних навантажень (P_i , кВт) при розрахунковому навантаженні вузла (P_p) ;

- споживання активної електроенергії в певний час доби (кВт·год) для зимового і літнього періоду.

$$P_i = \frac{n\% \cdot P_p}{100\%} \tag{2.11}$$

де P_i – потужність навантаження в певний час доби, кВт; $n\%$ – ордината відповідної ступені типового графіка %, P_p – максимальне навантаження, кВт;

Розрахунок добового споживання активної енергії ($W_{\text{спож.}}$) здійснюється за формулою:

$$W_{\text{спож.}} = \sum P_i \cdot t_i \tag{2.12}$$

t_i – час доби.

Розрахункові дані добового графіка активних навантажень зводимо до табл. 3.

Таблиця 3.

Дані добового графіка активних навантажень

t , год	Зима			Літо		
	n , %	P , кВт	$W_{\text{спож.}}$, кВт·год	n , %	P , кВт	$W_{\text{спож.}}$, кВт·год
1-5						
6						
.....						
24						
Σ	-	-		-	-	

Для зменшення споживання електроенергії АСЕ бажано рівномірно розподілити навантаження в часі. При неможливості вирівняти графік навантаження необхідно визначити коефіцієнт максимуму у період генерації електроенергії і в період роботи АКБ (нічний час), оскільки вони визначають максимальний струм інвертора і контролера заряду і розряду АКБ. Максимальний струм і його тривалість впливають на вибір потужності інвертора та контролера.

Сонячна електростанція може живити електроприлади будинку, цеху, приміщення ферми за умови, що електроспоживання та заряд АКБ не перевищує кількості електроенергії, виробленої електроенергії АСЕ.

$$W_{\text{вир.}} = W_{\text{спож}} \quad (2.13)$$

Кількість виробленої електроенергії сонячної електростанції залежить від сезону року, погодних умов та ін.

2) Розрахунок кількості і потужності фотомодулів. Розрахунок сумарної потужності фотобатарей необхідний для правильного вибору потужності та кількості фотомодулів. Встановлена потужність фотобатарей повинна забезпечити необхідною кількістю електроенергії для будинку, цеху, ферми або ін. з урахуванням значення сонячної радіації. Сумарна потужність фотомодулів (ΣP_w), з яких буде складатися фотобатарея визначається співвідношенням :

$$\Sigma P_w \geq P_p \quad (2.14)$$

При розрахунку необхідно враховувати такі фактори, як:

- розташування сонячної електростанції (дах будівлі, на земляному майданчику);
- період використання (зима, літо або круглий рік);
- погодні умови, характерні для даної місцевості;
- наявність деталей, що затують сонячні модулі від прямого попадання сонячних променів (дерев, будівель і т. д.);
- можливість в конкретних умовах оптимального орієнтування сонячних модулів (наприклад, належним чином орієнтовані і з максимально зручним нахилом схили дахів у разі розміщення модулів на даху);
- можливість стеження за сонцем по одній або двом координатам;
- вартість модуля.

При виборі типу фотоелектричних модулів для сонячної електростанції вирішальним критерієм, як правило, є вартість одного Вт пікової потужності. Зазвичай модулі розташовують на дахах будинків, ферм або вбудовують в фасадні стіни, що дозволяє

економити будівельні матеріали, а також робить модулі сучасним елементом дизайну будівель.

Спершу бажано обирати тип та виробника модулів, продукція якого представлена на вітчизняному ринку. Наприклад, в Україні широко реалізуються сонячні модулі фірм PerlightSolar, Risen Energy, Altek, JA Solar, Axioma, Trina Solar, DAH Solar. Параметри модулів (PerlightSolar) потужностями від 170 Вт до 350 Вт мають розміри від 1x1,47 м, 1x1,63 м та 1x1,95 м.

Кількість необхідних модулів та їх потужність залежить від розміру майданчика для розміщення модулів, значення сонячної інсоляції та необхідної кількості електроенергії.

Значення сонячної інсоляції для кожного міста України різне і залежить від регіону та пори року. Слід брати до уваги і той факт, що значення інсоляції навіть для одного і того ж дня в році і одного і того ж місця може сильно відрізнятись в залежності від орієнтації по відношенню до сонця майданчика з модулями. Необхідно враховувати орієнтування майданчика, який сприймає енергію сонця. Рекомендується щоб майданчик для кріплення модулів був направлений на південь. Для підвищення рівня генерації використовують зміну орієнтації панелей на сонце впродовж року та впродовж дня. Зміну можна проводити за допомогою сонячних трекерів або вручну. При стаціонарному встановленні сонячних панелей, які не відслідковують положення сонця потрібно визначити найвищу висоту положення сонця за рік і відносно неї встановити кут нахилу сонячної панелі.

Для розрахунку потрібно брати значення інсоляції площею 1 м²:

- для горизонтального майданчика (поверхня має нахил до горизонту під кутом який дорівнює широті місцевості). Для м. Запоріжжя широта місцевості - 47 °;

- для вертикального майданчика (стіна будівлі);

- для майданчика, розташованого під кутом до горизонту більшим широти місцевості на 10-15 °, в тих випадках, коли АСЕ працює цілий рік, тобто $47^\circ + 15^\circ = 62^\circ$ (для м. Запоріжжя);

- для майданчика, орієнтованого оптимально (зміна орієнтації панелей за сезонами року: зима/весна/літо/осінь).

Для окремих будинків, ферм найбільш поширене стаціонарне встановлення модулів на даху будівлі .

Розміщення сонячних модулів на майданчику (дах будівлі). Модулі на даху будівлі можуть розміщуватися:

- менша сторона модуля паралельна землі;
- більша сторона модуля паралельна землі.

Відповідно до цього на майданчику зі заданими розмірами модулі конкретних габаритів можуть бути розміщені у різній кількості. Бажано розміщати модулі одноманітно.

Для декількох вибраних типів модулів розраховують максимально можливу кількість модулів, що можуть бути розміщені на даху. Результати розрахунку зводимо до табл. 4.

Таблиця 4
Результати розрахунку максимальної кількості модулів

Розміщення модулів	Розміри модуля, м	n - рядків матриці	m -стовпців матриці	Максимальна (max) кількість модулів
	1x1,47			
	1x1,63			
	1x1,95			
	1x1,47			
	1x1,63			
	1x1,95			

Кількість енергії, що виробляється одним фотомодулем:

$$W_{\text{вир.}} = k \cdot P_w \cdot E / 1000 \quad (2.15)$$

P_w – потужність фотоелектричного модулю;

k - коефіцієнт, що враховує поправку на втрату потужності сонячних елементів при нагріванні на сонці, а також похиле падіння променів на поверхню модулів протягом дня. Величина $k = 0,5$ влітку і $k = 0,7$ в зимовий період. Різниця в його значенні взимку і влітку обумовлена меншим нагріванням елементів в зимовий період;

E - сонячна радіація, яка потрапляє на поверхню Землі (в горизонтальній площині, під кутом і т.п.) для обраної території .

Сонячна радіація хоча носить періодичний характер, але є дискретною величиною, так як сонячну радіацію можна спостерігати тільки в денний час доби. Для опису закономірності зміни теплового потоку сонячної радіації можна скористатися даними представленими в літературі [10].

У виразі (2.15) значення сонячної радіації за зазначений період (зима, літо) ділять на 1000, так зване кількість пікочасов, тобто, умовний час, протягом якого сонце світить як би з інтенсивністю 1000 Вт / м². 1000 Вт - значення стандартного потоку сонячного світла при якій фотомодуль тестується на одному м².

Сумарна потужність фотомодулів з урахуванням балансу потужностей розраховується за формулою:

$$\Sigma P_w = 1000 \cdot W_{\text{спож}} / k \cdot E \quad (2.16)$$

де $W_{\text{спож}}$ - загальна спожита електроенергія (за певний проміжок часу: доба, година), кВт·год;

Кількість модулів:

$$N = \Sigma P_w / P_w \quad (2.17)$$

P_w – потужність фотомодулю.

Округляємо отриману кількість модулів до найближчого цілого значення. Обираємо декілька варіантів кількості та потужності модулів, що забезпечують сумарну потужність фотомодулів. Розміщення необхідної кількості модулів (в один ряд, в декілька рядів) виконуються відповідно до розмірів даху будинку з урахуванням розрахунку максимальної кількості модулів на даху (табл. 2.6). В таблицю (приклад табл. 2.9) зводимо результати розрахунку можливих варіантів розміщення модулів на даху будинку для забезпечення сумарної потужності фотомодулів (ΣP_w). Шляхом перебору вартості модулів, які мають різні співвідношення між потужністю та вартістю одного модуля з декількох варіантів обираємо один, що забезпечує парну кількість модулів та найменшу вартість .

В українських широтах сонячні модулі майже ніколи не працюють на максимум, хіба що посеред ясного дня (2-3 години) влітку. Зазвичай вироблена електроенергія складає 30-40% від номінальної потужності.

3) Розрахунок ємності та потужності акумуляторної батареї АСЕ. Для розрахунку ємності акумуляторної батареї (АКБ) вибирається номінальна напруга АКБ і задається кількість годин роботи від АКБ (годин, в які сонячна система буде працювати тільки від акумуляторів). Номінальна напруга АКБ вибирається з урахуванням значення струму і напруги основної шини.

Величина необхідної сумарної ємності АКБ складає:

$$C = \frac{P_{AKB}}{k_U \cdot U} \cdot t \cdot k_{\Delta P} \cdot k_t = \frac{W_{AKB}}{k_U \cdot U} \cdot k_{\Delta P} \cdot k_t \quad (2.18)$$

де P_{AKB} - розрахункове навантаження АКБ; $P_{AKB} \approx k \cdot P_p$, Вт.

P_p - вихідна (розрахункова) потужність АСЕ;

k - коефіцієнт, який приймається виходячи з типового добового графіка активних навантажень;

W_{AKB} - розрахункова енергія АКБ;

U - напруга АКБ, яка дорівнює напрузі системи (основної шини), В;

k_U - допустима глибина розряду АКБ, залежить від типу АКБ ;

t - час резервування (необхідний час автономної роботи АКБ), ч;

$k_{\Delta P}$ - коефіцієнт, який відображає втрати потужності в АКБ.

Втрати потужності в АКБ сягають 10÷30% в залежності від типу та режиму роботи АКБ;

k_t - температурний коефіцієнт АКБ.

Час автономної роботи АКБ приймається - нічний час у зимовий період (грудень - місяць). У нічний час ємність АКБ повинна забезпечувати необхідне навантаження споживачів будинку відповідно до типового графіку (освітлення, холодильник та ін..).

Втрати в АКБ при різних температурах ураховуються за допомогою спеціальних температурних коефіцієнтів, які враховують зменшення ємності АКБ при зниженні температури навколишнього середовища в приміщенні, де розміщені АКБ.

Під час зарядки, АКБ АСЕ запасає енергію, живлячись від сонячної батареї. Повністю заряджений акумулятор накопичує заряд, що дорівнює ємності акумулятора. Для повного заряду акумуляторних

батареї в скорочений час застосовується прискорений комбінований спосіб заряду в чотири етапи.

Акумуляторна батарея АСЕ з сумарною ємністю набирається з окремих серійно вироблених акумуляторів шляхом послідовного і паралельного їх з'єднання. При паралельному з'єднанні окремих акумуляторів збільшується ємність, а напруга $U = \text{const}$. Послідовне з'єднання використовується для збільшення напруги, а ємність гілки АКБ при цьому відповідає ємності окрему акумулятору.

Так як АКБ АСЕ складається з n -послідовно та m -паралельно включених одиночних акумуляторів, то вихідна потужність АКБ дорівнює:

$$P_{\text{АКБ}} = n \cdot m \cdot I_{\text{max}} \cdot U_{\text{max}} = 1,375 \cdot n \cdot m \cdot I_{\text{max}} \cdot U_{\text{ном.АКБ}} \quad (2.19)$$

де I_{max} , U_{max} - максимальний струм напруга АКБ.

4) Вибір типу і потужності інвертора АСЕ. Інвертор є пристроєм, що дозволяє перетворювати постійний струм, отриманий від сонячних батарей, в змінний струм.

Залежно від призначення СЕС обираємо відповідно тип інвертору: автономний, гібридний або мережевий.

Користуючись базою даних інверторів голландської компанії Victron Energy B.V., яка представляє в Україні інвертори Victron Energy EasySolar (автономні), Victron Energy MultiPlus або Quattro (гібридні), обираємо тип інвертора, виходячи із наступних вимог:

- вхідна напруга: $U_{\text{вход.інв}} = U_{\text{ос.ш}}$ (2.20)

- номінальна потужність: $P_{\text{ном.інв}} \geq P_p$ (2.21)

- максимальна (пікова) потужність:

$$P_{\text{макс.інв}} \geq P_{\text{макс.наван.}} \quad \text{або} \quad P_{\text{ном.інв}} \cdot k_{\text{переван.}} \geq P_p \cdot 1,3 \quad (2.22)$$

де $k_{\text{переван.}} = 1,5 \div 1,55$ в залежності від моделі інвертора.

Максимальна потужність навантаження ($P_{\text{макс.наван.}}$) розраховується з урахуванням пускових струмів електрообладнання. Деякі споживачі електричної енергії мають пускові струми, які значно перевищують номінальний струм. Так, електронасос, холодильник в момент пуску споживають потужність в 3-4 рази, більшу, ніж зазначено в паспорті. Максимальна (пікова) потужність навантаження

повинна бути більше розрахункової потужності на 30-50%, відповідно короткочасний струм інвертора повинен бути більше максимального струму навантаження при пуску електрообладнання.

Усі інвертори мають вихід змінного струму: напругою $230\text{В} \pm 2\%$, частотою $50\text{Гц} \pm 0,1\%$. Для отримання більшої потужності до 6 інверторів MultiPlus можуть бути з'єднані паралельно, формуючи одно- або трифазну електромережу. Автономні сонячні інвертори Victron Energy серії EasySolar мають вбудовані MPPT-контролери заряду, а також здатні заряджати АКБ від електромережі загального користування.

5) Вибір контролера ACE. Контролер заряду - ключовий елемент для продуктивної роботи фотобатареї. Це пристрій розподіляє потоки електроенергії, отриманої за допомогою фотомодулів. Використовується для збільшення вироблення енергії фотомодулями за рахунок забезпечення роботи в оптимальному режимі при зменшенні їх кількості. Крім того, контролер дозволяє забезпечити бажану вхідну напругу, режим зарядки АКБ.

Вибір контролера здійснюємо за даними струму АКБ, напруги ос. шини, напруги XX сонячної батареї та номінальної потужності сонячної батареї. Напруга XX означає напругу контролера на вході.

$$U_{\text{вход.контр}} \geq U_{\text{xx сол.пан}} \quad (2.23)$$

$$U_{\text{вх.ном}} \geq U_{\text{ос.ш}} \quad (2.24)$$

$$I_{\text{ном.контр}} \geq I_{\text{max.АКБ}} \quad (2.25)$$

$$\sum P_{\text{ном.контр}} \geq P_{\text{вст.}} \quad (2.26)$$

Для виконання співвідношення (2.26) можливо встановлення декілька контролерів для ACE.

Потужність ACE визначається номінальною потужністю інвертора.

Приклад. Розрахувати кількість і потужність сонячних модулів для ACE замиського будинку. Розрахункове навантаження (P_p) вузла : $P_p = 2000 \text{ Вт} = 2 \text{ кВт}$. Сонячна електростанція знаходиться в м. Запоріжжя, координати якого дорівнюють 47° північної широти та 35° східної довготи. Дах будинку плоский. Площина даху має розміри: $A = 15\text{м}$; $B = 10\text{м}$; $S=150 \text{ м}^2$. Період використання ACE - цілорічне використання.

Для розрахунку споживання електроенергії слід використовувати типовий добовий графік активних навантажень для побутових споживачів для зими та літа, рис. Б-1 (додаток Б).

Значення середньомісячної та денної сонячної інсоляції, залежність денної сонячної по годинах для м. Запоріжжя наведено в табл. Б-1 та в табл. Б-2, на рис. Б-2, додаток Б, відповідно.

Рішення.

1. Розрахунок навантаження АСЕ.

Користуючись типовими добовими графіками (рис. Б.1, додаток Б) розраховуємо :

- відповідну ступень типового графіка активних навантажень (кВт) при розрахунковому навантаженні АСЕ ($P_p = 2$ кВт) ;
- споживання активної електроенергії в певний час доби (кВт·год) для зимового і літнього періоду.

Дані добового графіка навантаження АСЕ зведено до табл. 5.

Таблиця 5.

Дані добового графіка активного навантаження АСЕ

t	Зима			Літо		
	n, %	P, кВт	W _{спож.} , кВт·год	n, %	P, кВт	W _{спож.} , кВт·год
1-5	20	0,4	0,4×5=2	15	0,3	0,3×5=1,5
6	25	0,5	0,5	20	0,4	0,4
7	40	0,8	0,8	35	0,7	0,7
8	45	0,9	0,9	30	0,6	0,6
9-11	30	0,6	0,6×3=1,8	20	0,4	0,4×3=1,2
12	25	0,5	0,5	20	0,4	0,4
13	30	0,6	0,6	25	0,5	0,5
14-17	30	0,6	0,6×4=2,4	20	0,4	0,4×4=1,6
18	60	1,2	1,2	50	1	1
19	100	2	2	80	1,6	1,6
20	80	1,6	1,6	80	1,6	1,6
21	80	1,6	1,6	60	1,2	1,2
22	80	1,6	1,6	40	0,8	0,8
23	50	1	1	40	0,8	0,8
24	20	0,4	0,4	15	0,3	0,3
Σ	-	-	18,9	-	-	14,2

Споживання активної енергії за місяць (30 діб):

- зима: $W_{\text{спож.}} = 18,9 \times 30 = 567$ кВт·год;

- літо: $W_{\text{спож.}} = 14,2 \times 30 = 426$ кВт·год;

2. Розрахунок кількості і потужності фотомодулів АСЕ.

Для розрахунку кількості та потужності фотомодулів скористаємось значеннями денної сонячної інсоляції для м. Запоріжжя.

Значення середньомісячних значень та денних значень (з урахуванням кількості діб) сонячної інсоляції для м. Запоріжжя наведено в табл. Б-1 та табл. Б-2 (додаток Б):

- під кутом 47° ;

- під кутом 62° .

Для заміського будинку обираємо кут нахилу фотомодулів, який призводить до підвищення рівня генерації електроенергії в зимовий період - кут 62° . Встановлення фотомодулів під кутом 62° призведе к незначному зниженню рівня генерації електроенергії - влітку. Встановлення фотомодулів - стаціонарне, яке направлене на південь (азимут поверхні $\alpha_H = 0$).

Числове значення денної сонячної інсоляції по годинам для м. Запоріжжя при встановленні фотомодулів під кутом 62° наведено в табл.б.

Таблиця б.
Значення денної сонячної інсоляції м. Запоріжжя, Вт·год/м²

година																	місь	
1-4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20-24	Σ	
																		червень
0	160	290	390	470	530	580	600	610	600	580	530	470	390	290	160	0	6650	
																		грудень
0	0	0	0	10	140	215	255	270	255	215	140	10	0	0	0	0	1510	

З табл.2.7 сумарне значення сонячної інсоляції за світловий день:

$E_{\Sigma} = 6650 \text{ Вт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ - для червня,

$E_{\Sigma} = 1510 \text{ Вт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ - для грудня.

При використанні середніх даних за добу, розрахуємо сумарну потужність сонячних модулів з урахуванням споживання енергії $W_{\text{спож}}$ за добу (табл.2.5) та E_{Σ} за світловий день за виразом (2.16):

-зимовий період – грудень: $W_{\text{спож}}=18,9\text{кВт}\cdot\text{год}$; $E_{\Sigma}=1510 \text{ Вт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$.

$$\Sigma P_w = 1000 \cdot 18,9 / 0,7 \cdot 1510 = 17,89 \text{ кВт},$$

- літній період – червень: $W_{\text{спож}}=14,2 \text{ кВт}\cdot\text{год}$; $E_{\Sigma} = 6650 \text{ Вт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$.

$$\Sigma P_w = 1000 \cdot 14,2 / 0,5 \cdot 6650 = 4,2749 \text{ кВт}.$$

Сумарна потужність фотомодулів у разі цілорічного використання обирається коли сонячна інсоляція (E) мінімальна - це зимовий період (грудень), тобто $\Sigma P_w = 17,89 \text{ кВт}$.

Кількість виробленої електроенергії фотомодулями АСЕ за світловий день, вираз (2.15).

В грудні – місяці :

$$W_{\text{вир.}} = 0,7 \cdot 17890 \cdot 1510 / 1000 = 18\,909,7 \text{ Вт}\cdot\text{год} = 18,91 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

В червні – місяці:

$$W_{\text{вир.}} = 0,5 \cdot 17890 \cdot 6650 / 1000 = 59\,484,25 \text{ Вт}\cdot\text{год} = 59,5 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

У разі використання середніх даних за годину, у виразі (2.16) сумарна потужність сонячних модулів розраховується з урахуванням споживання енергії $W_{\text{спож}}$ за годину (табл.4) та денної сонячної інсоляції для кожної години (табл.6) відповідно у грудні та у червні.

Для розрахунку можливих варіантів розміщення фотомодулів на даху будівлі необхідно враховувати розміри даху будівлі.

Обираємо розміщення модуля - менша сторона модуля паралельна землі на даху будинку з розмірами: $A = 15\text{м}$; $B = 10\text{м}$; $S = 150 \text{ м}^2$

В табл. 2.8 наведено результати розрахунку максимальної кількості модулів з урахуванням розмірів даху. Модулі розташовані у вигляді матриці з n – рядків та m – стовпців.

Таблиця 7.

Результати розрахунку максимальної кількості модулів

Розміщення модулів	Розміри модуля, м	n - рядків матриці	m -стовпців матриці	Максимальна (max) кількість модулів
min	1x1,47	6	14	84
	1x1,63	6	14	84
	1x1,95	5	14	70

Обираємо потужність та кількість фотомодулів (табл. Б.3, додаток Б) при сумарній потужності фотомодулів $\Sigma P_w = 17,89$ кВт. Кількість модулів розраховуємо за виразом (2.17). Результати розрахунку декілька варіантів розміщення фотомодулів на даху будівлі зводимо в табл. 2.9.

Таблиця 8.

Результати розрахунку варіантів розміщення фотомодулів

Потужність модуля P_w , Вт	Вартість модуля, у.о.	Розміри модуля, м	Мах кількість модулів на даху	Для забезпечення $\Sigma P_w = 17,89$ кВт		Сумарна потужність, кВт
				кількість модулів	вартість, у.о.	
200	203	1x1,47	84	100	-	-
250	223	1x1,63	84	72	16056	18
300	244	1x1,95	70	60	14640	18
335	266	1x1,95	70	54	14364	18,09
345	270	1x1,95	70	53	14310	18,3

Обираємо парну кількість модулів. З табл. 2.9 можна встановити, що розміщення 54 модулів потужністю $P_w = 335$ Вт забезпечує найменшу вартість модулів – 14364 у.о., та сумарну потужність 18,09 кВт.

Параметри обраного сонячного модулю наведено в табл. 9.

Таблиця 9.

Параметри модулю PLM – 335P

Номінальний ККД, %	17,78
Максимальна потужність (потужність в точці максимальної потужності (ТМП) , P_{max} , Вт.....	334,6
Максимальна напруга (напруга в ТМП), U_{max} , В.....	37,6
Максимальний струм (струм в ТМП), I_{max} , А.....	8,9
Напруга ненавантаженого режиму (XX), U_{xx} , В.....	45,50
Струм короткого замикання, I_{kz} , А.....	9,44

Сонячні теплоелектростанції

У сонячній теплоенергетиці електроенергію отримують у теплових машинах (наприклад, звичайних парогенераторах), в яких тепло від згоряння палива замінюється потоком концентрованого сонячного світла. Тобто вода перетворюється на пару за рахунок енергії сонця, а не спалювання вугілля чи іншого палива. Для цього сонячне світло за допомогою системи дзеркал концентрують на спеціальний сонячний котел (ресівер), з якого утворена водяна пара спрямовується в парову турбіну. Структурна схема будови сонячних теплоелектростанцій наведена на рис. 7. Така сонячна теплоелектростанція (СТЕС) може працювати тільки при прямому освітленні сонячними променями.

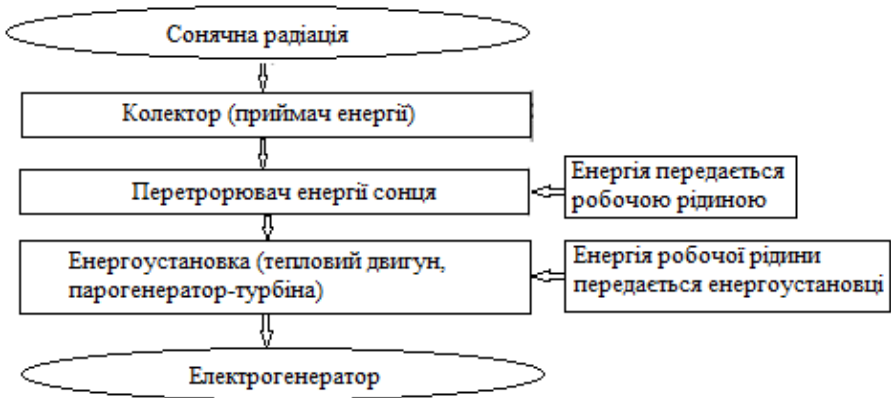


Рисунок 7 - Структурна схема сонячних теплоелектростанцій

Технічна складність підтримання ефективної роботи СТЕС та доволі великі площі дзеркал, які необхідні для отримання достатніх для промислового використання об'ємів електроенергії, стримують швидкий розвиток цього напрямку сонячної енергетики. Принципова схема СТЕС наведена на рис. 8.

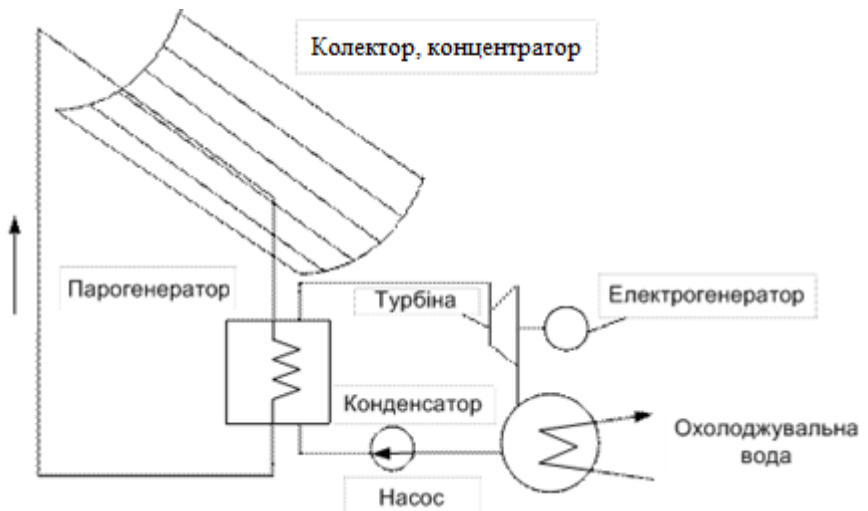


Рисунок 8 - Принципова схема СТЕС

Принцип дії сонячних концентраторів полягає у фокусуванні сонячного випромінювання на ємності з теплоносієм. Існують наступні типи сонячних концентраторів:

- параболоциліндричні;
- параболічні;
- баштові.

Параболоциліндричні концентратори мають форму параболі, витягнутої вздовж прямої, рис. 9.

Вони фокусують сонячне випромінювання у пряму лінію з мінімум стократною концентрацією. Параболоциліндричні концентратори використовують тільки пряме сонячне випромінювання, тому вони включають системи спостереження за положенням Сонця на небосхилі. Залежно від положення сонця концентратори міннятиме свою орієнтацію в просторі. Основне і саме трудомістке завдання – це позиціонування всіх концентраторів. Під час програмування системи спостереження враховується положення та швидкість руху сонця. В фокусі розміщують трубку з теплоносієм, який нагрівається до температури (300-400) °С. Нагрітий теплоносій подають у теплообмінник для утворення пари, яку використовують для виробництва електроенергії паротурбінним генератором. ККД СТЕС з параболоциліндричними концентраторами складає до 10%.

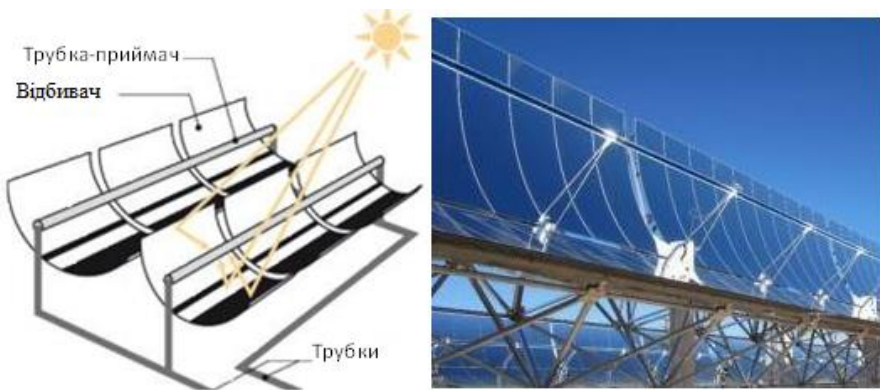


Рисунок 9 - Параболоциліндричні концентратори

Параболічні концентратори мають форму супутникової тарілки, рис. 10. СТЕС з параболічними дзеркалами на сьогодні представляють найпоширеніший тип електростанцій. Параболічний рефлектор постійно слідкує за положенням сонця для того, щоб енергія сонця була зібрана в невелику площину. Дзеркала відбивають близько 92% сонячного випромінювання що надходить до них. У фокусі відбивача на кронштейні монтують двигун Стірлінга таким чином, щоб площа нагріву перебувала у фокусі відбивача.



Рисунок 10 - Параболічний концентратор

Двигуни Стірлінга - тепловий двигун із зовнішнім підводом тепла. Він працює за замкненим термодинамічним циклом Стірлінга. Незмінна кількість робочої речовини циркулює між двома камерами із різними температурами, де по черзі нагрівається та охолоджується. За рахунок цього змінюється тиск робочої речовини, який і рухає робочі поршні. В системах із замкненим тепловим циклом процеси підведення джерела тепла і генерації енергії розділено: енергія гарячих газів спочатку передається теплоносію, який використовують у вторинному циклі. В цьому випадку в двигун подають чистий теплоносій, що усуває пошкодження двигуна небажаними домішками.

Потужність однієї установки складає 10-25кВт. ККД СТЕС досягає (25-30)%.

Баштові СТЕС отримали свою назву внаслідок того, що в центрі кожної з таких станцій стоїть вежа висотою від 18 до 24 м. На її вершині знаходиться резервуар з водою і насосною групою, що поставляє паровим турбінам пару, яка отримується в результаті випаровування води за рахунок сонячних променів, що приходять від розташованих по колу від вежі геліостатів рис. 2.22.

Концентратори баштового типу розміщують навколо центрального приймача і фокусують на нього сонячне випромінювання. В кожний концентратор інтегрована система руху за Сонцем, тому відбиті сонячні промені завжди спрямовані на центральний приймач. Концентрація сонячного випромінювання в 1000 разів більша за звичайну. В баштовому приймачі розташована парова турбіна, як робоче тіло використовують водяну пару, повітря, масло. Температура теплоносія (500-1500) °С. Часто в таких СТЕС встановлюють теплові акумулятори (термоізовані баки) для зменшення простоїв обладнання у несприятливу погоду. Потужність баштових СТЕС складає (10-100) МВт, ККД – (10-20)%.



Рисунок. 2.22 – Баштові СТЕС

В результаті огляду різних видів СТЕС можна зробити такі висновки:

- баштові, параболоциліндричні СТЕС доцільно використовувати для живлення промислових об'єктів потужністю від одиниць до десятків мегават;
- параболічні концентратори можливо використовувати в побутовому секторі.

Переваги та недоліки СТЕС.

Переваги СТЕС:

- загальна доступність і невичерпність джерела;
- безпека для навколишнього середовища, хоча існує ймовірність того, що поширене впровадження сонячної енергетики може змінити альbedo (характеристику відбивної здатності) земної поверхні і привести до зміни клімату;
- автономність системи – не вимагає підключення до центральної енергомережі;
- є можливість комбінувати отримання енергії з декількох джерел. Зазвичай застосовують вітро-сонячні батареї, що поєднують можливості обох типів електростанцій;
- мобільні електростанції мають невеликі габарити і можуть використовуватися для забезпечення електроенергією малопотужних приймачів (будинки, освітлення тощо);
- середній термін служби обладнання СТЕС становить 30...50 років.
- сонячна енергія безкоштовна;
- просте та недороге обслуговування;
- можливість колективного підключення.

Недоліки СТЕС:

- залежність від погоди і часу доби;
- в багатьох випадках необхідність в акумуляції енергії;
- при промисловому виробництві – необхідність в дублюванні СТЕС маневреними електростанціями порівнянної потужності;
- високі капітальні витрати;
- необхідність періодичного очищення поверхні, що відбиває світло, від пилу;
- для експлуатації СТЕС необхідно відводити значно більші території, ніж для електростанцій на викопному паливі;
- нагрівання атмосфери над електростанцією.