

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет електроенерготехніки та автоматики
Кафедра теоретичної електротехніки**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Микола ОСТРОВЕРХОВ

«19» 06 2023 р.



**Дипломна робота
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

**на тему: «Використання відновлювальних джерел енергії для створення
системи резервного енергозабезпечення приватного будинку»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ЕВ-91

Дмитро ОЗНАМЕЦЬ



Керівник:

Кандидат технічних наук, доцент,

Владислав МИХАЙЛЕНКО



Рецензент:

Кандидат технічних наук, доцент,

Олег ХОМЕНКО



Засвідчую, що у цій
дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент



Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет електроенерготехніки та автоматики
Кафедра теоретичної електротехніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Микола ОСТРОВЕРХОВ

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Ознамцю Дмитру Андрійовичу

1. Тема роботи «Використання відновлювальних джерел енергії для створення системи резервного енергозабезпечення приватного будинку», керівник роботи Михайленко Владислав Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «25» травня 2023 р. №1969-с
2. Термін подання студентом роботи _____ 19.06.2023 _____
3. Вихідні дані до роботи система енергозабезпечення на базі використання відновлюваних джерел енергії.
4. Зміст пояснювальної записки Вступ, Вибір місця розташування приватного будинку на території Київської області, Розрахунок необхідної потужності енергоустановки, Розробка системи електрозабезпечення будинку, з урахуванням кліматичних умов місцевості, Висновки, Реферат.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) презентація, доповідь.
7. Дата видачі завдання _____ 22.05.2023 _____

Календарний план-графік

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Відмітка керівника про виконання або не виконання
1	Робота з літературою та аналіз готових рішень по темі	22.05-28.05.2023	Виконано
2	Вибір обладнання	05.06-08.06.2023	Виконано
3	Розрахунок системи необхідної потужності для резервного живлення	09.06-11.06.2023	Виконано
4	Оформлення роботи та графічного матеріалу, підготовка до здачі	13.06-16.06.2023	Виконано
5	Прийняття до захисту	16.06-18.06.2023	Виконано
6	Попередній захист диплому	19.06.2023	
7	Захист диплому	20.06 та 22.06.2023	

Студент

Дмитро ОЗНАМЕЦЬ

Керівник роботи

Владислав МИХАЙЛЕНКО

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломну роботу	2	
2	A4	ЕВ91.1610.09.009.ПЗ	Пояснювальна записка	69	

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
на тему: «Використання відновлювальних джерел енергії
для створення системи резервного енергозабезпечення приватного будинку»

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт виконаний на 69 аркушах та містить 29 рисунків, 6 таблиць та 18 літературних посилань.

Об'єкт дослідження: система резервного енергозабезпечення приватного будинку.

Предмет дослідження: використання альтернативного джерела енергії в системи резервного живлення.

Мета дослідження: розрахунок системи резервного енергозабезпечення будинку на основі відновлювального джерела енергії.

Ключові слова: сонячна енергія, електростанція, система, сонячна панель, акумулятор, інвертор, контролер.

ABSTRACT

The diploma project is completed on 69 pages, 29 figures, 6 tables and 18 links.

Object of study: backup power supply system for a private house.

Subject of research: use of an alternative energy source in the backup power supply system.

The aim: calculation of a backup power supply system for a building based on a renewable energy source.

Key words: solar energy, power plant, system, solar panel, battery, inverter, controller.

ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	12
1.1 Відновлювальні джерела енергії	13
1.1.1 Енергія сонця	13
1.1.2 Енергія вітру	18
1.1.3 Гідроенергетика.....	23
1.1.4 Геотермальна енергія.....	25
1.1.5 Енергія біомаси.....	28
1.2 Місцезнаходження будинку	31
Висновки до розділу 1	33
РОЗДІЛ 2. КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ РЕЗЕРВНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	34
2.1 Системи резервного живлення	34
2.1.1 Інтеграція відновлювальної енергії в системи резервного живлення	34
2.1.2 Зелений тариф.....	37
2.2 Компоненти системи.....	39
2.2.1 Тип сонячної електростанції.....	39
2.2.2 Акумулятори.....	40
2.2.3 Інвентори.....	44
2.2.4 Контроллери	46
Висновки до розділу 2	48
РОЗДІЛ 3. ПІДБІР КОМПОНЕНТІВ ТА РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ....	49
3.1 Розрахунок споживання.....	49
3.2 Розрахунок потужності станції, та підбір її елементів.....	51
3.3 Функціональна схема системи	63
Висновки до розділу 3	65
ВИСНОВОК.....	66
ДЖЕРЕЛА.....	68

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

СЕС - Сонячна електростанція

ВЕС – Вітрова електростанція

ВЕУ - Вітрова електроустановка

ГЕС - Гідроелектростанція

ГЦС - Геотермальна циркуляційна система

ЛЕП - Лінія електропередач

ФЕП - Фотоелектричний перетворювач

ДБЖ - Джерело безперебійного живлення

АКБ - Акумуляторна батарея

ККД - Коефіцієнт корисної дії

AGM – (Absorbent Glass Mat) - технологія виготовлення свинцево-кислотних акумуляторів

GEL – Гель, технологія виготовлення свинцево-кислотних акумуляторів

MPPT – (Maximum power point tracking) - контроллер

MPP - Точка максимальної потужності

DC - Постійний струм

AC - Змінний струм

DoD - Глибина розряду

SoC - Рівень заряду

ВСТУП

Останніми роками в усьому світі зростає усвідомлення потреби у сталих і чистих джерелах енергії для вирішення проблем зміни клімату та деградації довкілля. Зростаючий попит на електроенергію в поєднанні з вразливістю традиційних електромереж до перебоїв і відключень спонукає людей і громади шукати альтернативні рішення для надійного резервного електропостачання. Приватні домогосподарства, зокрема, шукають шляхи забезпечення безперебійного електропостачання під час перебоїв в електромережі, щоб підтримувати основні життєво важливі потреби, зберігати продукти, що швидко псуються, та підтримувати комфортне середовище проживання.

Традиційний підхід до резервного електропостачання значною мірою покладається на генератори, що працюють на викопному паливі, які спричиняють викиди вуглекислого газу і обмежені в доступності палива. Однак розвиток технологій відновлюваної енергетики дає можливість інтегрувати екологічні рішення в системи резервного живлення. Відновлювані джерела енергії, такі як сонячна, вітрова та гідроелектроенергія, продемонстрували свій потенціал для виробництва електроенергії в екологічно чистий спосіб, використовуючи численні та легкодоступні ресурси.

Залежність від традиційних систем резервного живлення, що працюють на викопному паливі, створює значні проблеми з точки зору сталості, впливу на навколишнє середовище та довгострокової доступності паливних ресурсів. Використання відновлюваних джерел енергії може пом'якшити ці проблеми, забезпечуючи чисту та відновлювану енергію під час перебоїв в електромережі. Однак проектування та впровадження системи резервного електропостачання приватного будинку на основі відновлюваних джерел енергії вимагає

ретельного врахування різних факторів, включаючи попит на енергію, доступність ресурсів, ефективність системи та економічну доцільність.

Основною метою даного дипломного проекту є створення системи резервного електропостачання приватного будинку з використанням відновлюваних джерел енергії. Конкретні завдання включають:

1) Оцінка попиту на енергію та вимог до навантаження приватного будинку під час перебоїв в електромережі.

2) Дослідження та вибір відповідних джерел відновлюваної енергії, таких як сонячна та вітрова енергія, для генерації резервного живлення.

3) Проектування архітектури системи, включаючи визначення характеристик компонентів та інтеграцію відновлюваних джерел енергії з системами акумулювання.

4) Вибір відповідних компонентів, таких як сонячні панелі або вітрові турбіни, системи зберігання енергії (акумулятори) та системи перетворення/контролю електроенергії.

5) Встановлення системи резервного електропостачання, враховуючи питання електропроводки, з'єднання та безпеки.

6) Оцінка продуктивності системи з точки зору ефективності, надійності та довговічності.

7) Аналіз економічної доцільності та впливу на навколишнє середовище системи резервного електропостачання на основі відновлюваних джерел енергії.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Наразі існує два основних джерела енергії, які поділяються на традиційні та альтернативні. Традиційні джерела енергії є обмеженими і вичерпними, тобто їхня доступність зменшується з часом. Ці джерела в основному походять з викопного палива, яке утворювалося протягом мільйонів років, такого як нафта, вугілля та природний газ. Альтернативні джерела енергії походять від природних ресурсів, що відновлюються, і можуть використовуватися без їх виснаження. Ці джерела вважаються сталими і мають мінімальний вплив на навколишнє середовище. Приклади відновлюваних джерел енергії включають:

Енергія сонця - використовує енергію сонця за допомогою фотоелектричних панелей або сонячних теплових систем для виробництва електроенергії або тепла.

Енергія вітру - вітрогенератори перетворюють кінетичну енергію вітру в електричну, забезпечуючи екологічно чисте і багате джерело енергії.

Гідроенергетика - використовує енергію рухомої води, наприклад, річок або водоспадів, для виробництва електроенергії за допомогою турбін.

Геотермальна енергія - використовує тепло Землі, використовуючи пар або резервуари гарячої води під поверхнею для виробництва електроенергії або тепла.

Енергія біомаси - органічні речовини, такі як рослинні матеріали та сільськогосподарські відходи, які можуть бути перетворені на біопаливо або спалені безпосередньо для виробництва тепла чи електроенергії.

1.1 Відновлювальні джерела енергії

1.1.1 Енергія сонця

Сонячна енергія - це потужне джерело енергії, яке можна використовувати для обігріву, охолодження та освітлення будинків і підприємств. Кількості сонячного світла, що падає на земну поверхню за півтори години, достатньо для забезпечення всього світового енергоспоживання протягом цілого року. Технології сонячної енергетики перетворюють сонячне світло на електричну енергію або за допомогою фотоелектричних панелей, або за допомогою дзеркал, які концентрують сонячне випромінювання. Ця енергія може бути використана для виробництва електроенергії або збережена в акумуляторах чи теплових накопичувачах.

В основі життя на Землі лежить радіація та світлова енергія, що випромінюється Сонцем і досягає нашої планети. Екологічно чиста сонячна енергія, яку отримують від Сонця, є найбільш доступним і практично безмежним відновлюваним джерелом енергії. Вона виявляється ефективним і дієвим джерелом енергії на більшій частині земної поверхні.

Сонячна енергетика має багате історичне минуле. Пристрої та технології, які використовують сонячну енергію для виробництва електроенергії або тепла у відповідний спосіб, називаються сонячною енергетикою.

Індустрія сонячної енергетики зазнала значного зростання та розвитку в останні роки, оскільки світ прагне перейти на чисті та відновлювані джерела енергії. Сонячна енергія видобувається з сонячних променів за допомогою Фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) або за допомогою систем сонячних електростанцій (СЕС). За останнє десятиліття вартість сонячних панелей різко впала, що робить сонячну енергію все більш конкурентоспроможною порівняно з традиційними

джерелами викопного палива. Технологічний прогрес, економія від масштабу та вдосконалення виробничих процесів сприяли цьому зниженню витрат. Потужності сонячної енергетики стрімко зростають у всьому світі. Багато країн поставили перед собою амбітні цілі у сфері відновлюваної енергетики, і сонячні установки відіграють значну роль у досягненні цих цілей. Великомасштабні сонячні електростанції, а також сонячні системи на дахах житлових і комерційних будівель сприяли збільшенню сонячних потужностей. Сонячна енергія є чистим і поновлюваним джерелом енергії, яке не виробляє викидів парникових газів під час виробництва електроенергії. Це допомагає зменшити залежність від викопного палива, пом'якшує наслідки зміни клімату та покращує якість повітря.

Уряди багатьох країн світу запровадили політику підтримки та стимулювання впровадження сонячної енергетики. До них відносяться "зелені" тарифи, податкові кредити, гранти та стандарти портфеля відновлюваних джерел енергії. Такі ініціативи відіграли вирішальну роль у стимулюванні зростання сонячної енергетики.

Однією з проблем сонячної енергетики є її непостійний характер. Однак розвиток технологій зберігання енергії, таких як акумулятори, покращив інтеграцію сонячної енергії в електромережу. Це дозволяє використовувати сонячну енергію навіть тоді, коли сонце не світить.

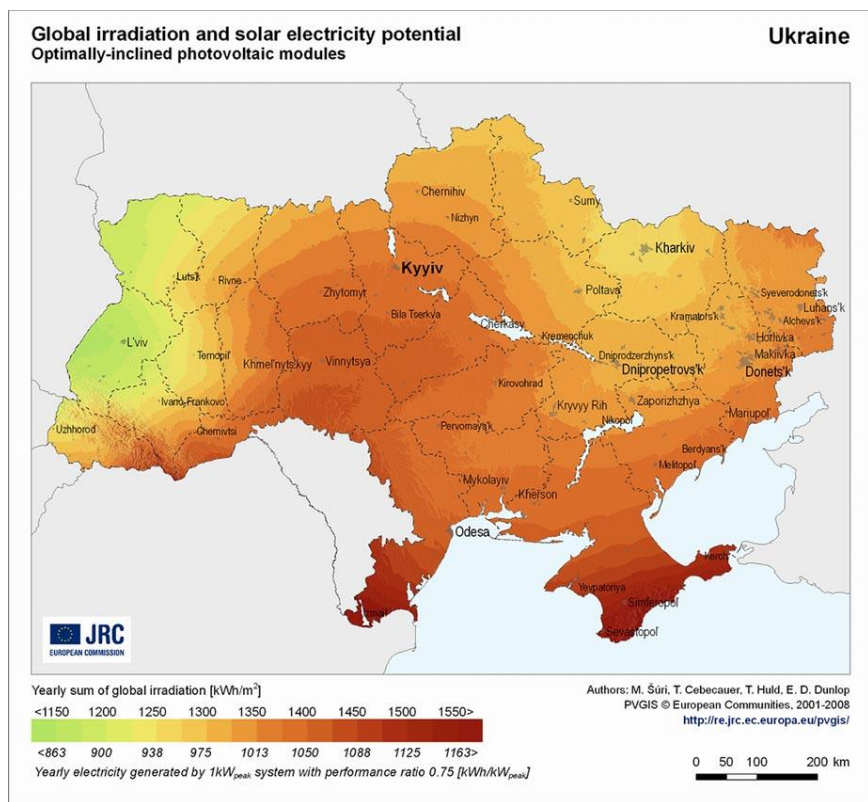


Рис.1.1 - Розподіл сонячного випромінювання в Україні

Очікується, що сонячна енергетика продовжить своє зростання в найближчі роки. Зниження вартості, підвищення ефективності та політика підтримки сприятимуть подальшому впровадженню сонячної енергетики. Інтеграція сонячної енергетики з новими технологіями, такими як електромобілі, інтелектуальні мережі та штучний інтелект, ймовірно, посилить можливості та вплив сектору.

Сонячні панелі працюють за принципом фотогальванічного ефекту - перетворення світлової енергії в електричну. Фотоелектричний ефект - це явище, яке відбувається в певних матеріалах, таких як напівпровідники, під впливом світла. Це фундаментальний принцип роботи сонячних панелей, які перетворюють світлову енергію в електричну. Коли світло, що складається з частинок, які називаються фотонами, потрапляє на поверхню напівпровідникового матеріалу, наприклад, кремнію, частина фотонів поглинається матеріалом. Поглинені фотони передають свою енергію електронам у напівпровідниковому матеріалі, переводячи їх з

більш низького енергетичного стану в більш високий. Цей процес називається електронним збудженням. В результаті електронного збудження певні області в напівпровіднику стають негативно зарядженими або позитивно зарядженими. Ці області називаються "дірками". Структура напівпровідникового матеріалу створює електричне поле, яке відокремлює області з дефіцитом електронів (дірки) від збуджених електронів. Це електричне поле перешкоджає миттєвій рекомбінації електронів і дірок. Збуджені електрони, звільнившись від своїх атомів, рухаються до областей з дефіцитом електронів під дією електричного поля в напівпровідниковому матеріалі. Цей рух електронів генерує електричний струм. Згенерований електричний струм має форму постійного струму (DC). Він може бути використаний безпосередньо для живлення пристроїв, які працюють на постійному струмі, або може бути перетворений в електрику змінного струму за допомогою інвертора для використання в стандартних електричних системах.

З'єднавши кілька сонячних елементів послідовно або паралельно, можна регулювати вихідну напругу і струм відповідно до конкретних вимог. Об'єднані сонячні елементи утворюють сонячну панель, а кілька сонячних панелей можна з'єднати для створення сонячної батареї або більшої сонячної енергетичної системи.

Ефективність фотоелектричного ефекту залежить від різних факторів, включаючи тип використовуваного напівпровідникового матеріалу, якість сонячних елементів, інтенсивність і довжину хвилі падаючого світла, а також температуру. Досягнення в області фотоелектричних технологій продовжують підвищувати ефективність і економічність сонячних панелей, роблячи їх життєздатним і стійким енергетичним рішенням.

Зазвичай для моделювання сонячного випромінювання використовують математичні моделі, які враховують різні чинники, такі

як географічне розташування сонячної електростанції, нахил земної поверхні, орієнтація сонячних панелей та кліматичні умови. Ці моделі дозволяють прогнозувати виробництво електроенергії на різних часових інтервалах, від годин до кількох років. Крім того, існують спеціальні програмні засоби, наприклад, програма PVsyst, яка дозволяє розрахувати виробництво електроенергії для різних конфігурацій сонячних електростанцій.

Отримані дані надають можливість розрахувати потенційний обсяг електроенергії, який можна здобути з сонячних панелей, встановлених на певній території, а також визначити вартість цього процесу. Це дозволяє зробити осмислений вибір щодо конфігурації сонячних електростанцій, що сприятиме зниженню витрат на виробництво електроенергії та збільшенню її виробництва за допомогою сонячних панелей.

Продуктивність сонячних панелей залежить не лише від сонячного випромінювання та стану та температури навколишнього середовища, але також від кута падіння сонячної радіації на поверхню панелі. Протягом дня Сонце переміщується по небу від сходу до заходу, що призводить до постійних змін у куті між сонцем та фіксованою поверхнею панелей. Це означає, що концентрація потужності на стаціонарному модулі сонячної батареї менша, ніж у падаючого сонячного світла.

Мінуси сонячної енергетики:

- Залежність від сонячного світла: Сонячні панелі потребують сонячного світла для виробництва електроенергії. Похмура погода та нічний час можуть знизити продуктивність сонячних систем.
- Великі витрати на початкове обладнання: Встановлення сонячних панелей вимагає значних початкових інвестицій на закупівлю та

встановлення обладнання. Це може бути фінансово вимогливою операцією для окремих господарств або підприємств.

- Обмежена продуктивність у певних регіонах: Продуктивність сонячних систем може бути обмежена в регіонах з малою кількістю сонячного світла або областях з високою хмарністю.
- Використання земель: Встановлення великих сонячних ферм може вимагати значної площі землі. Це може конкурувати з іншими використаннями землі, такими як сільське господарство.

1.1.2 Енергія вітру

Вітроенергетика - це відновлюване джерело енергії, яке використовує силу вітру для виробництва електроенергії. В останні роки вона набула значної уваги та популярності як екологічно чиста та стійка альтернатива викопним видам палива. Вітрова енергія виробляється з природного ресурсу, який є в достатку і не вичерпується з використанням. Не виділяє парникових газів або забруднюючих речовин під час роботи, на відміну від електростанцій, що працюють на викопному паливі. Використання енергії вітру зменшує залежність від імпорту викопного палива та підвищує енергетичну безпеку. Вітроенергетика є важливою складовою глобального переходу до більш чистих і стійких енергетичних систем. Вона відіграє життєво важливу роль у скороченні викидів парникових газів, пом'якшенні наслідків зміни клімату та сприянні енергетичній диверсифікації.

Вітрогенератор - це пристрій, який перетворює енергію руху вітру на електричну енергію. Це автономне джерело виробництва електроенергії, яке може бути використане в приватних будинках, а також на промислових підприємствах.

Вітрові турбіни - це основна технологія, яка використовується для перетворення енергії вітру в електрику. Обертові лопаті вітрової турбіни вловлюють кінетичну енергію вітру і передають її генератору, який

виробляє електричну енергію. Вітрові турбіни зазвичай об'єднуються у вітроелектростанції, щоб максимізувати виробництво енергії.

Принцип роботи вітрової турбіни полягає в перетворенні кінетичної енергії вітру в електричну енергію. Вітрові турбіни розташовуються в місцях з високою швидкістю вітру, таких як відкриті поля, прибережні райони або піднесені регіони. Лопаті турбіни призначені для вловлювання енергії повітря, що рухається. Ротор складається з декількох лопатей, прикріплених до центральної втулки. Кількість лопатей може варіюватися, але зазвичай використовуються три лопаті через їх оптимальний баланс ефективності та стабільності. Лопаті мають аеродинамічну форму, щоб максимізувати їхню здатність видобувати енергію з вітру. Коли дме вітер, він створює різницю тиску між навітряною і підвітряною сторонами лопатей. Ця різниця тиску змушує лопаті обертатися, ініціюючи обертальний рух. Обертальний рух лопатей передається на головний вал, з'єднаний з маточиною ротора. Головний вал підтримується підшипниками, і швидкість його обертання відносно низька, зазвичай від 10 до 30 обертів на хвилину (об/хв). Для того, щоб оптимізувати швидкість для виробництва електроенергії, багато турбін використовують редуктор для збільшення швидкості обертання.

Сьогодні існує широкий асортимент вітрогенераторів, які можна класифікувати за такими характеристиками:

- Вітрогенератори з горизонтальною віссю обертання, які встановлюються паралельно напрямку потоку вітру.
- Вітрогенератори з горизонтальною віссю обертання, які встановлюються перпендикулярно напрямку потоку вітру.
- Вітрогенератори з вертикальною віссю обертання, які встановлюються перпендикулярно напрямку потоку вітру.

Існують також пристрої, що перетворюють енергію вітру без використання рухомих частин. Прикладом може слугувати обладнання, що використовує термоелектричний ефект Томсона, який потребує охолодження під час руху вітру.

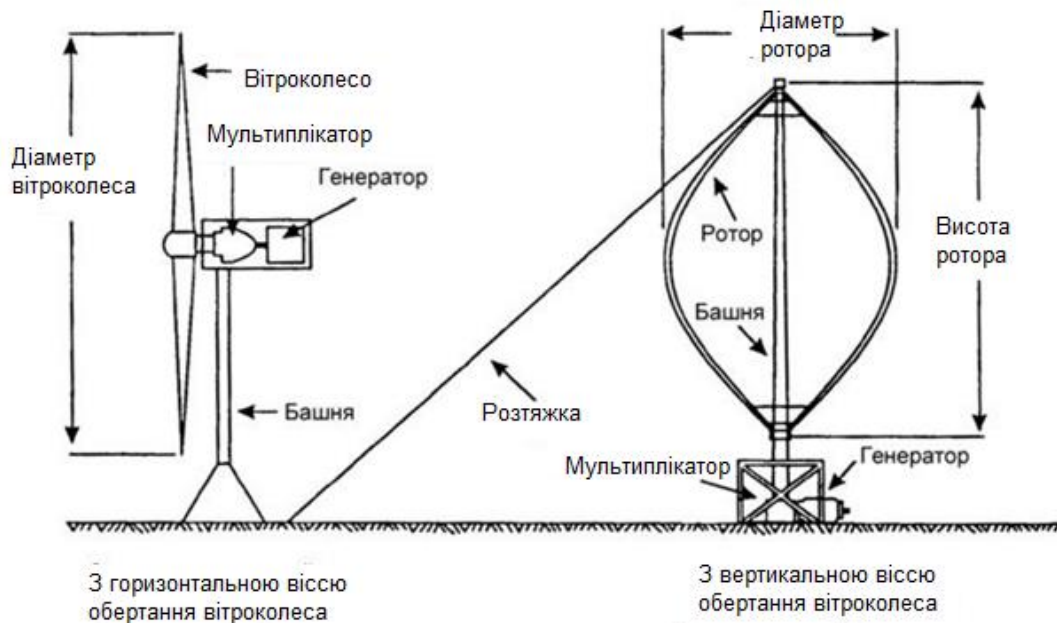


Рис. 1.2 - Типи вітроелектричних установок

Виробництво вітрової енергії залежить від наявності вітру, який може змінюватися як за швидкістю, так і за постійністю. Ця нестабільність вимагає резервних джерел живлення або систем зберігання енергії для забезпечення безперервного постачання. Також вітроелектростанції потребують значних земельних ділянок, а наявність вітрових турбін може сприйматися деякими людьми як візуально нав'язливе явище. Вітрові турбіни можуть створювати шум, хоча сучасні конструкції значно зменшили цю проблему. Існує також занепокоєння щодо їхнього впливу на птахів і кажанів, хоча правильне розташування і дизайн можуть мінімізувати ці ризики.

Вітрогенератори з горизонтальною віссю обертання.

1 – Фундамент; 2 – Щиток з силовими елементами; 3 – Щогла; 4 – Драбина; 5 – Поворотний механізм; 6 – Гондола; 7 – Електричний генератор; 8 – Система спостереження за швидкістю та напрямком вітру; 9 – Гальмівна система; 10 – Трансмісія; 11 – Лопаті; 12 – Система зміни кута атаки лопаті; 13 – Ковпак ротора; система пожежогашіння; Телекомунікаційна система для передачі даних про роботу вітрогенератора; Система блискавко захисту.

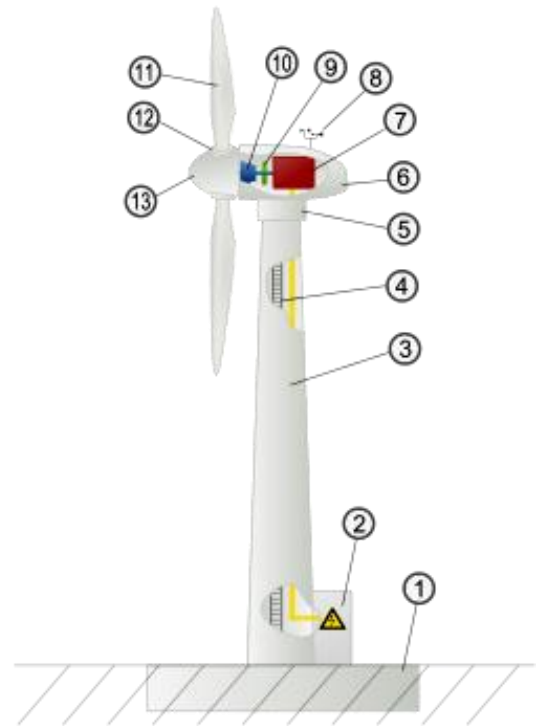


Рис. 1.3 - Конструкція ВЕУ

Потужність вітрогенератора залежить від інтенсивності потоку повітря (N), яка визначається швидкістю вітру та площею лопаті.

$N = \rho S V^3 / 2$, де: V – швидкість вітру; ρ – щільність повітря; S – площа лопаті.

Інтеграція вітроенергетики в існуючі електромережі вимагає ретельного планування та управління. Балансування між непостійним характером вітроенергетики та загальним попитом на енергію і стабільністю енергосистеми є значним викликом. Для оптимізації інтеграції вітроенергетики в електромережу розробляються технології "розумних мереж" і системи зберігання енергії.

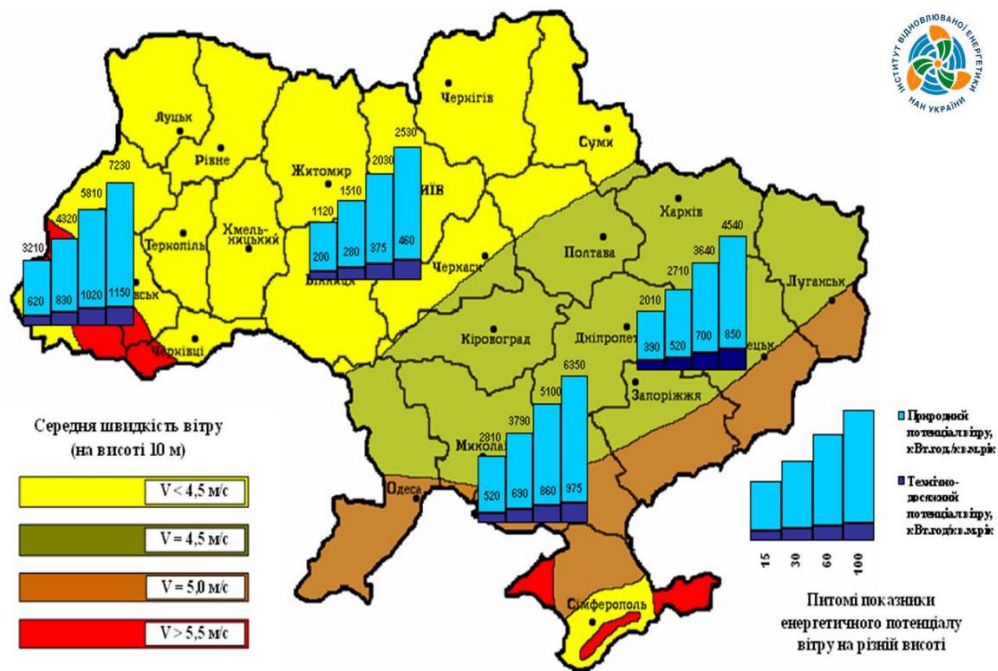


Рис. 1.4 - Карта вітрів України

Мінуси вітрової енергетики:

- Залежність від вітру: Вітрові турбіни виробляють енергію тільки при наявності достатнього вітрового потоку. Значне зниження швидкості вітру або його відсутність можуть призвести до зниження виробництва електроенергії.
- Вплив на ландшафт: Встановлення великих вітрових ферм може вимагати значного простору і мати вплив на ландшафт та природні екосистеми. Це може викликати обурення відповідних спільнот та проблеми з втратою біорізноманіття.
- Шумове забруднення: Вітрові турбіни можуть видавати шум, особливо на близькій відстані. Це може впливати на життя місцевих мешканців та тварин, які проживають у навколишніх ділянках.
- Потенційні впливи на птахів та диких тварин: Ротори вітрових турбін можуть становити ризик для птахів і диких тварин, які можуть зіштовхнутися з ними. Це може мати негативні наслідки для місцевих екосистем.

1.1.3 Гідроенергетика

Гідроелектростанція (ГЕС) є комплексом споруд та обладнання, що призначені для перетворення потоку води в механічну енергію, а подальше - в електроенергію. Ефективність гідроелектростанцій відзначається високим рівнем конвертації доступних ресурсів гідроенергії в електроенергію. Коефіцієнт корисної дії гідроелектростанцій зазвичай коливається від 70% до 90% і, у деяких випадках, може бути ще більшим.

Малі гідроелектростанції відносяться до типу гідроенергетичних об'єктів, які є відносно меншими за масштабами порівняно з великими гідроелектростанціями. Ці станції використовують енергію води, що тече або падає в річках, струмках чи інших водних джерелах, для виробництва електроенергії на меншому, локальному рівні. Зазвичай мають меншу потужність і призначені для забезпечення електроенергією місцевих громад або конкретних промислових потреб. Вони можуть мати потужність від кількох кіловат до кількох мегават, залежно від наявних водних ресурсів і бажаного обсягу виробництва електроенергії.

Будівництво малих ГЕС передбачає встановлення турбін або водяних коліс, які перетворюють кінетичну енергію води на механічну. Ця механічна енергія потім перетворюється на електричну за допомогою генератора. Вироблена електроенергія може бути використана для споживання на місці або розподілена через місцеву електромережу.

Малі ГЕС мають низку переваг, серед яких відновлюване і чисте джерело енергії, низький рівень викидів парникових газів і можливість забезпечувати електроенергією віддалені райони або райони, що не входять до електромережі. Вони також мають відносно невеликий вплив на навколишнє середовище порівняно з великими греблями та гідроелектростанціями.

Загалом, малі ГЕС відіграють важливу роль у децентралізованому виробництві енергії, сприяючи диверсифікації джерел енергії та просуванню сталого розвитку.

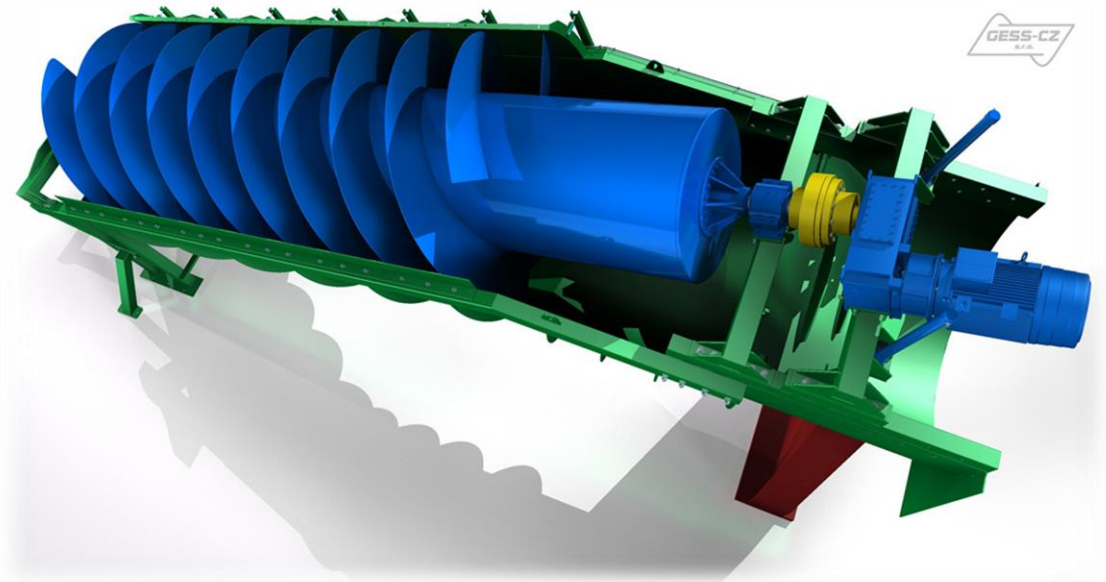


Рис. 1.5 - Гвинтова турбіна

Гвинтова турбіна - це механічна пристрій, який використовує потенційну енергію (градієнт) руху води для перетворення її на механічну енергію, а потім, за допомогою редуктора і генератора, на електричну енергію. Вода з потоку надходить до гвинтової турбіни через канал і потрапляє у жолоб, який має нахилений кут. Вага води тисне на лопаті гвинтової частини ротора турбіни і спричиняє повільний оберт турбіни. Потужність турбіни залежить від витрати води і градієнта потоку.

У 1997 році в Чеській Республіці була створена та виготовлена перша в світі гвинтова турбіна. В цій конструкції використовується старовинний насос, відомий як гвинт Архімеда, працюючий у зворотному напрямку.

Переваги гвинтових турбін:

- Значно нижчі витрати на будівництво малих ГЕС
- Нижчі витрати на придбання (приблизно на 30-40%)

- Використання низьких ухилів - від 1,1 м
- Проста конструкція
- Тривалий термін служби
- Високий ККД
- Надійність при низьких витратах (навіть при витраті 20% ефективність становить 74%)
- Переважно автоматична експлуатація та прості технічні огляди
- Може бути встановлений у греблі
- Легкий доступ до активної зони

Гвинтові турбіни в основному призначені для малих ГЕС, що працюють на водотоках, які мають низький нахил і часто страждають від значних коливань потоку. Однак вони також служать додатковим двигуном до інших турбін з поперечним потоком, що використовують енергію переливів, тобто мінімальних залишкових потоків цих електростанцій, або навіть повністю замінюють старі існуючі турбіни.

Один з ключових аспектів будівництва ГЕС - вибір місця. Для міні ГЕС необхідно знайти відповідну річку або потік води, де буде достатньо води для виробництва енергії.

1.1.4 Геотермальна енергія

Геотермальні ресурси - це тепло, що зберігається в земній корі у твердій, рідкій та газоподібній формах. Ці ресурси можна видобувати з надр Землі та використовувати за допомогою сучасних геотермальних технологій.

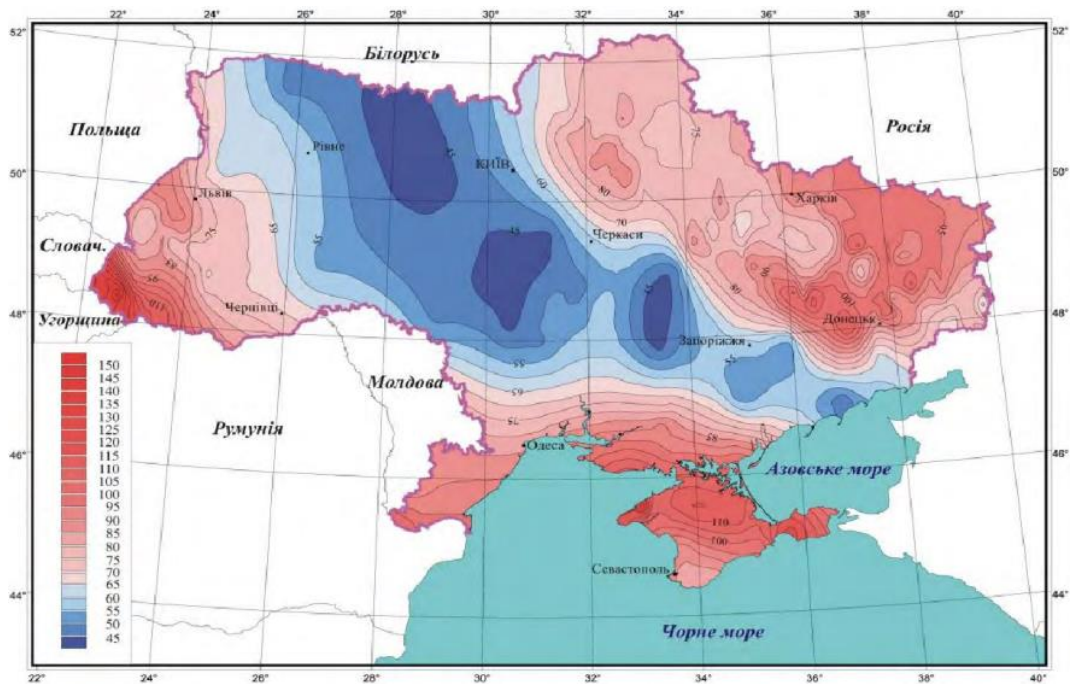


Рис. 1.6 - Карта розподілу температур гірських порід на глибині 3000 м на території України

Геотермальні ресурси можна класифікувати наступним чином:

- Субгеотермальні ресурси - пов'язані з теплом, яке міститься в підземних водоносних горизонтах, пластах і ненасичених верхніх шарах Землі, що залягають на глибині до 500 метрів. Ці ресурси забезпечують низьку ентальпійну теплову енергію, яку можна використовувати за допомогою теплонасосних установок.
- Гідротермальні ресурси - це тепло, що міститься в глибоких підземних термальних водах, які слугують геотермальним теплоносієм. Геотермальний теплоносій - це підземні води, пара, природний газ або інші хімічні речовини, що видобуваються з-під земної поверхні. Він використовується тепловими та електричними станціями.
- Петротермальні ресурси - ці ресурси включають тепло, отримане від перегрітих сухих гірських порід. Це тепло можна використати за допомогою свердловинних теплообмінників або створення штучних підземних проникних колекторів.

- Геотермальні ресурси також включають в себе скидне тепло, отримане від відновлюваних джерел енергії, традиційних електростанцій та промислових об'єктів. Це тепло акумулюється у верхніх шарах Землі і може бути використане в енергетичних цілях.

Кожен тип геотермальних ресурсів має відмінні умови формування, енергетичний потенціал і технологічні особливості видобутку та розробки.

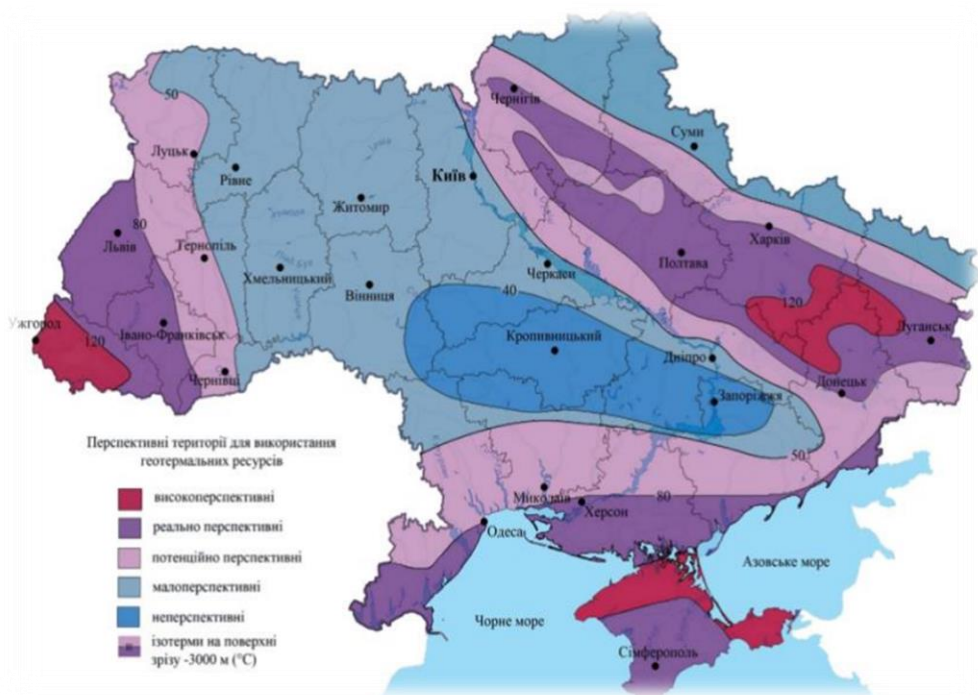


Рис. 1.7 - Карта перспективності Геотермальних ресурсів

Наразі серед різних видів геотермальних ресурсів гідротермальні ресурси мають найбільш досконалі та випробувані технології видобутку та використання. Гідротермальні технології мають незаперечні переваги, серед яких широка доступність ресурсів та їхня практична невичерпність за умови дотримання експлуатаційних вимог. Ці технології також демонструють стабільні експлуатаційні характеристики, на які не впливають погодні умови, сезон або час доби. Геотермальні електростанції, що використовують гідротермальні ресурси, не залежать від традиційних джерел палива і не потребують великих площ для

будівництва. Крім того, впровадження геотермальних циркуляційних систем (ГЦС) зі зворотним закачуванням використаного теплоносія підвищує екологічну безпеку цих електростанцій.

З аналізу карти (Рис. 1.4), можна зробити висновок, що найбільш привабливими для розвитку геотермальної енергетики в Україні є східний регіон, Крим і західний регіон.

1.1.5 Енергія біомаси

Енергія біомаси - це енергія, отримана з органічних матеріалів, таких як рослини, зернові культури, сільськогосподарські відходи, деревина та інші форми біологічної матерії. Це відновлюване джерело енергії, оскільки воно походить від нещодавно живих організмів або їхніх побічних продуктів. Біомасу можна використовувати безпосередньо як паливо, перетворювати на біопаливо або переробляти для виробництва тепла, електроенергії чи інших видів енергії.

Біомаса може бути отримана з різних джерел, включаючи лісові відходи, сільськогосподарські культури та відходи, спеціальні енергетичні культури, водорості, органічні відходи (наприклад, харчові відходи або гній тварин) та деревні продукти. Біомаса може бути перетворена в енергію за допомогою різних процесів, залежно від бажаного кінцевого продукту. Найпоширеніші методи перетворення включають спалювання, газифікацію, піроліз та анаеробне зброджування. Біомаса спалюється для отримання тепла, яке може бути використане для опалення приміщень, підігріву води або промислових процесів. Теплова енергія також може бути використана для виробництва пари, яка приводить в дію турбіну для виробництва електроенергії.

Енергія з біомаси вважається вуглецево-нейтральною, оскільки вуглекислий газ, що виділяється при її спалюванні, компенсується вуглецем, поглинутим під час росту біомаси. Біомаса також пропонує потенційні переваги в управлінні відходами завдяки використанню

сільськогосподарських залишків та органічних відходів, які в іншому випадку розкладаються і виділяють парникові гази. Незважаючи на свої переваги, енергія з біомаси також стикається з проблемами. До них відносяться конкуренція з виробництвом продуктів харчування, проблеми раціонального використання землі та можливість нераціональних методів збирання врожаю. Щоб уникнути негативного впливу на екосистеми та продовольчу безпеку, дуже важливо забезпечити відповідальне та стале постачання біомаси, щоб уникнути негативних наслідків для екосистем.

Біопаливо - це вид палива, який виготовляється з органічної рослинної або тваринної біомаси.

Біогаз - це газове паливо, яке утворюється при біологічному розкладі органічного матеріалу в умовах відсутності кисню, процес який називається анаеробним бродінням або метановим бродінням. Головним компонентом біогазу є метан (CH_4), а також включає у себе вуглекислий газ (CO_2), азот (N_2), кисень (O_2) та інші слідові гази.

Біогазова установка є сучасним комплексним біореактором, який працює ефективно з низькими витратами. Сутність таких установок полягає у прискоренні процесу розкладу складних органічних речовин на більш прості шляхом бродіння. Цей процес призводить до утворення біогазу.

Біоводень - це форма водню, яка виробляється з використанням біологічних джерел, таких як біомаса або мікроорганізми. Може бути вироблений з біомаси, такої як деревина, солома або навоз, через процес газифікації або піролізу. Також існують мікроорганізми, такі як деякі види водоростей або бактерій, які можуть виробляти водень під час ферментації або біологічного розкладу органічного матеріалу.

Біоетанол - це вид біопалива, який виробляється шляхом ферментації цукрів або скорочення рослинних матеріалів, таких як цукровий тростинник, кукурудза, солодовий ячмінь або інші зернові культури. Процес виробництва біоетанолу включає перетворення цукрів на етанол (етиловий спирт) шляхом взаємодії з дріжджами або іншими мікроорганізмами. Біоетанол використовується в якості палива для транспортних засобів, особливо у сумішах з бензином, відомих як етанольні змішані палива (E85 або E10), де числа вказують на відсоткове співвідношення етанолу до бензину.

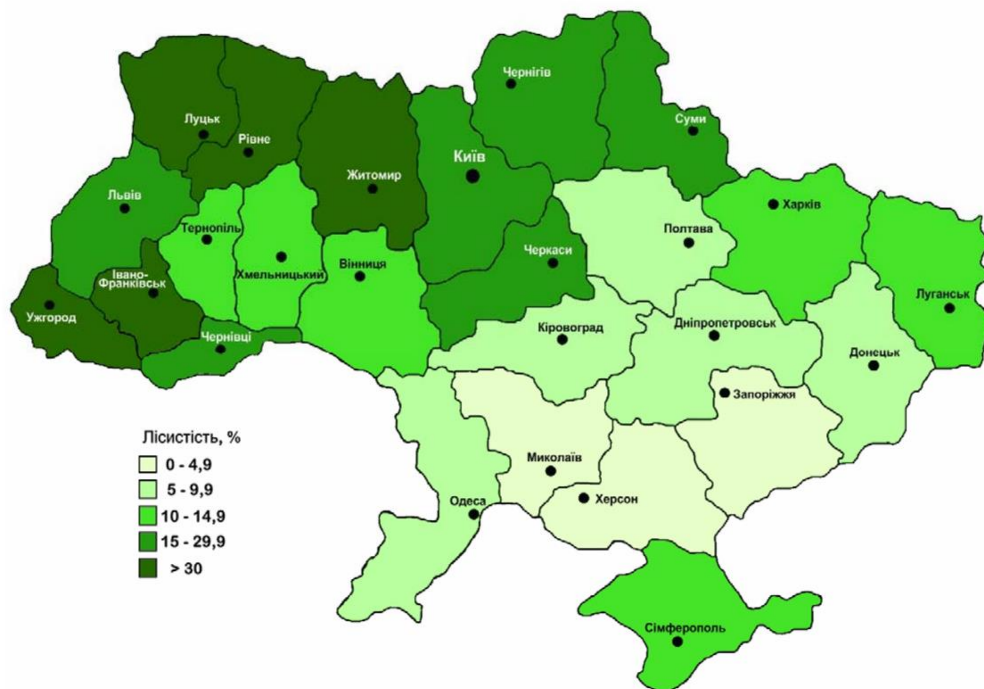


Рис. 1.8 - Лісистість на території України залежно від областей

Мінуси використання енергії біомаси:

- Забезпечення стабільного та надійного постачання біомаси є однією з головних проблем. Необхідно мати доступ до достатнього обсягу біомаси, що відповідає потребам енергетичного процесу. Це може включати проблеми з доставкою, збиранням і зберіганням біомаси.

- Використання біомаси може мати вплив на довкілля. Наприклад, спалювання біомаси може випускати в атмосферу шкідливі речовини і вуглекислий газ.

1.2 Місцезнаходження будинку

Для даної роботи було вибрано будинок що знаходиться в м. Фастів Київської області.

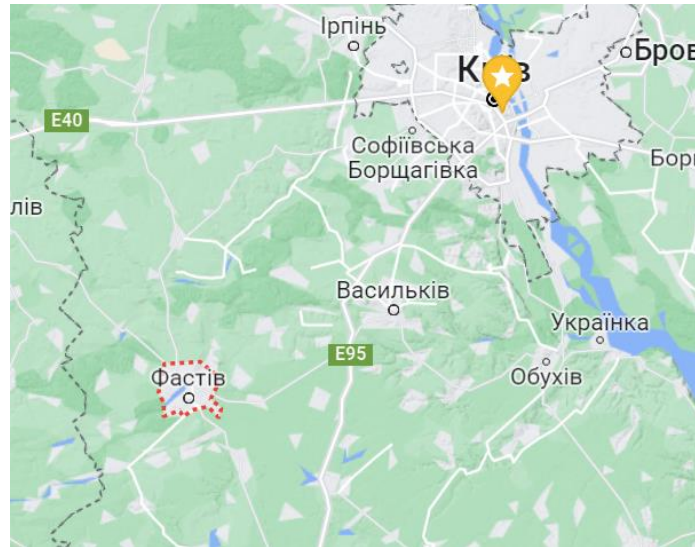


Рис. 1.9 - Місце знаходження будинку

Для системи резервного живлення на базі альтернативних джерел енергії було вибрано наступну земельну ділянку, що зображена на рисунку 1.10.



Рис. 1.10 - Супутниковий знімок ділянки

В околицях не стоять багатоповерхівки та не ростуть великі дерева, що дає можливість для встановлення ВЕС або СЕС на ділянці.

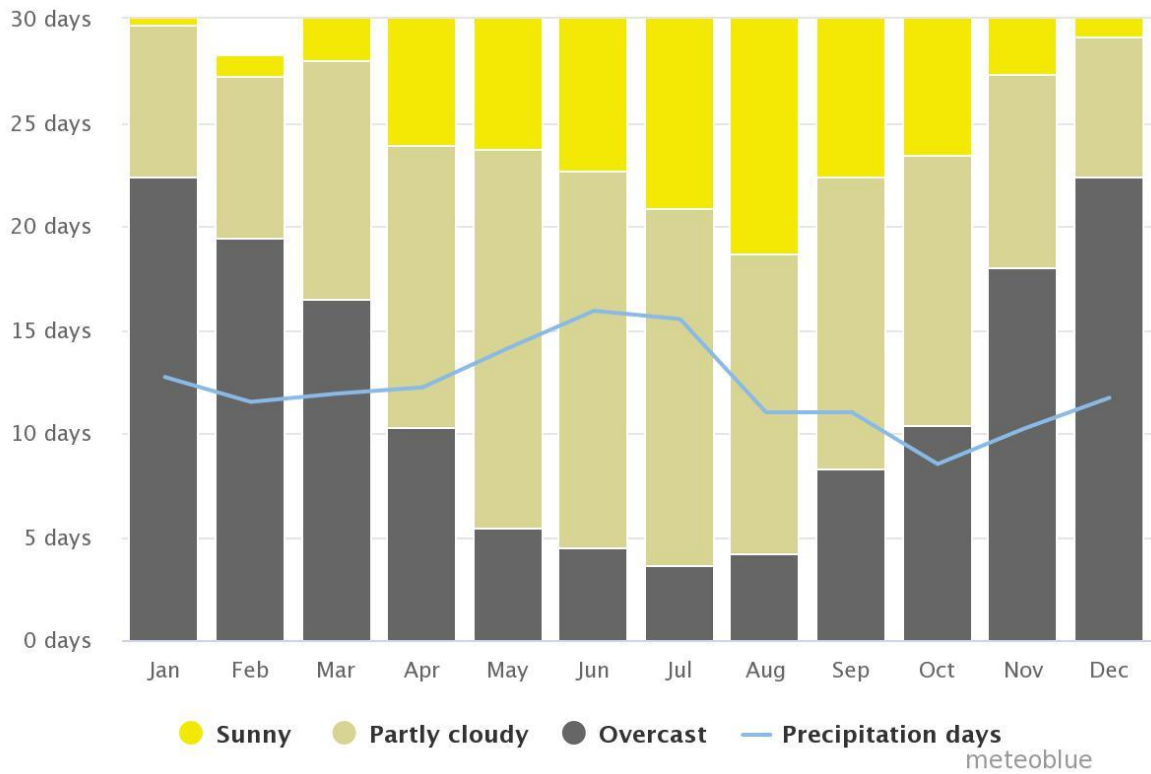


Рис. 1.11 - Кількість сонячних, частково хмарних і туманних днів в Києві

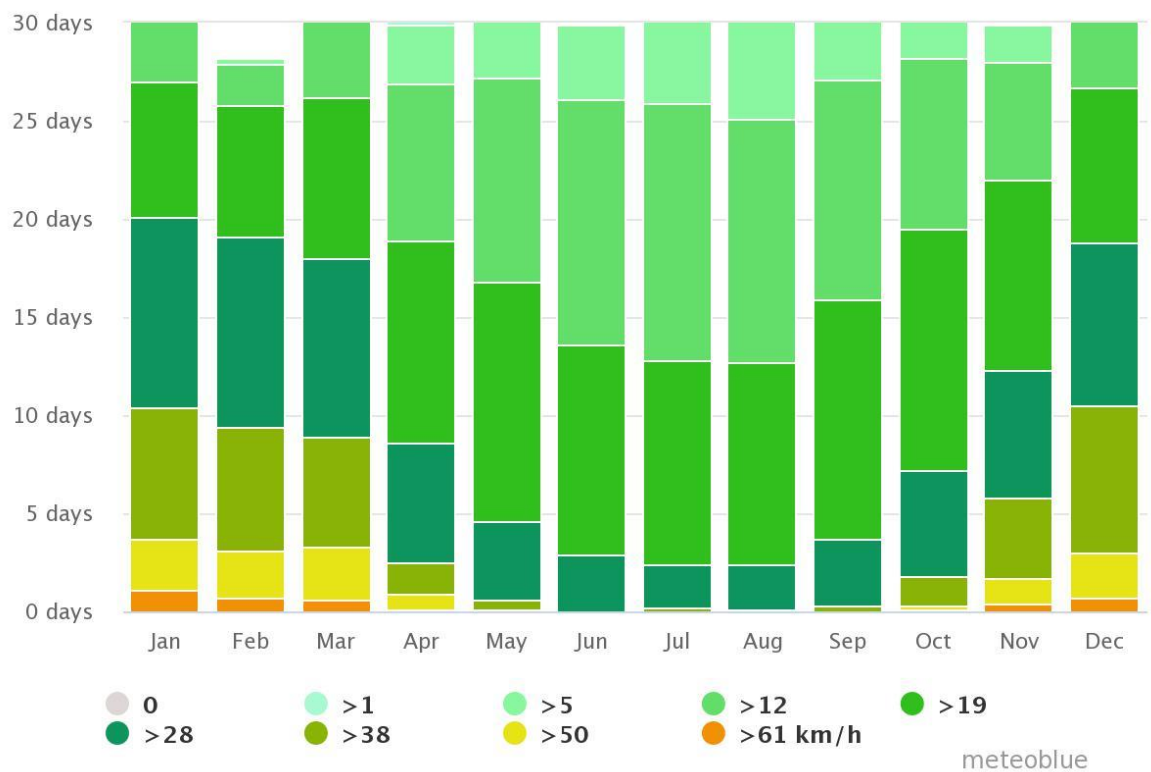


Рис. 1.12 - Швидкість вітру в Києві

Встановлення вітрових електростанцій у приміських зонах може мати потенційні недоліки та проблеми. У приміських зонах, де будівлі

розташовані ближче одна до одної, а щільність населення вища, візуальний вплив і шум, що генерується вітровими турбінами, може викликати занепокоєння серед мешканців. Це може вплинути на естетику місцевості і потенційно порушити мирну атмосферу житлових кварталів.

Висновки до розділу 1

В розділі 1 було проведено аналіз установок для виробництва електроенергії з альтернативних (відновлювальних) джерел, їх переваги та недоліки, показали, що для системи ДБЖ найкраще підходить сонячна енергія. Київська область отримує значну кількість сонячного світла протягом усього року, що робить сонячну енергію надійним і стабільним джерелом відновлюваної енергії. Навіть у похмурі дні сонячні панелі можуть генерувати електроенергію, забезпечуючи безперервне живлення системи ДБЖ. Сонячні панелі можна встановлювати на дахах або на відкритих майданчиках, ефективно використовуючи наявний простір. Це особливо вигідно для встановлення в міському середовищі або в умовах обмеженого простору. Сонячні електростанції можна легко збільшувати або зменшувати відповідно до потреб системи. Додаткові сонячні панелі можуть бути додані в міру необхідності для задоволення попиту на енергію або для майбутнього розширення. Після встановлення сонячні електростанції потребують мінімального обслуговування. Зазвичай достатньо регулярного очищення сонячних панелей від пилу та сміття, а також періодичних перевірок для забезпечення оптимальної продуктивності.

РОЗДІЛ 2. КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ РЕЗЕРВНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

2.1 Системи резервного живлення

Щоб забезпечити безперебійне електропостачання та мінімізувати перебої під час відключень, у будівлях часто встановлюють системи резервного живлення. Ці резервні системи діють як альтернативні джерела живлення, які автоматично вмикаються, коли основне електропостачання зникає, дозволяючи критично важливим системам продовжувати роботу до відновлення основного електропостачання або до того, як резервні системи вичерпають накопичену ними енергію.

Системи резервного живлення будинку зазвичай включають в себе один або декілька компонентів:

Джерело безперебійного живлення (ДБЖ) - забезпечує короткочасне електроживлення під час коротких відключень або до моменту включення резервного генератора. Для постачання електроенергії використовуються акумулятори або маховики.

Система резервного живлення може включати автоматичну систему керування, яка моніторить стан основного живлення. Коли виявляється переривання основного живлення, система автоматично активує генератор і переключає будинок на резервне живлення. Коли основне живлення відновлюється, система повертає живлення на основне джерело і автоматично вимикає генератор.

2.1.1 Інтеграція відновлювальної енергії в системи резервного живлення

Інтеграція відновлюваної енергії в системи резервного живлення передбачає поєднання відновлюваних джерел енергії з технологіями зберігання енергії та системами керування живленням. Така інтеграція забезпечує надійне та безперервне електропостачання під час перебоїв в електромережі, використовуючи при цьому чисті та сталі джерела енергії.

Системи зберігання енергії, які зазвичай базуються на акумуляторах, відіграють вирішальну роль у зберіганні надлишкової відновлюваної енергії, виробленої під час нормальної роботи мережі, для використання під час перебоїв в електропостачанні. Технології акумуляторів, такі як літій-іонні, свинцево-кислотні або гелеві акумулятори, забезпечують ефективне та надійне зберігання енергії.

Визначення відповідного розміру та ємності акумуляторної системи має важливе значення для задоволення потреб будинку в резервному електропостачанні. При виборі розміру слід враховувати такі фактори, як попит на енергію, тривалість необхідного резервного живлення та потужність відновлюваних джерел енергії.

Впровадження ефективних систем управління зарядом забезпечує оптимальне використання відновлюваних джерел енергії та акумуляторів. Це передбачає моніторинг і контроль циклів заряджання та розряджання для максимального підвищення енергоефективності та подовження терміну служби акумулятора. Відновлювані джерела енергії, такі як сонячні панелі або вітрогенератори, виробляють електроенергію постійного струму (DC). Інверторні системи використовуються для перетворення енергії постійного струму в енергію змінного струму, сумісну з електричною системою будинку.

Інтеграція відновлюваної енергії в системи резервного живлення часто передбачає створення мікромереж - локальних електричних систем, які можуть працювати незалежно від основної електромережі. Системи керування мікромережами керують потоками електроенергії між джерелами відновлюваної енергії, накопичувачами енергії та електричним обладнанням будинку, забезпечуючи стабільне та надійне електропостачання.

Автоматичні перемикачі є важливим компонентом систем резервного живлення, який автоматично виявляє перебої в електропостачанні та перемикає джерело живлення з мережі на систему резервного живлення на основі відновлюваних джерел енергії. Це забезпечує безперебійний перехід та безперебійне електропостачання під час збоїв в електромережі.

Впровадження систем моніторингу та дистанційного керування дозволяє власникам будинків відстежувати продуктивність своєї системи резервного живлення на основі відновлюваних джерел енергії. Це включає моніторинг виробництва енергії, стану акумулятора та ефективності системи. Можливості дистанційного керування дають змогу контролювати та регулювати систему, забезпечуючи оптимальну роботу та продуктивність.

Проведення ретельної оцінки навантаження має вирішальне значення для визначення попиту на енергію під час перебоїв в електропостачанні. Це передбачає визначення критичних навантажень, які необхідно забезпечити живленням під час відключень, і відповідне проектування системи резервного живлення на основі відновлюваних джерел енергії.

У деяких випадках системи резервного живлення на основі відновлюваних джерел енергії можуть бути спроектовані таким чином, щоб взаємодіяти з основною енергетичною мережею. Мережевий лічильник дозволяє повертати надлишкову енергію, вироблену відновлюваними джерелами, назад в мережу, компенсуючи споживання електроенергії власником будинку і потенційно заробляючи кошти.

Враховуючи ці аспекти інтеграції, відновлювані джерела енергії можуть бути ефективно інтегровані в системи резервного живлення

приватних будинків, забезпечуючи надійну та стійку альтернативу традиційним рішенням резервного живлення на основі викопного палива.

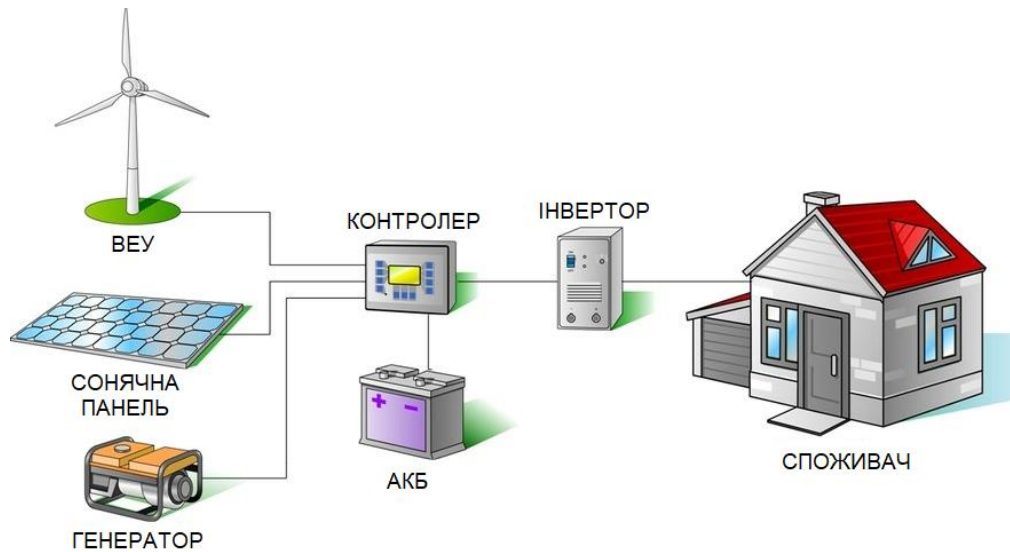


Рис. 2.1 - Приклад системи резервного живлення

2.1.2 Зелений тариф

"Зелений" тариф - це механізм державної підтримки, який сприяє розвитку відновлюваних джерел енергії та стимулює інвестиції у проекти з відновлюваної енергетики. Він був запроваджений у 2009 році як частина зобов'язань країни щодо переходу до більш зеленої та сталої енергетики. Система зелених тарифів забезпечує довгострокові фіксовані "зелені" тарифи на електроенергію, вироблену з відновлюваних джерел, гарантуючи стабільні ціни для виробників відновлюваної енергії.

Зелений тариф застосовується до різних відновлюваних джерел енергії, включаючи вітер, сонце, біомасу, гідроенергію та біогаз. Проекти повинні відповідати певним технічним та екологічним критеріям, щоб мати право на отримання "зеленого" тарифу.

Механізм зеленого тарифу дозволяє вам продавати надлишкову електроенергію, отриману з альтернативних джерел, енергопостачальній компанії, згідно з Постановою Національної комісії України.

Протягом багатьох років система "зелених" тарифів в Україні зазнала низки змін та коригувань, спрямованих на вирішення проблем, пов'язаних із вартістю та збалансуванням фінансового навантаження на споживачів. Уряд запровадив обмеження на загальну встановлену потужність, що підлягає "зеленому" тарифу, та здійснив поступове зниження ставок "зеленого" тарифу для нових проектів.

В Україні існував один із найвищих у світі зелених тарифів, який перевищував вартість електроенергії з міської мережі в 4-5 разів. Іншими словами, наразі тариф на продаж 1 кВт сонячної електроенергії становить 0,164 EUR, якщо станція підключена до 2024 р.

Максимальна потужність енергетичного обладнання, яке може бути включено до програми "Зелений тариф" в Україні, обмежена 30 кВт. Навіть якщо ваш приватний будинок споживає значно менше електроенергії, розумно розглянути підключення обладнання максимальної потужності, оскільки це принесе більший прибуток. Держава придбає всю надлишкову електроенергію.

Важливо зазначити, що особливості системи "зелених" тарифів, включаючи ставки "зеленого" тарифу, критерії відбору та нормативно-правову базу, можуть змінюватися залежно від політики уряду та ринкових умов, що змінюються. Тому для отримання найактуальнішої інформації про систему "зелених" тарифів в Україні рекомендується звертатися до відповідних органів влади або експертів у галузі юриспруденції.

Підключення «зеленого тарифу»

- 1) Погодити місце монтажу СЕС: на даху чи фасадах будинку та господарських споруд домогосподарства.
- 2) Визначитися з потрібною потужністю: максимально допустима – 30 кВт. Також варто врахувати вид: якщо планується встановлення

гібридної станції – проводять розрахунок електропотреб приватного господарства.

- 3) Провести монтаж обладнання та узгодити схему його підключення до енергомережі.
- 4) Укласти договір та провести монтаж двонаправленого лічильника, який вестиме облік згенерованої та спожитої електроенергії.
- 5) Оформити відкриття банківського рахунку для розрахунку по проданій електриці.
- 6) Подати заявку в обленерго та укласти договір купівлі-продажу електричної енергії по Зеленому тарифі.

2.2 Компоненти системи

Вимоги до системи резервного живлення будинку на основі відновлювальних джерел енергії включають повне забезпечення будинку електроживленням, під час аварійних ситуацій, на цілу добу, та забезпечення стабільності в мережі змінного струму напругою 220 В та частотою 50 Гц.

2.2.1 Тип сонячної електростанції

Існує кілька вагомих причин для будівництва домашніх станцій на основі відновлюваних джерел енергії. Наприклад будівництво приватних станцій на основі відновлюваних джерел енергії забезпечує енергетичну незалежність. Замість того, щоб покладатися виключно на мережу або традиційні джерела енергії, власники приватних станцій можуть виробляти власну електроенергію. Це зменшує вразливість до перебоїв в електропостачанні, коливань цін та перебоїв в енергопостачанні. Це також забезпечує надійне джерело енергії, особливо у віддалених або не підключених до електромережі місцях. З часом приватні станції на основі відновлюваних джерел енергії можуть призвести до значної економії коштів. Хоча початкові інвестиції можуть бути великими, системи відновлюваної енергетики мають нижчі експлуатаційні витрати порівняно з традиційними системами, що працюють на викопному паливі. Відновлювані ресурси, такі як сонячна та вітрова енергія, є практично

безкоштовними, що зменшує залежність від закупівлі дорогого палива. Крім того, системи відновлюваної енергетики отримують фінансові стимули, податкові пільги та чистий облік, що ще більше підвищує їхню економічну ефективність. Відновлювані джерела енергії, такі як сонячна та вітрова, можуть забезпечити надійне та стійке енергопостачання. Сонячні панелі та вітрові турбіни можуть продовжувати виробляти електроенергію під час відключень електроенергії або збоїв у мережі, забезпечуючи безперебійне живлення для критично важливих операцій.

Опираючись на це кращим вибором будуть гібридні сонячні станції, що поєднують генерацію сонячної енергії з іншим джерелом енергії для підвищення загальної ефективності, надійності та гнучкості електростанції. В такому випадку система буде працювати в будь яких умовах, наприклад при обриві ЛЕП, поганими погодними умовами, тощо. В цих випадках будинок буде забезпечений енергією завдяки блоку АКБ. Єдиний мінус - це висока ціна обладнання, що збільшить термін за який система окупить себе.

2.2.2 Акумулятори

Акумулятори відіграють вирішальну роль у сонячних енергетичних системах, особливо в автономних або гібридних установках. Сонячні панелі виробляють електроенергію вдень, коли доступне сонячне світло. Однак попит на електроенергію часто виходить за межі світлого часу доби. Батареї дозволяють зберігати надлишок сонячної енергії, виробленої вдень, для подальшого використання, коли сонячна генерація неможлива, наприклад, вночі або в періоди низької освітленості. Зберігаючи енергію в акумуляторах, сонячні електростанції можуть забезпечити стабільне і надійне електропостачання протягом дня і ночі. У разі перебоїв в електромережі або збоїв в роботі системи, акумулятори виступають в якості резервного джерела живлення для критичних навантажень. Сонячні станції з акумуляторними батареями можуть

продовжувати виробляти електроенергію навіть тоді, коли мережа не працює, забезпечуючи безперебійне живлення важливих побутових приладів або обладнання. Це особливо цінно в автономних установках або в районах з ненадійним доступом до електромережі.

Тривалість автономної роботи і кількість циклів заряду-розряду акумулятора залежать від правильного вибору типу та ємності батареї. Система резервного живлення, що використовує сонячні елементи, через особливості конструкції та незважаючи на непередбачувані погодні умови, потребує використання стійких до повного або часткового розряду акумуляторів. Такі акумулятори повинні мати підвищену кількість циклів заряду та здатність заряджатися при порівняно високих напругах.

Потрібно зазначити що використання АКБ з рідким електролітом часто недоцільне, це може обмежити гнучкість місць встановлення, а особливу увагу слід приділити таким факторам, як вентиляція, контроль температури та локалізація у разі протікання або витоку. Деякі батареї з рідким електролітом, наприклад, свинцево-кислотні, можуть мати обмеження щодо глибини розряду і терміну служби. Глибоке розрядження свинцево-кислотного акумулятора може значно скоротити термін його служби, що призведе до необхідності частішої заміни акумулятора. Це може призвести до збільшення довгострокових витрат на обслуговування сонячної системи. Також для зберігання тієї ж кількості енергії може знадобитися більша фізична площа, а також більші втрати енергії під час циклів заряду і розряду. У сонячних системах, націлених на максимальну енергоефективність, батареї з іншим хімічним складом, такі як літій-іонні або гелеві, можуть запропонувати кращі показники.

Термін служби і продуктивність батарей можуть відрізнятися, навіть якщо їх характеристики майже ідентичні. Кожен виробник має свій унікальний підхід до виготовлення батарей. Деякі виробники

використовують більш важкі решітки і більше кількості свинцю, застосовують роботизовану збірку та автоматизований контроль якості, а також проводять докладне тестування продуктивності.

Глибина розряду (DoD) і рівень заряду (SoC) - два важливі параметри, що використовуються для вимірювання ємності та рівня енергії акумулятора.

- Глибина розряду - це кількість ємності, яка була розряджена з акумулятора, порівняно з його загальною ємністю. Виражається у відсотках. Наприклад, батарея з показником глибини розряду 50% означає, що вона розряджена наполовину, використовуючи 50% своєї загальної ємності. DoD використовується для вимірювання того, скільки енергії було спожито з акумулятора.
- Стан заряду показує поточний рівень енергії або залишкову ємність акумулятора порівняно з його загальною ємністю. Він також виражається у відсотках. Наприклад, батарея з 70% SoC означає, що в даний момент вона містить 70% від своєї загальної ємності. SoC надає інформацію про те, скільки енергії доступно в акумуляторі в певний момент часу.

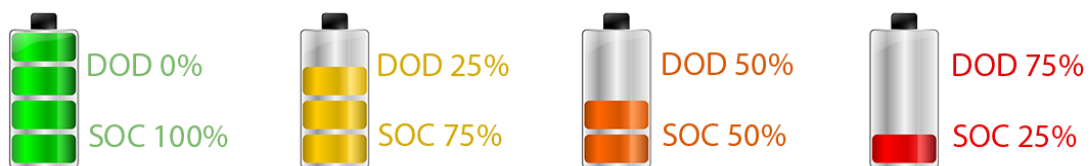


Рис. 2.2 - Залежність між DoD і SoC

Залежність між DoD і SoC зворотна. Зі збільшенням DoD акумулятора (тобто розряджається більше ємності), SoC зменшується (тобто зменшується залишкова ємність). І навпаки, зі зменшенням DoD (тобто розряджається менше ємності), SoC збільшується (тобто стає доступною більша ємність).

Підтримання помірною DoD і управління SoC в межах рекомендованих рівнів може допомогти продовжити термін служби акумулятора і оптимізувати його продуктивність. Конкретні рівні DoD і SoC, які вважаються оптимальними або рекомендованими, залежать від хімічного складу акумулятора і специфікацій виробника.

У сонячних електростанціях, АКБ в основному можна класифікувати на два типи: свинцево-кислотні та літій-залізофосфатні (LiFePO₄). Свинцево-кислотні акумулятори можна поділити на дві підкатегорії: стартерні (звичайні автомобільні, які потребують обслуговування) та герметизовані (AGM і GEL, які не потребують обслуговування).

Застосування стартерних акумуляторів у автономних або гібридних сонячних електростанціях є неефективним, оскільки їх експлуатаційний термін дуже короткий - лише 1-2 роки. Крім того, для їх встановлення необхідно добре провітрюване або вентилязоване приміщення.

AGM (Absorbent Glass Mat) і GEL (Gel) акумулятори є більш доступними в порівнянні з літій-залізофосфатними, проте мають меншу кількість циклів заряду-розряду (від 400 до 800), в залежності від умов експлуатації. У новіших типах герметичних акумуляторів використовуються «поглинаючі скло-волоконні мати», які розташовані між свинцевими пластинами. Ці типи батарей володіють усіма перевагами гелеподібних акумуляторів. Оскільки усі електроліти (кислота) містяться у скляних матеріалах, немає ризику розливу. Майже всі AGM батареї є "рекомбінаційними", що означає, що електроліт не випаровується, а всі хімічні реакції відбуваються всередині батареї. Рекомбінація, як правило, досягає ефективності на рівні 99%. AGM батареї характеризуються дуже низьким рівнем саморозряду, зазвичай від 1% до 3% на місяць. Це означає, що вони можуть тривалий час зберігати енергію без необхідності заряджання, у відміну від стандартних батарей.

Однією з основних переваг AGM акумуляторів є відсутність потреби в технічному обслуговуванні.

LiFePO₄ (літій-залізофосфатні) акумулятори відрізняються високою кількістю циклів заряду-розряду (зазвичай до 6000), здатністю до швидкого розрядження та зарядження великими струмами і стійкістю до впливу температур. Вони набувають все більшої популярності.

2.2.3 Інвертори

Інвертори є необхідною складовою сонячних фотоелектричних систем. Сонячні панелі генерують електрику у вигляді постійного струму (DC). Однак, більшість електричних мереж працюють на змінний струм (AC). Тому потужність, яка постачається від джерела постійного струму, такого як сонячні панелі, повинна бути перетворена (інвертована) в змінний струм.

Інвертор є найскладнішою технічною складовою сонячної фотоелектричної системи. Він складається з різних компонентів, які перетворюють постійний струм на змінний. Контролер мікросхем програмується таким чином, щоб максимізувати вихідну потужність від сонячних панелей PV.

Чиста синусоїда є необхідною для оптимальної роботи різних пристроїв, таких як лазерні принтери, копіри, оптичні приводи, люмінесцентні лампи, певні моделі ноутбуків, електричні інструменти з транзисторами і змінною швидкістю обертання (а також зарядні пристрої для бездротових електричних інструментів), прилади, що керуються мікропроцесорами, аудіоапаратура та медичні пристрої. Ці пристрої особливо чутливі до якості електричного живлення та потребують стабільної та безперебійної постачання чистої синусоїдальної хвилі. Різні типи інверторів мають методи оптимізації продуктивності. Інвертори можуть бути класифіковані на автономні, мережеві і гібридні.

Мережеві інвертори є пристроями, які здатні синхронізуватися з електричною мережею і в основному використовуються для продажу електроенергії в мережу в рамках "зеленого тарифу".

Під автономним електропостачанням від сонячних батарей розуміється повне заміщення мережевого електропостачання незалежною системою. Ця система є релевантною для електропостачання об'єктів, що знаходяться віддалено від основних ЛЕП, у важкодоступних місцях або на місцях, де прокладання таких ліній неможливе або неекономічне.



Рис. 2.3 - Схема автономного інвертора

При встановленні такої системи важливо враховувати відповідність напруги та ємності акумуляторної батареї, щоб забезпечити сумісність всіх компонентів та необхідну тривалість автономної роботи. Крім того, необхідно наявність достатньої кількості сонячної енергії для запуску інвертора та зарядки акумуляторів.

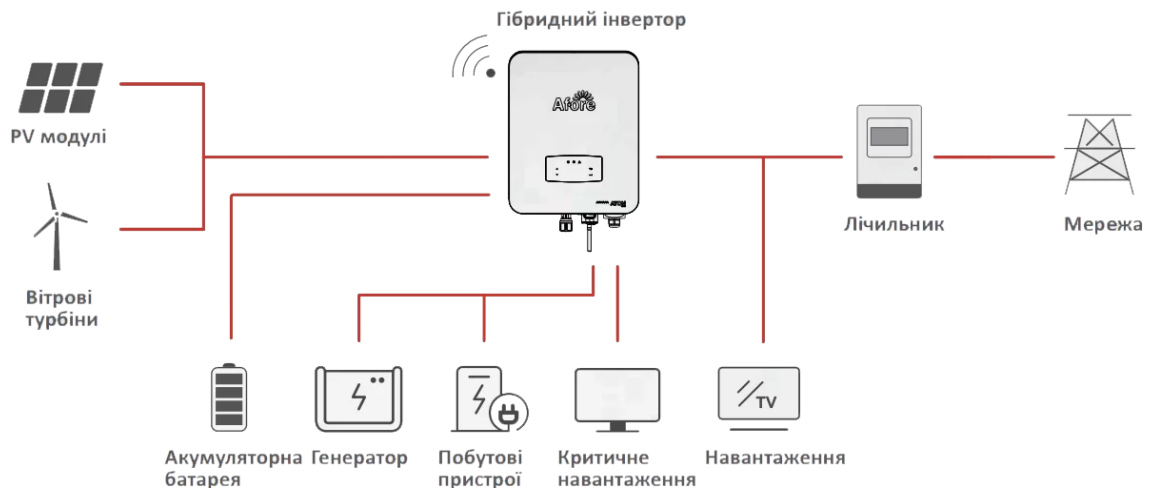


Рис. 2.4 - Схема гібридного інвертора

Гібридні інвертори поєднують в собі два попередні згадані типи інверторів та можуть бути підключені до мережі. Деякі моделі мають можливість працювати за "зеленим тарифом", дозволяючи продавати надлишкову енергію у мережу за допомогою двонаправленого лічильника. Однак, у періоди, коли вироблено більше енергії, ніж спожито, додаткова потужність може бути збережена в акумуляторних батареях, а не експортуватися в мережу, після повної зарядки батареї. Це може бути особливо корисно в регіонах з нестабільною мережею, оскільки накопичена енергія може забезпечити живлення під час перебоїв або випадків неправильних параметрів мережі. Гібридний інвертор поставляється окремо від акумуляторних батарей та сонячних панелей, які можуть бути придбані окремо.

2.2.4 Контроллери

Система відстеження точки максимальної потужності (MPPT) - це пристрій або алгоритм, який використовується в сонячних енергетичних системах для оптимізації вихідної потужності фотоелектричних ("PV") панелей. Його основна функція полягає в тому, щоб забезпечити роботу фотоелектричних панелей в точці максимальної потужності (MPP), де панелі генерують максимально можливу потужність, враховуючи переважаючі умови навколишнього середовища.

PV-панелі мають нелінійну залежність між вихідною напругою та струмом, що призводить до виникнення певної робочої точки, в якій панелі можуть генерувати максимальну потужність. Ця робоча точка, відома як MPP, змінюється залежно від таких факторів, як температура, затінення та рівень освітленості.

Пристрій або алгоритм MPPT безперервно контролює електричні характеристики фотоелектричних панелей, такі як напруга і струм, і регулює навантаження, щоб підтримувати панелі на рівні MPP. Це досягається шляхом відстеження змін у вихідній потужності PV панелей та динамічного регулювання робочої точки відповідно до MPP.

MPPT працює, змінюючи напругу і струм, що споживаються з фотоелектричних панелей, щоб знайти оптимальні умови роботи, які максимізують вихідну потужність. Для цього використовується алгоритм керування, який безперервно розраховує MPP на основі вхідних даних і відповідно регулює імпеданс навантаження. Забезпечуючи роботу фотоелектричних панелей в режимі MPP, MPPT максимізує енергію, зібрану з сонячних панелей, і підвищує загальну ефективність системи.

Контролер заряду АКБ, також відомий як регулятор заряду або контролер заряду, - це пристрій, що використовується в системах сонячної енергії для управління процесом заряду АКБ. Його основна функція - регулювати і контролювати потік електричної енергії від сонячних панелей до акумуляторів, забезпечуючи ефективну і безпечну зарядку.

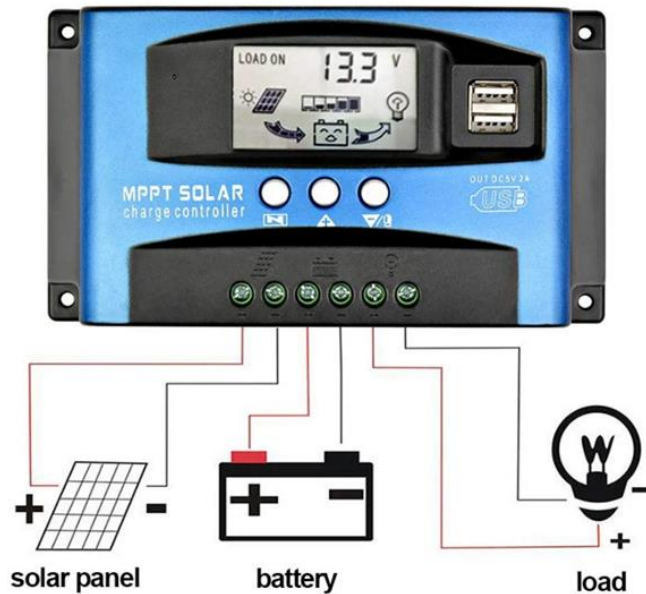


Рис. 2.5 - Контролер заряду сонячних батарей

Ключова роль контролера заряду АКБ полягає в запобіганні перезаряду і надмірного розряду АКБ, що може призвести до погіршення продуктивності, скорочення терміну служби і потенційного пошкодження. Це досягається за допомогою різних механізмів контролю та захисних функцій.

Висновки до розділу 2

В розділі 2 було розглянуто основні елементи системи резервного живлення що беруть за основу сонячну батарею. Аналізуючи матеріал можна сказати, що розглянуті компоненти відіграють вирішальну роль у забезпеченні надійного та сталого рішення для резервного електропостачання приватних будинків. Використання акумуляторів разом з контролерами заряду та інверторами дозволяє ефективно зберігати та керувати виробленою енергією. Акумулятори забезпечують важливий буфер, зберігаючи надлишкову енергію під час високого рівня виробництва та забезпечуючи живлення в періоди низького рівня або відсутності виробництва енергії. Це забезпечує безперервне та безперебійне електропостачання, навіть коли відновлювані джерела енергії не виробляють електроенергію активно.

РОЗДІЛ 3. ПІДБІР КОМПОНЕНТІВ ТА РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ

3.1 Розрахунок споживання

Для автономних або гібридних систем розрахунок споживаної потужності має вирішальне значення для вибору відповідних компонентів, таких як сонячні панелі, акумулятори та інвертори. Знаючи вимоги до потужності пристроїв, можна визначити потужність і технічні характеристики цих компонентів, щоб переконатися, що вони зможуть задовольнити енергетичні потреби системи.

Таблиця 3.1 - Споживачі в світлий час доби

Споживач	Потужність споживання, Вт/год	Час роботи, год	Сума, Вт
Холодильник	200	4	800
Чайник	2000	0.25	500
Мікрохвильовка	800	0.5	400
Пральна машина	700	2	1400
Телевізор	100	4	400
Комп'ютер	300	6	1800
Система опалення	100	10	1000
Циркуляційний насос	60	10	600
Освітлення	140	1	140
Система безпеки	120	10	1200
Загальна сума, кВт			8,24

Зробимо таблицю споживання в темний час доби, щоб в подальшому розрахувати ємність блоку АКБ, що буде забезпечувати електроенергією будинок в нічний час доби.

Таблиця 3.2 - Споживачі в темний час доби

Споживач	Потужність споживання, Вт/год	Час роботи, год	Сума, Вт
Холодильник	200	4	800
Телевізор	100	2	200
Система опалення	100	14	1400
Циркуляційний насос	60	14	840
Освітлення	140	4	560
Система безпеки	150	14	2100
Загальна сума, кВт			5,9

Загальне споживання в день вийшло 14,14 кВт. Середня споживана енергія за 30 днів вийшла 424 кВт, за рік 5,161 МВт. Номінальне споживання в світлу частину доби склало 4,52 кВт.

Підрахунок робиться з деякими допущеннями, що робить запас по потужності для нашої станції. В різні пори року люди по різному та в різний час доби використовують прилади, тому точні підрахунки зробити буде складно. В цілому необхідна потужність буде трохи меншою,

завдяки чому надлишок електроенергії можна буде накопичувати або продавати.

3.2 Розрахунок потужності станції, та підбір її елементів

При розрахунку системи автономного електропостачання, правильний вибір ємності акумуляторної батареї є критичним. Для виконання цього розрахунку, можна керуватися декількома простими правилами. Ємність батареї, яка необхідна, визначається на основі кількості електроенергії, що споживається від батареї у ватт-годинах в режимі розряду.

Припустимо, що у нас є АКБ з ємністю 100 ампер-годин і напругою 24 вольти. Отже, повна ємність цієї батареї становить $100 \text{ А*год} * 24 \text{ В} = 2400 \text{ Вт*год}$. Однак, є проблема: якщо ми повністю розрядимо цю батарею на 100%, це призведе до її несправності. Для збереження тривалого терміну служби батареї необхідно утримувати розряд не більше 30% від загальної ємності. Тому, використовуючи формулу, ми отримуємо: $100 \text{ А*год} * 24 \text{ В} * 0,7 = 1680 \text{ Вт*год}$. Якщо використовується декілька батарей, сумарна енергія в них обчислюється шляхом додавання їх ємностей.

Формула для визначення необхідної загальної ємності матиме наступний вигляд:

$E = Q / (V \times k)$, де E - необхідна загальна ємність всіх акумуляторів в ампер-годинах; Q - кількість енергії, яку необхідно отримати від акумуляторів в ватт-годинах; V - напруга кожного окремого акумулятора; k - коефіцієнт використання ємності, який враховує, яку частину енергії всіх використовуваних акумуляторів можна реально використати споживачами.

Після освоєння теоретичних аспектів, можна здійснити розрахунок необхідної ємності акумуляторів.

$E = 5900 / (48 * 0,7) = 175 \text{ А*год}$ – необхідна ємність в нічний час доби.

Для своєї системи я вибрав АКБ LogicPower LP LiFePO4 48V - 230Ah, яка повинна самостійно забезпечити резервне живлення будинку в нічний час доби, коли сонячні станції не працюють.

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики АКБ

Характеристики	Значення
Тип	LiFePO4
Номинальна ємність, А*год	230
Номинальна напруга, В	48
Максимальний струм заряду, А	75
Максимальний струм розряду, А	150
Кількість циклів до	7000
Температура зберігання, °С	-20 ~ +40
Габарити, Д*Ш*Т, мм	500*460*260
Вага, кг	75

Причини вибору цього акумулятору в тому, що літєві акумулятори нового покоління, такі як LiFePO4, мають властивості, які роблять їх привабливими для різних застосувань. Наприклад, акумулятори LiFePO4 мають високий коефіцієнт корисного використання (до 94%) і можуть працювати в широкому діапазоні температур (-15 ~ +60°C). Крім того, вони заряджаються швидко, є повністю герметичними (можуть бути експлуатовані в будь-якому положенні) і мають компактні розміри.

Акумулятори LiFePO4 є екологічно чистими та мають широкий спектр застосувань як системи зберігання енергії. В порівнянні зі свинцево-кислотними акумуляторами, акумулятори LiFePO4 мають значно більший термін служби (у 25 разів) і при цьому важать вдвічі менше. Вони також мають високу струмовіддачу та не піддаються

саморозряду. Крім того, акумулятори цього типу не самозаймаються і не токсичні, що робить їх безпечними для використання.

Загалом, акумулятори LiFePO4 є ефективними, надійними та екологічно чистими джерелами енергії з широким спектром застосування. Вони виявляються особливо корисними в довгострокових застосуваннях, де тривалість роботи, низький саморозряд і висока ємність під час зберігання є важливими факторами.

Розрахуємо необхідну ємність на добу:

$$E = 14140 / (48 * 0,7) = 420 \text{ А*год} - \text{необхідна ємність на добу.}$$

Щоб забезпечити будинок електроенергією на добу, в випадку поганої погоди чи несправності панелей, можна використовувати дві таких батареї та підключити їх паралельно, для збереження робочої напруги інвертору.

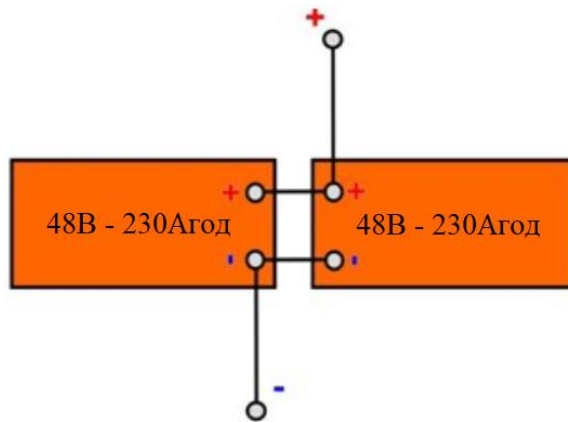


Рис. 3.1 - Схема підключення АКБ паралельно



Рис. 3.2 - АКБ LogicPower LP LiFePO4 48V - 230Ah

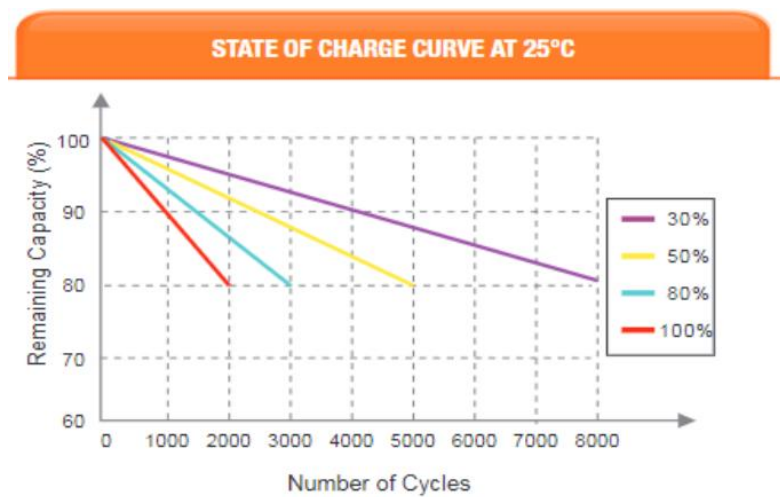


Рис. 3.3 - Залежність кількості робочих циклів від глибини розряду акумулятора

Зарядка АКБ сонячними панелями буде проводитись тільки в світлу частину доби, а піковими годинами сонячного сьйва вважаються 5 годин.

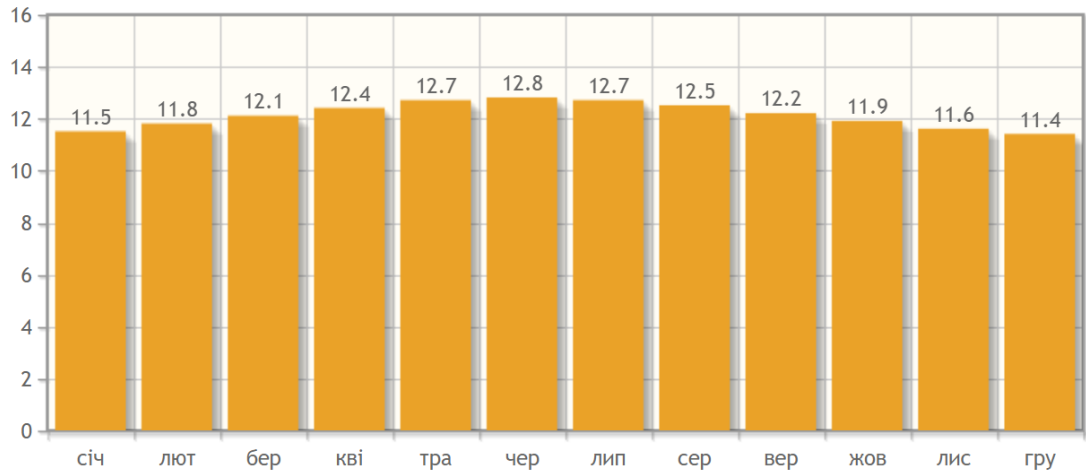


Рис. 3.4 - Довжина світлового дня по місяцях, год

На цьому графіку відображено середню тривалість дня, в який сонце перебуває вище лінії горизонту.

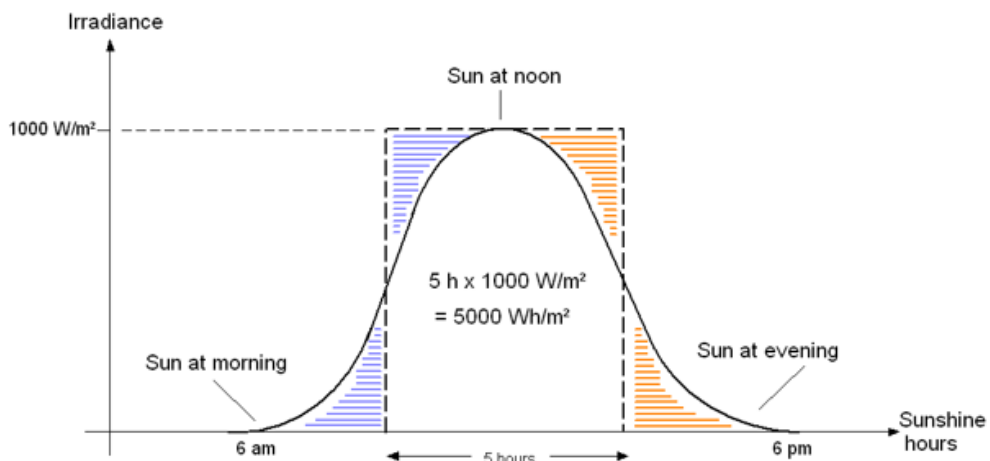


Рис. 3.5 - Пікові сонячні години

Пікова сонячна година - це показник сумарної кількості годин, протягом яких можна використовувати сонячне випромінювання потужністю 1000 Вт/м^2 .

Сонце випромінює яскраве світло із силою, що становить тисячі Вт/м^2 на поверхню, перпендикулярну його променям. За одну годину на кожний квадратний метр падає 1 кВт*год енергії (енергія розраховується як потужність, помножена на час). Аналогічно, середній денний приплив сонячної радіації складає 5 кВт*год/м^2 , що відповідає 5 годинам

максимальної сонячної інтенсивності. Варто зазначити, що пікові години сонячного сьйва використовуються для розрахунків у сонячних енергетичних системах, і не вказують фактичної тривалості світлового дня. Протягом світлового дня сонце змінює свою інтенсивність, але загальна енергія, що надходить, залишається однаковою, як якби сонце світило протягом 5 годин з максимальною інтенсивністю.

Зарядка АКБ проводиться струмом, що не перевищує 10% від повної ємності. Визначимо величину струму заряду $I_{сз} = E * 10\%$. Візьмемо ємність АКБ на добу $I_{сз} = 420 * 10\% = 42$ А. Після розрахунку струму заряду і напруги АКБ перейдемо до розрахунку потужності сонячної станції:

$$P_{зр} = V_{АКБ} * I_{сз} - \text{потужність зарядки};$$

$$P_{зр} = 48 * 42 = 2016 \text{ Вт}$$

Монокристалічні панелі та полікристалічні панелі є двома основними типами фотомодулів панелей, які використовуються в сонячних енергетичних системах. Обидва типи панелей є ефективними джерелами сонячної енергії і можуть бути успішно використані для генерації електроенергії з сонячної радіації, однак є відмінності, монокристалічні панелі мають вищу ефективність порівняно з полікристалічними панелями, що означає, що вони можуть забезпечувати більше електроенергії на одну площу. Полікристалічні панелі мають більш доступну ціну, оскільки їх виробництво менш витратне. Монокристалічні панелі показують кращу ефективність при слабкому освітленні та високих температурах.

Отже, при виборі між монокристалічними і полікристалічними панелями слід враховувати бюджет, вимоги до ефективності та умови встановлення. Якщо важлива висока ефективність при обмежених площах або в умовах слабкого освітлення, монокристалічні панелі

можуть бути кращим варіантом. У разі обмеженого бюджету або менш суворих вимог до ефективності, полікристалічні панелі можуть бути економічнішим рішенням.

Для сонячної станції було обрано сонячну монокристалічну панель CSUNPOWER CP21-66H 660W. Це є оптимальним варіантом вибору для використання в цій системі, чудовий ККД в 21.2% та велика потужність яка складає 660 Вт.

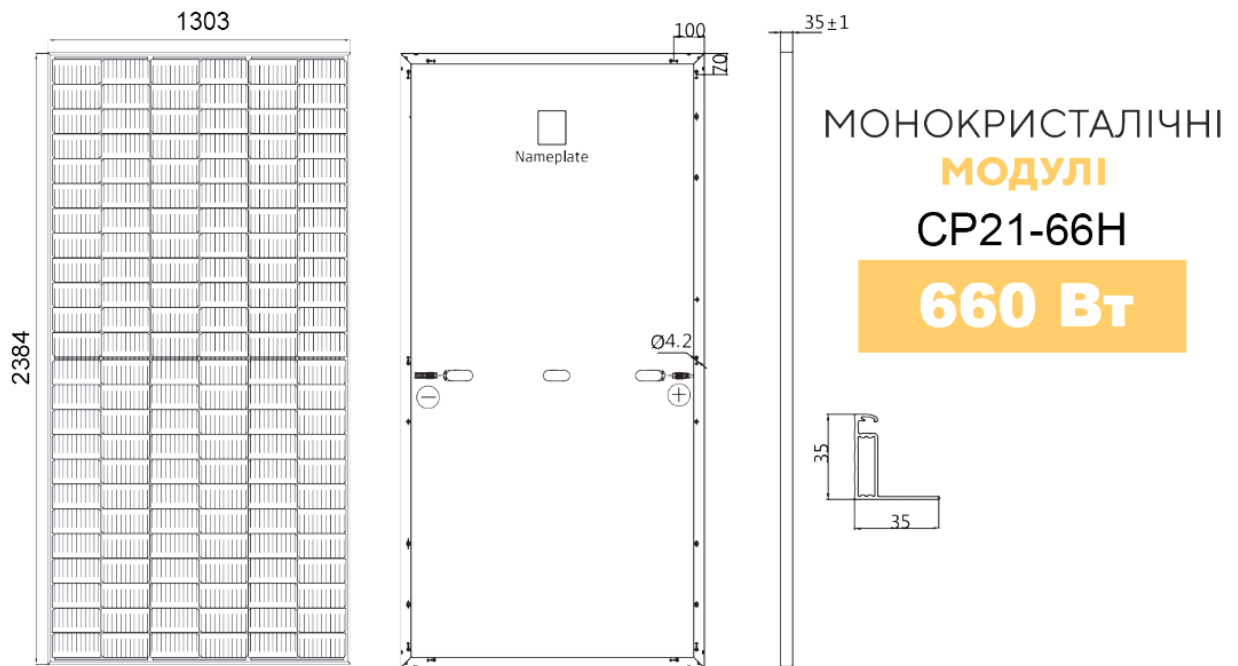


Рис. 3.6 - Сонячна монокристалічна панель CSUNPOWER CP21-66H 660W

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики сонячної панелі

Характеристики	Значення
Тип фотомодуля	Монокристалічний
Потужність, Вт	660 Вт
Напруга при максимальній потужності, В	38.3
Струм при максимальній потужності, А	17.23
Максимальна напруга в системі, В	1500 В
ККД фотомодуля, %	21.2
Кількість фотоелементів, шт	132 (2x(11x12))

Габарити, Д*Ш*Т, мм	2384*1303*35
Вага, кг	34.4

Беручи результати попередніх розрахунків ми можемо розрахувати кількість необхідних панелей, для забезпечення будинку електроенергією.

Міста/Місяці	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень	Сер.
Вінниця	1.07	1.89	2.94	3.92	5.19	5.30	5.16	4.68	3.21	1.97	1.10	0.90	3.11
Дніпропетровськ	1.21	1.99	2.98	4.05	5.55	5.57	5.70	5.08	3.66	2.27	1.20	0.96	3.36
Донецьк	1.21	1.99	2.94	4.04	5.48	5.55	5.66	5.09	3.67	2.24	1.23	0.96	3.34
Житомир	1.01	1.82	2.87	3.88	5.16	5.19	5.04	4.66	3.06	1.87	1.04	0.83	3.04
Запоріжжя	1.21	2.00	2.91	4.20	5.62	5.72	5.88	5.18	3.87	2.44	1.25	0.95	3.44
Івано-Франківськ	1.19	1.93	2.84	3.68	4.54	4.75	4.76	4.40	3.06	2.00	1.20	0.94	2.94
Київ	1.07	1.87	2.95	3.96	5.25	5.22	5.25	4.67	3.12	1.94	1.02	0.86	3.10
Кропивницький	1.20	1.95	2.96	4.07	5.47	5.49	5.57	4.92	3.57	2.24	1.14	0.96	3.30
Луцьк	1.02	1.77	2.83	3.91	5.05	5.08	4.94	4.55	3.01	1.83	1.05	0.79	2.99
Луганськ	1.23	2.06	3.05	4.05	5.46	5.57	5.65	4.99	3.62	2.23	1.26	0.93	3.34
Львів	1.08	1.83	2.82	3.78	4.67	4.83	4.83	4.45	3.00	1.85	1.06	0.83	2.92
Миколаїв	1.25	2.10	3.07	4.38	5.65	5.85	6.03	5.34	3.93	2.52	1.36	1.04	3.55
Одеса	1.25	2.11	3.08	4.38	5.65	5.85	6.04	5.33	3.93	2.52	1.36	1.04	3.55
Полтава	1.18	1.96	3.05	4.00	5.40	5.44	5.51	4.87	3.42	2.11	1.15	0.91	3.25
Рівне	1.01	1.81	2.83	3.87	5.08	5.17	4.98	4.58	3.02	1.87	1.04	0.81	3.01
Суми	1.13	1.93	3.05	3.98	5.27	5.32	5.38	4.67	3.19	1.98	1.10	0.86	3.16
Сімферополь	1.27	2.06	3.05	4.30	5.44	5.84	6.20	5.34	4.07	2.67	1.55	1.07	3.58
Тернопіль	1.09	1.86	2.85	3.85	4.84	5.00	4.93	4.51	3.08	1.91	1.09	0.85	2.99
Ужгород	1.13	1.91	3.01	4.03	5.01	5.31	5.25	4.82	3.33	2.02	1.19	0.88	3.16
Харків	1.19	2.02	3.05	3.92	5.38	5.46	5.56	4.88	3.49	2.10	1.19	0.90	3.26
Херсон	1.30	2.13	3.08	4.36	5.68	5.76	6.00	5.29	4.00	2.57	1.36	1.04	3.55
Хмельницький	1.09	1.86	2.87	3.85	5.08	5.21	5.04	4.58	3.14	1.98	1.10	0.87	3.06
Черкаси	1.15	1.91	2.94	3.99	5.44	5.46	5.54	4.87	3.40	2.13	1.09	0.91	3.24
Чернігів	0.99	1.80	2.92	3.96	5.17	5.19	5.12	4.54	3.00	1.86	0.98	0.75	3.03
Чернівці	1.19	1.93	2.84	3.96	4.54	4.75	4.76	4.40	3.06	2.00	1.20	0.94	2.94

Рис. 3.7 - Рівні сонячної інсоляції міст України, кВт·год/м²/день.

Розрахуємо яку кількість електроенергії може виробити ця панель взимку і влітку. Для цього ми скористаємося наступною формулою:

$W = k \cdot P_{\text{пан}} \cdot E$, де k - поправочні коефіцієнти для зими(0,7) і літа(0,5), $P_{\text{пан}}$ - потужність панелі, E - показник сонячної радіації для зимового і літнього періодів.

Розрахунок кількості необхідних панелей проводитиметься по середньому значенню інсоляції протягом року. Середнє значення інсоляції розраховуємо з рис. 3.7, що виходить 3,1 кВт·год/м². Коефіцієнт беремо 0,5, так як використовується для більшості місяців.

$N = P_{\text{год}} / (0,5 \cdot P_{\text{пан}} \cdot 3,1)$, де N кількість панелей, $P_{\text{год}}$ – потужність споживання за годину, $P_{\text{пан}}$ – потужність однієї панелі.

$N = 4520 / (0,5 \cdot 660 \cdot 3,1) \approx 5$. Можемо додати ще три панелі, щоб забезпечити більшу ефективність системи, споживання взимку, та можливість продавати надлишки енергії за умовами «зеленого тарифу».

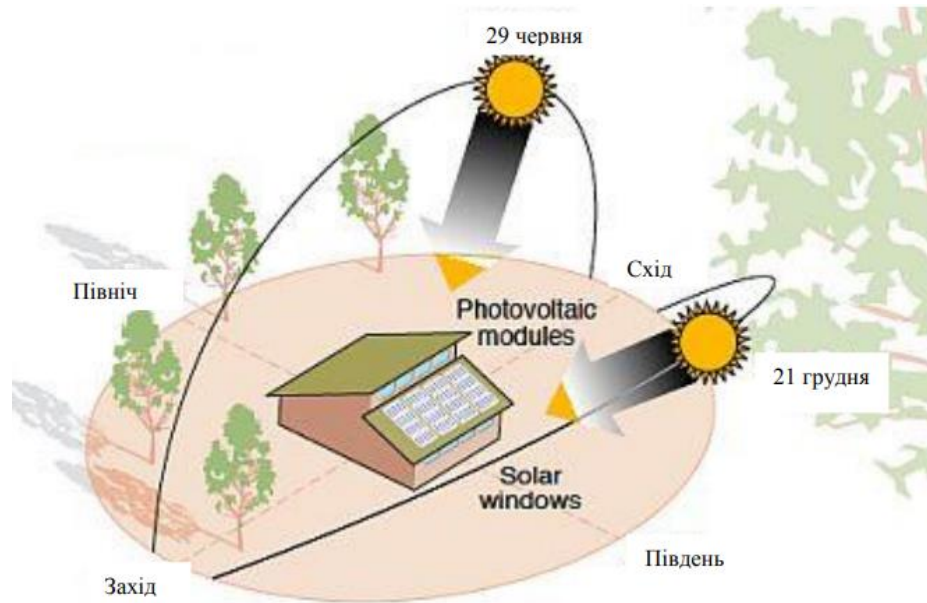


Рис.3.8 - Рух сонця літом та зимою

Для досягнення найбільшої ефективності сонячних батарей, важливо правильно врахувати фактори, на які ми можемо вплинути. Один з таких факторів - це нахил сонячних батарей. Сонце зазнає змін у своєму положенні на небосхилі протягом доби, а також його положення в небі варіюється залежно від пори року. Кожна пора року має свою характеристику положення Сонця, тому ідеально було б налаштувати кут нахилу сонячних панелей для кожного сезону окремо. Наприклад, влітку оптимальний кут нахилу становить 30-40 градусів, а взимку — понад 70 градусів, враховуючи широту місця розташування. Весною і восени кут нахилу може мати середнє значення між літнім і зимовим кутом нахилу. Для гібридних систем оптимальний кут нахилу залежить

від місячного графіка навантаження. Якщо в певному місяці споживання енергії вище, то кут нахилу слід вибрати оптимальним саме для цього місяця.

Таблиця 3.5 - Оптимальних кутів нахилу сонячних батарей

Широта місцевості	Кут нахилу
0-15°	15°
15-25°	Рівняється широті
25-30°	+5° до широти
30-35°	+10° до широти
35-40°	+15° до широти
Більше 40°	+20° до широти

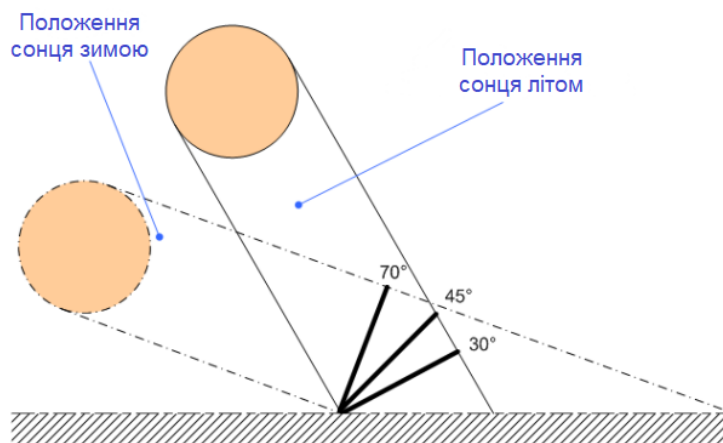


Рис. 3.9 - Положення сонця в різні пори року

Виходить що загальна потужність станції близько 6 кВт, для цієї системи потрібно підібрати необхідний інвертор. Для стабільної роботи було обрано інвертор на 10 кВт DEYE SUN-10K-SG01LP3-EU для гібридних електростанцій. Цей інвертор має ККД 98.6%, завдяки чому майже без втрат перетворює напругу, та має ідеальну синусоїду.

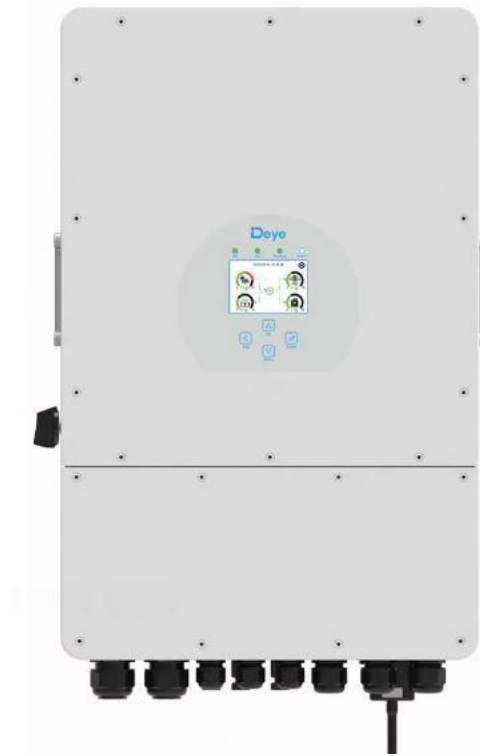


Рис. 3.10 - Гібридний сонячний інвертор DEYE SUN-10K-SG01LP3-EU

Таблиця 3.6 - Технічні характеристики гібридного інвертору

Характеристики	Значення
Макс. ефективність	97.6%
Тип інвертора	Гібридний
Охолодження	інтелектуальне, контрольоване охолодження вентиляторами
Вхід (PV)	
Рекомендована макс. потужність	13 000 Вт-пік
Номінальна потужність	10 000 Вт
Діапазон вхідної напруги, В	160~800
Максимальна напруга, В	800
Вхідний струм, А	26+13
Кількість МРРТ	2/2+1
МРРТ діапазон напруги, В	200~650
Максимальний струм МРРТ трекера, А	26

Вхідні характеристики від мережі	
Номінальна вихідна потужність в режимі інвертора	10 000 Вт
Номінальна вхідна напруга	220 В
Вихід (АС в мережу)	
Підключення до мережі	Трифазне
Номінальна вихідна потужність, Вт	10 000 Вт
Максимальна потужність, Вт	11 000 Вт
Вихідний струм, А	15,2/14,5
Номінальна вихідна напруга, В	220 В / 230 В
Форма синусоїди	Правильна
Номінальна частота АС	50 Гц / 60 Гц
Режим роботи від АКБ	
Діапазон вхідної напруги, В	40~60
Вихідна напруга, В	220 В
Максимальний вихідний струм, А	13
Форма синусоїди	Правильна
Характеристики вбудованого контролера	
Діапазон напруги роботи MPPT	200-650 В
Максимальний струм	34А+17А
Габарити, Д*Ш*Т, мм	422*699,3*279
Вага, кг	33.6

Інвертор Deue оснащений дисплеєм РКІ з сенсорним керуванням, який використовується для налаштування, керування та налаштування конфігурації. Цей дисплей дозволяє зручно виконувати всі необхідні операції. У комплекті поставки також є модуль WiFi для підключення до хмарного сервісу моніторингу на базі SOLARMAN. Цей моніторинг дозволяє вам стежити за роботою системи, переглядати графіки, що відображають її ефективність та різні електричні параметри інвертора. Ви також можете отримати статистику щодо виробленої сонячною

системою електроенергії, її споживання та передачі в мережу, доступну на базовому дисплеї РК.

Вбудований MPPT дозволяє інвертору максимально використовувати доступну потужність з сонячної панелі. Він автоматично налаштовує робочу точку панелі так, щоб максимізувати вироблену потужність. Це допомагає забезпечити оптимальну ефективність і забезпечити максимальний вихід електроенергії. Оскільки MPPT вже вбудований в інвертор, не потрібно додатково встановлювати окремий контролер MPPT. Оптимізація робочої точки MPPT контролера також враховує стан заряду АКБ. Він регулює потужність, що надходить від сонячних панелей, залежно від рівня заряду батареї, забезпечуючи оптимальний заряд без перезаряду або недозаряду АКБ. Таким чином, MPPT контролер допомагає максимізувати ефективність заряду АКБ і продовжити його термін служби.

Завдяки високому рівню захисту IP65, фізична установка інвертора можлива навіть на вулиці. Це означає, що він захищений від пилу та вологи. Інвертор також має систему примусового охолодження з трьома вентиляторами, керованими електронікою, що дозволяє підтримувати оптимальну температуру роботи.

Цей пристрій має захист від перевантаження, перегріву, короткого замикання та переполюсовки, що гарантує безпеку його роботи. Маючи два незалежні трекери з широким діапазоном потужності, цей пристрій забезпечує високу продуктивність сонячної електростанції.

3.3 Функціональна схема системи

Успішне підключення сонячних панелей до мережного інвертора залежить від характеристик самого інвертора, а також від характеристик сонячних панелей і обраної схеми з'єднання.

Інвертор DEYE SUN-10K-SG01LP3-EU 10 кВт розрахований на пускову напругу 160 В, U номінальну 800 В. Робочий діапазон напруги MPPT знаходиться в межах 200 - 650 В. При цьому рекомендована потужність фотоелектричного масиву не повинна перевищувати 13000Вт. Якщо з'єднати послідовно вісім модулів з $U_{\text{НОМ}}$ 38,3 та $I_{\text{НОМ}}$ 17,23 А, напруга становитиме 306,4 В, а сила струму залишиться 17,23 А.

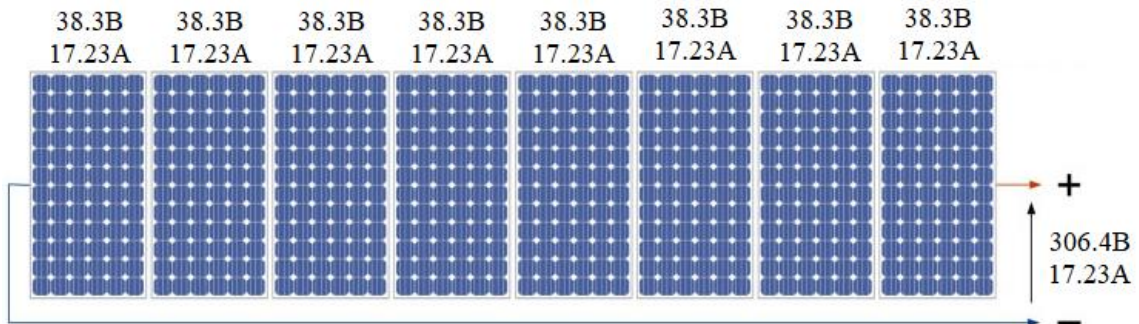


Рис. 3.11 - Схема підключення сонячних панелей

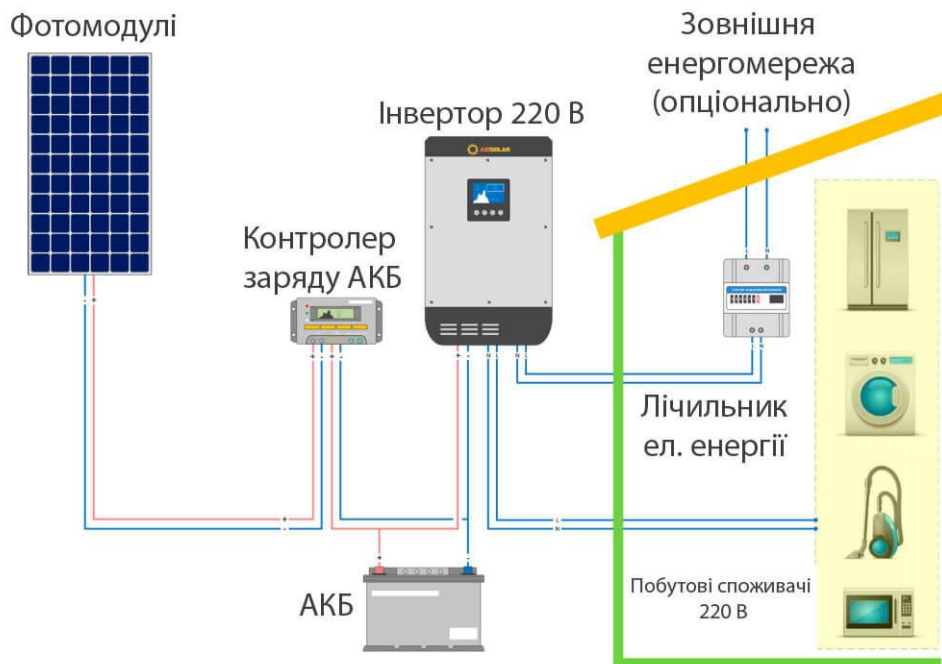


Рис. 3.12 - Функціональна схема системи

Висновки до розділу 3

Розділ 3 показав, що розрахунок потужності установки передбачає врахування таких факторів, як споживання енергії, вимоги до навантаження та бажана потужність системи. Точно оцінивши ці параметри, можна визначити необхідний розмір і потужність сонячної станції, щоб задовольнити потреби в енергії для конкретного випадку.

В цьому розділі було проведено розрахунок споживання будинку, що показав середнє значення споживання електроенергії приладами будинку. За інформацією споживання було розраховано та вибрано АКБ LogicPower LP LiFePO4 48V - 230Ah для зберігання та забезпечення будинку енергією в разі аварійного відключення. Сонячні панелі було обрано CSUNPOWER CP21-66H 660W, після розрахунку необхідної потужності станції було встановлено що для забезпечення максимальної ефективності станції необхідно вісім таких панелей, які будуть підключені послідовно. Для їх підключення до мережі, використовується інвертор DEYE SUN-10K-SG01LP3-EU. Він був обраний на підставі відповідності технічних характеристик для нашої системи.

В результаті розрахунку була створена надійна система сонячної енергії, були підібрані необхідні компоненти та проведені розрахунки споживання електроенергії. Це все дозволяє забезпечити оптимальну роботу системи та забезпечити, в разі аварійного відключення світла, будинок електроенергією більш ніж на один день.

ВИСНОВОК

Під час виконання дипломної роботи на тему «Використання відновлювальних джерел енергії для створення системи резервного енергозабезпечення приватного будинку», було проведено аналіз всіх альтернативних джерел енергії, та виявлено їх доцільність, переваги та недоліки, особливості використання та інше. Було обрано місце розташування будинку та обрано найкращий варіант альтернативного джерела енергії для створення резервної системи живлення будинку.

Ознайомився з необхідними компонентами та їх ролями в системі резервного живлення, обрано найкращі компоненти для системи та розраховано необхідну потужність для забезпечення будинку електроенергією. Розраховане споживання показало що в світлий час доби будинку необхідно 8.24 кВт, а в темний 5.9 кВт. Номінальне споживання в годину склало 4,52 кВт.

Після порівняння акумуляторних батарей було обрано модель LogicPower LP LiFePO4 48V - 230Ah в кількості двох штук. Вона підійшла своєю ємністю, циклами заряду розряду, та надійністю. Дану батарею не потрібно обслуговувати та спеціально облаштовувати місця збереження.

Сонячні панелі було обрано з огляду на їх ефективність та потужність. Модель CSUNPOWER CP21-66H 660W в кількості 8-ми штук підходять під потреби споживання будинку та завдяки гібридному інвертору дають можливість продавати надлишки електроенергії за «зеленим тарифом».

В якості інвертоту було обрано DEYE SUN-10K-SG01LP3-EU – це гібридний інвертор що дає можливість підключитись як до АКБ так і до мережі для продажу надлишків електроенергії. Інвертор був обраний зважаючи на потреби системи та з запасом на випадок збільшення кількості панелей.

Було підкреслено важливість точного розрахунку потужності споживання та вибору відповідних компонентів, оскільки ці фактори відіграють важливу роль у проектуванні оптимальної системи, яка відповідає енергетичним потребам приватного будинку. Було досліджено роль таких компонентів, як трекери точки максимальної потужності (MPPT), контролери заряду акумуляторів та інвертори, у забезпеченні ефективного виробництва, зберігання та розподілу енергії.

ДЖЕРЕЛА

1. Альтернативна енергетика і технології майбутнього в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://eenergy.com.ua/solar/sonyachni-elektrostantsiyi-ukrayiny-na-mari/>.
2. MDPI [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/10/5985>.
3. OnlySolar [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://onlysolar.in.ua/yakij-invertor-pidhodit-dlya-avtonomnoyi-sonyachnoyi-elektrostantsiyi/>.
4. Концепція Енергозбереження [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://solar-tech.com.ua/ua/green-tariff.html>.
5. Альфа Солар [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://alfa.solar/uk/content/category/Korisna-InformatsIya-id3>.
6. Сонячна енергетика [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sun-energy.com.ua/solar-power/>.
7. АСПЕКТИ ОЦІНКИ ТА ОСВОЄННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/may/1987/geodynamika13201214.pdf>.
8. Енергетичний потенціал біомаси в Україні [Електронний ресурс]. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/BIOMASS_UA_PRAGM_31_05_2011.pdf.
9. BezpekaShop [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.bezpeka-shop.com.ua/blog/obzor/vidy-akkumulyatorov-dlya-ibp/>.
10. VenCon [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://vencon.ua/ua/products/sofar-hyd-6000-ep>.
11. Emergency power supply from photovoltaic battery systems in private households in case of a blackout – A scenario analysis [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610218310129?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=7d81b1052f0477b5.
12. ОПТИМАЛЬНИЙ КУТ НАХИЛУ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://aquatherms.com/viznachayemo-optimalnij-kut-naxilu-sonyachnix-batarej/>.
13. ИНСОЛЯЦИЯ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.solargarden.com.ua/insolyatsiya-vplyv-na-vyrobnytstvo-elektroenergiyi-sonyachnymy-panelyamy/>.

14. Відновлювані джерела енергії [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/53746>.
15. Системи енергозабезпечення з використанням відновлюваних джерел енергії [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/handle/123456789/10590>.
16. MeteoBlue [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.meteoblue.com/en/weather/historyclimate/climatemodelled/kyiv_ukraine_703448.
17. Автономне живлення для дому [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://onlysolar.in.ua/yakij-invertor-pidhodit-dlya-avtonomnoyi-sonyachnoyi-elektrostanciyi/>.
18. Кліматичні умови [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://geomap.land.kiev.ua/climate-8.html>.