

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут Електроенергетики

(інститут)

Електротехнічний факультет

(факультет)

Кафедра електроенергетики

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Гонченка Сергія Леонідовича

(ПІБ)

академічної групи 141М-22-2

(шифр)

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ _____

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Розробка автономної вітряної та фотоелектричної станції приватного будинку

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Перерва В.Я.			
Розділів:				
Технологічний	Перерва В.Я.			
Спеціальний	Перерва В.Я.			
Економічний	Тимошенко Л.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	Олішевський Г.С.			

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
електроенергетики

_____ (повна назва кафедри)

_____ Папаїка Ю.А.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
На кваліфікаційну роботу
ступеня магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Гонченку С.Л. академічної групи 141М-22-2
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
спеціалізації¹ _____
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

(офіційна назва)

на тему: «Розробка автономної вітряної та фотоелектричної станції приватного будинку»,

затверджено наказом ректора НТУ «Дніпропетровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступна частина	Виконати обґрунтований вибір основного обладнання	22.10.2023
Основна частина	Виконати розрахунки електричних навантажень	26.11.2023
Економічна частина	Визначити техно-економічні показники проекту	08.12.2023

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

_____ (прізвище, ініціали)

Дата видачі 25.09.2023 р

Дата подання до екзаменаційної комісії 15.12.2023 р.

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

_____ (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 68с, рис 21, табл. 12,джерела 16.

Тема: «Розробка автономної вітряної та фотоелектричної станції приватного будинку»

Об'єктом проектування буде – автономний приватний будинок вітро-сонячної станцією.

В дипломному проекті буде приведено: «Розробка вітро-сонячної станції для автономного електропостачання приватного будинку», а також враховано розташування, параметри, обладнання, економічні розрахунки та охорона праці для безпечної роботи приватної вітро-сонячної станції.

Технологічний відділ розглядає такі питання, як забезпечення незалежності будівель і споруд від енергетичних ресурсів, аналіз можливостей використання децентралізованих автономних систем електропостачання на основі сонячних станцій, а також вивчення можливостей розробки автономних систем енергопостачання для приватних будинків.

Спеціальний розділ проекту включає в себе розрахунки і вибір електричного обладнання, вибір акумуляторів та опис процесу вибору необхідних провідників для встановлення автономної вітро-сонячної станції.

Економічний розділ містить розрахунки, такі як витрати на придбання та встановлення електричного обладнання, а також оцінку фінансових витрат на монтаж і експлуатацію автономної вітро-сонячної станції.

ABSTRACT

Explanatory note 68c, fig. 21, table. 12, sources 16.

Topic: "Development of an autonomous wind and photovoltaic plant of a private house"

The design object will be an autonomous private house with a wind-solar station.

The diploma project will include: "Development of a wind-solar plant for autonomous power supply of a private house", and also take into account the location, parameters, equipment, economic calculations and labor protection for the safe operation of a private wind-solar plant.

The technological department considers such issues as ensuring the independence of buildings and structures from energy resources, analyzing the possibilities of using decentralized autonomous power supply systems based on solar stations, as well as studying the possibilities of developing autonomous power supply systems for private homes.

A special section of the project includes calculations and selection of electrical equipment, selection of batteries, and a description of the process of selecting the necessary conductors for the installation of an autonomous wind-solar station.

The economic section contains calculations such as the costs of purchasing and installing electrical equipment, as well as an estimate of the financial costs of installing and operating an autonomous wind and solar farm.

Зміст

Зміст	3
Вступ	4
1. Аналітична частина.....	5
1.1. Аналіз забезпечення енергонезалежності приватного сектора	5
1.2. Організація раціонального використання електроенергії в автономному приватному будинку.....	6
1.3. Оцінка потенціалу використання децентралізованих автономних систем електрозабезпечення на базі вітро-сонячної станції в Україні.	8
1.4. Принцип роботи, структура та склад обладнання вітро-сонячної станції.	10
1.5. Постановка задач щодо розробки віто-сонячної станції приватного будинку.	16
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	18
2.1. Основні технічні параметри проектування об'єкту.	18
2.2. Моделювання графіків електричного навантаження приватного будинку.....	20
2.3. Розрахунок технічних характеристик і вибір обладнання ФЕС.....	24
2.4. Визначення параметрів та показників виробництва електроенергії фотоелектричними модулями.	46
2.5. Визначення параметрів та показників виробництва електроенергії сонячної станції протягом року.....	51
2.6. Вибір системи акумулювання електричної енергії.....	51
2.7. Вибір параметрів системи електропостачання приватного будинку	52
3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	53
3.1. РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОНОМНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ	54
3.2. Розрахунок капітальних витрат.....	55
3.3. Розрахунок річного фонду заробітної плати.....	59
3.4. Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт	59
Висновок	61
Перелік джерел	62
4. ДОДАТОК А	64
5. ДОДАТОК Б.....	64
6. ДОДАТОК В	64

Вступ

В сучасному світі електроенергія є невід'ємною частиною нашого повсякденного життя, навіть сто років тому такі масштаби були неможливі уявити.

З цього можна зробити висновок, що майбутнє розвитку цієї галузі залишається за межами нашого уявлення. Проте, історія показує, що люди завжди намагалися освоювати нові території, що відомо, завжди супроводжується потребою в енергії, включаючи електроенергію.

Саме тому питання автономності будинку набуває наразі особливої актуальності, і вчені працюють над новими технологіями та покращеннями існуючих. З цим у розумінні, що моєю темою дипломної роботи стала розробка вітро-сонячної станції для забезпечення незалежного електропостачання приватних будинків.

1. Аналітична частина

1.1. Аналіз забезпечення енергонезалежності приватного сектора

Автономні фотоелектричні системи на основі сонячних панелей і вітряних турбін, які часто називають гібридними системами відновлюваної енергії, використовуються в різних програмах для ефективного та екологічного виробництва електроенергії.

Автономне джерело живлення: ці системи зазвичай використовуються у віддалених місцях, де немає доступу до традиційної електричної мережі. Приклади включають віддалені телекомунікаційні вежі, віддалені промислові об'єкти та автономні житлові будинки. Сонячні батареї та вітряні турбіни працюють разом, щоб забезпечити стабільне електропостачання навіть у регіонах із різними погодними умовами.

Резервні системи живлення: автономні фотоелектричні системи використовуються як резервні джерела живлення для критично важливої інфраструктури, такої як лікарні, центри обробки даних і екстрені служби.

Сонячні батареї та вітряні турбіни можуть заряджати батареї, які потім використовуються для постачання електроенергії під час відключень мережі або коли потреба в електроенергії висока. У багатьох автономних вітро-сонячних системах накопичення енергії досягається за рахунок використання батарей. Варто зазначити, що компоненти, пов'язані з накопиченням енергії, можуть становити значну частину, потенційно до 40%, загальної потужності автономної фотоелектричної системи протягом терміну її експлуатації. Ці батареї відіграють вирішальну роль у забезпеченні безперервного та надійного електропостачання, особливо в періоди, коли відновлювані джерела енергії, такі як вітер і сонце, не активно виробляють електроенергію.

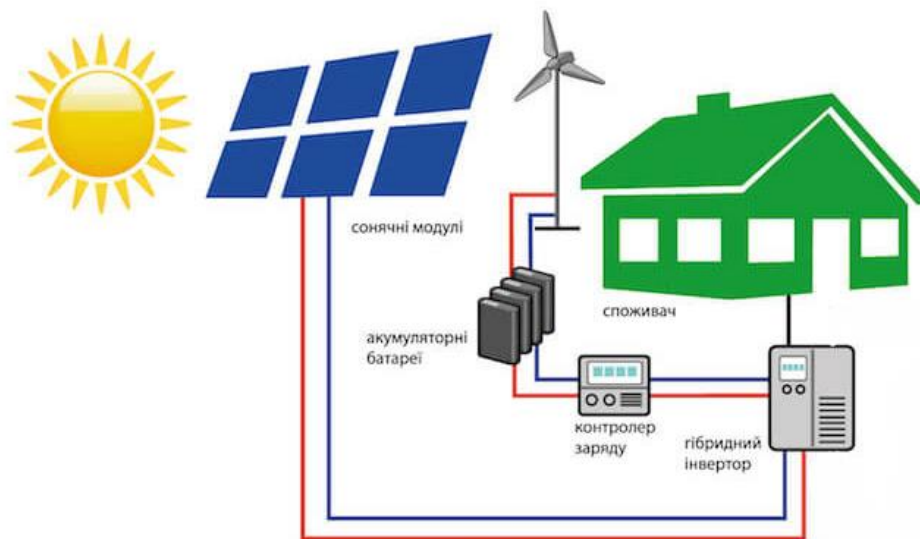


Рисунок 1.1 – Автономна схема підключення вітро-сонячної станції

1.2. Організація раціонального використання електроенергії в автономному приватному будинку

При проектуванні та розробки будівлі, важливо застосовувати комплексний підхід. Це передбачає:

Зведення до мінімуму потреби в опаленні, охолодженні та освітленні за допомогою пасивних стратегій, таких як дизайн, що реагує на клімат, використання денного світла та практики збереження.

Включення відновлюваних джерел енергії, таких як сонячне опалення для гарячої води, фотоелектричні елементи, геотермальне опалення приміщень і охолодження ґрунтових вод, щоб зменшити енергетичні потреби будівлі.

Точне налаштування параметрів будівлі за допомогою програм моделювання енергоспоживання на етапі проектування.

Впровадження передової системи «Розумний дім» для інтелектуального управління комфортом, яка підходить для різних об'єктів: квартир, офісів, котеджів, дач. Ця система дозволяє користувачам встановлювати та коригувати параметри за допомогою таких пристроїв, як планшети, смартфони чи комп'ютери. Для роботи системи виробник використовує захищений протокол і спеціальний мобільний додаток.

Відповідно до принципів енергетичної автономії проект будівлі, орієнтований на користувача, повинен не лише дотримуватися пасивних принципів проектування, але й інтегрувати активні адаптивні пристрої. Ці активні пристрої підвищують ефективність пасивних будівель, забезпечують автономне управління енергією та підтримують комфортне середовище проживання.

Відновлювані джерела енергії відіграли значну роль у зниженні загрози зміни клімату та покращенні якості повітря. Вітряні електростанції та сонячні батареї стали повсюдними, що відображає дедалі більше впровадження екологічно чистих альтернативних джерел енергії. Зростання популярності відновлюваних джерел енергії в Україні та в усьому світі можна пояснити значним падінням вартості сонячної фотоелектричної електроенергії на 85% з 2010 року та 50% зниженням вартості електроенергії від наземних і морських вітряків. Зараз ці відновлювані джерела енергії конкурують з електроенергією, виробленою з викопного палива.

Зниження витрат є результатом позитивного зворотного зв'язку. Оскільки розгортається більше технологій відновлюваної енергії, вони стають дешевшими завдяки економії на масштабі та ефективним ланцюгам постачання. Це, в свою чергу, стимулює подальше розгортання. Наприклад, за останнє десятиліття щоразу, коли глобальна сонячна потужність

подвоювалася, вартість установки сонячної енергії падала на 34%. Модульний і стандартизований характер технологій відновлюваної енергії дозволяє швидко відтворювати скорочення витрат і технологічний прогрес у різних місцях, посилюючи впровадження відновлюваної енергії. Інші аспекти використання відновлюваної енергії також підсилюють цю тенденцію.

1.3. Оцінка потенціалу використання децентралізованих автономних систем електрозабезпечення на базі вітро-сонячної станції в Україні.

Оцінка потенціалу використання децентралізованих автономних систем електрозабезпечення на базі вітро-сонячної станції в Україні може бути проведена на основі ряду факторів. Декілька ключових аспектів, які варто враховувати, включають:

- Природні ресурси: Україна має значний потенціал для використання сонячної та вітрової енергії. Потужність сонячних та вітрових ресурсів залежить від регіону країни, і це важливо враховувати при визначенні місця розташування станції.

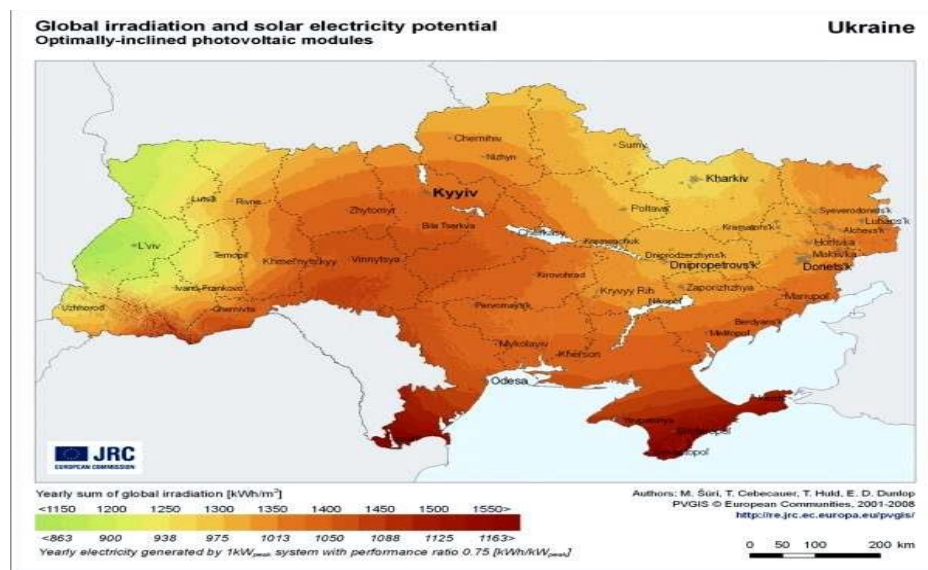


Рисунок 1.2 – Карта України з розподілом сонячної радіації на території країни протягом року

- **Технічна інфраструктура:** Розвиток інфраструктури для збору, зберігання та розподілу відновлюваної енергії є важливим фактором. Для децентралізованих систем електрозабезпечення потрібно враховувати можливість підключення до існуючої електричної мережі або створення автономної системи.
- **Економічна ефективність:** Оцінка витрат на будівництво та обслуговування вітро-сонячної станції в порівнянні з іншими джерелами енергії, такими як вугілля чи газ, допоможе визначити економічну доцільність такого проекту.
- **Регулююча політика:** Регулюючі норми та стимулюючі заходи, прийняті урядом України, можуть значно вплинути на розвиток вітро-сонячних станцій. Це можуть бути податкові пільги, тарифи на відновлювану енергію.
- **Споживачі:** Важливо також враховувати потреби та споживачів електроенергії в конкретному регіоні. Децентралізовані системи можуть бути особливо корисними у віддалених районах, де віддаленість від центральних мереж може бути великою проблемою. Загалом, Україна має потенціал для розвитку децентралізованих систем електрозабезпечення на базі вітро-сонячних станцій. Проте, реалізація таких проектів вимагає докладних досліджень та інвестицій. Важливо також співпрацювати з владою, екологічними та соціальними організаціями для забезпечення сталого розвитку та мінімізації негативних впливів на довкілля.

1.4. Принцип роботи, структура та склад обладнання вітро-сонячної станції.

Вітро-сонячна станція - це об'єднання вітрових та сонячних енергетичних систем для виробництва електроенергії. Її принцип роботи полягає в тому, що вона використовує вітроенергію та сонячну енергію для генерації електроенергії, яку можна використовувати для живлення електричних приладів та систем освітлення. Основні компоненти та принцип роботи вітро-сонячної станції:

- Вітровий електрогенератор:

Вітровий електрогенератор (вітрогенератор) - це пристрій, який використовує кінетичну енергію вітру для генерації електроенергії. Він є однією з ключових складових вітро-сонячної станції і дозволяє отримувати зелену енергію з вітру.

Структура вітрогенератора:

Вітрогенератор складається з кількох основних компонентів, включаючи:

Вітровий турбінний ротор: Це складається з лопатей, які зазвичай встановлені на високій щоглі або башті. Лопаті розташовані так, щоб захоплювати вітер і використовувати його енергію.

Генератор: Вітрогенератор має генератор, який перетворює механічну енергію, яку генерує рух лопатей, в електричну енергію.

Вітрова навісна система: Ця система дозволяє вітровому ротору вирівнюватися в напрямку вітру, щоб максимізувати збір вітрової енергії.

Контрольна система: Вона включає в себе сенсори та комп'ютери, які визначають оптимальний кут лопатей і регулюють роботу генератора для забезпечення сталого виробництва електроенергії.

Принцип роботи:

Вітровий ротор починає обертатися під впливом вітру, який захоплює лопаті. Рух лопатей створює механічну енергію, яку передає генератору через вал. Генератор використовує цю механічну енергію для виробництва електричної енергії. Зазвичай, це стаціонарний генератор, який використовує принцип електромагнітного індукції.

Електрична енергія, вироблена генератором, потім подається через інвертор для перетворення постійного струму в змінний струм і подальшого використання.

Типи вітрогенераторів:

Існують різні типи вітрогенераторів, включаючи горизонтальні вітрові турбіни, вертикальні вітрові турбіни та горизонтальні вітрові турбіни з різними типами лопатей. Кожен тип має свої переваги та недоліки і може бути вибраний в залежності від конкретних умов та потреб.

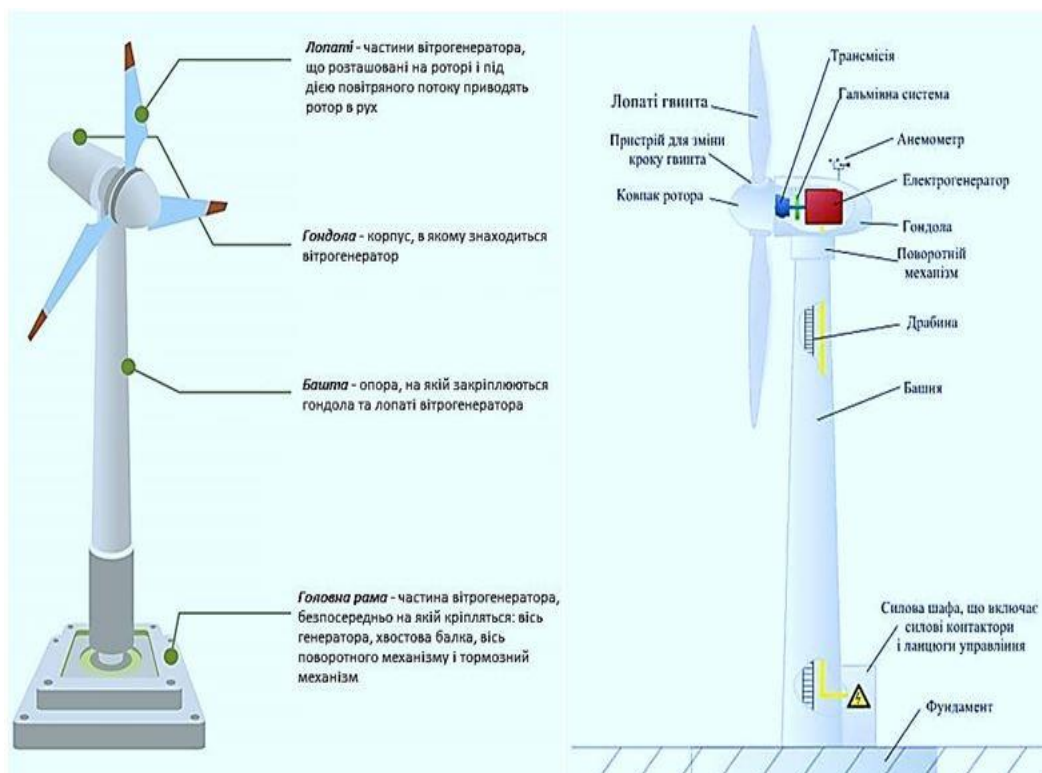


Рисунок 1.3 – Вітровий електрогенератор

- Сонячні панелі:

Сонячні панелі (сонячні фотоелектричні панелі) - це пристрої, які використовують фотоелектричний ефект для перетворення сонячної енергії в електричну енергію. Вони є ключовою складовою сонячної енергетичної системи і дозволяють отримувати електроенергію з сонячного випромінювання.

Структура сонячних панелей:

Сонячні панелі складаються з кількох шарів та компонентів, включаючи:

Фотоелектричні сонячні панелі: Основна частина панелі, яка містить фотоелектричні панелі, які реагують на сонячне світло та генерують електричний струм.

Захисний верхній шар: Захищає фотоелектричні панелі від навколишніх впливів, включаючи погодні умови та механічні пошкодження.

Захисна задня пластина: Захищає внутрішні компоненти та підтримує фотоелектричні клітини.

Провідники: Переносять створений фотоелектричними панелями струм до виходу панелі.

Принцип роботи:

Фотоелектричні панелі в сонячних панелях використовують фотоелектричний ефект, щоб генерувати електричний струм. Фотоелектричний ефект полягає в тому, що світло викликає виходження електронів із матеріалу фотоелектричної клітини, створюючи потік електричних зарядів.

Створений електричний струм потім подається до внутрішніх провідників і може бути використаний для живлення електричних приладів, зарядження акумуляторів або надсилання в мережу електропостачання.

Типи сонячних панелей:

Існують різні типи сонячних панелей, включаючи монокристалічні, полікристалічні та аморфні сонячні панелі. Кожен тип має свої характеристики щодо ефективності та вартості, і вибір залежить від конкретних потреб та обставин.

- Інвертор:

Інвертор використовується для перетворення постійного струму (виробленого сонячними панелями та вітровим генератором) в змінний струм, який може бути використаний для живлення електричних приладів та систем освітлення.



Рисунок.1.4 Інветор SUN-10K-SG04LP3-EU

- Акумулятори:

Енергія, вироблена вітровим генератором та сонячними панелями, може бути збережена в акумуляторах для подальшого використання в нічний час або в умовах обмеженої сонячної або вітрової активності.



Рисунок 1.5 – літій іонний акумулятор

- Керування та моніторинг:

Система керування та моніторингу в сонячних та вітрових енергетичних установках відіграє ключову роль у забезпеченні ефективності та надійності функціонування системи. Ось більш детальна інформація про цю систему:

Моніторинг:

Система моніторингу включає в себе сенсори та датчики, розміщені на сонячних панелях та вітрових генераторах. Ці сенсори вимірюють різні параметри, такі як вироблення електроенергії, швидкість вітру, температуру, напругу та струм.

Збір та передача даних:

Зібрані дані передаються до центрального контрольного пункту, де вони аналізуються та зберігаються. Ця передача даних може виконуватися безпроводним зв'язком або кабельним.

Аналіз та діагностика:

Однією з ключових функцій системи моніторингу є аналіз даних для виявлення будь-яких аномалій чи проблем в роботі сонячних панелей та вітрових генераторів. Наприклад, вона може виявити, якщо сонячні панелі мають покриття пилом або снігом, що знижує їхню продуктивність.

Дистанційне керування:

Система моніторингу дозволяє операторам віддалено керувати роботою сонячних та вітрових установок. Це означає, що їх можна віддалено включати або вимикати, регулювати напругу чи потужність генераторів, а також виконувати інші операції.

Попередження та діагностика відмов:

Система моніторингу може спостерігати за станом обладнання та виявляти попереджувальні сигнали в разі можливих проблем або відмов. Це дозволяє операторам проводити регулярну планову обслуговування або вжити заходи щодо виправлення неполадок, які допомагають уникнути виходу обладнання з ладу.

Підвищення ефективності:

Завдяки системі моніторингу можливо оптимізувати роботу сонячних панелей та вітрових генераторів, щоб максимізувати вироблення електроенергії при наявних умовах, таких як швидкість вітру або інтенсивність сонячного випромінювання.

Запис та звіти:

Система моніторингу здатна записувати дані та генерувати звіти, які можуть бути використані для внутрішнього аналізу, звітності перед органами регулювання або моніторингу продуктивності в обраному періоді часу.

Система керування та моніторингу грає важливу роль у забезпеченні надійності, ефективності та безпеки сонячних та вітрових енергетичних установок. Вона дозволяє операторам вчасно реагувати на можливі проблеми та оптимізувати роботу системи для досягнення максимальних результатів.



Рисунок 1.6 – Гібридний контролер заряду.

1.5. Постановка задач щодо розробки віто-сонячної станції приватного будинку.

Постановка задач щодо розробки вітро-сонячної станції для приватного будинку - це важливий етап проектування і реалізації системи, яка забезпечить енергетичну незалежність вашого будинку та використання

відновлювальних джерел енергії. Нижче наведено основні етапи та завдання для цього процесу:

- Визначення потреб:

Визначення добової споживаної потужності електроенергії. Це допоможе визначити, яка потужність вітро-сонячної станції потрібна для задоволення вашого енергетичного попиту.

- Вибір місця розташування:

Визначення ідеального місця для встановлення сонячних панелей та вітрових генераторів, з урахуванням впливу вітру та сонячного випромінювання.

- Вибір обладнання:

Вибір сонячних панелей, вітрового генератора, інверторів та акумуляторів, враховуючи потреби.

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Основні технічні параметри проектування об'єкту.



Рисунок.2.1 загальний вигляд автономний будинок

Основні будівельні та геометричні характеристики будівлі будуть наведені в таблиці

Таблиця №1 – будівельні та геометричні характеристики будинку

Характеристика	Дані
Поверховість	Одноповерховий
Загальна площа	128,5 м ²
Площа забудови	234,3 м ²
Висота будинку	6,41 м
Кут нахилу даху	25°
Площа даху	263,9 м ²

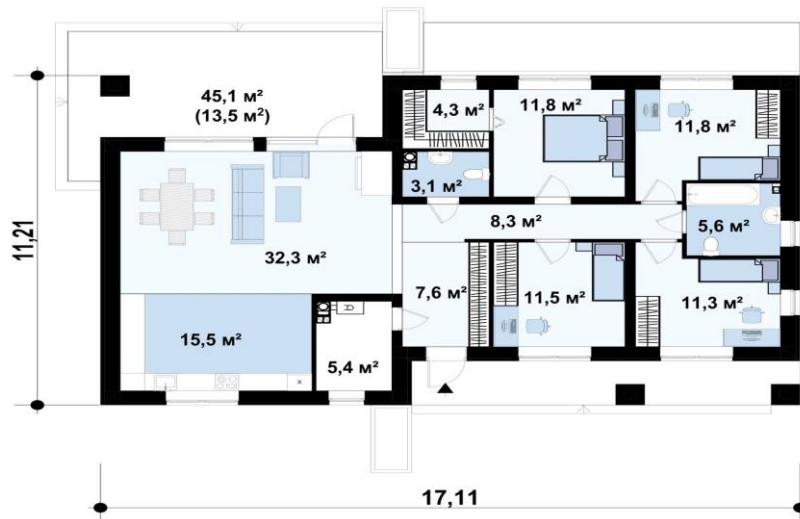


Рисунок 2.2 - План будинку

Таблиця №2 – Список приміщень

Приміщення	Площа м ²
Прихожа	7,6
Котельня	5,4
Кухня	15,5
Вітальня	32,3
Ванна кімната 1	3,1
Ванна кімната 2	5,6
Хол	8,3
Спальня 1	11,8
Спальня 2	11,8
Спальня 3	11,3

2.2. Моделювання графіків електричного навантаження приватного будинку

Під час проектування автономного будинку, важливим етапом є систематичний аналіз навантаження для визначення ефективності використання електроенергії. Для досягнення максимальної енергоефективності необхідно впроваджувати найсучасніше енергозберігаюче обладнання.

Таблиця №3 - Навантаження електроприймачів

Електроприймач	Кількість (шт)	Потужність, кВт
Холодильник	2	0,6
Освітлення	45	1,3
Комп'ютер	1	0,8
Електрична Плита	1	2,5
Пральна машина	1	1,2
Бойлер	1	3
Водяний насос	1	2
Телевізор	1	0,2
Кондиціонер	1	1,5
Всього	54	13,9

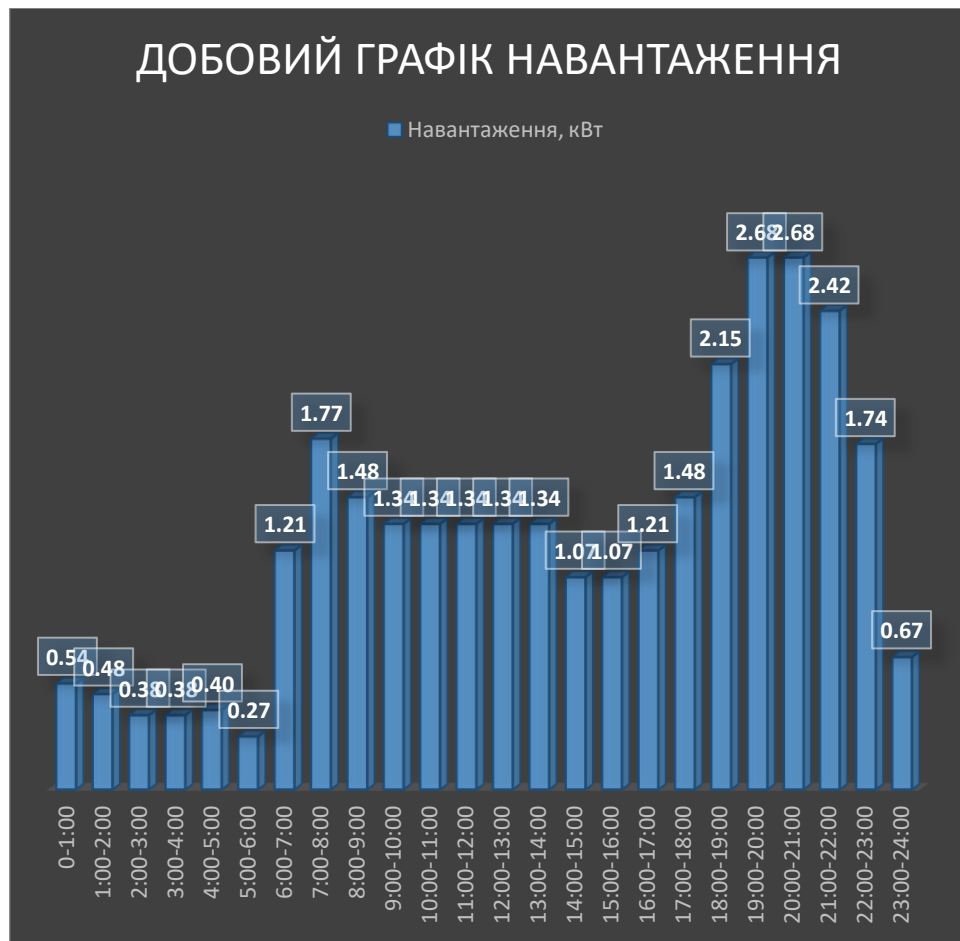


Рисунок 2.3. Графік споживання автономного будинку впродовж однієї доби

Години доби / Продуктивність СЕС																												
	0-1:00	1:00-2:00	2:00-3:00	3:00-4:00	4:00-5:00	5:00-6:00	6:00-7:00	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-24:00		Добова продуктивність ВДЕ, кВтгод		
Січень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,5	4,3	5,6	5,8	4,3	1,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Січень	23,8	736,6
Лютий	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,9	3,9	6,8	7,5	7,7	6,8	3,9	1,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Лютий	41,2	1152,2
Березень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,9	3,9	5,8	8,7	10,4	10,6	8,7	5,8	3,9	1,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Березень	63,6	1970,4
Квітень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,9	3,9	5,8	7,7	9,7	11,6	11,6	9,7	7,7	5,8	3,9	1,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Квітень	83,1	2492,2
Травень	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,9	3,9	5,8	7,7	9,7	11,6	13,5	13,5	11,6	9,7	7,7	5,8	3,9	1,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Травень	110,1	3413,7
Червень	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,9	3,9	5,8	7,7	9,7	11,6	13,9	13,9	11,6	9,7	7,7	5,8	3,9	1,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Червень	110,9	3326,8
Липень	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,3	4,8	5,8	7,7	9,7	11,6	14,5	14,5	11,6	9,7	7,7	5,8	4,8	2,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Липень	114,8	3557,5
Серпень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	3,9	5,8	7,7	8,7	9,7	12,6	12,6	9,7	8,7	7,7	5,8	3,9	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Серпень	99,3	3078,3
Вересень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,9	2,9	3,9	6,8	8,7	11,6	11,6	8,7	6,8	3,9	2,9	1,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Вересень	73,4	2202,4
Жовтень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,9	2,9	4,8	5,8	6,8	6,8	5,8	4,8	2,9	1,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Жовтень	46,4	1437,4
Листопад	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,5	4,3	5,2	5,8	4,3	1,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Листопад	23,4	701,3
Грудень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,0	2,9	4,4	4,4	2,9	1,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Грудень	17,4	539,0
Споживання електричної енергії	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,1	1,6	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,3	2,0	2,7	2,6	1,6	0,8	0,5	Середнє значення	24551,2	24607,8

Таблиця №4 Генерація електричної енергії протягом року, подово

Графіки генерації та споживання електроенергії.

Синій колір – це генерація, а помаранчевий споживання .

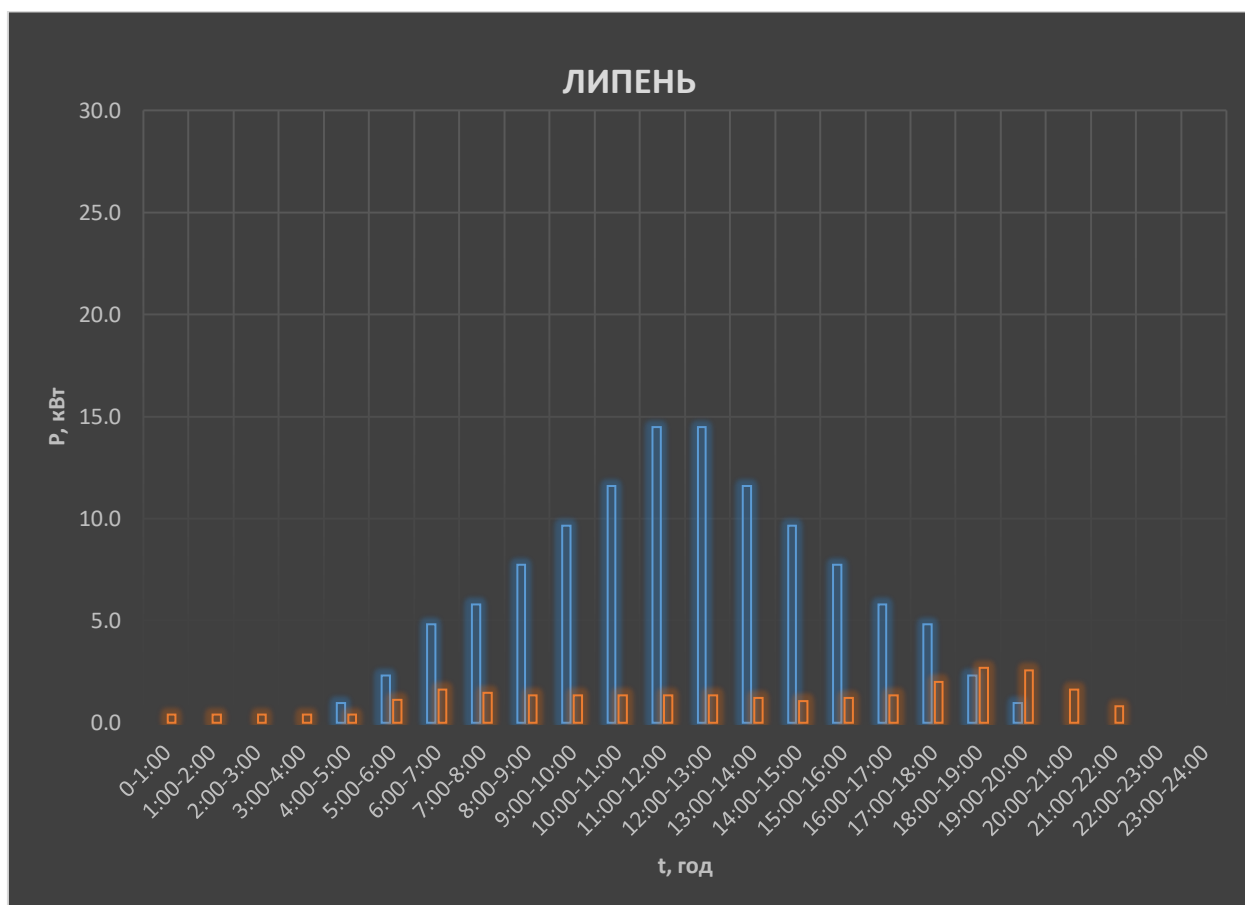


Рисунок 2.4. Графіки максимальної генерації та споживанні електроенергії в липне (таблица №4)

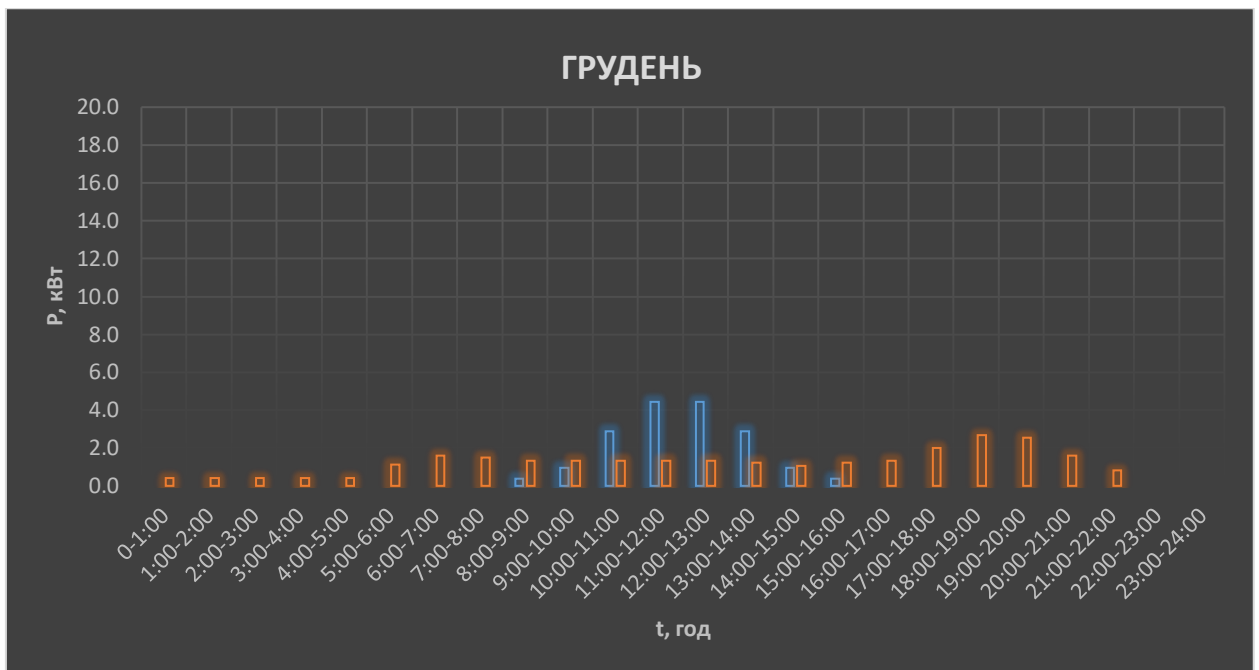


Рисунок 2.5. Графіки мінімальної генерації та споживанні електроенергії в грудні. (таблиця №4)

2.3. Розрахунок технічних характеристик і вибір обладнання ФЕС

Розрахунок кута нахилу панелей для міста Дніпро

Кут нахилу панелей:

Кут нахилу розраховується за наступною формулою:

Кут нахилу панелі = широта \times 0,76 + 3.1°.

Координати місця встановлення ФЕС прийняті з таблиці №1.

Таблиця №5 Географічне розташування міста Дніпро

Місто	Широта	Довгота
Дніпро	48° 27' пн.ш.	34° 59' сх.д.

Розрахунок приведених експлуатаційних параметрів ФЕМ

Дніпро (широта 48 градусів) кут нахилу панелей=39,8°

Орієнтація за сторонами світу:

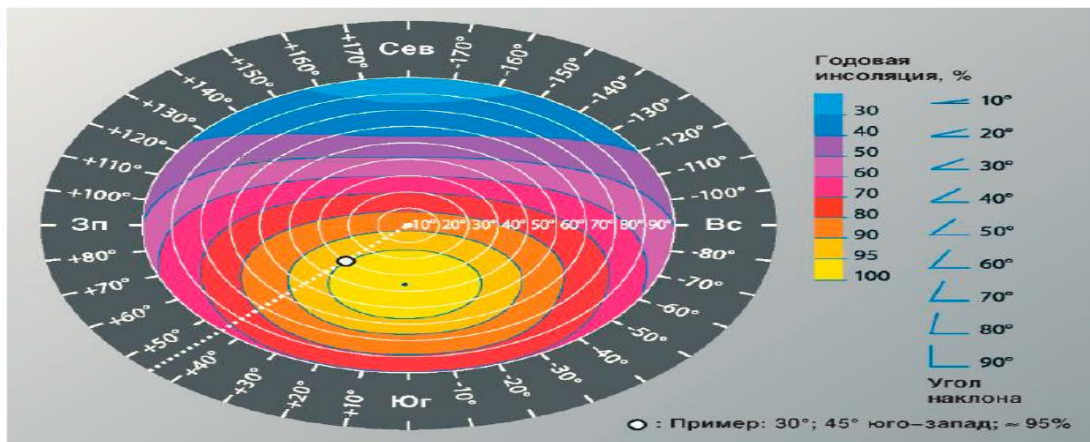


Рисунок.2.6 визначення поправочного коефіцієнта на розташуванні сонячних фото модулів.

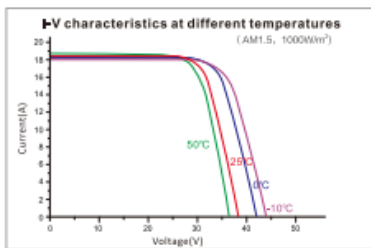
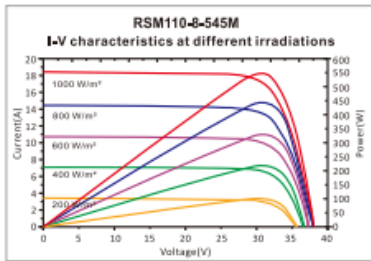
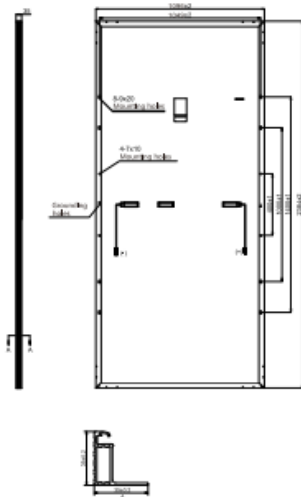
Користування діаграмою: за широтою місцевості і орієнтацією панелей за сторонами світу за оптимального кута нахилу знаходиться поправочний коефіцієнт K_w .

Дніпро: широта місцевості становить $48^{\circ} 27'$ пн.ш кут нахилу панелей $39,8^{\circ}$ орієнтація на ПД – $K_w = 1$.

Вибираємо панель: RSM110-8-535M-555M

Характеристика панелі:

Dimensions of PV Module Unit: mm



ELECTRICAL DATA (STC)

Model Number	RSM110-8-535M	RSM110-8-540M	RSM110-8-545M	RSM110-8-550M	RSM110-8-555M
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	535	540	545	550	555
Open Circuit Voltage-Voc(V)	37.58	37.78	38.02	38.24	38.46
Short Circuit Current-Isc(A)	18.13	18.18	18.23	18.28	18.33
Maximum Power Voltage-Vmpp(V)	31.26	31.46	31.66	31.86	32.06
Maximum Power Current-Imp(A)	17.12	17.17	17.22	17.27	17.32
Module Efficiency (%) *	20.5	20.7	20.9	21.0	21.2

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.
 * Module Efficiency (%): Round-off to the nearest number

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Model Number	RSM110-8-535M	RSM110-8-540M	RSM110-8-545M	RSM110-8-550M	RSM110-8-555M
Maximum Power-Pmax (Wp)	405.3	409.0	412.8	416.7	420.5
Open Circuit Voltage-Voc (V)	34.95	35.14	35.36	35.56	35.77
Short Circuit Current-Isc (A)	14.87	14.91	14.95	14.99	15.03
Maximum Power Voltage-Vmpp (V)	29.01	29.19	29.38	29.57	29.75
Maximum Power Current-Imp (A)	13.97	14.01	14.05	14.09	14.13

NMOT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar cells	Monocrystalline
Cell configuration	110 cells (5×11+5×11)
Module dimensions	2384×1096×35mm
Weight	29kg
Superstrate	High Transmission, Low Iron, Tempered ARC Glass
Substrate	White Back-sheet
Frame	Anodized Aluminium Alloy type 6005-2T6, Silver Color
J-Box	Potted, IP68, 1500VDC, 3 Schottky bypass diodes
Cables	4.0mm ² (12AWG), Positive(+)-350mm, Negative(-)-350mm (Connector Included)
Connector	Risen Twinsel PV-SY02, IP68

TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	44°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.34%/°C
Operational Temperature	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage	1500VDC
Max Series Fuse Rating	30A
Limiting Reverse Current	30A

Рисунок 2.7 Характеристика сонячної панелі

Очікувана температура модуля обчислюється з NOCT за формулою:

$$T_{PTC} = 20 + 1,389 \times (NOCT - 20) \times (0,9 - \eta)$$

$$T_{PTC} = 20 + 1,389 \times (44 - 20) \times (0,9 - 0,34) = 38,6^{\circ}\text{C}$$

Значення $(0,9 - \eta)$ відображає частку сонячної енергії, що досягає модуля і перетвориться в тепло. Передбачається, що 10% енергії відбивається.

Розрахунок фактичної потужності ФЕМ:

$$P_{PTC} = P_{STC} \cdot [1 - CT (T_{PTC} - 25^{\circ}\text{C})]$$

$$P_{PTC} = 555 \times [1 - 0,0034 \times (38,6 - 25)] = 530 \text{ Вт}$$

Це складає $P_{PTC} / P_{STC} = 95,4\%$ від номіналу.

Так як співвідношення P_{PTC} / P_{STC} більше 88% то приймаємо панель до подальшого розрахунку.

Вибір кількості та параметрів інверторного обладнання для покриття потужності фотоелектричної станції.

Потужність ФЕС визначається потужністю інверторного обладнання, встановленого на ній. Тому кількість інверторів може бути розрахована наступним чином:

$$N_{\text{інв}} = P_{\text{ФЕС}} / P_{\text{ном.інв}} = 30000 / 10000 = 3$$

де $P_{\text{ФЕС}}$ – потужність фотоелектричної станції, відповідно до технічних умов, кВт;

$P_{\text{ном.інв}}$ – номінальна одинична потужність інвертора, прийнятого до встановлення, кВт.

Model	SUN-6K-SG04LP3 -EU/AU	SUN-8K-SG04LP3 -EU/AU	SUN-10K-SG04LP3 -EU/AU	SUN-12K-SG04LP3 -EU/AU
Battery Input Data				
Battery Type	Lead-acid or Li-Ion			
Battery Voltage Range (V)	40–60			
Max. Charging Current (A)	150	190	210	240
Max. Discharging Current (A)	150	190	210	240
Charging Curve	3 Stages / Equalization			
External Temperature Sensor	Yes			
Charging Strategy for Li-Ion Battery	Self-adaption to BMS			
PV String Input Data				
Max. DC Input Power (W)	7800	10400	13000	15600
PV Input Voltage (V)	550 (150–800)			
MPPT Range (V)	200-650			
Start-up Voltage (V)	160			
PV Input Current (A)	13+13	13+13	26+13	26+13
Max. PV ISC (A)	17+17	17+17	34+17	34+17
No. of MPPT Trackers	2			
No. of Strings Per MPPT Tracker	1+1	1+1	2+1	2+1
AC Output Data				
Rated AC Output and UPS Power (W)	6000	8000	10000	12000
Max. AC Output Power (W)	6600	8800	11000	13200
Peak Power (off grid)	2 times of rated power, 10 S			
AC Output Rated Current (A)	9	12	15	18
Max. AC Current (A)	13.5	18	23	27
Max. Continuous AC Passthrough (A)	50			
Output Frequency and Voltage	50/60Hz; 230/400Vac (Three phase)			
Grid Type	Three Phase			
Current Harmonic Distortion	THD<3% (Linear load<1.5%)			
Efficiency				
Max. Efficiency	97.60%			
Euro Efficiency	97.00%			
MPPT Efficiency	99.90%			
Protection				
PV Input Lightning Protection	Integrated			
Anti-Islanding Protection	Integrated			
PV String Input Reverse Polarity Protection	Integrated			
Insulation Resistor Detection	Integrated			
Residual Current Monitoring Unit	Integrated			
Output Over Current Protection	Integrated			
Output Shorted Protection	Integrated			
Output Over Voltage Protection	Integrated			
Surge protection	DC Type II / AC Type II			
Certifications and Standards				
Grid Regulation	IEC61727, IEC62116, IEC60068, IEC61683, NRS 097-2-1			
Safety EMC / Standard	IEC62109-1/-2, IEC61000-6-1, IEC61000-6-3, IEC61000-3-11, IEC61000-3-12			
General Data				
Operating Temperature Range (°C)	-25–60°C, >45°C Derating			
Cooling	Smart cooling			
Noise (dB)	<45 dB			
Communication with BMS	RS485; CAN			
Weight (kg)	34.5			
Size (mm)	422Wx658Hx281D			
Protection Degree	IP65			
Installation Style	Wall-mounted			
Warranty	5 years			

Рисунок 2.8 Технічні характеристики інвертора

Робочий діапазон інвертора знаходиться між значеннями напруги старту $U_{dc \text{ start}}$ і максимальною напругою $U_{dc \text{ max}}$. Як тільки напруга постійного струму зі сторони сонячних батарей досягає значення $U_{dc \text{ start}}$, перетворювач активується і починає пошук точки максимальної потужності МРР. Якщо ця точка знаходиться між $U_{dc \text{ min}}$ і $U_{dc \text{ start}}$, інвертор запусниться і почне працювати. Поки напруга не перевищує мінімальне значення діапазону МРРТ $U_{mpp \text{ min}} - U_{mpp \text{ max}}$, інвертор працює з неповною потужністю. Найвища ефективність перетворювача досягається з напругою U_{nom} , так що конфігурація ланцюгів сонячних батарей повинна видавати напругу, близьку до U_{nom} інвертора.

Відповідність потужності сонячних батарей

Кожен інвертор має діапазон напруги МРРТ, вказаний в технічному паспорті. Цей параметр визначає, при якій напрузі на вході постійного струму інвертора буде виявлена максимальна точка потужності алгоритмом МРР. Іншим важливим параметром, є мінімальна напруга перемикання інвертора. Це значення напруги PV-модулей, при яких інвертор запускається і починає генерувати енергію. У нашому випадку (таблиця нижче) діапазон МРРТ становить 200-650 В,

Обидва вказані значення визначають структуру підключення сонячних батарей в стрінг (ланцюг), їх кількість і спосіб з'єднання (послідовний, паралельний, паралельно-послідовний). Кожна панель в стрінгі генерує певну напругу та струм в залежності від миттєвого освітлення і відповідає вольт-амперній характеристиці. Сонячні батареї, підключені одна к одній, в залежності від схеми (послідово, паралельно), додають напругу чи струм. В будь-якому випадку ця сума не може перевищувати допустимих значень для обраної моделі інвертора на стороні постійного струму. [3]

Розрахунок параметрів та схеми з'єднань стрінгів ФЕМ для підключення до інверторів.

Максимальний струм в колі

Струм, що генерується сонячними батареями, залежить від типу з'єднання. В послідовному з'єднанні сила струму дорівнює значенню найбільш слабкого звена в стрінзі, наприклад, частково затемненій панелі. При паралельному з'єднанні струм дорівнює сумі струмів від окремих панелей. Значення струму також залежить від температури, чим вона вище, тим вище струм, що генерується. Зміна інтенсивності струму в залежності від температури визначається коефіцієнтом I_{sc} панелі (в нашому випадку 0,04 %/К).

Максимальний струм, який може генерувати одна панель, можна розрахувати за формулою:

$$I_{sc(T_r)} = I_s \left(1 + \frac{(T_r - 25)\alpha_T}{100} \right)$$

де:

- $I_{sc(T_r)}$ — значення струму сонячної батареї при 85° С;
- I_{sc} — значення струму короткого замикання в умовах STC, вказане в характеристиці модуля (18,33 А);
- T_r — максимальна температура (70 °С);
- α_T — температурний коефіцієнт I_{sc} (0,04 %/К).

$$I_{sc(T_r)} = 18,33 \cdot \left(1 + \frac{(70-25) \cdot 0,04}{100} \right) = 18,65[\text{A}]$$

З розрахунків видно, що для трьох інверторів Deye SUN-10K-SG04LP3-EU потужністю 10 кВт на вхід трекеру максимальний

струм $MPPT = 18 \text{ A}$ не рекомендується встановлювати більше 1 паралельно з'єднаних сонячних батарей. Оскільки при паралельній обв'язці струми сумується [3].

Максимальна напруга в колі.

На відміну від струму напруга, що ви- дається сонячною батареєю, збільшиться при падінні температури панелі. Розрахунки проводять для граничної температури батареї рівної $-25 \text{ }^\circ \text{C}$. Теоретично більш висока напруга буде мати місце при подальшому падінні температури, однак на практиці зимою практично неможливо отримати температуру на сонячному модулі менш ніж $-25 \text{ }^\circ \text{C}$ в умовах необхідної освітленості для початку генерації енергії. При розрахунку максимальної напруги враховуються: напруга холостого ходу, температурний коефіцієнт β_T .

Значення максимальної напруги розраховується за формулою:

$$U_{oc(T_r)} = U_{oc} \left(1 + \frac{(T_r - 25)\beta_T}{100} \right)$$

де:

- $U_{oc(T_r)}$ — значення напруги при температурі — $-40 \text{ }^\circ \text{C}$;
- U_{oc} — напруга холостого ходу ($38,46 \text{ V}$);
- T_r — мінімальна робоча температура ($-25 \text{ }^\circ \text{C}$);
- β_T — температурний коефіцієнт модуля $0,04 \text{ } \%/ \text{K}$.

Отже

$$U_{oc}(T_r) = 38,46 \cdot (1 + (-25 - 25) \cdot (0,04 / 100)) = 37,69 \text{ [V]}$$

Грунтуючись на цьому значенні, ми можемо підрахувати кількість моду-лей в стрінгу, з'єднаних послідовно.

$$N_{max} \leq U_{DC\ max}/U_{OC}(TR)$$

де $U_{DC\ max}$ — максимально допустиме значення напруги на вході перетворювача.

$$N_{max} \leq 800 / 37,69 = 21$$

Округляючи до цілого числа в менший бік, отримаємо, що в один стрінг можна установити до 21 сонячних батарей. [3]

Розрахунок мінімальної кількості модулів в колі з урахуванням допустимої пускової напруги інвертора.

Кожний інвертор має мінімальну напругу на вході, в нашому випадку це 150 В.

В свою чергу, модулі досягають мінімальної робочої напруги при гранич- ній температурі 85° С. Тому мінімальна кількість панелей в стрінгу розраховується для цієї ж температури, округляючи значення вгору. В цьому випадку використовуються формули:

$$U_{OC}(T_{max}) = U_{oc} \left(1 + \frac{(T_{max} - 25)\beta_T}{100} \right)$$

$$N_{min} \geq U_{DC\ start}/U_{OC}(T_{max})$$

де:

- $U_{oc}(T_{max})$ — напруга при максимальній температурі 70 ° С;
- U_{oc} — напруга холостого ходу (38,46 В);
- T_{max} — максимальна робоча температура (70 ° С);

- β_T — температурний коефіцієнт модуля (-0,04 %/K);
- N_{\min} — мінімальна кількість сонячних батарей;
- $U_{dcstart}$ — подається початкова напруга (350 В).

$$U_{oc}(T_{\max}) = 38,46 \cdot (1 + (70 - 25) \cdot (-0,04 / 100)) = 39,15 \text{ [В]}$$

$$N_{\min} \geq 160 / 39,15 = 7$$

Приймаємо найближче ціле значення в більший бік, таким чином рекомендується встановлювати послідовно не менше 4 модулів в один стрінг.

Визначення допустимої кількості модулів в колі з урахуванням МРР трекера інвертора.

Інвертор має оптимальний діапазон напруги для роботи МРР трекера. В нашому випадку цей діапазон в межах: 160-800В.

При визначенні кількості модулів, що підключені до одного входу МРР,

необхідно визначити кількість панелей, при чіткому все коло буде генерувати напругу в робочому діапазоні МРРТ при певних умовах. В цьому випадку підраховується максимальна і мінімальна напруга сонячної батареї для умов МРРТ, при цьому максимальне значення напруги підраховується при -40° C та мінімальне значення при $+85^\circ \text{ C}$. На основі цих значень розраховується оптимальна кількість панелей за формулою:

$$U_{MPP(T_{max})} = U_{MPP(STC)} \left(1 + \frac{(T_{max} - 25)\beta_T}{100} \right)$$

$$N_{min} \cdot U_{MPP(T_{max})} \geq U_{DC min}$$

- $U_{MPP(T_{max})}$ — напруга сонячної батареї при 70 °С;
- $U_{MPP(stc)}$ — оптимальна напруга МРРТ (32,06 В);
- T_{max} — максимальна робоча температура (70 °С);
- β_T — індекс температури модуля (0,04 %);
- N_{min} — мінімальна кількість модулів в стринзі;
- $U_{dc min}$ — мінімальне значення МРРТ інвертора (160 В);

$$U_{MPP(T_{max})} = 32,06 \cdot (1 + (70 - 25) \cdot (0,04 / 100)) = 32,63[\text{В}]$$

$$N_{min} \cdot U_{MPP(T_{max})} \geq 160$$

Таким чином:

$$N_{min} \geq 160 / 32,63 = 4$$

Отриманий результат округляємо до найближчого більшого значення. Таким чином, рекомендується встановити не менше 5 модулів у стрінгу для оптимальної роботи МРРТ інвертора. [3]

Перевірка сумарної кількості сонячних модулів з урахуванням номінальної потужності інвертора.

Зазвичай виробники рекомендують приєднувати до інвертора сонячні батареї сумарної потужності в співвідношенні 0,8-1,2 до номінальної вихідної потужності інвертора для оптимальної роботи

перетворювача. В нашому випадку ми маємо 3 інвертора з номінальною вихідною потужністю $P_{ac,r} = 10$ кВт.

Розрахуємо кількість модулів згідно з рекомендуваним діапазоном:

$$P_{ac,r} \cdot 0.8 / P_{mpp} \leq N_{sum\ gen} \leq P_{ac,r} \cdot 1.2 / P_{mpp}$$

де: $P_{ac,r}$ — номінальна потужність трьох інверторів (30 000 Вт).

Отримані значення округляємо до найближчого цілого числа в більшу сторону для мінімального значення, і в меншу сторону для максимального значення:

$$30000 \cdot 0,8 / 555 \leq N_{sum\ gen} \leq 30000 \cdot 1,2 / 555$$

$$53 \leq N_{sum\ gen} \leq 80$$

Таким чином, оптимальна кількість сонячних батарей повинна бути в діапазоні від 43 до 64 шт.

Визначення конструктивних параметрів окремого «стола» ФЕМ

Довжину стола визначаємо за геометричними розмірами ФЕМ та їх кількості в одному стрінгу з урахуванням технологічних відстаней між панелями для їх кріплення до металоконструкцій. Приймаємо відстань між панелями $\Delta_{фем} = 0,023$ м.

Таким чином, довжина столу обчислюється :

$$L_{ст} = N_{ФЕМ} \cdot (b_{ФЕМ} + \Delta_{фем}),$$

$b_{ФЕМ}$ — ширина модуля, м

$$L_{ст} = N_{ФЕМ} \cdot b_{ФЕМ} + (N_{ФЕМ} - 1) \Delta_{фем} = 16 \cdot 1,096 + (16 - 1) \cdot 0,023 = 18 \text{ м}$$

За координатами місцевості кут сонця 19° .

Далі рухаємо столи так, щоб уникнути затінення.

Відстань між рядами не менше $1,7 \cdot H_{ст}$, де $H_{ст}$ – висота столу сонячних панелей, яку визначаємо геометрично за параметрами столу. Тоді:

$$H_{ст} = 2,384 + 0,023 + 2,384 = 4,791 \text{ м.}$$

$$\text{Відстань між рядами: } 1,7 \cdot 4,791 = 8,1 \text{ м.}$$

Визначення загальної кількості фотоелектричних модулів з урахуванням втрат потужності в мережі постійного струму та інверторах

Втрати в мережі постійного струму та неоптимальні умови роботи ФЕМ доцільно компенсувати шляхом додаткового встановлення сонячних модулів в ланцюгах інверторів з урахуванням ККД інвертора та ККД мережі DC.

Кількість ФЕМ, які мають бути підключені до одного інвертора, можна ви- значити зі співвідношення та округлити до більшого парного числа, враховую- чи переважну парну кількість панелей, що формують стіл ФЕМ:

$$N_{ФЕМ}^{інв} = \frac{P_{інв.}}{P_{PTC} \cdot \eta_{інв} \cdot K_w} = \frac{30000}{555 \cdot 0,98 \cdot 1} = 55 \text{ шт}$$

де $\eta_{інв}$ ККД інвертора відповідно до паспортних даних, в.о., як правило, становить 0,98.[3]

Кількість ФЕМ, які формують ФЕС, можна визначити зі співвідношення за кількістю інверторного обладнання:

$$N_{ФЕМ}^{\Sigma} = N_{ФЕМ}^{інв} \cdot N_{інв.} = 55 \cdot 3 = 165$$

Вибір вітрогенератора для приватного будинку

Таблиця №5 Паспортні дані вітрогенератора Aeolos-H 3 кВт

Найменування	Параметри
Номінальна Потужність	3 кВт
Максимальна Потужність	4 кВт
Напруга на виході	120/220В
Кількість Лопастей	3 Лопасті зі Скловолокна
Діаметр Вітроколесу	4.8 m (15.7 ft)
Стартова Швидкість Вітру	2.5 m/s (5.6 mph)
Номінальна швидкість вітру	12 m/s (26.8 mph)
Максимальна Робоча Швидкість Вітру	45 m/s (100.7 mph)
Генератор	Трифазний Магнітоелектричний Генератор Постійного струму
ККД Генератора	>0.96
Вага Турбіни	138 кг (304.2 lbs)
Шум	40 дБа при швидкості вітру 5м/с
Діапазон робочих температур	від -20 ° C до +50 ° C

Розрахунок ефективності вітрогенератора включає кілька параметрів, таких як швидкість вітру, висота установки, коефіцієнт потужності та інші.

Таблиця 6 – Середня швидкість вітру.

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
V, м/с	4,3	4,3	4,4	4,2	3,9	3,8	3,4	3,6	3,9	4	3,8	4,4



Рисунок 2.9 Графік помісячної швидкості вітру

Розрахунок ефективності вітрогенератора включає кілька параметрів, таких як швидкість вітру, висота установки, коефіцієнт потужності.

Параметри розрахунку потужності ветрогенератора

$$P = \xi \cdot \pi \cdot R^2 \cdot 0,5 \cdot V^3 \cdot \rho \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{ген}}$$

ξ - коефіцієнт використання енергії вітру (у номінальному режимі для швидкохідних вітряків досягає максимум $\xi_{\text{max}} = 0,4 \div 0,5$), безмірна величина

R - радіус ротора, одиниця виміру - м

V – швидкість повітряного потоку, одиниця виміру – м/с

ρ - густина повітря, одиниця виміру - кг/м³

$\eta_{ред}$ - ККД редуктора, одиниця виміру - відсотки

$\eta_{ген}$ - ККД генератора, одиниця виміру - відсотки

Таблиця 6 – Помісячне вироблення енергії від вітрогенератора

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
W, кВт*год	303	303	314	312	136	135	79	107	136	149	135	314

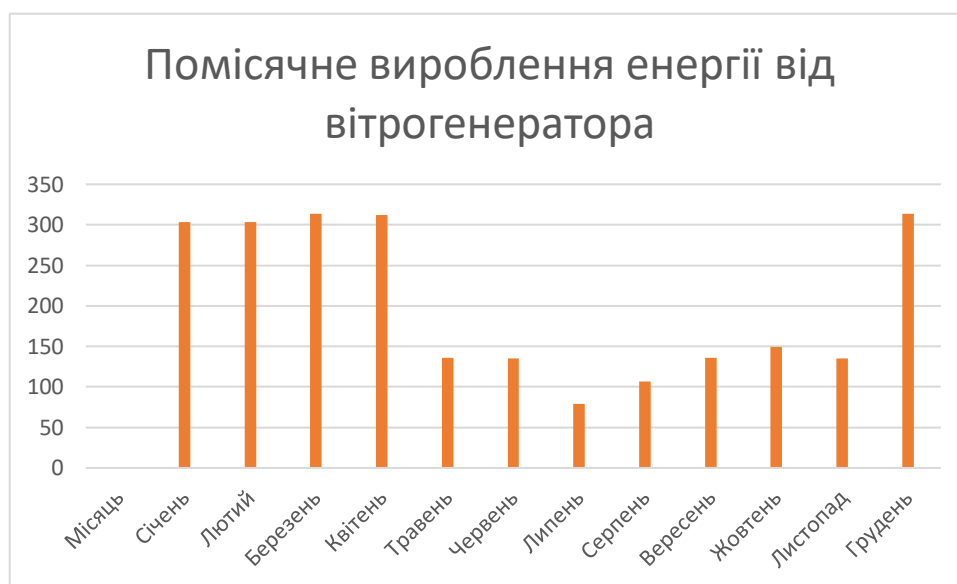


Рисунок 2.10 Помісячне вироблення енергії від вітрогенератора

Вибір захисного обладнання та перерізу кабелів

Розрахунок вхідного автомату та перерізу кабелю з заявленою потужністю яка складає 13,1 кВт:

$$I_{розр.вхід.} = P_{розр.вхід.} / \sqrt{3} \cdot U_{ном} = 13,1 / (\sqrt{3} \cdot 0,4) = 18,9 \text{ А}$$

Розрахункове навантаження на ввіді будинка, заявлена

потужність електропобутових приладів якої 13,1 кВт, складе:

$$P_{\text{розр.кв.}} = 13,1 \cdot 0,75 = 9,82 \text{ кВт}$$

Повне розрахункове навантаження нашого будинка знайдемо так:

$$S_{\text{розр.кв.}} = P_{\text{розр.кв.}} / \cos\varphi = 9,82 / 0,92 = 10,6 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

Розрахунковий струм для вибору приладів ввідних апаратів захисту та провідників для будинку визначаємо:

$$I_{\text{розр.буд.}} = S_{\text{розр.буд.}} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} = 10,6 / (\sqrt{3} \cdot 0,4) = 15,2 \text{ А}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для станції зарядки електрокарів. Результати розрахунку окремих групових мереж та будинку загалом наведемо у таблицю №6 [9]

Таблиця №7 Розподіл навантажень за групами та автоматичними вимикачами

№ автомата	Найменування автомата	Розташування	Розрахунковий струм, А	Марка проводу
QF1	ВА 47-29М 3Р 20А ІЕК	Ввідний	18,9	ВВГнг- LS - 5x10
QF2	ВА 47-29М 3Р 16А ІЕК	Будинок	15,2	ВВГнг— LS-5x4
QF3	ВА 47-29М 3Р 16А ІЕК	Зарядка автокарів	14,3	ВВГнг— LS-5x4

В таблиці №8 представлені розподіл навантажень за групами та автоматичними вимикачами в будинку.

Таблиця №8 Розподіл навантажень за групами та автоматичними вимикачами

№ автомата	Найменування автомата	Найменування обладнання	Розрахункове навантаження, $P_{розр}$, кВт	Розрахунковий струм, $I_{розр}$, А	Марка проводу
QF2.1	Acti9 iC40N 6 A	- розетки вітальня	0,054	1,2	ПВС-3x1,5, 15 А
QF2.2	Acti9 iC40N 6 A	- джерело світла	0,02	1,1	ПВС-3x1,5, 15 А
QF 2.3	BA63 C 1P 10A	Розетки в кухні	1,9	10	ПВС-3x1,5, 15 А
QF 2.4	Acti9 iC40N 6 A	- світло в кухні	0,02	1,2	ПВС-3x1,5, 15 А
QF2.5	Acti9 iC40N 6 A	-світло в коридорі	0,02	1,3	ПВС-3x1,5, 15 А
QF2.6	BA63 C 1P 10A	- освітлення в спальні	0,2	10	ПВС-3x1,5, 15 А
		розетки	1,9		ПВС-3x1,5, 15 А
QF2.7	BA63 C 1P 10A	- освітлення в спальні 2	0,02	10	ПВС-3x1,5, 15 А
		розетка	1		ПВС-3x2,5, 15 А
QF2.8	BA63 C 1P 10A	розетки ванна	1,9	9,9	ПВС-3x2,5, 15 А
QF2.9	Acti9 iC40N 6 A	Освітлення в ванні	0,02	1,4	ПВС-3x2,5, 15 А

Розрахункові навантаження, визначені для будинку з урахуванням коефіцієнта попиту дозволяють виконати розрахунок і вибір лінії живлення окремого будинку.

Вибір ведемо за нагрівом провідника розрахунковим струмом при живленні електроприймачів будинку за умовою:

$$I_{\text{доп}} > I_{\text{розр.кв}},$$

Приймаємо кабель типу ВВГнг-LS-5х4,

$$I_{\text{доп}} = 45,4 \text{ А.}$$

Розрахунок струму витоку

При неможливості точного визначення сумарного струму витоку електропроводки та навантаження застосовується розрахунковий метод.

Приблизний струм витоку навантаження – 0,3 мА на 1 А струму, споживаного навантаженням.

Приблизний струм витоку проводу – 10 мкА на 1 м довжини фазного проводу.

Розрахунок струму витоку аналізованої внутрішньобудинкової мережі:

- довжина 3-жильного дроту внутрішньобудинкової електропроводки для спальні, зали та коридору - 100 м.
- розрахунковий струм електроприймачів – 44,9

А Розрахунковий струм витоку електроприймачів:

$$I_{\Delta\text{еп}} = 0,3 \times 47 = 14,1 \text{ мА}$$

Розрахунковий струм витоку проводів:

$$I_{\Delta\text{пр}} = 10 \text{ мкА/м} \cdot 100 \text{ м} = 1$$

мА. Сумарне розрахункове значення струму витоку:

$$I_{\Delta\Sigma} = I_{\Delta\text{еп}} + I_{\Delta\text{пр}} = 14,1 + 1 = 15,1 \text{ мА}$$

Вибір уставки номінального струму витоку ПЗВ $I_{\Delta n}$:

$$I_{\Delta n} > 3I_{\Delta \Sigma}$$

$$30 \text{ мА} > 3 \cdot 15,1 = 44,9 \text{ мА} \text{ – умова не виконується}$$

Теоретично можна застосувати пристрій захисного відключення на номінальний диференціальний струм 30 мА, оскільки вибір проводиться при врахуванні всіх електроприймачів, включених в будинкову мережу, що в реальних умовах спостерігатиметься рідко. ПЗВ спрацюватиме в діапазоні струмів витоку 15-30 мА, що може теоретично викликати його помилкове спрацювання, проте ймовірність такої ситуації дуже незначна. Виходом із ситуації є поділ мережі на групи та встановлення кількох ПЗВ, що дозволить скоротити довжину провідників, групового струму навантаження і тим самим уникнути помилкових спрацювань[1].

Остаточно приймаємо ПЗВ з $I_{\Delta n} = 30 \text{ мА}$.

Вибір номінального робочого струму ПЗВ (ном. струм I_n) Номінальний робочий струм ПЗВ повинен бути більшим за суму робочих струмів підключених до ПЗВ навантажень.

Вибираємо найближчий більший номінал ПЗВ – 40 А.
Приймаємо ПЗВ типу АВВ ВМF41240

$$c I_{\Delta n} = 0,03 \text{ А.}$$

У результаті отримаємо наступний план розташування електроустаткування системи електропостачання (рис. 2.8), а також сформуємо однолінійну схему електропостачання (рис. 2.11),

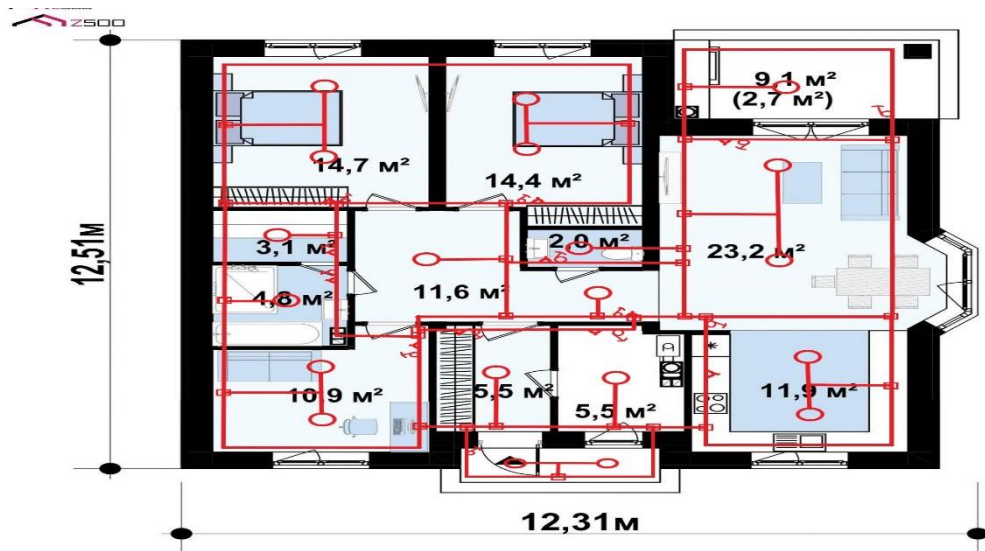


Рисунок 2.11 План-схема внутрішньобудинкової електропроводки

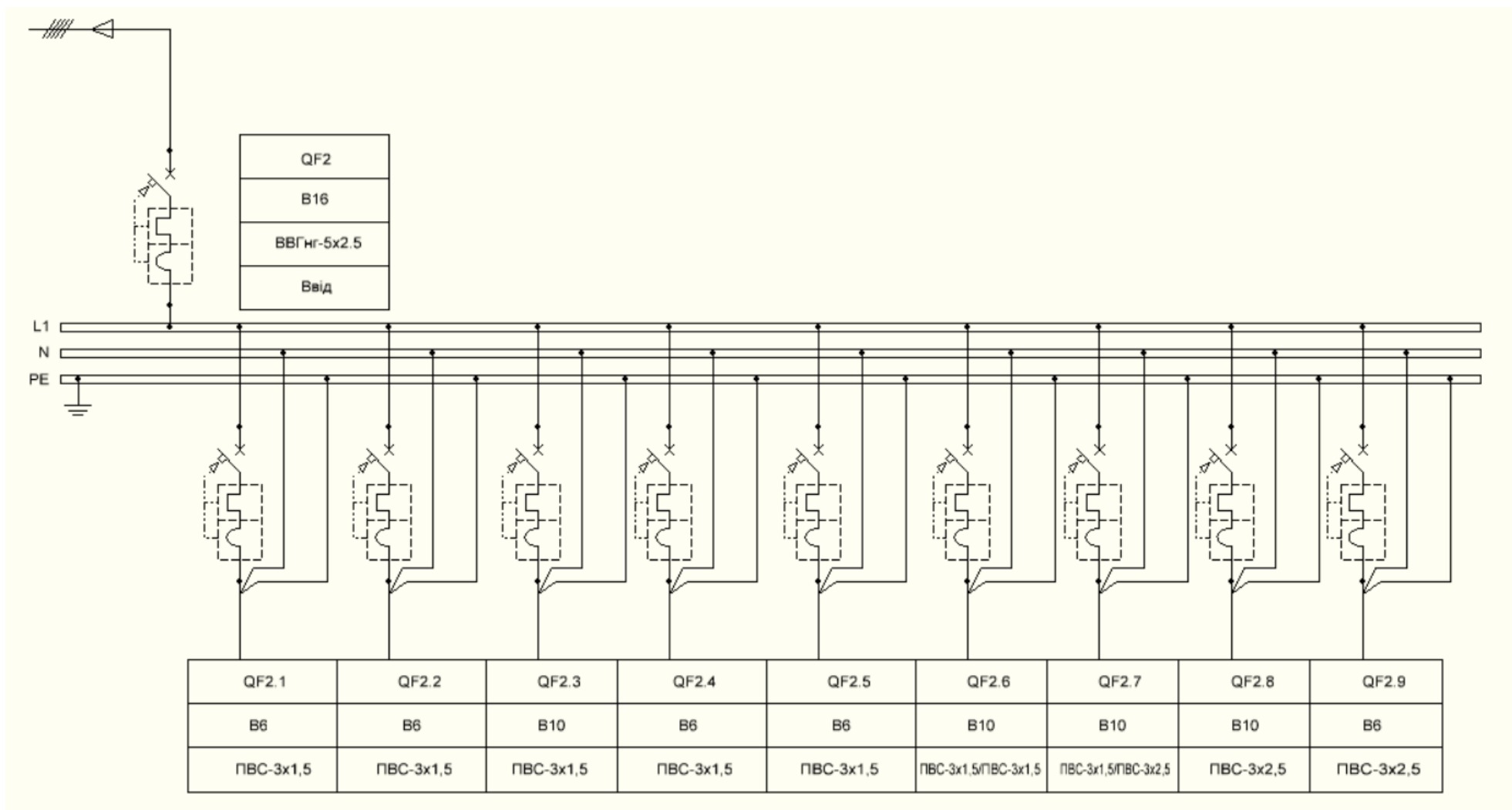


Рисунок 2.12 Однолінійна схема електропостачання будинка

2.4. Визначення параметрів та показників виробництва електроенергії фотоелектричними модулями.

Обчислення вироблення ФЕС електричної енергії W виконуємо за формулою:

$$W = E_H \cdot k_{\text{мод}} \cdot S \cdot k_{\text{інв}} \cdot k_{W1} \cdot k_{W2} \cdot k_{W3} \cdot k_{\text{тр}} \cdot k_{\text{Г}},$$

де E_H – надходження сонячної радіації (прямої та розсіяної) на похилу поверхню, кВт/м² за годину;

$k_{\text{мод}}$ – ККД фотоелектричного модуля;

S – загальну сумарну площу фотобатарей, м²

$k_{\text{інв}}$ – ККД інвертора;

k_{W1} – втрати змінного струму в мережі до 1 кВ;

k_{W2} – втрати змінного струму в

мережі понад 1 кВ; k_{W3} – втрати в

мережі постійного струму;

$k_{\text{тр}}$ – ККД трансформатора;

$k_{\text{Г}}$ – коефіцієнт готовності ФЕС..

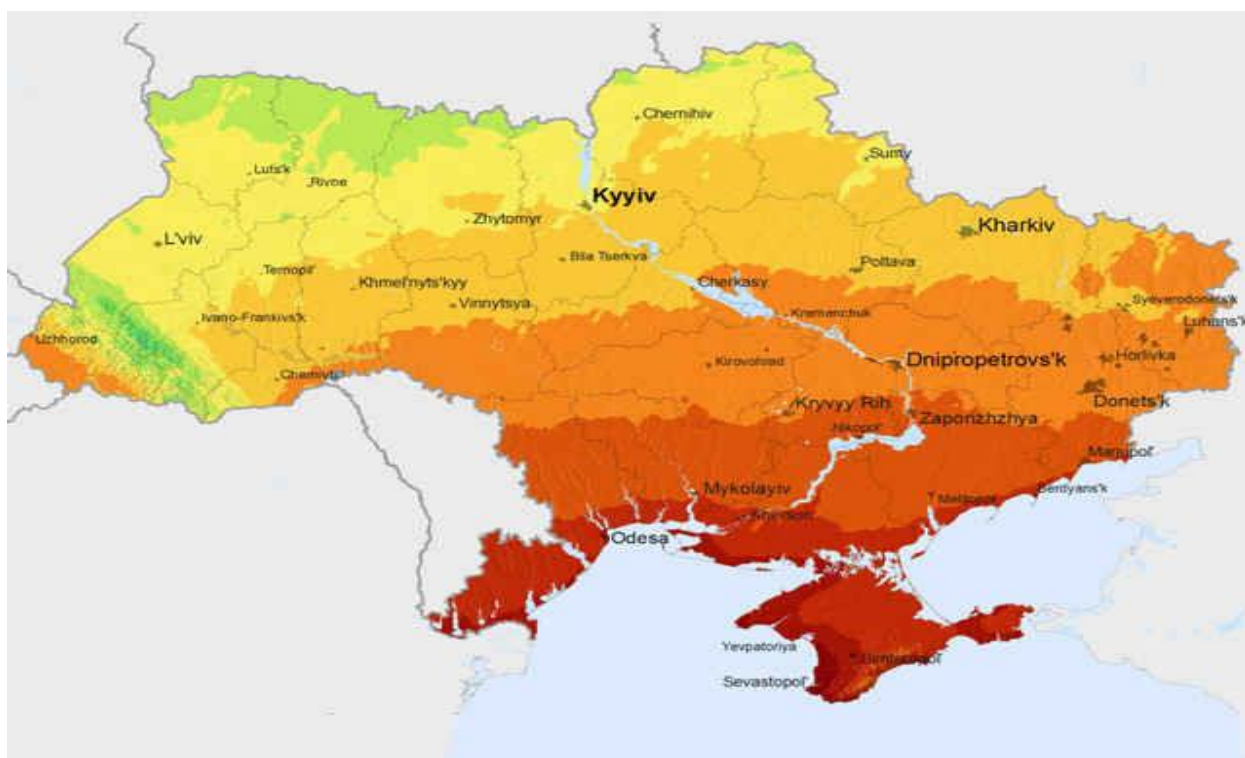


Рис. 2.13 Середня сумарна річна інсоляція для умов України,

кВт/(м²·рік)

Середні показники вироблення електроенергії для м. Дніпро з 1 м² площі

Середньорічне виробництво електроенергії за добу: 3,36 кВт · год /м².

Сумарне вироблення електроенергії за рік: 1226.4 кВт · год/м².

Середньорічне потрапляння сонячної енергії за добу:

$$W_{\text{ср.доб}}=3,36 \text{ кВт} \times \text{год}/\text{м}^2$$

$$W_{\text{річ}}= W_{\text{ср.доб}} \times 365=3,36 \times 365=1226,4 \text{ кВт} \times \text{год}/\text{м}^2$$

Розрахунок середньо добового значення, вироблення електричної енергії модулем ФЕС:

$$W_{\text{ср.доб.фем}}=W_{\text{ср.доб}} \times N_{\text{фем}} \times S_{\text{фем}}=3,36 \times 0,212 \times 2,612=1,86$$

кВт х год за добу (в середньому протягом року.)

$$S_{\text{фем}}= 2,612 \text{ площа фотоелектричного модуля (панелі), м}^2$$

Розрахунок вироблення електричної енергії за рік одним фото модулем:

$W_{\text{річ}}= W_{\text{доб.фем}} \times 365= 1,86 \times 365= 678,9 \text{ кВт} \times \text{год}$ за рік (виробництво електричної енергії 1 ФЕМ типу RSM110-8-535M-555M за рік)

У наведених розрахунках ми використовували середньорічні показники які не можуть нам чітко показати яка буде енергія, тому для більш чітких показників треба розраховувати для кожного місяця.

$$P_{\text{фес}}=20000 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{ртс.фем}}=530 \text{ Вт}$$

$$N_{\text{інв}}=0,97$$

$$K_w=1$$

Визначення потрібній кількості сонячних панелей:

$$N_{\text{фем}} = P_{\text{фес}} / (P_{\text{ртс.фем}} \times N_{\text{інв}} \times K_w) = 20000 / (530 \times 0,97 \times 1) = 39 \text{ шт}$$

При перерахуванні фактичної потужності за паспортом ФЕМ, то вийде, що:

$$P_{\text{фес.пасп}} = P_{\text{фем.пасп}} \times N_{\text{фем}} = 555 \times 39 = 21\,645 \text{ Вт}$$

Щоб було виробництво електричної енергії станцією потужністю 20 кВт, необхідно 39 шт ФЕМ типу RSM110-8-535M-555M та SUN-10K-SG04LP3-EU потужністю 10 кВт є:

$$W_{\text{річ.фес}} = W_{\text{річ.фем}} \times N_{\text{фем}} = 678,9 \times 39 = 26\,477 \text{ кВт х год за рік.}$$

Розрахування площі ФЕС:

$$S_{\text{фес}} = S_{\text{фем}} \times N_{\text{фем}} = 2,612 \times 39 = 102 \text{ м}^2$$

Таблиця № 9 Середній місячний рівень сонячної радіації/інсоляція в місто Дніпро (кВт х год/ м²/день)

Січ нь	Лют ий	Березе нь	Квіте нь	Траве нь	Черве нь	Липе нь	Серпе нь	Вересе нь	Жовте нь	Листо пад	Груде нь	Серед не
1,21	1,99	2,98	4,05	5,55	5,57	5,7	5,08	3,66	2,27	1,2	0,96	3,36

Розрахунок вироблення електричної енергії протягом кожного окремого місяця:

$$W_{\text{ср.доб 01}} = 1,21 \text{ кВт х год/ м}^2/\text{день}$$

$$W_{01} = W_{\text{ср.доб 02}} \times N_{\text{діб 01}} \times (S_{\text{фес}} \times n_{\text{фем}} \times n_{\text{інв}} \times K_w) = 1,21 \times 31 \times 102 \times 0,212 \times 0,97 \times 1 = 786 \text{ кВт х год.}$$

$$W_{\text{ср.доб 02}} = 1,99 \text{ кВт х год/ м}^2/\text{день}$$

$$W_{02} = W_{\text{ср.доб 02}} \times N_{\text{діб 01}} \times (S_{\text{фес}} \times n_{\text{фем}} \times n_{\text{інв}} \times K_w) = 1,99 \times 28 \times 102 \times 0,212 \times 0,97 \times 1 = 1168 \text{ кВт х год}$$

$$W_{\text{ср.доб } 03}=2,98 \text{ кВт} \times \text{год} / \text{м}^2 / \text{день}$$

$$W_{03}= W_{\text{ср.доб } 03} \times N_{\text{дiб } 01} \times (S_{\text{фес}} \times n_{\text{фем}} \times n_{\text{iнв}} \times K_w)= 2,98 \times 31 \times 102 \times 0,212 \\ \times 0,97 \times 1=1937 \text{ кВт} \times \text{год}$$

$$W_{\text{ср.доб } 04}=4,05 \text{ кВт} \times \text{год} / \text{м}^2 / \text{день}$$

$$W_{04}= W_{\text{ср.доб } 04} \times N_{\text{дiб } 01} \times (S_{\text{фес}} \times n_{\text{фем}} \times n_{\text{iнв}} \times K_w)= 4,05 \times 30 \times 102 \times 0,212 \\ \times 0,97 \times 1=2627 \text{ кВт} \times \text{год}$$

$$W_{\text{ср.доб } 05}=5,55 \text{ кВт} \times \text{год} / \text{м}^2 / \text{день}$$

$$W_{05}= W_{\text{ср.доб } 05} \times N_{\text{дiб } 01} \times (S_{\text{фес}} \times n_{\text{фем}} \times n_{\text{iнв}} \times K_w)= 5,55 \times 31 \times 102 \times 0,212 \\ \times 0,97 \times 1=3720 \text{ кВт} \times \text{год}$$

$$W_{\text{ср.доб } 06}=5,57 \text{ кВт} \times \text{год} / \text{м}^2 / \text{день}$$

$$W_{06}= W_{\text{ср.доб } 06} \times N_{\text{дiб } 01} \times (S_{\text{фес}} \times n_{\text{фем}} \times n_{\text{iнв}} \times K_w)= 5,57 \times 30 \times 102 \times 0,212 \\ \times 0,97 \times 1= 3613 \text{ кВт} \times \text{год}$$

$$W_{\text{ср.доб } 07}=5,7 \text{ кВт} \times \text{год} / \text{м}^2 / \text{день}$$

$$W_{07}= W_{\text{ср.доб } 07} \times N_{\text{дiб } 01} \times (S_{\text{фес}} \times n_{\text{фем}} \times n_{\text{iнв}} \times K_w)= 5,7 \times 31 \times 102 \times 0,212 \\ \times 0,97 \times 1=3820 \text{ кВт} \times \text{год}$$

$$W_{\text{ср.доб } 08}=5,7 \text{ кВт} \times \text{год} / \text{м}^2 / \text{день}$$

$$W_{08}= W_{\text{ср.доб } 08} \times N_{\text{дiб } 01} \times (S_{\text{фес}} \times n_{\text{фем}} \times n_{\text{iнв}} \times K_w)= 5,7 \times 31 \times 102 \times 0,212 \\ \times 0,97 \times 1=3820 \text{ кВт} \times \text{год}$$

$$W_{\text{ср.доб } 09}=3,66 \text{ кВт} \times \text{год} / \text{м}^2 / \text{день}$$

$$W_{09}= W_{\text{ср.доб } 09} \times N_{\text{дiб } 01} \times (S_{\text{фес}} \times n_{\text{фем}} \times n_{\text{iнв}} \times K_w)= 3,66 \times 30 \times 102 \times 0,212 \\ \times 0,97 \times 1=2374 \text{ кВт} \times \text{год}$$

$$W_{\text{ср.доб } 10}=2,27 \text{ кВт} \times \text{год} / \text{м}^2 / \text{день}$$

$$W_{10}= W_{\text{ср.доб } 10} \times N_{\text{дiб } 01} \times (S_{\text{фес}} \times n_{\text{фем}} \times n_{\text{iнв}} \times K_w)= 2,27 \times 31 \times 102 \times 0,212 \\ \times 0,97 \times 1=1521 \text{ кВт} \times \text{год}$$

$$W_{\text{ср.доб } 11}=1,2 \text{ кВт} \times \text{год} / \text{м}^2 / \text{день}$$

$$W_{11}= W_{\text{ср.доб } 11} \times N_{\text{дiб } 01} \times (S_{\text{фес}} \times n_{\text{фем}} \times n_{\text{iнв}} \times K_w)= 1,2 \times 30 \times 102 \times 0,212 \\ \times 0,97 \times 1=784 \text{ кВт} \times \text{год}$$

$$W_{\text{ср.доб } 12}=0,96 \text{ кВт} \times \text{год} / \text{м}^2 / \text{день}$$

$$W_{12}= W_{\text{ср.доб } 12} \times N_{\text{дiб } 01} \times (S_{\text{фес}} \times n_{\text{фем}} \times n_{\text{iнв}} \times K_w)= 0,96 \times 31 \times 102 \times 0,212 \\ \times 0,97 \times 1=643 \text{ кВт} \times \text{год}$$

Таблиця № 10 Помісячне вироблення електричної енергії в місті Дніпро

Січ ень	Лют ий	Березе нь	Квітє нь	Травє нь	Черве нь	Липе нь	Серпе нь	Вересе нь	Жовте нь	Листо пад	Груде нь
786	1168	1937	2627	3720	3613	3820	3820	2374	1521	784	643

Всього отримали: 26 813 кВт x год/ м²/рік



Рисунок 2.14 Вироблення електричної енергії (кВт x год/ м²/місяць)

2.5. Визначення параметрів та показників виробництва електроенергії сонячної станції протягом року.

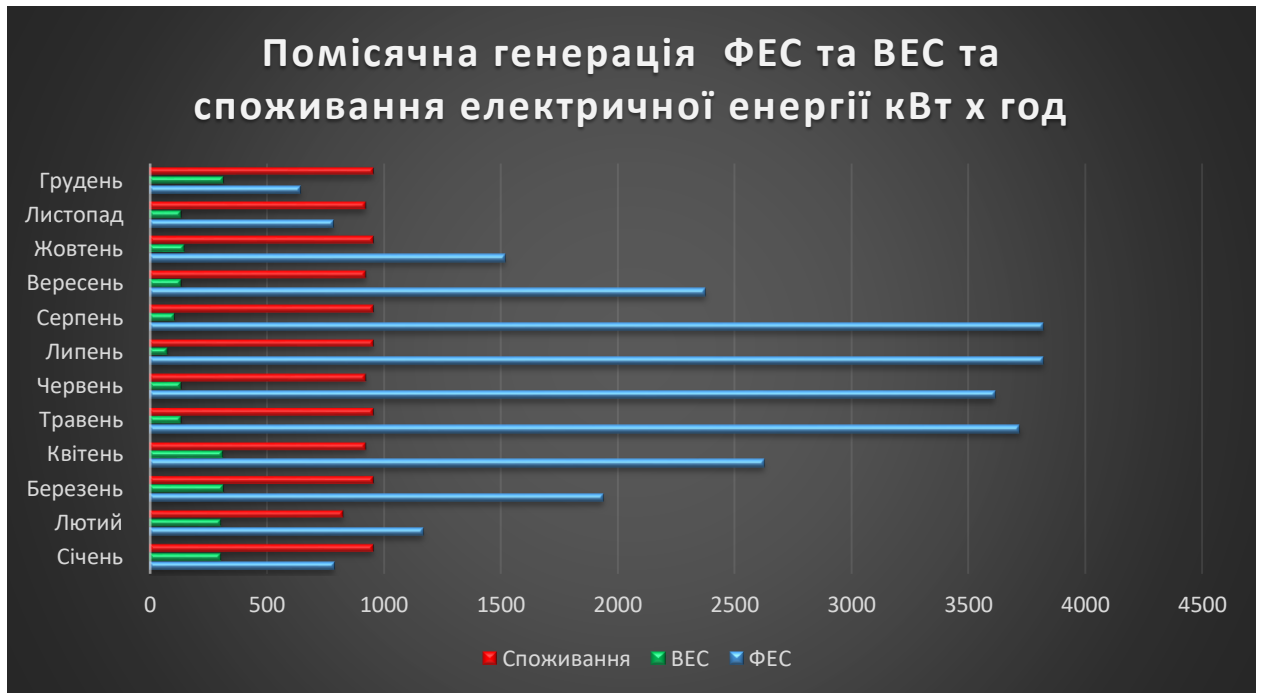


Рисунок 2.15 Вироблення та споживання електричної енергії, кВт х год/місяць

Визначення генерації електроенергії фотоелектричної станції помісячно дозволяє скласти річний графік. За графіком можна сказати, що генерація у зимовий період задовольняє потреби споживання. Проте бачимо, що у літній час генерації електроенергії досить висока (рисунок 2.10).

2.6. Вибір системи акумулювання електричної енергії.

Ємність акумуляторних батарей розраховується, виходячи з вимоги забезпечення об'єкту електроенергією в грудні тому що там найменша генерація електричної енергії, всього необхідно акумулювати 18,1 кВт.

Необхідна ємність акумуляторів:

$$C_{\text{АКБ}} = 18100 \text{ Вт}\cdot\text{год} / 24 \text{ В} = 754 \text{ А}\cdot\text{год}$$

Тому обираємо 4 АКБ типу LiFePO4 24 Вольт 200 Ампер-година для ДБЖ

2.7. Вибір параметрів системи електропостачання приватного будинку

В роботі було розрахунки що до вибору фотоелектричного обладнання, а саме:

- Фотоелектричний модуль типу RSM110-8-535M-555M
- Вітрогенератор Aeolos-H 3 кВт
- Інвертор SUN-10K-SG04LP3-EU потужністю 10 кВт
- Система акумулятора електричної енергії LiFePO4 24 В 200 А
- Автомати ВА 47-29М 3Р; Acti9 iC40N 6 А

Зважаючи на дані щодо генерації електроенергії протягом літнього періоду, спостерігається надлишок електроенергії, що перевищує потреби споживачів. Цей зайвий потік енергії може бути використаний для створення додаткових приватних підприємств, майстерень та інших корисних споживачів енергії. Однак, варто відзначити що у зимовий період через більшу потребу електроенергії, потужності вистачить тільки на сам будинок. Взимку, ефективність виробництва електроенергії з вітрогенераторів суттєво зростає, а сонячної станції знижується. Це означає, що ми майже постійно матимемо стабільне електропостачання навіть у най екстремальніші погодні умови. Ця здатність вітрогенераторів до продуктивної роботи у зимовий період дозволяє забезпечувати постійне електроживлення незалежно від сезону.

3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1. РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОНОМНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

Вступ

У цій кваліфікаційній роботі розглянуто можливості ефективної експлуатації повністю автономного житлового приміщення, яке живиться завдяки відновлюваному джерелу енергії заснованому на вітро-сонячній установці.

Вітро-сонячні установки, або гібридні системи відновлюваної енергії, поєднують сильні сторони як вітрової, так і сонячної енергії в одному місці. Вони мають перевагу, оскільки вони доповнюють один одного з точки зору часу пікового виробництва енергії, що забезпечує стабільнішу вихідну потужність протягом дня та ночі. Ці установки оптимізують землекористування шляхом максимізації потенціалу виробництва енергії в обмеженому просторі. Загалом, вітро-сонячні установки представляють собою стійкий та інноваційний підхід до виробництва енергії, відіграючи ключову роль у глобальному переході до відновлюваних джерел енергії.

У економічному аспекті, вітро-сонячні установки відкривають значні можливості для зниження витрат на енергопостачання. Незалежність від централізованих мереж та постійно зростаючих тарифів на традиційні джерела енергії робить такі системи інвестицією, яка в довгостроковій перспективі може принести значну економію. Враховуючи ці аспекти, вітро-сонячні установки представляють собою стійкий та інноваційний підхід до виробництва енергії, що відіграє ключову роль у глобальному переході до відновлюваних джерел енергії та сприяє сталому розвитку економік і суспільств.

3.2. Розрахунок капітальних витрат

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Капітальні інвестиції з реалізації проектного технічного рішення можуть включати:

Капітальні інвестиції з реалізації технічного рішення можуть включати витрати:

- на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю та обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання тощо;
- пов'язані з виконанням будівельно-монтажних робіт;
- на проведення монтажно-налагоджувальних робіт;
- фінансових коштів на виконання проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації технічного рішення.

Проектні капітальні інвестиції в устаткування і будівельно-монтажні роботи визначаються на основі цін, наведених у прайс-листах оптових цін на електроустаткування, та інших довідкових матеріалів або за фактичними витратами підприємства. Прийняті ціни необхідно обґрунтувати, а саме, вказати джерела інформації на відповідну дату.

При визначенні величини проектних капіталовкладень (K_{np}) можна скористатися формулою:

$$K_{np} = K_{об} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_{мзс} + Z_m + Z_n + Z_{np}, \quad (4.1)$$

де $K_{об} (\sum_{i=1}^k C_i)$ – вартість придбання електрообладнання (засобів автоматизації, програмного забезпечення тощо) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів $i - го$ виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

k - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{тзс}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати;

Z_m – витрати на монтажні роботи;

Z_n - витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{пр}$ – інші одноразові вкладення грошових коштів.

Якщо проектом передбачається виготовлення необхідної апаратури, то розрахунок таких витрат можна робити або укрупненим, або детальним методом за спеціальними методиками. Вартість самостійно розробленого програмного забезпечення також розраховується за певною методикою.

Доцільно витрати на придбання технічних засобів або комплектуючих виробів представити у вигляді зведення капітальних витрат (табл. 4.1).

Таблиця №11 Зведення капітальних витрат

№ з/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Сонячні панелі, RSM110-8-535M-555M [12]	39	6 270	244 530
2	Вітрогенератор Aeolos-H 3 кВт[11]	1	45 000	45 000
3	Інвертор SUN-10K-SG04LP3-EU[13]	3	103 000	309 000
4	Акумулятори LiFePO4 24В[14]	4	44 156	176 624

5	Автоматичні вимикачі ВА 47-29М 3Р 20А ІЕК [8]	1	203	203
6	Автоматичні вимикачі ВА 47-29М 3Р 16А ІЕК [8]	2	195	390
7	Автоматичні вимикачі ВА63 С 1Р 10А [8]	4	180	720
8	Автоматичні вимикачі Acti9 iC40N 6 А [8]	5	145	770
9	Транспортування обладнання [15]	1	8000	8000
10	Монтажні роботи[16]	1	80000	80000
ВСЬОГО				865237

Вартість транспортно-заготівельних і складських витрат ($Z_{тз}$) визначається виходячи з:

- відстані доставки обладнання від місця придбання до місця експлуатації;
- кількості, маси і габаритів устаткування;
- виду транспортних засобів;
- транспортних тарифів;
- розцінок на вантажно-розвантажувальні роботи;
- витрат на складську обробку.

Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизаційні відрахування - відрахування частини вартості основних фондів для відшкодування їх зносу. Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи і часу його використання. Час корисного використання об'єкта основних засобів нараховується виходячи з часу його корисного використання. Термін корисного використання об'єктів основних засобів і нематеріальних активів 5 років, виходячи з очікуваних економічних вигод, технічних і якісних характеристик основного засобу, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання. Строк корисного використання впроваджуваного обладнання становить 12 років. Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом всього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$H_a = \frac{\Phi_n}{\Phi_n \cdot T_n} \cdot 100, \%$$

де, ТП – термін корисного використання (амортизаційний період), р.; ФП – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних коштів, тис.грн
Норма амортизації для першого варіанту: 865 237 грн

$$H_a = 865237 / (865237 \cdot 12) \cdot 100\% = 8,33\% ,$$

Тоді річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом:

$$AO = \frac{\Phi_n \cdot H_a}{100}$$

$$AO = (8.33 \cdot 865237) / 100 = 72074 \text{ грн};$$

Таблиця № 12 Амортизаційні відрахування

№1	Найменування	Капітальні вкладення, грн	Норма амортизації, %	Амортизаційні відрахування, грн
1	Електрична система	865237	8,33	72074

3.3. Розрахунок річного фонду заробітної плати

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним працівникам. Розрахунок заробітної плати не виконується, так як для приватного будинку профілактичні та інші види робіт для підтримки всіх систем енергозабезпечення проводяться не менше одного разу на 6 місяців ремонтними підрядними бригадами

3.4. Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Приймемо витрати в розмірі 1500 грн в пів року для обслуговуючого персоналу для перевірки працездатності вітрогенератора і протирання сонячних панелей від пилу. За рік 3000 грн.

$$\text{Разом: } C_T(1) = 3000 = 3000 \text{ грн/рік}$$

Таким чином річні експлуатаційні витрати по об'єктах проектування складуть відповідно:

$$C_1 = C_a + C_p = 72074 + 3000 = 75074 \text{ грн}$$

Термін окупності капітальних витрат T_p показує, за скільки років вони окупляться за рахунок загальної економії від впровадження прийнятого технічного рішення:

$$T_p = K_{np} / (W_{річ\ ген} \times T_{звич})$$

Де $T_{звич}$ – 2,64 грн за кВт/год;

де $W_{річ\ ген}$ – вироблення електричної енергії за рік;

$$T_p = 865237 / (29236 \times 2,64) = 11 \text{ років}$$

Висновок : В результаті виконання техніко-економічного аналізу був зроблений розрахунок капітальної вартості автономного будинку, що живиться від вітро-сонячної автономної станції. Загальна вартість проекту складає 865 237 грн., що включає в себе витрати на придбання та інсталяцію обладнання, а також необхідні інженерно-технічні роботи. Річні витрати на технічне обслуговування системи складають 3000 грн., що є порівняно низьким показником, зважаючи на вартість та складність системи.

Цей аналіз також включає розгляд можливих довгострокових економічних переваг використання комбінованої системи енергозабезпечення. Ці переваги не лише включають зниження витрат на електроенергію в порівнянні з традиційними джерелами енергії, але й можливості отримання податкових пільг та державних субсидій, які заохочують використання відновлюваних джерел енергії. Додатково, враховуючи зростаючу увагу до питань сталого розвитку та екологічної відповідальності, такі системи можуть значно підвищити вартість нерухомості. Таким чином, цей економічний аналіз відображає не лише початкові витрати та експлуатаційні витрати на автономний будинок з вітро-сонячною станцією, але й більш широкий контекст економічної вигоди та внесок у стале майбутнє.

Висновок

У рамках цього проекту було здійснено детальну оцінку автономної енергосистеми для типового житлового будинку, що використовує відновлювані джерела енергії з гібридної вітро-сонячної установки. Аналіз показав, що літнє виробництво сонячної енергії у цій системі значно перевищує зимове виробництво, приблизно в шість разів. Враховуючи цей сезонний надлишок, було прийнято стратегічне рішення про перерозподіл цього надлишку електроенергії для забезпечення енергією власної майстерні.

Така оптимізація дозволяє не тільки ефективно використовувати вироблену енергію, але й сприяє прискоренню терміну окупності інвестицій у енергетичну систему. Відповідно до економічних розрахунків, загальні капіталовкладення складають 865 237 гривень, і прогнозується, що ці вкладення будуть повністю окуплені протягом 11 років.

Важливим аспектом проекту є його вплив на екологічну сталість та зменшення вуглецевого сліду. Використання відновлюваних джерел енергії дозволяє значно скоротити залежність від викопного палива та зменшує вплив на довкілля, що є кроком у напрямку досягнення глобальних цілей сталого розвитку.

У підсумку, цей проект демонструє потенціал використання відновлюваних джерел енергії в приватних будівлях як ефективного та екологічно сталого рішення для задоволення енергетичних потреб, водночас забезпечуючи значну економію витрат у довгостроковій перспективі.

Перелік джерел

1. Закон України «Про електроенергетику» від 16.10.1997 № 575/97-ВР.
2. ДСТУ 8635:2016 Геліоенергетика. Площини для фотоелектричних станцій. Приєднання станцій до електроенергетичної системи. Київ ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 26 с.
3. Бекман У. и др. Расчет систем солнечного теплоснабжения: Пер. с англ./У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи. — М.: «Энергоатомиздат», 1982.
4. <https://regenpower.com/news/list-tier-1-solar-panels-july-2019/>
5. <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/>
6. <http://www.yuzhcable.info/index.php?CAT=18&MRI=180131&UN=1>
7. ГОСТ 28249-93. Короткі замикання в електроустановках. Методи розрахунку в установках змінного струму напругою до 1 кВ.
8. Посилання для вибору параметрів блоків з запобіжниками серії ARS виробництва АРАТОР: http://www.apator.com.ua/?page_id=6
9. Розрахунки електричних мереж систем електропостачання: Навч. посібник / Г.Г. Півняк, Г.А. Кігель, Н.С. Волотковська; За ред. акад. Г.Г. Півняка. – 3-тє вид., перероб. і доп.-Д.: Національний гірничий університет, 2006. – 216 с.
10. Півняк Г.Г., Білий М.М., Бажін Г.М. Електропостачання гірничих підприємств: Довідковий посібник. -Д.: Національний гірничий університет, 2008. – 550 с.
11. <https://www.windturbinestar.com/vetrogenerator-3000-vt.html>
12. <https://sun-energy.com.ua/solar-power/solar-panels/risen-535w>
13. <https://deye.com.ua/product/hibrydnyj-invertor-deye-sun-10k-sg04lp3-eu-10kw-3f-48v/>

14. <https://ecodrive.in.ua/akkumulyatornaya-batareya-otao-24v-200-ach/>
15. <https://novaposhta.ua/delivery>
16. <https://www.volta.com.ua/services/>

4. ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
			Документація		
1	A4		Пояснювальна записка	68	
			Демонстраційні матеріали		
2	A4		Презентація	12	