

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ТА  
ТЕХНОЛОГІЙ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ В.П. Квасніков  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

ЗА НАПРЯМОМ 6.050701 «ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ»

**Тема: «Методи проектування системи електроспоживання житлового будинку  
на сонячних батареях»**

Виконавець \_\_\_\_\_ студентка групи ЕС-214 Коваленко Ю.Д.  
(підпис) (студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник \_\_\_\_\_ Квасніков Володимир Павлович  
(підпис) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_ Катаєва М. О.  
(підпис) (П.І.Б.)

Київ 2020

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аерокосмічний

Кафедра комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій

Напрямок (спеціальність, спеціалізація) 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»  
(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

В. П. Квасніков

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

### на виконання дипломного проекту

Коваленко Юлії Дмитрівни

(прізвище, ім'я, по батькові випускника)

1. Тема дипломного проекту: «Методи проектування системи електроспоживання житлового будинку на сонячних батареях» затверджена наказом ректора від \_\_\_\_\_
2. Термін виконання роботи: з 01.09.2020 року по 21.12.2020 року.
3. Вихідні дані до роботи: План-схема житлового будинку.
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Розділ 1. Основні теоретичні положення Розділ 2. Загальні параметри розрахунку. Розділ 3. Вибір обладнання. Розділ 4. Підключення до «зеленого» тарифу. Висновки. Список бібліографічних посилань використаних джерел.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: План-схема приватного будинку, схема підключення сонячних батарей.

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання та підпис керівника
1	Ознайомлення з матеріалом	01.09.2020-10.09.2020	виконано
2	Вивчення інформаційних джерел	11.09.2020-25.09.2020	виконано
3	Розділ 1. Основні теоретичні положення	26.09.2020-11.10.2020	виконано
4	Розділ 2. Загальні параметри розрахунку	11.10.2020-16.10.2020	виконано
5	Розділ 3. Вибір обладнання	16.10.2020-28.10.2020	виконано
6	Розділ 4. Підключення до «Зеленого» тарифу	29.10.2020-10.11.2020	виконано
7	Розділ 5. Охорона навколишнього середовища	11.11.2020-22.11.2020	виконано
8	Розділ 6. Охорона праці	23.11.2020-01.12.2020	виконано
9	Оформлення висновків, переліку посилань, рекомендації	02.12.2020-03.12.2020	виконано
10	Підготовка демонстрації в середовищі PowerPoint	03.12.2020-10.12.2020	виконано

8. Дата видачі завдання: 01.09.2020р.

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_ Квасніков В.П.  
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Коваленко Ю.Д.  
(підпис випускника) (П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Методи проектування системи електроспоживання житлового будинку на сонячних батареях»: сторінок, рисунків, таблиць, використаних джерел.

Об'єкт дослідження – електропостачання житлового будинку.

Предмет дослідження – система електропостачання житлового будинку на сонячних батареях.

Мета дипломної роботи – розробка системи електропостачання житлового будинку на сонячних батареях.

Методи дослідження – теоретико-емпіричний, комп'ютерного моделювання.

У ході виконання даної роботи був проведений детальний аналіз об'єкту дослідження, для розрахунку системи електрифікації будинку на сонячних батареях та можливість продавати залишки електроенергії за «Зеленим» тарифом.

Під час виконання роботи було акцентовано увагу на наступні пункти:

- вибору обладнання;
- розташуванню будинку;
- влаштуванню сонячних панелей;
- визначенню споживачів електроенергії.

У ході виконання роботи був проведений аналіз стану використання альтернативних джерел в нашій країні, провели експлікацію приміщень, ми розглянули існуючі види сонячних батарей, , розрахували необхідну кількість обладнання для побудови на сонячних батареях системи електрифікації та проаналізували деталі та можливості підключення «Зеленого» тарифу.

**АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА, АВТОНОМНЕ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ, «ЗЕЛЕНИЙ» ТАРИФ.**

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ КОНЦЕПЦІЇ.....	10
1.1. Нормативно-правова база використання альтернативної електроенергії.....	10
1.2. Аналіз використання сонячної енергії в Україні .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.1</b>
1.3. Тип і конструкція сонячних батарей.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Висновки до розділу 1.....	20
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ РОЗРАХУНКІВ.....	21
2.1. Загальна характеристика об'єкту дослідження.....	21
2.2. Підрахунок загального навантаження на електроприлади.....	23
2.2.1. Вибір постійної напруги системи.....	25
2.2.2. Визначення необхідної кількості електроенергії на добу.....	25
Висновки до розділу 2.....	28
РОЗДІЛ 3. ОБРАННЯ ОБЛАДНАННЯ .....	29
3.1. Схема підключення.....	29
3.2. Обрання типу і кількості сонячних панелей .....	29
3.3. Обрання інвертора і розрахунок кількості акумуляторних батарей.....	35
3.4. Обрання контролеру заряду сонячної батареї.....	43
Висновки до розділу 3.....	48
РОЗДІЛ 4. ПІДКЛЮЧЕННЯ «ЗЕЛЕНОГО» ТАРИФУ .....	49
4.1. «Зелений» тариф для приватних осіб.....	49
4.2. Узгодження схеми підключення.....	51
4.3. Установка вузла обліку.....	55
Висновки до розділу 4.....	56
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....	57
5.1 .....	57
5.2 .....	

Висновки до розділу 5.....	
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК БІБЛЮГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ**

**АЕС** – А́томна електростáнція;

**ГЕС** – Гідроелектростанція;

**ТЕЦ** – Теплоелектроцентрáль;

**АД** – Альтернативні джерела;

**СЕС** – Сонячна електростанція;

**ШИМ** – широтньо-імпульсних;

**МРРТ** – контролери, що сканують точки максимальної потужності

## ВСТУП

Альтернативною енергетикою називають способи отримувати енергії з природних ресурсів. Вони не такі відомі та поширені в даний час, на відміну від традиційних, але дають багато перспектив, адже такі способи доступні майже всюди та не завдають такої великої шкоди навколишньому середовищу, а також вони самовідновлювальні.

Альтернативними джерелами(АД) є усі ті джерела, що дають собою альтернативу викопним паливам. Це уся енергія сонячних випромінювань, річок та морів, вітру, вторинні енергетичні ресурси, тепло Землі та біомаса.

В нашому житті в даний час можливість розвитку АД займає актуальну позицію. Усе що ми використовуємо є вичерпними ресурсами, але мало хто над цим замислюється, скільки по кількості їх та як швидко вони відновляться, та чи відновляться взагалі. Також питання впливу нашого втручання на екологію планету мало кого турботить. Тому вже зараз вчені усього світу почали вивчати питання АД та шукати як і в яких обсягах впровадити це в наше життя, щоб ми мали змогу спасти нашу рідну планету не змінюючи стан і звичний спосіб життя людей.

Спираючись на останні підрахунки – Україна отримує електроенергії близько 52% з АЕС, біля 47% з ТЕЦ, лише 2% з ГЕС та лише 1% з АД. За підрахунками вчених стає зрозуміло, що якщо ми нічого не змінимо у нашому житті – традиційні енергоресурси вичерпаються вже у цьому столітті.

Розумне використання АД має можливість вирішити нам ряд проблем, що пов'язані з небезпечними, з боку екології, процесами та удосконаленню економіки, що дає нам змогу розвивати промисловість й підвищити рівень нашого життя.

В даний момент найбільш відомими та поширеними є вітряна та сонячна енергетика. Питання в нашій роботі буде іти саме про другу. Адже Сонце найважливіше для нашої планети, воно дає можливість з'являтися і зростати усьому живому та неживому на ній, дає світло і тепло і контролює погоду. Через те, що саме воно дало нам усі традиційні джерела енергії, якщо ми навчимося правильно



використовувати його можливості у наших потребах – ми можемо отримати навіть більше, чим те, на що ми розраховуємо.

В наш час, в умовах великої конкуренції, сучасних євроінтеграційних процесів, глобалізації, для нашої країни розвиток питання альтернативних енергетик є більше, чим просто актуально, особливо враховуючи високі рівні споживання нами енергоресурсів, якщо порівнювати з іншими країнами, а також беручи в розрахунок не малу енергетичну залежність від імпортування енергопостачання.

Актуальність теми. В даний час питання сонячних панелей для енергопостачання будинків стає все більш актуальнішим. І це стосується не тільки спекотних регіонів, а й усі області. Ці установки являють собою велику доступність, вони постійно збільшують свою економічність та продуктивність. Мати власну сонячну електростанцію – це означає, що ти не залежиш від місцевих електростанцій, дає змогу економити на платіжках, та не зважаючи на початковий, порівняно не малий внесок, швидко окупиться. Дана тема мого диплому зараз найбільш актуальна, що дає підтвердження міжнародна практика, а також швидкість розвитку даних галузей.

Мета моєї роботи включає в себе проектування системи електроспоживання житлового будинку на сонячних батареях.

Об'єктом в моїй роботі виступає само електроспоживання житлового будинку, а предметом є система електроспоживання житлового будинку на сонячних батареях.

Ми використовували теоретико-емпіричні методи для дослідження, а також комп'ютерне моделювання.

Новизна мого рішення пояснюється тим, що треба активно реалізовувати та використовувати електропостачання завдяки сонячних панелей у повсякденному житті.

Практичне значення моєї роботи полягає в побудові автономної сонячної електростанції(СЕС) для житлового будинку, що дасть змогу знизити трати на електроенергію, що також у свою чергу дасть можливість мати додатковий прибуток. І це дає змогу покращувати екологічну сторону нашого життя, що турбує увесь світ. Для всього цього нам потрібні лише сонячні батареї.

# РОЗДІЛ 1

## ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ КОНЦЕПЦІЇ

### 1.1. Нормативно-правова база використання альтернативної електроенергії

Сонячна енергія абсолютно безпечна для навколишнього середовища. Поки світить сонце - його можна використовувати, тобто майже нескінченний ресурс. З точки зору розташування, виробництво електроенергії з сонячної енергії є на всій території України.

Україна знаходиться в рамках давнього юридичного процесу підтримки використання альтернативної енергії. Це пов'язано з необхідністю збільшення обсягів електроенергії, виробленої за рахунок АД для захисту традиційних ресурсів.

Тому в 2015 році був прийнятий закон «Про внесення деяких змін у законах України що стосується забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з АД енергій» [6]. Цей закон передбачає, що домашні користувачі можуть встановлювати електростанції, що працюють на АД, на своїх фермах. Що стосується сонячної енергії, то встановлена потужність не повинна перевищувати 30 кВт. Вітчизняні користувачі найбільш неоднозначно відреагували на цю постанову, оскільки неясно, чому їм має бути дозволено встановлювати АД, але, з іншого боку, це не забороняє установку сонячних панелей будинку. Проте, регулювання вимагає, щоб була встановлена саморобна сонячна технологія.

Цей закон також змінив так званий «Зелений» тариф, який відповідав за рентабельний «Зелений» тариф на електроенергію, що виробляється за допомогою сонячних батарей, встановлених на їх фасадах і дахах. Більш того, «Зелений» тариф - це рівень, на якому уряд може купувати вироблену енергію, з якою вона може бути законним чином отримана від приватних осіб. Таким чином держава закликає населення України використовувати АД.

## 1.2. Аналіз використання сонячної енергії в Україні

Сонячна енергія займає дуже стійке місце в світовій енергетиці. Сонячна енергія має ту перевагу, що вона є екологічно чистим джерелом енергії, що забезпечує її споживання без негативного впливу на навколишнє середовище. Крім того, сонячна енергія практично невичерпна і доступна з будь-якої точки світу. Потенціал електростанції, заснованої на сонячному опроміненні, величезний. Використовуючи від 0,0125% сонячної енергії, ми повинні бути в змозі задовольнити всі потреби в усьому світі сьогодні і використовувати 0,5% для забезпечення повного майбутнього світу. На жаль, ці величезні потенційні ресурси навряд чи коли-небудь будуть реалізовані в великих масштабах [4][5].

В даний час викопне паливо широко використовується для опалення та виробництва електроенергії, але в сучасному світі це пов'язано з великою кількістю проблем:

- постійне зростання цін;
- високі експлуатаційні витрати і забруднення навколишнього середовища
- залежність від поставок;

Ще один дієвий спосіб вирішення цієї проблеми - використання енергії з відновлюваних джерел. Цьому питанню вже давно приділяється багато уваги в усьому світі. За даними дослідницької компанії IHS Markit, на початок 2018 року загальна потужність сонячних електростанцій в усьому світі досягла 402,5 ГВт. У 2018 році звіт Міжнародного енергетичного агентства показав, що 10 країн приєдналися до світових галузях сонячної енергетики. Серед них Китай (131 ГВт), США (51 ГВт), Японія (49 ГВт) Німеччина (42 ГВт) та Італія (19,7 ГВт) [10].

Україна, де використання сонячної енергії неухильно набирає популярність, не є винятком. Загальна встановлена потужність об'єктів відновлюваної енергетики в Україні становить 3 137 МВт, в тому числі 66% (2072 МВт) сонячної енергії. 2018 рік для України - період активності в установці сонячної енергії в приватних будинках, загальною потужністю понад 100 МВт. Станом на 2018 рік обсяг вироблення електроенергії від сонячних електростанцій, встановлених в приватних будинках,

досяг  $25 \cdot 10^4$  кВт · год. Ефективність і можливість використання поновлюваних джерел енергії в Україні є предметом багатьох досліджень.

Зобов'язання України щодо зниження впливу енергії на навколишнє середовище вимагають додаткових обсягів інвестицій. У число основних пріоритетів цього напрямку увійдуть реалізація комплексу енергозберігаючих заходів, підвищення енергоефективності та розширення використання поновлюваних джерел енергії. Оптимізація енергетичного балансу держави, заснована на вимогах до енергетичної безпеки і частці поновлюваних джерел енергії на рівні 25%, входить в цільові показники на період до 2035 року. Сонячна енергія становить важливу частину цього сектора.

Тим часом, зростання виробництва відновлюваної електроенергії за допомогою енергії вітру і сонця буде обмежуватися здатністю електроенергетичної системи компенсувати коливання потужності і економічний тягар, яке вона несе для споживачів. Крім того, розширення виробництва електроенергії цих типів безпосередньо від споживача до користувача не підпадає під обмеження енергосистеми і формує майбутнє динамічного зростання на місцевому рівні.

Оскільки традиційні джерела енергії, такі як газ, нафта, вугілля і т.п., є вичерпними, альтернативні джерела енергії, особливо сонячні, активно розвиваються і становлять великий інтерес для багатьох країн. Енергія, яку від Сонця Земля отримує щороку (як фотоелектричні, так і фотовольтичні), приблизно в 20 000 разів більше, ніж річне споживання енергії людством. В Україні немає ідеальних зон для збору сонячної енергії, але є зони оптимального розташування сонячних мереж.

Потенціал сонячної енергетики в Україні досить великий, щоб практично повністю впровадити сонячні батареї на її території. В цілому територія України - це зона середньої інтенсивності сонячної радіації. В Україні сонячна радіація становить (3,5–5,2) тис. МДж / м<sup>2</sup> на рік, а тим часом в нашій країні є більше сонячних годин на рік, ніж в половині країн ЄС. Однак кількість сонячної радіації залежить від координат, часу і сезону, характеристик атмосфери і поверхні і часу. Через це річна кількість сонячної радіації на квадратний метр землі істотно відрізняється в різних регіонах України.

Сезонний період інтенсивного використання сонячної енергії в північних регіонах триває з квітня по вересень, тоді як в південних регіонах він коливається з березня по жовтень, а це означає, що загальне середньорічне сонячне випромінювання становить від 1070 кВт\*год/м<sup>2</sup> в північних регіонах України до 1,4тис кВт\*год / м<sup>2</sup> на півдні країни. За рівнем щільності сонячної радіації в Україні необхідно розрізняти чотири зони, які відображені на рис.1.1.



Рисунок 1.1. Зони в Україні інтенсивності сонячних випромінювань

Перша і друга зони включають всі південні області України. Більше половини нашої країни знаходиться в третій зоні, а четверта зона найменш підходить для використання сонячної енергії. В цілому територія України належить до сонячних зонам середньої інтенсивності. В реальних умовах кількість прямого і розсіяного сонячного випромінювання залежить від широти місцевості, якості повітря, характеристик земної поверхні, а також часу доби і сезону.

Аналізуючи особливості сучасної сонячної енергетики, необхідно відзначити, що до переваг, стимулюючим перехід на сонячну енергію, можна віднести:

- автономні джерела енергії безпечні і дуже надійні;

- необмежене і безкоштовне користування паливом;
- модулі можуть бути частиною конструкції будівлі;
- безшумне і безпечне виробництво електроенергії;
- простота обслуговування обладнання;
- швидке скорочення часу, необхідного модулів для повернення енергії;
- підвищує надійність енергопостачання країни;
- використання електроенергії у віддалених сільських районах.

До недоліків можна віднести наступне:

- високі витрати на виробництво електроенергії;
- мінливість генерації і потреба в складському обладнанні ККД сонячних станцій невисокий;
- низька потужність.

Це означає, що з урахуванням сьогоденних глобальних науково-технічних тенденцій і характеристики географічного та кліматичного стану розвиток сонячної енергетики є перспективним напрямком енергозбереження для України.

Сонячна енергія відноситься до так званих «відновлюваним» або «зеленим» типам енергії, які невичерпні за людськими мірками. Електропостачання підприємств і населених пунктів не має специфіки, основною з яких є необхідність підведення електроенергії до великої кількості відносно невеликих об'єктів, розташованих на великій території. У результаті мережа в багато разів збільшується в порівнянні з іншою частиною національної економіки. У той же час значення електроенергії в агропромисловому секторі зростає, а галузева реформа привела до фрагментації великих виробників і до зростаючої ролі дрібних фермерів в економіці держави. Основними вимогами до електричних мереж є:

- надійність електропостачання;
- енергоефективність та екологія;
- забезпечення стандартів якості електроенергії;
- безпеку обслуговування;

- ефективна транспортування електроенергії;
- можливість подальшого розвитку і реконструкції електричних мереж без кардинальних змін існуючої частини.

### **1.3. Тип і конструкція сонячних батарей**

Зараз, коли більшість з нас чули про альтернативні джерела енергії і всім добре відомо, що на планеті в кінцевому підсумку закінчаться запаси, вчені всюди активно шукають поновлювану електроенергію. В останні роки сонячні елементи перестають бути чимось новим, вони використовуються не тільки в космічних кораблях, а й використовуються в автомобілях, будинках і побутової техніки. Ось чому корисно знати, як влаштовані сонячні панелі і як вони працюють.

Сонячні електростанції - це інженерні установки, які перетворюють сонячне випромінювання в електричну енергію. У конструкції сонячної електростанції можна використовувати найрізноманітніші засоби перетворення сонячного випромінювання.

Існує два типи СЕС:

- фотоелектричні (зокрема, вони перетворюють сонячну енергію в електричну за допомогою фотоелектричного модуля);
- термодинамічні (вони перетворюють сонячну енергію в тепло, а потім в електрику, і мають потужність вище, ніж у фотоелектричних електростанцій) [1] .

Компоненти СЕС включають:

1. Фотоелектричні панелі (сонячні модулі), що перетворюють сонячну енергію в електрику.
2. Контролер, який управляє сонячної фотоелектричної системою для запобігання перевантаження або зворотного струму в нічний час.
3. Акумулятор, який використовується для зберігання електроенергії, виробленої сонячними модулями.

4. Інвертор, який перетворює постійний струм від сонячних батарей в змінну енергію, необхідну для живлення електричних приладів.
5. Електролічильник для фіксування кількості продукції, що поставляється або споживаної електроенергії при необхідності.

Схема сонячної електростанції, яка показує взаємозв'язок між усіма елементами установки і основний принцип її роботи, показана на рисунку 1.2 [13].

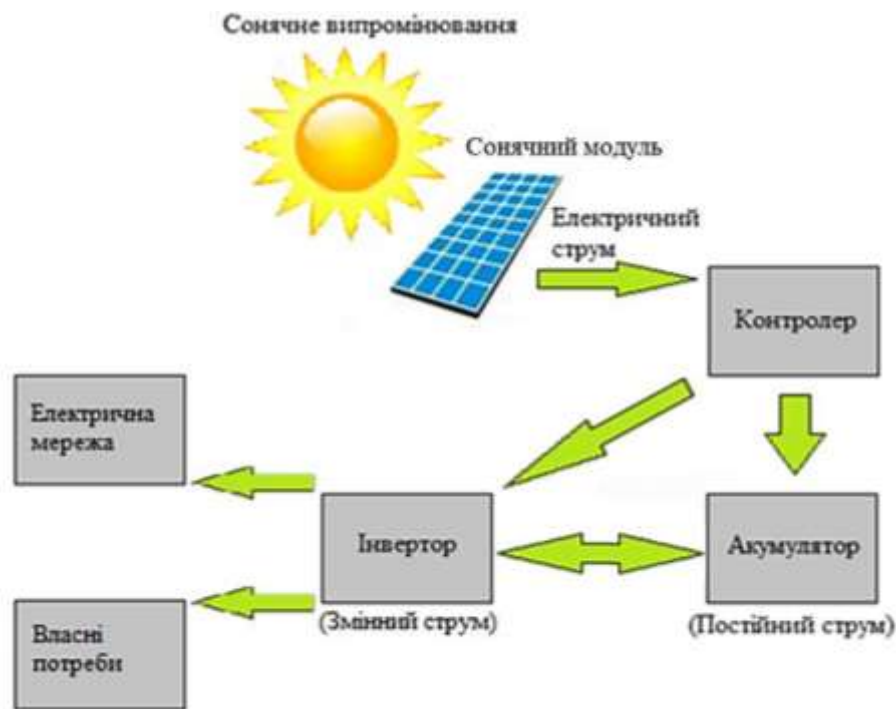


Рисунок 1.2. Схема сонячної електростанції

СЕС працює так: ми отримуємо сонячне світло на панель фотоелектричних модулів, потім вони перетворюються в електрику за рахунок переходу. Сонячні модулі побудовані на кристалічному кремнії або монокристалах (і здатні виробляти значно більше енергії в довгостроковій перспективі і дуже високий відсоток виходу в залежності від терміну служби). Кількість електроенергії, яку можуть забезпечити сонячні модулі, залежить від їх ефективності, розміру і місцевого рівня сонячного світла.

Потім електрику проходить через підключену батарею, забезпечуючи тим самим зарядку батарей.



Наступним кроком буде електропостачання споживачів енергії на додаток до підключення внутрішньої ланцюга сонячної електростанції до зовнішньої електромережі для вироблення надлишкової електроенергії.

Існує два типи СЕС:

- Мережеві (вони більш потужні і підключені до зовнішньої електромережі, велика частина виробленої ними електроенергії передається в мережу окремим лічильником, який не дуже великий)
- Автономні (для стартери, вони побудовані для задоволення вимог власної споживаної навантаження, тому вони розраховані на меншу потужність, вони також підключені до зовнішньої електромережі, і тільки надлишкова електроенергія подається в мережу через окремий лічильник).

В даний час законодавство України дозволяє громадянам продавати енергію, вироблену з альтернативних джерел, за спеціальним так званим «зеленим» тарифом. Цей тариф дозволяє використовувати сонячні батареї, оптимізовані для подачі електроенергії в житлові будинки, і робить їх більш рентабельними. Приватним домовласникам завжди платили за надлишок електроенергії, що поставляється в мережу.

Сонячні панелі, що складаються з набору фотоелектричних перетворювачів, які пов'язані між собою певним чином і призначені для утримання двох шарів напівпровідників з різними типами провідності.

Щоб панелі прослужили довго і ефективно, їх необхідно охолоджувати за допомогою водяних систем або вентиляторів.

Якщо сонце падає на батарею, не вся енергія перетворюється в електрику, деяка частина буде відображатися назад і також буде витрачена на нагрівання елемента. Більшість промислових фотоелектричних панелей мають ККД від 9 до 24%. У сонячному елементі, коли деякі елементи затемнюються, вони перетворюються в споживачів енергії і нагріваються.

Як правило, сонячні елементи виготовляються з кремнію, що зовсім не дешево. Це збільшує вартість виробництва електроенергії за рахунок сонячної енергії.

Найбільш поширеними фотоелектричними перетворювачами є монокристалічний і полікристалічний кремній. Вони різні за технологією виробництва. Полікристалічні мають ККД до 15%, а монокристалічні – 17,5%.

Корисна потужність - це найбільший технічний параметр сонячної енергії, який також впливає на загальну ефективність установки. Він визначається напругою і вихідним струмом, які залежать від інтенсивності сонячного світла, що падає на батарею.

Електрична потужність деяких сонячних елементів не залежить від площі і зменшується при нагріванні батареї сонцем приблизно на 0,4% на грам. Вихідний струм залежить від інтенсивності сонячного випромінювання і розміру сонячних елементів. Чим яскравіше сонячне світло, тим більше струм, що генерується сонячними елементами. А в похмуру погоду різко падає зарядний струм і потужність.

Сонячні панелі складаються з окремих сонячних елементів, які підключаються послідовно і паралельно, що дозволяє збільшувати вихідні параметри, такі як напруга, струм і потужність. При послідовній зв'язку вихідна напруга зростає, а при паралельній - вихідний струм. Щоб збільшити як струм, так і напругу, обидва методи комбінуються. Такий спосіб підключення також підвищить надійність всієї батареї. Це означає, що сонячний елемент складається з послідовно з'єднаних паралельних елементів. Максимально можливий струм прямо пропорційний кількості паралельно працюючих, а електрична потужність – від послідовних сонячних елементів. Таким чином, поєднуючи різні типи з'єднань, можна зібрати акумулятор з необхідними параметрами.

Сонячні елементи забезпечені діодами, зазвичай чотирма, по одному на кожному з 1/4 частин батареї. Вони захищають частини батареї, які затемнюються, а це означає, що протягом деякого часу вони не отримували сонячного світла. У цих умовах акумулятор виробляє на 25% менше енергії в порівнянні з умовами, коли сонце освітлює всю поверхню акумулятора. За відсутності цих діодів сонячні панелі будуть перегріватися і виходити з ладу, оскільки вони споживають енергію під час тьмяно горять діодів, і через них не протікає струм. Такі діоди повинні мати низький опір,

щоб зменшити падіння напруги на них. Останнім часом для цієї мети використовуються діоди Шотткі.

Фотоелектричні елементи генерують постійну напругу, але багато пристроїв живляться від змінного струму і вимагають наявності відповідного перетворювача. Більш того, оскільки сонячні панелі виробляють електрику в денний час, а споживання відбувається цілодобово, через це потрібні додаткові компоненти для зберігання і розподілу енергії.

## **Висновки до розділу 1**

На даний момент світ шукає альтернативну електроенергію, одна з найпоширеніших - вітрова та сонячна, котра стане темою нашої роботи. Є всі умови для розвитку цієї галузі, в Україні з кожним роком кількість СЕС і електроенергії від них продовжує зростати. Щоб спонукати людей встановлювати СЕС в своїх будинках, в країні був розроблений «Зелений» тариф. Якщо ви збираєтеся встановити сонячні панелі в своєму будинку, вам потрібно буде повністю ознайомитися з усіма деталями, зрозуміти, як ви збираєтеся використовувати генерується енергію, цілодобово або в певні дні, вивчити сонячні панелі і що в них різний, а потім діяти. Простіше кажучи, установка СЕС будинку - це не дешевий варіант, і ніхто не повинен розраховувати на це, щоб заощадити гроші, тому що «скупий платить двічі» - це одне з питань, де це може мати погані наслідки. Але не лякайтеся, коли побачите ціну і підрахуєте, скільки вона коштує, тому що вона окупається, незалежно від того, чи продаєте ви електроенергію державі чи ні.

## РОЗДІЛ 2

### ЗАГАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ РОЗРАХУНКІВ

#### 2.1. Загальна характеристика об'єкту дослідження

Розрахунок в даній роботі буде проводитися для індивідуального будинку, розташованого в Київській області, Фастівському районі, в селі Вепрек. На даний момент будівля підключено до лінії електропередачі. Ми думаємо, що коли електроенергії, вироблюваної сонячними панелями, буде недостатньо для виробництва електроенергії в будинку, буде споживатися електроенергія з мережі. А коли у нас буде більш ніж достатньо електроенергії, продавати її за «зеленим» тарифом.

Він зручно підходить для установки сонячних батарей, так як поблизу немає високих конструкцій або дерев, які не дозволяли б їм отримувати сонячне світло. Більше сонячної енергії є з однією стороною даху, зверненої на південь, і під кутом 45 °. Так, як і задумано.

У будинку один житловий поверх з 4 житловими кімнатами, санвузол і кухня. На малюнку 2.1 показаний схематичний креслення будівлі, що показує, яка площа статі для кожної зони. Загальна площа першого поверху 70,6 м<sup>2</sup>.

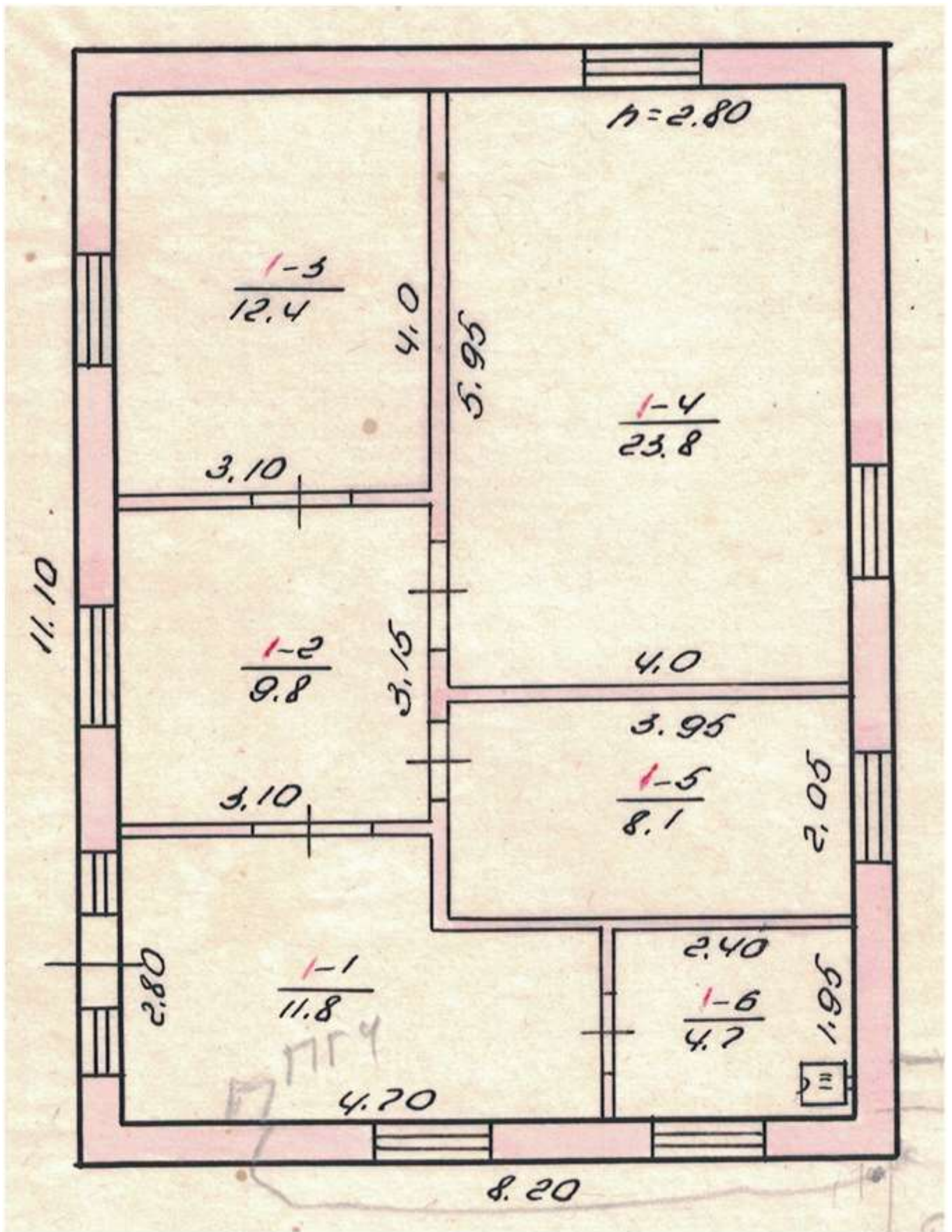


Рисунок 2.1. Схема будинку

Кількість кімнат, вказане на малюнку 2.1: 1-1 - кухня, вхід в будинок, а також котельня, площа якої становить 11,8 квадратних метрів. Кухня включає в себе світильник, водяний насос, насос для циркуляції води через акумуляторні нагрівачі, холодильник, морозильну камеру, блендер, кухонний комбайн, мікрохвильову піч, всього 5 розеток 220 В. Потім є житлові кімнати. 1-2 - це вітальня, загальна площа якої становить 9,8 квадратних метра. Оснащена вона світлом, телевізором, тюнером і двома розетками. Кімната 1-3 - це спальня площею 12,4м<sup>2</sup>. У ній є світильник, праска, зарядка для телефону і 2 розетки. 1-4 - ще одна спальня загальною площею 23,8 м<sup>2</sup>. У ній є наступна побутова техніка: світильник, комп'ютер з монітором, роутер, зарядні пристрої для телефонів і 2 розетки. Кімната 1-5 - ще одна спальня площею 8.1кв. м. Вона включає в себе лампу, телевізор з тюнером до нього, точку зарядки телефону і 1 розетку. Остання кімната - 1, 6 - ванна та туалет, площею 4,2 м<sup>2</sup>. У ньому є лампа освітлення, водонагрівач, пральна машина, фен і дві розетки. У будинку на першому поверсі 14 розеток, 6 світильників, 3 телефонних зарядки, 2 телевізора і 2 тюнера, 2 насоси, 1 кухонний комбайн, 1 морозильна камера, 1 холодильник, 1 праска, 1 комп'ютер, 1 монітор, 1 роутер. , 1 водо нагрівний бак, 1 фен, бритва і 1 пральна машина.

У будівлі немає другого поверху; весь другий поверх займає горище. У ньому немає електрики. Також є сходи, що виходять на вхідні двері в будинок зовні. Над яким розташована лампа освітлення.

## **2.2 Підрахунок сумарного навантаження електроприладів**

При розрахунку навантажень необхідно аналізувати всі нюанси експлуатації, кожен одиницю обладнання потрібно розглядати окремо.

Потрібно звернути увагу на освітлення в будинку. Для розрахунку автономного електрики слід віддавати перевагу найбільш економічним типам ламп з доступного асортименту.

Оскільки електрику та електричні прилади використовуються по-різному в різні сезони року, цей розрахунок був зроблений в разі максимального використання електричних пристроїв - взимку, споживана потужність і кількість відпрацьованих годин в день для кожного з них зведені в Таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Споживання електроенергії приладами

Кімната	Споживач	Кількість (од)	Потужність (Вт)	Час роботи на добу (год)
Кухня	Люмінесцентна лампа	1	30	4
	Насос для води	1	400	2
	Насос для опалення	1	350	6
	Холодильник з морозильною камерою	1	475	10
	Блендер	1	300	0,03
	Кухонний комбайн	1	700	0,07
	Мікрохвильова піч	1	600	0,13
Гостинна	Люмінесцентна лампа	2	16	4
	Телевізор	1	70	3
	Тюнер	1	5	4
	Супутникова тарілка	1	30	4
Спальня 1	Люмінесцентна лампа	1	30	4
	Утюг	1	1000	0,06
Спальня 2	Люмінесцентна лампа	3	16	4
	Комп'ютер	1	150	1
	Монітор	1	70	1
	Роутер	1	5	24



Спальня 3	Люмінесцентна лампа	1	16	4
	Телевізор	1	70	3
	Тюнер	1	5	3
Туалетна кімната	Люмінесцентна лампа	1	30	2
	Водогрійний бак	1	1500	2
	Пральна машина	1	500	0,5
	Фен	1	1200	0,03
	Бритва	1	15	0,07
Сходи	Люмінесцентна лампа	1	30	2

### 2.2.1. Вибір постійної напруги системи

Вибір рівня напруги необхідний для вибору пристрою системи у напрямку узгодження напруги пристрою, його контролера заряду, інвертора. І схеми, підключені до сонячної енергії, також будуть залежати від цього. За допомогою цього виміру можна було б розрахувати, якими будуть сонячні елементи в майбутньому. Найчастіше для електропостачання приватних будинків вибирають 12В або 24В. За умови, якщо не буде потужної системи електропостачання. Нашому будинку буде потрібна система на 24 В, тому що ми плануємо постійно використовувати сонячну енергію, а також продаватися по «зеленим» тарифом.

### 2.2.2. Визначення необхідної кількості електроенергії на добу

Щоб розрахувати наше добове споживання, нам знадобиться значення нашого щоденного споживання енергії, яке ми розрахували, відповідно до таблиці 2.2, яке становить 12702 Вт/год, і розділене на напругу обраної нами системи.

## Споживання електроенергії приладами на добу

Кімната	Споживач	Кількість (од)	Потужність (Вт)	Час роботи на добу (год)	Енергоспоживання на добу (Вт/год)
Кухня	Люмінесцентна лампа	1	30	4	120
	Насос для води	1	400	2	800
	Насос для опалення	1	350	6	2100
	Холодильник з морозильною камерою	1	475	10	4750
	Блендер	1	300	0,03	9
	Кухонний комбайн	1	700	0,07	49
	Мікрохвильова піч	1	600	0,13	78
Гостинна	Люмінесцентна лампа	2	16	4	128
	Телевізор	1	70	3	210
	Тюнер	1	5	4	20
	Супутникова тарілка	1	30	4	240
Спальня 1	Люмінесцентна лампа	1	30	4	120
	Утюг	1	1000	0,06	60
Спальня 2	Люмінесцентна лампа	3	16	4	192
	Комп'ютер	1	150	1	150
	Монітор	1	70	1	70
	Роутер	1	5	24	120

Продовження таблиці 2.2

Спальня 3	Люмінесцентна лампа	1	16	4	64
	Телевізор	1	70	3	210
	Тюнер	1	5	3	30
Туалетна кімната	Люмінесцентна лампа	1	30	2	60
	Водогрійний бак	1	1500	2	3000
	Пральна машина	1	500	0,5	25
	Фен	1	1200	0,03	36
	Бритва	1	15	0,07	1
Сходи	Люмінесцентна лампа	1	30	2	60
Всього на добу : 12702					

Після виконання цих розрахунків ми отримуємо чисельне вираження необхідної енергії на частоті 530 А/год.

Але ми повинні враховувати, що інвертор також споживає частину енергії на свої потреби і тому ми повинні спланувати запаси потужності для нього, помноживши результат на коефіцієнт 1,25, щоб отримати 663 А/год.

Таким чином, добова енергія, необхідна для забезпечення наших споживачів електроенергією, становить 663 А/год.

## Висновки до розділу 2

Ми ознайомилися з компонентами будівлі і електричними приладами в цій будівлі. Вирахували кількість кожного пристрою, який споживає електроенергію в день, і підраховали кількість, яку усі вони споживали за день. Ми вибрали рівень напруги для об'єкта дослідження. Ми отримали 12702кВт/день, і це пропорційно кількості необхідної потужності – 663 А/год.

## РОЗДІЛ 3

### ОБРАННЯ ОБЛАДНАННЯ

#### 3.1. Схема підключення

На рис. 3.1 представлена схема підключення всього необхідного обладнання до сонячних елементів: більшість сонячних панелей підключена до контролера АСВ, який підключений до самого АСВ і до інвертору. Все це нам необхідно, тому приступимо до особистого вивчення кожного пристрою і розрахуємо кожне з них по параметрам, розрахованим спеціально для нашого будинку [7] [9].

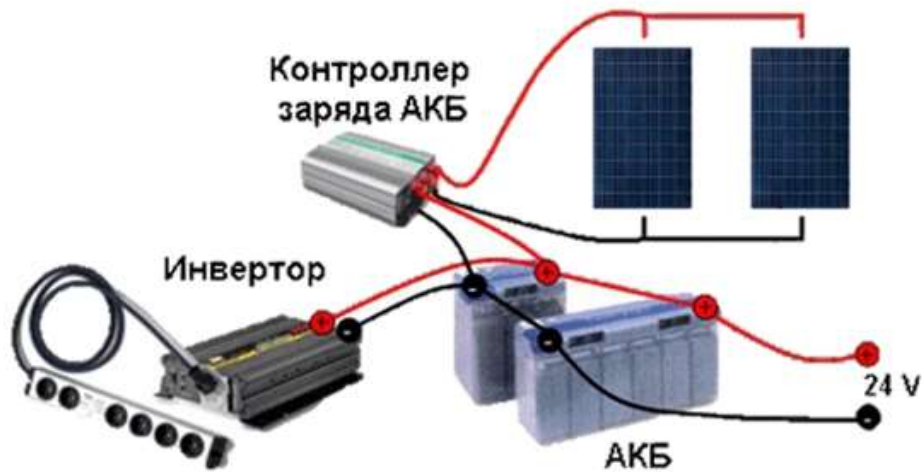


Рисунок 3.1. Принципова схема

#### 3.2. Обрання типу і кількості сонячних панелей

Підрахуємо кількість сонячних годин в день для нашої місцевості ( $i$ ). Для цього нам знадобиться середньомісячний запас сонячної радіації в  $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{місяць}$  в місці, який використовує той же нахил, що і мережа, розділений на кількість днів у місяці. Пікові години - це годинник з інтенсивністю проміння  $1000 \text{ Вт} / \text{м}^2$ . Таким чином, в літньому режимі щомісяця можна вважати найменшу суму. Наприклад, оскільки електроенергія повинна повністю надходити від сонячної енергії, розрахунок заснований на найхолодніших місцях. Але ми повинні бути готові до того, що буде

потрібно велика кількість сонячних елементів і великі витрати, пов'язані з цим. Оскільки в цій будівлі є резервні джерела живлення, ми розрахуємо середню літній значення пікових сонячних годин. У теплу пору року електрику може поставлятися в мережу за «зеленим» тарифом, а в холодні місяці, при необхідності, брати необхідну енергію. Сонячні панелі встановлюються під кутом  $45^\circ$  до горизонту. Для нас, якщо таким чином перерахувати середньомісячне загальна кількість сонячної енергії, що падає на поверхню схилу, ставлення середньомісячного сонячного випромінювання, що потрапляє на похилу поверхню, множиться на середньомісячне денний загальна кількість влучень сонячної енергії.

$$E_n = R \cdot E, \quad (3.1)$$

де  $E_n$  – середньомісячна сумарна кількість сонячної енергії,  $R$  – середньомісячна денна кількість сонячної радіації,  $E$  – середньомісячна денна сумарна кількість сонячної енергії.

Коефіцієнт перетворення горизонтальної поверхні в похилу з південною орієнтацією є сумою трьох складових: прямого, розсіяного і відбитого від сонця світла.

$$R = \left(1 - \frac{E_p}{E}\right) \cdot R_{\pi} + \frac{R_p}{E} \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos \beta}{2}, \quad (3.2)[8]$$

де  $E_p$  – середньомісячна денна кількість розсіяного сонячного випромінювання, що поступає на похилу поверхню,  $\frac{E_p}{E}$  – середньомісячна доля розсіяного випромінювання,  $R_{\pi}$  – середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтальної поверхні на похилу,  $\beta$  – кут нахилу поверхні сонячної батареї до горизонту (в нашому випадку  $45^\circ$ ),  $\rho$  – коефіцієнт відбиття (альbedo) поверхні Землі і навколишніх тіл, за звичай беруть наступні значення, 0,7 для зими і 0,2 для літа.

Середньомісячний коефіцієнт перетворення прямого сонячного випромінювання від його горизонтальної поверхні до її похилій поверхні:

$$R_{\Pi} = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_{3H} + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_{3H} \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_3 + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_3 \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta}, \quad (3.3)[8]$$

де  $\varphi$  – широта місцевості, град,  $\beta$  – кут нахилу поверхні сонячної батареї до горизонту,  $\delta$  – нахил Сонця (кут між лінією, з'єднуючою центр Землі і Сонця, і її проекція на площину екватора) в середній день місяця.

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + n}{365}\right), \quad (3.4)[8]$$

де  $n$  – порядковий номер дня, відрахований від 1 січня ( номер середнього розрахункового дня для кожного місяця року).

Значення  $\delta$  беремо з таблиці 3.1.

$\omega_3$  – годинний кут заходу (сходу) Сонця для горизонтальної поверхні.

$$\omega_3 = \arccos(-\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta). \quad (3.5)[8]$$

$\omega_{3H}$  – годинний кут заходу (сходу) Сонця для похилої поверхні с південною орієнтацією.

$$\omega_{3H} = \arccos[-\operatorname{tg}(\varphi - \beta) \cdot \operatorname{tg} \delta)]. \quad (3.6)[8]$$

Таблиця 3.1

Годинний кут сходу (заходу) Сонця

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$n$	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
$\delta$ , град	-20,9	-13	-2,4	9,4	18,8	23,1	21,2	13,5	2,2	-9,6	-18,9	-23

Розрахунки зведені в таблицю 3.2 за приведеними вище формулами.

Таблиця 3.2

## Розрахунок пікових сонце-годин

Місяць	$\varphi$	$\beta$	$\delta$	$\omega_z$	$\omega_{zn}$	$R_{\Pi}$	Пряме випромінювання $E_s$ , кВт·год/м <sup>2</sup>	Розсіяване випромінювання $E_p$ , кВт·год/м <sup>2</sup>	Сумарне випромінювання $E$ , кВт·год/м <sup>2</sup>	$\rho$	R	i
Січень	50,917	45	-20,9	62.35	87.802	4,141	13,33	21,7	35,03	0,7	2,478	2,8
Лютий	50,917	45	-13	74.488	88.752	2,562	24,36	29,680	54,04	0,7	1,955	3,8
Березень	50,917	45	-2,4	87.830	89.859	1,677	44,64	49,91	94,55	0,7	1,561	4,8
Квітень	50,917	45	9,4	102.196	91.061	1,166	55,8	63,6	119,4	0,7	1,32	5,3
Травень	50,917	45	18,8	114.8	92.066	0,903	84,94	78,43	163,37	0,2	1,133	6
Червень	50,917	45	23,1	121.518	92.566	0,805	77,1	82,5	159,6	0,2	1,104	5,9
Липень	50,917	45	21,2	118.541	92.348	0,845	85,56	81,22	166,78	0,2	1,107	6
Серпень	50,917	45	13,5	107.495	91.493	1,04	75,02	69,75	144,77	0,2	1,205	5,7
Вересень	50,917	45	2,2	93.841	90.365	1,426	46,2	49,5	95,7	0,2	1,404	4,5
Жовтень	50,917	45	-9,6	79.516	89.164	2,16	27,9	33,48	61,38	0,7	1,776	3,5
Листопад	50,917	45	-18,9	66.340	88.105	3,495	12,3	20,7	33	0,7	2,216	2,4
Грудень	50,917	45	-23	58.912	87.550	4,844	9,61	17,05	26,66	0,7	2,677	2,3
Середнє:												4,42

Примітка: i – число пікових, для нашого об'єкту, сонце-годин.



Для нашого будинку ми вибрали полікристалічні сонячні батареї YINGLI 24В 325Вт (рис. 3.2).

Вони складаються з високоефективних полікристалів з високоякісних сонячних елементів класу "А". Ці батареї мають високу світловіддачу, що збільшує вироблення енергії, покращує прозорість і досить ефективний ККД, і вони не деформуються в досить екстремальних погодних умовах.



Рисунок 3.2. Сонячна батарея YINGLI YL325P-35b 4BB

## Характеристики YINGLI YL325P-35b 4BB

Характеристики	Значення
Бренд	YINGLI
Тип	Полікристалічні
Модель	YL325P-35b
Країна виробництва	Китай
Номинальна потужність сонячної батареї, Вт	325
ККД, %	16,7
Напруга при максимальній потужності, В	37,3
Струм при максимальній потужності, А	8,72
Напруга холостого ходу, В	46,3
Струм короткого замикання, А	9,24
Кількість елементів	72
Розміри сонячної батареї (м)	1,96·0,99·0,04
Вага (кг)	25,5
Розмір елементів (мм·мм·мм)	156·156(72)
Максимальний вплив граду	25мм·23м/с

Поможемо значення денних ампер-годин, помноживши його на коефіцієнт 1,2, щоб врахувати вимоги до розряду/заряду акумулятора

$$663 \cdot 1,2 = 795,6.$$

Потім розділимо це значення на кількість пікових сонячних годин, доступних для нашої будівлі. Отримане значення буде струмом, який повинні генерувати наші батареї

$$\frac{795,6}{4,42} = 180.$$

Кількість модулів, які будуть виконувати роботу одночасно, визначається як значення струму, виробленого батареями, поділене на максимальний струм одного модуля, і ми округляємо його до найближчого цілого числа

$$\frac{180}{8,72} = 21.$$

Щоб знайти необхідну кількість послідовно підключених модулів, необхідно розділити напруга постійного струму системи на номінальне значення сонячних елементів, так як у нас обидва 24 В - отже, батарей, підключені послідовно, не буде.

Тоді на загальну кількість батарей YINGLI YL325P-35b потрібно 21.

Площа, яку будуть займати наші батареї, дорівнює: довжина нашої батареї, помножена на ширину, і помножена на кількість батарей.

$$1,96 \cdot 0,99 \cdot 21 = 41\text{м}^2.$$

Для цілорічного харчування нашого будинку нам знадобиться 21 сонячна панель, яка заповнить площа 41м<sup>2</sup> на даху нашого будинку під кутом 45 градусів.

### **3.3. Обрання інвертора і розрахунок кількості акумуляторних батарей**

На даний момент є основні три типи інверторів:

- Автономні, ті які не підключені до зовнішньої електромережі;
- Мережеві, це ті, які працюють водночас із підключеною централізованою мережею. Вони дають змогу регулювати основні параметри мережі: частоту напруги, амплітуду і тд. У разі якогось збою живлення він одразу відключається. А також уся вироблена електроенергія генерується в загальну за «зеленим» тарифом.
- Гібридний, ще його називають «акумуляторно-мережевий», він поєднує у собі властивості одних та других. Їх має сенс встановлювати, якщо в вас часті перебої електроенергії[3].

Слід уникати перетворювача з ККД меншим 92%. Також потрібно знати, що усі якісні інвертори мають немаленьку вагу, грубо кажучи на 1кг – 100Вт номінальної потужності. Так що якщо ви хочете мати якісний продукт, треба розуміти, що він буде не легким, але мати у собі вихідний трансформатор, на відміну від дешевих легких інверторів. Вибір потужності інвертора розраховується виходячи з сумарної потужності одночасно підключених електроприладів, а також ще плюс не менше 25% запасу потужності. Під час вибору інвертора необхідно пам'ятати, що деякі побутові електроприлади на момент пуску споживають потужність, яка в кілька разів перевищує паспортну.

Нам потрібен мережевий інвертор. Так як в нас у будинку є електроприлади, що мають двигуни, такі як холодильник, пральна машина, насоси і т.д., то нам потрібен інвертор, що має на виході синусоїдальну форму. Також ми вже визначилися із обраною напругою, вона і буде напругою інвертора – 24В.

Потрібна потужність на добу в нас 15878Вт, це енергія постійного струму із врахуванням втрат в інверторі(помножили на коефіцієнт 1,25).

Отже, нам потрібен мережевий інвертор із напругою 24В та потужністю 15878Вт.

Обираємо мережевий сонячний інвертор з резервної функцією 16кВт, 220В, (ISGRID 4000 - 4 шт. В паралель), AXIOMA energy (рис.3.3).

Основні характеристики інвертора ISGRID 4000:

- Чиста синусоїда;
- Вбудований MPPT контролер сонячної зарядки;
- Можливість продажу за "зеленим тарифом" у електроенергії в мережу;
- Програмований пріоритет джерела енергії: сонячні батареї, акумулятори або мережа;
- Регульовані користувачем значення напруги і струму заряду акумулятора.



Рисунок 3.3. Інвертор ISGRID 4000

- Програмовані режими роботи (мережевий - продаж за "зеленим тарифом" (grid-tie), автономний (off-grid) та мережевий з резервною функцією (grid-tie with backup));
- Програмне забезпечення для моніторингу в режимі реального часу дозволяє керувати параметрами і відслідковувати стан системи.

Таблиця 3.4

Характеристики інвертора

Характеристики	Значення
Модель	ISGRID 4000
Максимальна потужність сонячних батарей що підключаються, Вт	4000
Номінальна вихідна потужність, Вт	4000
Номінальний вихідний струм, А	17,4
Коефіцієнт потужності	>99
Максимальний вихідний струм, А	40

Розміри (мм)	120·295·468
Паралельне підключення	Так
Діапазон робочих температур (°C)	Від 0 до 50

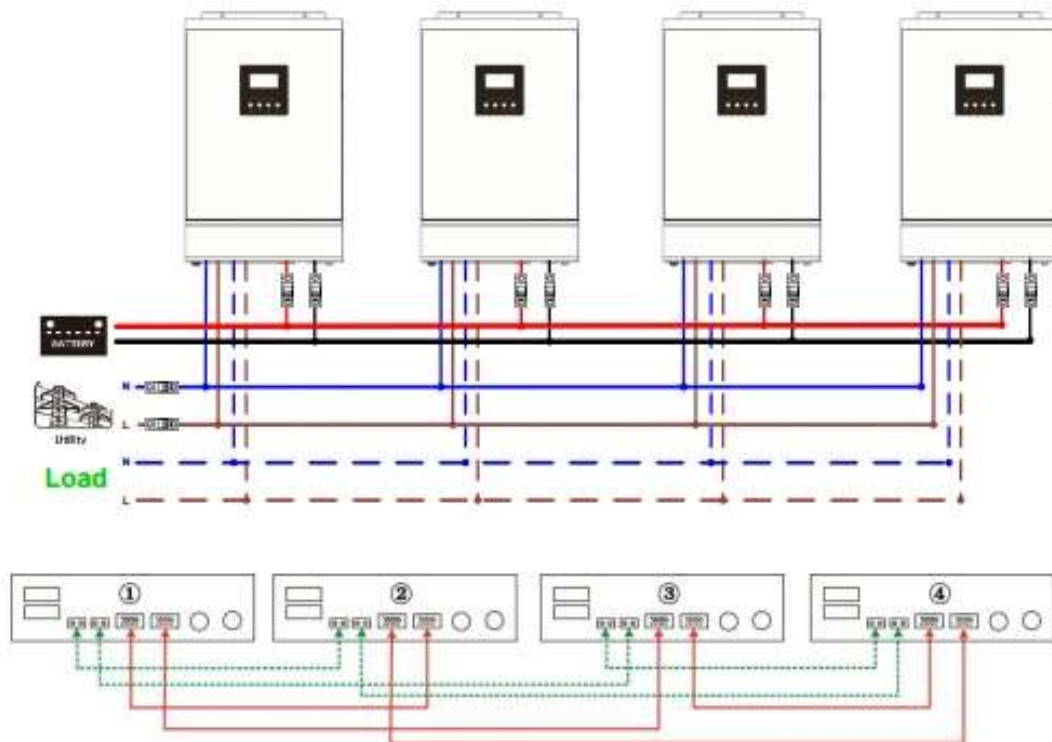


Рисунок 3.4. Схема підключення інвертора

Далі переходимо до розрахунку необхідної кількості акумуляторних батарей. Акумулятори дають змогу зберігати надлишки виробленої вдень електроенергії для вечірнього та нічного користування. Вони розглядаються як джерела постійного струму із багаторазовим використанням та мають можливість виконувати оборотні хімічні процеси через проведення багаторазових циклів заряду із пропусканням електричного струму.

Основні параметри акумуляторів:

- Щільність енергії;
- Температурні і атмосферні режими;
- Ємність;

- Саморозряд;
- Тип.

Ємність акумуляторів визначають за величиною заряду, котрий заміряється при процесі віддачі енергії споживачам від мінімально допустимих величин вихідної напруги до повного зарядженого стану. Вони погано переносять різкі зміни температури, а саме, нагрів вище  $+40^{\circ}\text{C}$  та охолодження нижче за  $-25^{\circ}\text{C}$ . Також їх не можна встановлювати близько до відкритого вогню через можливість самозаймання. Акумулятори підзаряджаються робочим струмом сонячної батареї та не зазнають величезних короточасних навантажень. Краще всього обирати герметизовані акумулятори, оскільки ті які не герметизовані – в процесі роботи виділяють шкідливі для дихання і вибухонебезпечні гази. Також необхідно обрати приміщення, де їх встановлювати, яке має можливість добре провітрюватися. Для приватних домогосподарств найкращими є гелеві акумулятори, хоча вони й не дешеві.

При зниженні температури навколишнього середовища ємність акумулятора знижується, знижується енергоємність, яку він може віддати при даній температурі. При цьому при розрахунку необхідних ємностей акумуляторів нам потрібно обчислене значення ємності збільшити для того, щоб створити запас на випадок її зниження.

При розрахунку необхідної, для даного об'єкта дослідження, кількостей акумуляторних батарей треба взяти максимальну кількість послідовних «днів без сонця» (це коли сонячної енергії не вистачає для заряду акумуляторних батарей і для роботи навантаження через хмарності або негоду). Через те що наша система буде працювати із дублером, тобто коли не буде вистачати потужності виробленої сонячними батареями споживачем буде братись енергія в мережі, а при її надлишку буде продаватися за «зеленим тарифом», то беремо кількість днів без сонця мінімальну[11].

За таблицею 3.5 обираємо 10.

Таблиця 3.5

Кількість днів без Сонця

Широта	Період		
	Літні місяці	Осінні місяці	Зимові місяці
30	2-4	3-4	4-6
40	2-4	4-6	6-10
50	2-4	6-8	10-15
60	3-5	8-12	15-25
70	3-5	12-14	20-35

Розраховуємо сумарну ємність акумуляторних батарей, рахуючи кількість днів без сонця:

$$663 \cdot 10 = 6630 \text{ А/год.}$$

Задамо величину глибини розрядження акумуляторних батарей. Врахуємо те, що зі збільшенням її батареї швидше вийдуть з ладу. Через це значення глибини розряду акумуляторних батарей візьмемо середнє, 50%. Тоді коефіцієнт використання буде 0,5.

Заряд акумуляторних батарей з урахуванням глибини розряду акумуляторних батарей:

$$\frac{6630}{0,5} = 13260 \text{ А/год.}$$

За таблицею 3.6 обираємо коефіцієнт, котрий враховує температуру навколишнього середовища у приміщенні, де саме і будуть встановлюватися акумуляторні батареї. Цей коефіцієнт враховує можливе зменшення ємності акумуляторних батарей при зниженні температури навколишнього середовища.

Коефіцієнт обираємо 1,11.

Таблиця 3.6

Коефіцієнт



Температура в градусах		Коефіцієнт
Цельсій	Фаренгейт	
26,7C	80F	1,00
21,2C	70F	1,04
15,6C	60F	1,11
10,0C	50F	1,19
4,4C	40F	1,30
-1,1C	30F	1,40
-6,7C	20F	1,59

Тоді загальна ємність акумуляторних батарей складає:

$$13260 \cdot 1,11 = 14719 \text{ А/год.}$$

За нашими розрахунками та знанням, які краще купувати для приватних будівель, ми обрали гелевий акумулятор 250А 12В, GEL, модель – MNG250-12, MNB battery, в якого номінальна напруга 12В і номінальна ємність 250А.

Поділимо загальну потрібну ємність батарей на номінальну ємність акумуляторних батарей і округляємо отримане значення до найближчого цілого. Це кількість батарей, що з'єднані паралельно

$$\frac{14719}{250} = 59.$$

Поділивши номінальну напругу постійного струму системи на номінальне значення напруги акумуляторних батарей і округливши його до найближчого цілого отримаємо кількість батарей з'єднаних послідовно

$$\frac{24}{12} = 2.$$

Загальна кількість акумуляторних батарей:

$$59 \cdot 2 = 118.$$

Отже, всього нам треба закупити 118 гелевих акумуляторів MNG250-12 (рис.3.5).



Рисунок 3.5. Гелевий акумулятор MNG250-12

Основні його переваги:

- Термін служби 12 років;
- Більше 1800 циклів заряду/розряду при 50% розряді АКБ;
- 100% контроль якості АКБ перед відвантаженням;
- Повністю герметичний

Таблиця 3.7

Характеристики акумуляторів MNG250-12

Характеристики	Значення
Модель	MNG250-12
Напруга, В	12
Ємність, Аг	250
Вага (кг)	70,5
Тип	Гелевий
Розміри (мм)	520·269·224

### 3.4. Обрання контролеру заряду сонячної батареї

У сучасні сонячні електростанції для передачі виробленої енергії акумуляторам застосовують різні схеми підключення джерел струму, які використовують не однакові алгоритми, а створені на основі мікропроцесорних технологій і називаються контролерами.

Електроенергія, що вироблена сонячними батареями, може передаватися накопичувальним акумуляторним батареям:

- На пряму, не використовуючи комутаційні прилади і регулюючі пристрої;
- Через контролер.

Якщо обрати перший спосіб, електричний струм від джерела іде до акумуляторів та збільшує напругу на їх клеммах. Спочатку він дійде до граничного значення акумуляторної батареї. А потім перевищить рекомендований рівень.

Спочатку схема працюватиме нормально. А вже далі почнуть з'являтися дуже небажані процеси: тривале надходження зарядного струму спричинить підвищення напруги понад допустимі значення, виникне перезаряд із різким зростанням температури електроліту, що приведе до його закипання із інтенсивним викиданням парів дистильованої води з елементів. Буває таке, що призводить до повного висихання ємностей. Відповідно, ресурс акумуляторної батареї різко знижується.

Через це завдання обмеження зарядного струму вирішують контролерами або вручну. Другий спосіб являє собою постійний контроль за приладами величини напруги і комутування перемикачів руками.

Обмеження граничної напруги прилади виставляють за принципами:

1. Вмк/Вимк (On/Off), це коли схема просто комутує акумулятори до зарядного пристрою за величиною напруги на клеммах;
2. Широтно-імпульсних (ШІМ) перетворень;
3. Сканування точок максимальних потужностей.

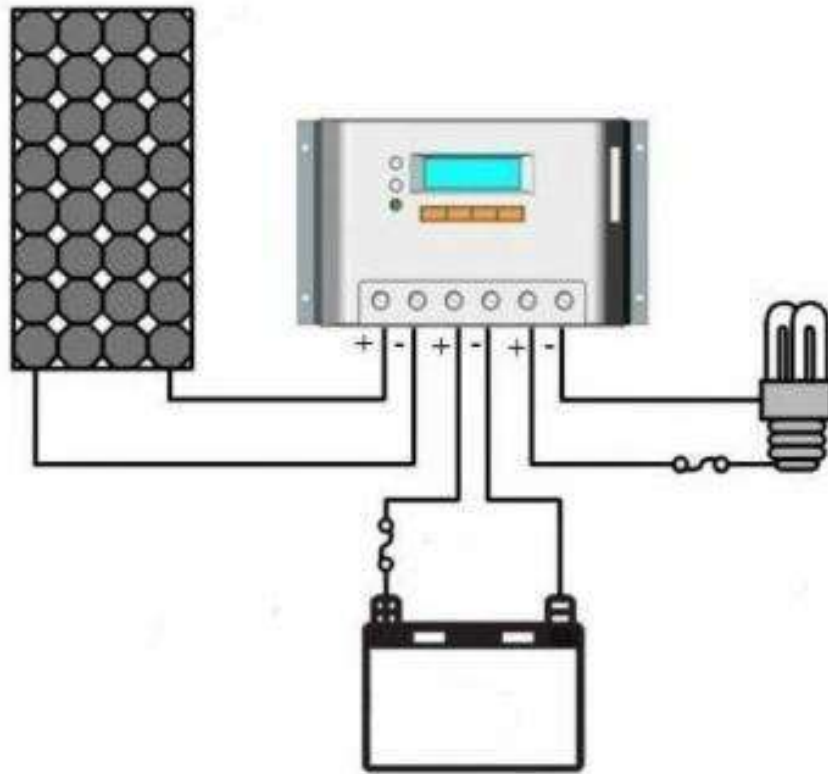


Рисунок 3.6. Схема підключення контролера

#### За принципом №1: Схема Вмк/Вимк

Це найпростіший та самий ненадійний метод. Головним його недоліком те, що при зростанні напруги на клеммах акумуляторної батареї до граничного значення повного заряду ємності не відбувається. У цьому випадку вона доходить приблизно до 90% номінального значення.

У акумуляторіх постійно відбувається недобір енергії, який значно знижує термін їх експлуатації.

#### За принципом №2: Схема ШІМ контролерів

Скорочене позначення таких пристроїв англійською мовою: PWM. Вони випускаються на основі конструкцій та мікросхем. Їх головним завданням є управління силовим блоком для урегулювання напруги на його вході у заданому діапазоні за допомогою сигналів зворотного зв'язку.

Також ці контролери додатково:

1. Враховують температуру електроліту датчиком вбудованим або виносним (останній точніший);

2. Створюють температурні компенсації зарядним напруги;
3. Налаштовуються під певний тип акумуляторів з різними показниками графіків напруги в однакових точках.

Збільшення функцій ШІМ контролерів підвищує їх вартість і надійність роботи.

За принципом №3: сканування точки максимальної потужності

Ці пристрої позначають англійськими літерами MPPT. Вони тако працюють за способом широтно-імпульсних перетворювачів, але точніші через те, що враховують найбільшу величину потужності, що здатні віддати сонячні батареї. Це значення завжди точно визначається та вноситься до документації.

Із збільшенням глибини розрядів акумуляторів – зростають витрати енергії від джерела. MPPT контролери їх зменшують.

Таким чином MPPT контролери, використовуючи широтно-імпульсні перетворення у всіх циклах заряду акумуляторів, збільшують віддачу сонячної батареї. У залежності від різних факторів економія може скласти 10 - 30%. При цьому струм виходу з акумуляторів буде перевищувати струм входу у них з сонячних батарей[12].

Коли обираємо контролер роботи треба знати не тільки принципи їх роботи, а й розглянути як вони розроблені.

Головними показниками приладів є:

- характер підключається навантаження;
- значення вхідної напруги;
- величина сумарної потужності сонячної енергії.

На контролер може подаватися напруга від однієї чи декількох сонячних батарей, які з'єднані за різними схемами. Для доцільної роботи приладу важливо, щоб сумарна величина подається на нього напруги з урахуванням холостого ходу джерела не перевищувала граничної величини, зазначеної виробником у технічній документації.

При цьому слід зробити запас (резерв)  $\geq 20\%$ -за ряду факторів:

- Відомо, що окремі параметри сонячної батареї іноді можуть бути трохи завищені для більшого продажу;

- Процеси, які відбуваються на Сонці не носять стабільного характеру, а при різких підвищеннях спалахах активності можлива передача енергії створює напругу вище розрахованої межі.

Потужність сонячної батареї важлива для вибору контролера тому, що прилад повинен бути здатний надійно передавати її робочим акумуляторам. В іншому випадку він просто згорить.

Потрібно добре розуміти як працює контролер. Не треба використовувати їх у якості універсального джерела живлення, підключати до нього різні побутові пристрої.

Обираємо контролер MPPT 60A 24В EYEN (рис. 3.7). Цей контролер є недорогим але надійним та багатофункціональним.



Рисунок 3.7. Контролер MPPT 60A 24В EYEN

Таблиця 3.8

Характеристики контролеру MPPT 60A 24В EYEN

Характеристики	Значення
Номинальна напруга, В	24
Максимальний струм, А	60
Тип контролера	MPPT
Максимальна напруга сон батарей, В	90
Максимальна робоча температура (°C)	40
Вага (кг)	1,4
Параметри (мм)	202·66·140

При підключенні нашого контролера у 24В ми отримаємо максимальну потужність:

$$24 \cdot 60 = 1440\text{Вт.}$$

Номинальна потужність наших батарей 325, а їх в нас 21. Отже для отримання потрібної кількості контролерів, нам треба помножити кількість батарей на їх потужність та отримане значення розділити на 1440 та округлити до ближчого цілого

$$\frac{21 \cdot 325}{1440} = 5.$$

Отже, усього нам потрібно 5 контролерів MPPT 60А 24В EYEN для нашої будівлі.

### Висновки до розділу 3

Ми ретельно вивчили всі установки, необхідні для обладнання нашої СЕС, і справили всі розрахунки, щоб знати, скільки чого нам доведеться купити, а саме:

- 21 сонячні батареї YINGLI YL325P-35b 4BB;
- Сонячний перетворювач мережевий ISGRID 4000, який включає в себе 4 підключених інвертора;
- 118 гелевих акумуляторів MNG250-12;
- 5 контролерів MRRT 60A 24V EYEN.

Всі обрані предмети отримали хороші оцінки і відгуки користувачів. Кожен пристрій можна вільно придбати на території України.



## РОЗДІЛ 4

### ПІДКЛЮЧЕННЯ «ЗЕЛЕНОГО» ТАРИФУ

#### 4.1. «Зелений» тариф для приватних осіб

У нашій країні діє так званий «зелений» тариф, тобто угода між державою і домовласниками, при якій перші купують енергію, вироблену з відновлюваних джерел, а перші купують електроенергію, вітер і воду за фіксованою ставкою.

Відповідно до угоди, держава купує вироблену енергію за ціною, в 4 рази перевищує середню ціну електроенергії. Це означає, що електроенергія, яку ви виробляєте з альтернативних джерел енергії, коштує значно дорожче, ніж звичайна електроенергія. І це і є «зелений» тариф.

Оскільки ціни на електроенергію в мережі продовжують рости, люди у всьому світі вже почали переходити на свої власні домашні електростанції, більшість з яких працюють на сонячній енергії, тобто СЕС. І Україна не виняток, оскільки все більше і більше домовласників купують електроенергію і використовують її цілий рік, продаючи надлишки за «зеленим» тарифом.

Кількість встановлених СЕС в Україні на 1 квартал 2020 року відображено на малюнку 4.1. І це число зростає місяць за місяцем.

Незважаючи на високу вартість, вони окупаються від 4 до 6 років в залежності від ємності встановлених акумуляторів. До речі, раніше максимальна потужність для установки фізичним особам дозволялася всього 10 кВт, а останнім часом ліміт виріс до 30 кВт. Це означає, що доходи від СЕС потроїлися.



## Кількість СЕС домогосподарств у регіонах

(станом на 01.04.2020)

$\Sigma$  24 139



Рисунок 4.1. Кількість СЕС в приватних домогосподарствах у 2020

Таблиця 4.1

### Порівняння СЕС

5кВт	10кВт	15кВт	20кВт	30кВт
Потужність : 5кВт Вироблення : від 5800кВт у рік Окупність : 6,1р	Потужність : 10кВт Вироблення : від 11200кВт у рік Окупність : 5,3р	Потужність : 15кВт Вироблення : від 18300кВт у рік Окупність : 4,9р	Потужність : 20кВт Вироблення : від 24700кВт у рік Окупність : 4,4р	Потужність : 30кВт Вироблення : від 36700кВт у рік Окупність : 4,1р

До речі, раніше СЕС для приватних будинків завжди дозволялося встановлювати або на землі, або на даху будинків. А «зелений» тариф скуповував так чи інакше вироблену енергію. А з квітня 2019 року «зелений» тариф застосовується тільки до дахових електростанцій, а від наземних мереж до мережі він передається безоплатно. Це рішення було прийнято тому, що багато хто просто встановили СЕС на своїх сільськогосподарських угіддях і не використали вироблювану ними енергію, наприклад будівлі, які так не будувалися або встановлювали в замських котеджах, куди вони іноді приїжджають.

На даний момент, якщо він буде введений в експлуатацію в 2020 році, за 1кВт виробленої електроенергії виплачується 18 євроцентів. Цей тариф збережеться до 2030 року.

#### **4.2 Узгодження схеми підключення**

«Зелений» тариф вимагає наявності ліцензії та інших необхідних документів.

Щоб зареєструватися на «зелений» тариф, нам необхідно пройти кілька кроків:

1. Перевірити потужність, відведену на будинок.
2. Вибрати агрегат на 30 кВт і встановити його.
3. Відкрити рахунок для грошей, щоб отримувати прибуток від продажу енергії.
4. Подати заявки і схеми в Обленерго.
5. Погодити схему підключення до мережі.
6. Підписати договори з Обленерго на надання послуг по оснащенню вузла обліку.
7. Встановити вузол обліку.
8. Укласти договір з постачальником енергії на продаж нашої енергії.

По-перше, кожен, хто хоче продавати електроенергію в мережу, повинен перевірити виділену потужність свого будинку. Якщо виділеної суми недостатньо, її можна збільшити максимум до 30 кВт на Обленерго, потрібно тільки паспорт і свідоцтво про власність. На це йде до 15 днів.

Тоді вибирайте обладнання з урахуванням всіх деталей. Термін служби сонячних панелей складає близько 50 років. Потім буде зібрана СЕС.

Після цього відкривається рахунок для безготівкових розрахунків. Після того, як все вище перелічене буде виконано, споживач повинен надати необхідний пакет документів для укладення договору купівлі-продажу. Для цього він повинен надати письмову заяву, дві схеми підключення побутової СЕС, копії специфікацій на запчастини і електрообладнання генеруючого об'єкта, виписку з рахунку, ксерокопії паспорта та ідентифікаційного коду.

Потім постачальник електроенергії проводить тестування на відповідність, про першу перевірку підключеної СЕС і погоджує схему підключення.

Наступний етап – це встановлення вузла обліку. Після того, як лічильник установлений і СЕС працює, споживачі мають офіційне право продавати надлишкову енергію, вироблену від СЕС, за «зеленим» тарифом. Нагадаємо, що є податок, що стягується: військовий збір (1,5%) і ПДФО (18%).

Сама схема підключення до мережі:

1. Сонячна енергія, перетворена інвертором в електрику, передається в загальну мережу.
2. Потім електрику з мережі використовується домашнім господарством на розсуд.
3. Для контролю того, скільки електроенергії виробляється і скільки споживається, встановлений двосторонній лічильник енергії.
4. Частина, що залишилася електроенергія продається уряду за встановленим «зеленим» тарифом.

Процес затвердження документа часто займає від 14 днів до 2 місяців.

## ЭТАПЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ **ЗЕЛЕННОГО ТАРИФА** ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ



Рисунок 4.2. Схема підключення зеленого тарифу

**Примітки:**

1. Ця однолінійна схема свідчить про узгодження підключення генеруючої електроустановки. Схема не призначена для конструювання та встановлення системи.
2. Устаткування встановлюється, монтується та підключається згідно з рекомендаціями заводів-виробників та з дотриманням чинних правил улаштування електроустановок.
3. Стрілками вказано напрямки потоків електричної енергії.
4. Завод-виробник або постачальник інверторного устаткування підтверджує відповідність показників якості електричної енергії з боку змінного струму відповідного устаткування державним стандартам.
5. Лінійний роз'єднувач встановлюється опціонально і може вимагатись енергопостачальником.
6. Лінійний роз'єднувач та від'єднувач генератора можуть бути інтегровані в інвертор.



Рисунок 4.3. Приклад схеми підключення для заявки

## 4.2 Установка вузла обліку

Купівля, встановлення та підключення лічильника здійснюється постачальником енергії за рахунок домовласників. Не пізніше п'яти робочих днів з моменту оплати замовником послуг Обленерго проводить вузол обліку, що підходить для вимірювання спожитої / виробленої електроенергії відповідно до моделей підключення. Послуги з передачі, зберігання і обробки інформації надаються постачальниками енергії, які звітують перед споживачем в електронному вигляді щомісяця не пізніше 10-го числа. Крім того, раз на півроку Обленерго проводить контрольовану перевірку показань лічильників електроенергії споживачам.

Вузол обліку здійснюється через двосторонній лічильник. Це пристрій, який показує, скільки загальної енергії було вироблено, скільки витрачено споживачем і скільки передано державі. Так здійснюється оплата за зеленим тарифом. Таким чином, ви повинні розуміти, що це важлива частина домашньої СЕС, якщо ви збираєтеся продавати залишилася енергію.

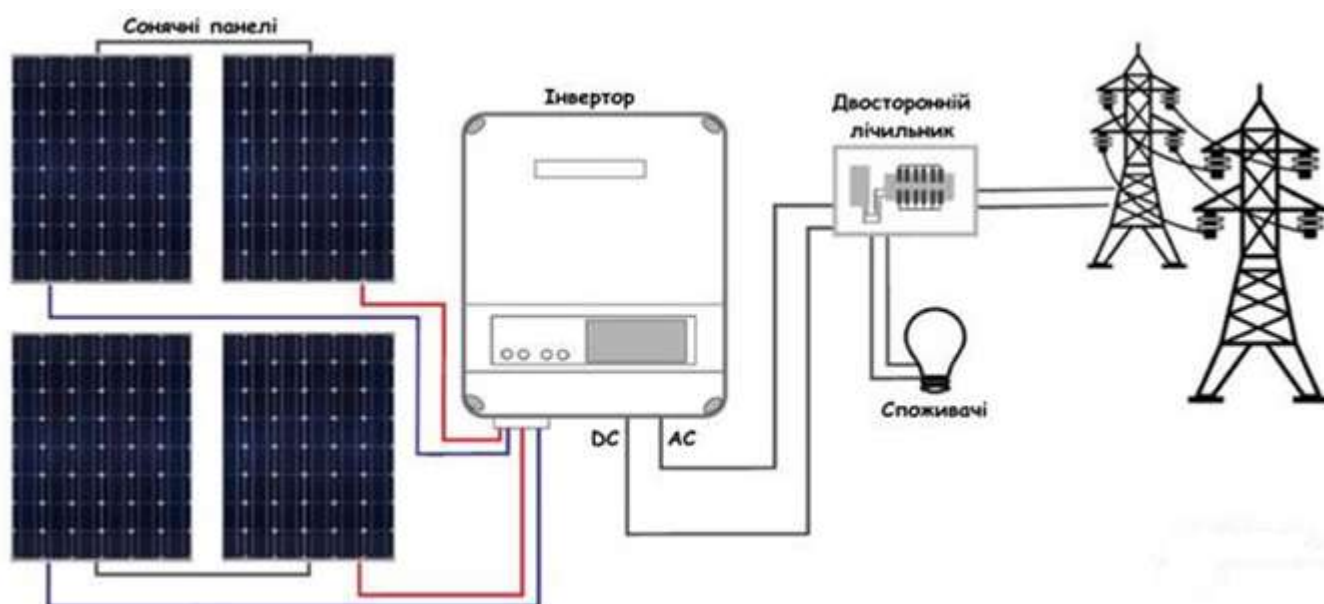


Рисунок 4.4. Схема роботи СЕС за «зеленим» тарифом

## **Висновки до розділу 4**

Тут ми детально розглянули усе, що стосується зеленого тарифу. Ми уважно подивилися на етапи підключення і зрозуміли, що двосторонні лічильники повинні бути. Крім того, приблизно розрахували, за який час СЕС окупиться.



**РОЗДІЛ 5**  
**ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

**5.1**