

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

Факультет електроенерготехніки та автоматики

Кафедра відновлюваних джерел енергії

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Кудря С.О.

«___»_____2019р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра
за напрямком підготовки 6.050701 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
на тему: «Дахова фотоелектрична станція для гуртожитку № 19
КПІ імені Ігоря Сікорського»

Виконав:

студент IV курсу, групи ЕД-51

Воловик Валерії Максимівни _____

Керівник:

Доцент, к.т.н.,

Кириленко В.М. _____

Рецензент:

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

Студент _____

Київ – 2019 року

Пояснювальна записка

До дипломного проекту

На тему: «Дахова фотоелектрична станція для гуртожитку № 19 КПІ
імені Ігоря Сікорського»

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет електроенерготехніки та автоматики
Кафедра відновлюваних джерел енергії

Рівень вищої освіти – перший (бакалавр) за освітньо-професійною програмою

Напрямок – 6.050701 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Кудря С.О.

«__» _____ 20__ р

ЗАВДАННЯ

Воловик Валерія Максимівна

1. Тема проекту «Дахова фотоелектрична станція для гуртожитку № 19 КПІ імені Ігоря Сікорського»

Науковий керівник проекту Кириленко Всеволод Михайлович, доцент, к.т.н.

Затверджені наказом по університету від «08» квітня 2019 р. №1085-с

2. Термін подання студентом проекту 13.06.2019 р.

3. Об'єкт дослідження: дахова мережева станція гуртожитку № 19 КПІ імені Ігоря Сікорського.

4. Вихідні дані: місце розташування СЕС; розміри даху.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

- а) реалізація мережевих СЕС та їх комплектація;
- б) розрахунок СЕС для гуртожитку № 19 КПІ ім. Ігоря Сікорського;
- в) вибір електрообладнання;
- г) система СЕС та її приєднання до зовнішньої мережі;
- г) прогнозування виробітку СЕС та розрахунок терміну окупності
- е) охорона праці;

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

- а) плакат (назва магістерської дисертації);
- б) схема даху гуртожитку № 19;
- в) розміщення фотоелектричних панелей на даху;
- г) схема приєднання фотоелектричних модулів до інвертора;
- г) електрична схема приєднання сонячної електростанції до мережі
- д) графік виробітку електроенергії СЕС протягом року.

7) Дата видачі завдання: 03.11.2018 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів дипломного проекту	Примітка
1	Робота з літературою		
2	Перспективи розвитку сонячної енергетики в Україні		
3	Опис мережевих СЕС		
4	Формулювання мети та задач проекту		
5	Робота над графічною частиною		
6	Вибір електричного обладнання та кріплення фотопанелей		
7	Розрахунок приходу сонячної радіації та виробітку СЕС		
8	Вибір ТП, підключення ФЕМ до інверторів, підключення СЕС до ТП		

9	Розрахунок вартості СЕС, виробітку електроенергії та терміну окупності		
10	Охорона праці		
11	Оформлення роботи, підготовка до здачі		
12	Здача завершеної роботи		

Студент

Воловик В.М.

Науковий керівник

Кириленко В.М

Анотація

Мета і задачі дослідження проекту: Мета: розробка проекту мережевої сонячної станції для гуртожитку № 19. Задачі: розглянути методи проектування СЕС, розрахунок та вибір обладнання, запропонувати схему компоновки СЕС, електричну схему і схему приєднання її до мережі, оцінити окупність СЕС, спроектувати заходи з безпечного монтажу та експлуатації СЕС, взаємодія СЕС з навколишнім середовищем.

Об'єкт дослідження: Сонячна електрична станція.

Предмет дослідження: характеристика СЕС: потужність, напруга, струм, яку вона буде видавати в електричну мережу.

Практичне значення. Даний проект можна реалізувати для будівництва СЕС на даху 19 гуртожитку КПІ.

Проект складається з: 83 – аркушів, 11 – таблиць, 33 – рисунків, 12 – перелік посилань.

Annotation

The purpose and tasks of the study. Objective: to develop a design of a network SPS for the hostel 19. Tasks: to consider the design methods of the SPS, the calculation and selection of equipment, to offer a scheme of the layout of the SPS, the electric circuit and the scheme of joining it to the network, to assess the payback of the SPS, to design measures for the safe installation and operation of SPS.

Object of study. Solar power station.

Subject of study. Characteristic of SPS: the power, voltage, current, which it will issue in the electrical grid.

Research methods. Used engineering research methods.

Scientific novelty. It is proposed to use a monitoring system to monitor the work of SPS online.

Practical meaning. This project can be implemented for the construction of SPS on the roof of the hostel 19 of the KPI.

The master's dissertation consists of: 83 – sheets, 11 – tables, 33 – drawings, 12 – list of references.

Зміст

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1 РОЗВИТОК СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В УКРАЇНІ ТА ОСНОВИ ЇХ КОМПЛЕКТАЦІЙ	12
1.1 Розвиток сонячної енергетики станом на 2019 рік.....	13
1.2 Мережеві сонячні електричні станції	14
1.3 Види кремнієвих сонячних батарей та технології їх виробництва.....	16
1.4 Інноваційні рішення в розвитку сонячної енергетики	20
1.5 Основні типи систем кріплення фотоелектричних модулів.....	23
1.6 Основні фактори ,які впливають на виробіток фотоелектричних панелей	35
1.7 Мета роботи.....	39
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК МЕРЕЖЕВОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ГУРТОЖИТКУ № 19 СТУДЕНТСЬКОГО МІСТЕЧКА НТУУ КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ТА ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА МЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	40
2.1 Схема даху гуртожитку номер 19. Розміщення фотоелектричних модулів	41
2.2 Вибір типу фотоелектричних панелей.....	42
2.3 Вибір кута нахилу фотоелектричних панелей	44

2.4 Вибір механічного кріплення фотоелектричних панелей	49
2.5 Вибір інверторів	50
2.6 Вибір кабелю	54
2.6.1 Вибір та розрахунок кабелю для змінного струму	54
2.6.2 Вибір та розрахунок кабелю для постійного струму	56
2.7 Вибір запобіжників	56
2.7.1 Вибір запобіжників для сонячних модулів	56
2.7.2 Вибір запобіжників для інверторів	57
2.8 Вибір автоматичного вимикача	57
2.9 Вибір системи моніторингу	58
2.10 Загальний висновок	59

РОЗДІЛ 3 СИСТЕМА МЕРЕЖЕВОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ТА СПОСІБ ПРИЄДНАННЯ ЇЇ ДО ЗОВНІШНЬОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Електричні схеми приєднання	61
3.1.1 Схеми під'єднання фотоелектричних перетворювачів до інверторів	61
3.1.2 Схеми під'єднання сонячної електростанції до зовнішньої електричної мережі	61
3.2 Розрахунок терміну окупності системи	63
3.2.1 Розрахунок повної вартості мережевої сонячної електростанції	63

3.2.2 Розрахунок генерації електроенергії	66
3.3 Загальні висновки	71
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	72
4.1. Вплив небезпечних і шкідливих факторів на людину в період використання обладнання сонячної станції	73
4.2. Пожежна безпека	79
4.3. Оцінка впливів фотоелектричних станцій на навколишнє середовище	81
4.3.1 Оцінка впливів на мікроклімат та клімат	81
4.3.2 Оцінка впливів на середовище повітря	81
4.3.3 Оцінка впливів на водне середовище	81
4.3.4 Оцінка впливів на ґрунт	81
4.4 Загальні висновки	82

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

СЕС – сонячна електрична станція

КПІ – Київський політехнічний інститут

ФЕМ – фотоелектричні модулі

ККД – коефіцієнт корисної дії

ТП – трансформаторна підстанція

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії

ЄС – Європейський Союз

					ДП5106.06.050701.006.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк..</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Перелік скорочень		
<i>Розробив</i>		<i>Воловик В.М.</i>					
<i>Керівник</i>		<i>Кириленко В.М.</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Головка В.М.</i>					
<i>Затвердив</i>		<i>Кудря С.О.</i>			ФЕА, ЕД-51		

ВСТУП

У всьому світі набирають оберти відновлювальні джерела, як в країнах ЄС так і в Україні. Основна ідея переходу до «зеленої» енергії від традиційних видів паливних елементів – це безпосередньо їх вичерпність, а в результаті цього і постійне зростання цін. Україна має досить високий потенціал сонячної енергії, чим і користується при встановленні сонячних теплових та фотоелектричних станцій. Сонячну енергію можна використовувати як теплову, так і електричну [1].

На даний момент тема ВДЕ, зокрема сонячної енергетики є дуже актуальною. Через можливість забезпечувати електроенергією як своє господарство, так і продавати за умовами «зеленого» тарифу в електричну мережу.

В даному проекті представлений розрахунок дахової сонячної електричної станції гуртожитку № 19 студентського містечка НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» потужність якої складає 98 кВт.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ				
Зм..	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата					
Розробив		Воловик В.М.			Вступ	Літ.		Арк.	Аркцшів
Керівник		Кириленко В.М.							
Н. Контр.		Головка В.М.				ФЕА, ЕД-51			
Затвердив		Кудря С.О.							

РОЗДІЛ 1

РОЗВИТОК СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В УКРАЇНІ ТА
ОСНОВИ ЇХ КОМПЛЕКТАЦІЙ

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	Розділ 1	Літ.	Арк.	Архцшів
Розробив		Воловик В.М.						
Керівник		Кириленко В.М.						
Н. Контр.		Головко В.М.						
Затвердив		Кудря С.О.				ФЕА, ЕД-51		

1.1 Розвиток сонячної енергетики станом на 2019 рік

Значний попит на сонячну енергію в Україні в порівнянні з іншими видами відновлювальних джерел енергії можемо побачити на рисунку 1.1 де зображена встановлена потужність об'єктів відновлювальної енергетики, що працюють за «зеленим» тарифом. Станом на 1 квітня 2019 року встановлена потужність сонячних електричних станцій загального користування досягла 2 ГВт.

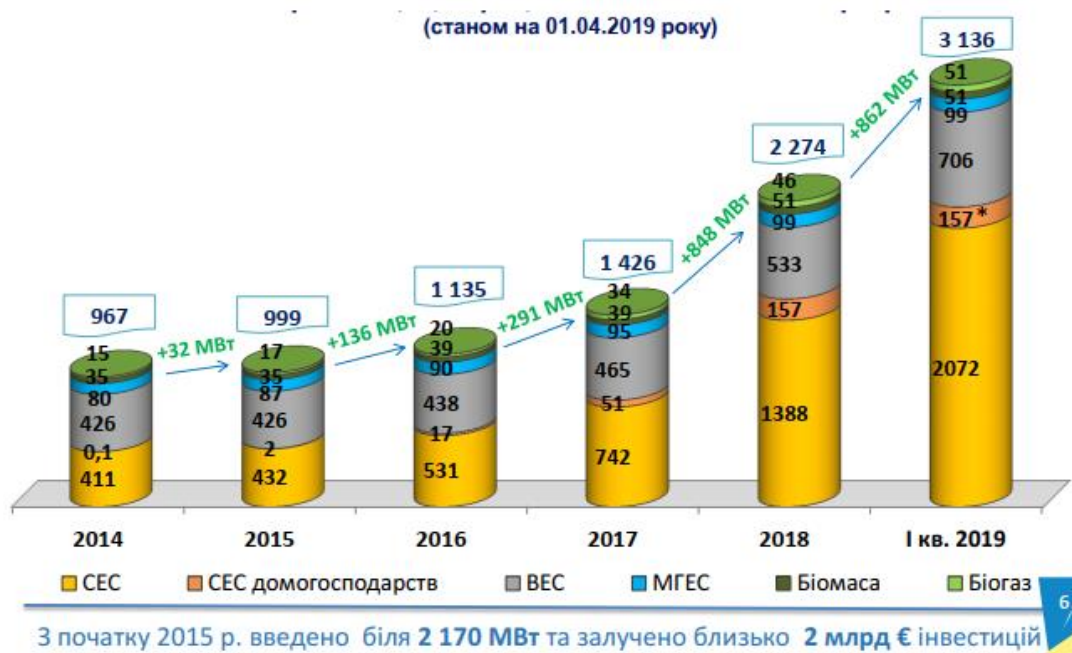


Рисунок 1.1 - Встановлена потужність об'єктів відновлювальної енергетики, що працюють за «зеленим» тарифом

За умов існування «зеленого» тарифу на сьогоднішній день в Україні є достатньо велика кількість різних фірм, які займаються проектуванням та встановленням електричних станцій для приватного використання. І вагомим аргументом встановлення таких станцій є можливість під'єднання до електричної мережі і можливість заробляти за умовами «зеленого» тарифу [2]. Виходячи з цього на рисунку 1.2 можна побачити, як проходив розвиток станцій для приватних осіб.

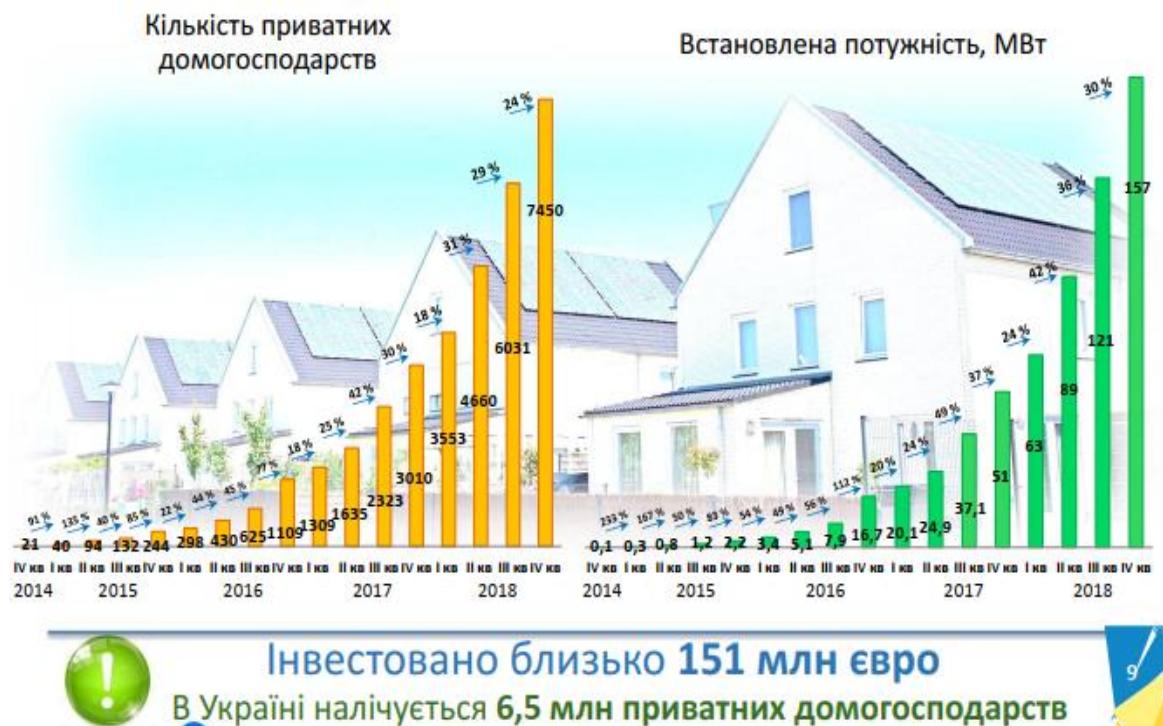


Рисунок 1.2 – Розвиток сонячних станцій для приватного використання

Також на даній діаграмі можна побачити постійну динаміку зростання кількості сонячних електростанцій, що пояснюється прямою зацікавленістю в будівництві приватних сонячних електростанцій

1.2 Мережеві сонячні електричні станції

Мережева сонячна електрична станція – це станція, яка використовується для зменшення використання електроенергії з зовнішньої електричної мережі і основною перевагою якої є продаж за «зеленим» тарифом надлишкової виробленої енергії. Головною особливістю мережевих сонячних електричних станцій є відсутність акумуляторних батарей, що суттєво зменшує повну вартість електричної станції [3].

До основних компонентів мережевої сонячної станції можна віднести наступні її складові:

1. Фотоелектричні модулі є найважливішим елементом станції – це джерело електричного струму, який виникає за рахунок перетворення сонячного випромінювання, яке потрапляє безпосередньо модуль, в електроенергію. Основні типи фотоелектричних модулів, які зазвичай

використовуються для сонячних станцій – це кремнієві монокристалічні і полікристалічні фотоелектричні модулі.

2. Мережевий інвертор забезпечує перетворення постійного струму в змінний. Це надзвичайно важливий елемент станції. Мережевий інвертор працює тільки за наявності напруги з зовнішньої мережі, що і є основною відмінністю в порівнянні з інверторами автономного типу, які працюють виключно від акумуляторних батарей. Також, ще однією властивістю мережевого інвертору є регулювання роботи всієї сонячної електростанції. Потужність мережевої станції буде визначатися потужністю обраного інвертора.
3. Кріплення фотоелектричних модулів має бути спроектоване спираючись на вимоги для монтажу фотомодулів. Також, необхідне врахування вентиляційних проміжків між фотоелектричними модулями та дахом, погодних навантажень на систему (вітрове, снігове), а також потрібно передбачити компенсаційні проміжки у випадку теплового розширення рамок сонячних модулів. Конструкція має бути захищеною від корозії.
4. Захисне заземлення сонячної електричної станції необхідне для сонячних модулів. Деякі інвертори європейських виробників можуть не розпочинати роботу у разі відсутності заземлення в мережі.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Види кремнієвих сонячних батарей та технології їх виробництва

1. Монокристалічні сонячні панелі.

Однорідність кольору поверхні і зовнішнього вигляду є характерною рисою фотоелементів, які виготовлені з монокристалічного кремнію. Монокристалічні сонячні панелі отримують шляхом використання кремнія високої чистоти, отриманого методом Чохральського з наступною додатковою очисткою методом зонного плавлення. Його ККД сягає 19% , завдяки своїй унікальній орієнтації атомів монокристала, яка сприяє більшій рухомості електронів.

Переваги монокристалічних ФЕМ:

- Висока ефективність, яка пояснюється високою структурованістю матеріалу.
- Зниження габаритних розмірів конструкції для забезпечення заданого значення енергії в порівнянні з аналогами при тих самих характеристиках.
- Максимально довговічні серед всіх типів панелей.

Недоліки монокристалічних фотоелектричних модулів:

- Висока вартість.
- Навіть незначне забруднення панелі або тінь, можуть стати причиною втрат виробництва електроенергії всього ланцюга фотомодулів, що об'єднанні в сонячній батареї. Для усунення даного недоліку рекомендується використовувати шунтуючі діоди або мікроінвертори, які зрівнюють характеристики роботи всього ланцюга.

2. Полікристалічні сонячні батареї.

Сонячні батареї з полікристалічного кремнія виступають, як альтернатива монокристалічним сонячним батареям. Сонячні елементи з полікристалів виробляють шляхом поступового охолодження кремнієвої

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

субстанції. Така технологія виробництва не потребує багато затрат енергії і кремнія. Обробка блоків відбувається так само як і монокристалічна заготовка. Кристали мають різну форму та орієнтацію, але все ще агрегатні. В порівнянні з темним монокристалом має характерний яскраво синій колір. За рахунок постійного вдосконалення процесу виробництва, сьогодні ми отримуємо елементи, які трохи поступаються монокристалу. ККД полікристалічних фотоелектричних елементів 17%.

Переваги полікристалічних ФЕМ:

- Дешевша вартість по відношенню з монокристалічними фотоелектричними модулями.
- Зниження рівня втрат при виробництві. Зниження кількості виробничих відходів, що знижує затрати на переробку і утилізацію.
- Менший відсоток виробничих дефектів.

Недоліки полікристалічних фотоелектричних модулів:

- Менш стійкі до підвищених температур, на відмінну від аналогів, які виготовляються з монокристалічного кремнію. Вплив високих температур негативно впливає на ефективність та на довговічність сонячних батарей даного типу.
- Продуктивність складає від 14 до 18 %, що приблизно на 5 % нижче за показники монокристалічних фотоелектричних елементів.
- Неоднорідність зовнішнього виду.
- Низька ефективність використання простору. Задіяння великої кількості площі.

Етапи виробництва полікристалічних і монокристалічних ФЕМ:

1. Технологічне отримання кремнію

Кварцевий пісок з високим змістом SiO_2 (діоксид кремнію), який використовується в якості сировини, проходить багатоступеневу очистку, щоб

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

позбутися від вмісту кисню у своєму складі. Відбувається це шляхом високотемпературного плавлення і синтезу з додаванням хімічних речовин.

2. Вирощення кристалів

Кремній після процесу очищення представляє собою розрізнені шматки. Але для впорядкування його структури, шматочки кремнію поміщають тигель, де їх безпосередньо розжарюють і плавлять. У розплав опускається зародок майбутнього кристала. В процесі атоми утворюють чітку структуру і шарами нарастають на зразок майбутнього кристала. Процес нарощування доволі тривалий, але в процесі утворюється однорідний кристал. Для монокристалічних елементів необхідний матеріал високого ступеня чистоти (99,99%).

А кристали полікристалічних фотоелектричних елементів отримують за рахунок повільного охолодження розплавлених залишків з виробництва моно- та полікристалів.

3. Процес обробки

На даному етапі відбувається вимірювання, калібрування і обробка кристалів для створення потрібної форми, так як при виході з тигеля в поперечному перетині він має круглу форму, що є не дуже зручним для подальшої роботи з кристалом. Через це монокристалічним елементам надають квадратної форми і в основному зі зрізаними або заокругленими кутами. Полікристалічні кристали кремнію вже при виготовленні мають форму правильних квадратів. Після надання потрібної форми, кристали проходять етап нарізання на пластини товщиною 250 – 300 мкм. Вони очищуються та перевіряються на кількість вироблюваної енергії.

4. Етап виробництва фотоелектричного елемента

Для того аби кремній мав змогу виробляти енергію, до нього додають бор (В) та фосфор (Р). Завдяки цьому шар фосфора отримує вільні електрони (сторона n - типу), сторона бора – відсутність електронів, тобто дірки (сторона

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

p - типу). У зв'язку з цим між кремнієм, легованим фосфором і бромом виникає p – n перехід. Отже, в той час, коли світло буде падати на комірку, з атомної решітки будуть вибиватися дірки та електрони, після їх потрапляння в електричне поле вони почнуть рухатися. Якщо під'єднати зовнішній провідник, то електрони будуть намагатися компенсувати дірки на іншій частині пластинки, в результаті чого, з'явиться напруга та струм.

5. Етап комплектації фотоелектричних модулів

Спочатку пластинки з'єднуються в ланцюги для підвищення напруги, а потім вже в блоки для підвищення струму. Отже, чим більше буде комірок, тим потужнішою буде батарея. Для отримання необхідних електричних параметрів всього модуля, елементи, які з'єднанні послідовно та паралельно об'єднують між собою. Після чого, комірки покивають захисною плівкою, переносять на скло і поміщають в прямокутну рамку і прикріплюють розподільчу коробку. І завершальна перевірка, яку проходить вже готовий фотоелектричний – це вимірювання вольт-амперних характеристик [4].

3. Аморфні сонячні батареї.

Фотоелектричні модулі з аморфного кремнія мають низький ККД, в межах 6 – 8%. Однак серед усіх кремнієвих технологій фотоелектричних перетворювачів вони виробляють найдешевшу електроенергію, бо мають низьку вартість. Це пов'язано з тим, що на їх виробництво необхідно менше кремнію, ніж на кристалічні панелі.

Основною відмінністю аморфних фотоелементів є те, що аморфний кремній наноситься тонким шаром на підкладку. Підкладочним матеріалом бути як гнучка (пластик), так і жорстка (скло або метал) основа. Від інших видів фотоелементів можна відрізнити по темно-сірому кольору.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги аморфних ФЕМ:

- Краще працюють при підвищених температурах. Звісно при підвищенні температури вони також втрачають рівень своєї ефективності, але не так сильно, як це відбувається в кристалічних елементах.
- Виробіток енергії при розсіяному світлі. При слабкому розсіяному освітленні вони генерують до 20% більше енергії ніж кристалічні фотоелектричні елементи.
- Відносно невисока вартість.
- Менше дефектів при виробництві. Так як виробництво аморфних фотоелектричних модулів достатньо простий процес, то в готовій продукції на порядок менше дефектів.
- За рахунок того, що для таких панелей може використовуватися гнучка основа, їх область застосування є дуже великою.

Недоліки аморфних ФЕМ:

Основним і дуже вагомим недоліком даного типу фотоелементів на даний момент є його достатньо малий ККД. Також, за рахунок того, що для таких панелей може використовуватися гнучка основа їх область застосування є дуже великою.

Способи застосування аморфних ФЕМ:

- В одязі.
- Для будинку та побутових потреб.
- В умовах похмурої погоди та також підвищених температур.
- Коли необхідно вбудувати сонячні панелі в будівлю.

1.4 Інноваційні рішення в розвитку сонячної енергетики

Сонячні модулі з подвійним склом з'явилися відносно нещодавно – 1-2 роки тому, але були значно дорожчі за звичайні фотоелектричні модулі. В 2017 році їх виробництво стало масовим, що в результаті призвело до значного зниження їх вартості.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Такі фотоелектричні модулі можуть бути як монокристалічними, так і полікристалічними. Вони можуть випускатися як без алюмінієвої рами, так і з нею також. На рисунку 1.3 наглядно зображено фотоелектричний модуль з подвійним склом.

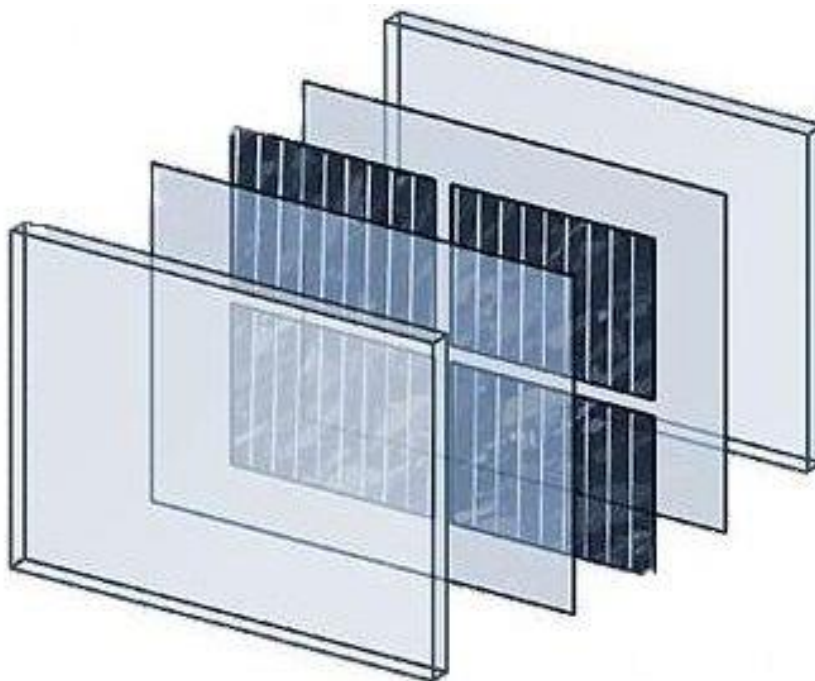


Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд фотоелектричного модуля з подвійним склом

Основні переваги фотоелектричних модулів з подвійним склом:

1. Великий термін використання. Зниження потужності в середньому 0,5% за рік, а для порівняння у стандартних панелях зниження потужності за рік 0,7%.

Також, є велика перевага в тому, що скло з внутрішньої сторони, яке захищає від потрапляння вологи всередину панелі і дозволяє уникнути з'явленню корозії на контактах, не старіє в процесі експлуатації. Таким чином, панелі будуть справно працювати більше 25 років без значного погіршення якості. В той час, як захисна плівка з задньої сторони стандартних фотоелектричних модулів з часом «старіє», в результаті чого з'являються мікротріщини і вона починає пропускати

вологу. Потрапляючи всередину панелі, вона призводить до контактної сітки на сонячному елементі і корозії контактів, що з'єднують сонячні елементи в фотоелектричному модулі, що в результаті призводить до виходу сонячного елемента з ладу.

2. Прозоре скло, яке розташовується на задній стороні панелі, менше нагрівається за рахунок своєї прозорості, що приводить до більшої продуктивності в реальних умовах експлуатації. Ці фактори сприяють більш швидкій окупності даного типу фотоелектричних модулів.
3. Захищені від механічних пошкоджень під час транспортування, за рахунок двох скляних захисних шарів.
4. Краще працюють в суворих умовах зовнішнього середовища, в порівняння зі стандартними фотоелектричними модулями.

Сонячні модулі з подвійним склом мають більш високу довговічність при експлуатації в несприятливих умовах:

- Екстремально низька або висока температура.
- Висока вологість з сольовою суспензією (прибережні райони).
- Високе ультра-фіолетове випромінювання (високогірні райони).
- Абразивна дія піщаних частинок (степ, пустеля).

Перераховані чинники можуть значно погіршити реальний термін служби сонячних модулів з захисною плівкою, але практично не впливають на термін служби модулів з подвійним склом.

5. Часткова прозорість. Такі фотоелектричні модулі можна використовувати як прозорі дахи для автостоянок, альтанок, часткового скління теплиць та інше.
6. Безрамкові модулі легше очищувати від снігу, так як сніг не затримується нижньою рамою. Також їх легше мити, у рамних модулів зазвичай при митті бруд накопичується в нижній частині рами.
7. Легше встановлювати, так як можна використовувати стандартні зажими для тонкоплівкових модулів.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліком поки що є тільки вага сонячних модулів з подвійним склом. Але в більшості випадків це не являється принциповою перешкодою для їх використання.

Безрамкові модулі – це не тільки генеруючі сонячні панелі, а основа для світлопрозорих конструкцій, які можуть використовувати в якості дизайнерського рішення.

Безрамкові сонячні модулі – це фактично метод, що використовується в архітектурному дизайні скло «триплекс», тільки з доданим функціоналом в якості сонячної генерації [5].

Світлопрозорі сонячні батареї також можна використовувати:

1. В комерційних і громадських об'єктах:
 - Дахи торгових павільйонів бо ринків.
 - Зупинки громадського транспорту.
 - Скління навчальних закладів, спортзалів.
2. В приватних домогосподарствах:
 - Зимові сади, навіси літніх терас, веранди.
 - Стоянка для автомобіля.

1.5 Основні типи систем кріплення фотоелектричних модулів

Баластні системи кріплення

Баластні системи кріплення фотоелектричних модулів, слугують в якості підтримуючої конструкції модулів, які розміщуються на дахах промислових, комерційних та приватних будівель. Дані системи дозволяють встановлювати сонячні станції на плоских дахах баластно та компенсувати кут покрівлі коли це необхідно.

Баластна система є доступною, простою в установці і не пошкоджує гідроізоляційне покриття, чим саме і запобігає протіканню чи псуванню покрівлі з часом експлуатації [6].

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дахові баластні системи виготовляють в декількох варіантах:

- Система з анодованого алюмінію

Основні перевага алюмінієвої системи – це легкість каркасу та можливість повторного використання для наступної сонячної станції. На рисунку 1.4 зображено систему кріплення з анодованим покриттям.



Рисунок 1.4 – Система кріплення з анодованим покриттям

- Сталева система з оцинкованого профілю

Основною відмінністю даної баластної системи є сталевий оцинкований профіль, що дозволяє зробити дану систему більш дешевою та альтернативною, саме цю систему можемо побачити на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Вигляд сталевої системи з оцинкованим профілем

- Двонаправлена баластна система кріплення

На відміну від звичайної баластної, ця система кріплення має двонаправлене розташування сонячних панелей на фотоелектричній станції,

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на схід та захід, що дозволяє їй мати високі показники ефективності на протязі дня.

Унікальну структуру двонаправленої баластної системи можна побачити на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Двонаправлена баластна система кріплення

Основні переваги баластних систем:

1. Не потребує кріплення до даху.
2. Зберігає цілісність покрівлі, не пошкоджує поверхню та завдяки своїм конструктивним особливостям дозволяє рівномірно розподілити навантаження на покрівлю та уникнути її пошкодження.
3. Мають підвищену стійкість до атмосферних впливів.
4. Мають високу стабільність і невелику вагу.
5. Легка в установці.

Універсальна система кріплення сонячних панелей на похилій площині

Дана система монтажу – це ідеальне рішення для розміщення фотоелектричних панелей на похилому даху. Вона використовується не тільки для фіксації модулів на даху, а й для розмітки і монтажу цілого геліополя, що заповнює інверторний стрінг.

При проектуванні геліополя за допомогою універсального кріплення, необхідно розкласти всі фотоелектричні модулі, що входять в стрінг на ряди, які можна буде розмістити на даху з урахуванням його розміру і перешкод (димоходи, мансардні вікна та ін.). Ряди можуть мати від 1 до 15 фотоелектричних панелей.

Універсальні системи також мають різні варіанти кріплень для різних типів покрівель, зокрема: для бітумної поверхні; для металочерепиці та шиферу; для керамочерепиці. На рисунку 1.7 представлений принцип кріплення універсальної системи.



Рисунок 1.7 – Принцип кріплення універсальної системи

Переваги універсальних систем:

1. Існує можливість кріплення для всіх типів похилих покрівель.
2. Виготовлені з надійних матеріалів (алюміній та нержавіюча сталь).
3. Прості в експлуатації, мають тривалий термін використання.

4. Мають підвищену стійкість до негативного впливу навколишнього середовища завдяки анодованому покриттю.

Наземні системи кріплення сонячних панелей

Системи кріплення даного типу виготовлені зі сталевого оцинкованого перфорованого профілю, який має високу міцність, малу вагу та клас антикорозійного захисту, який забезпечує тривалий строк експлуатації конструкції.

Дана система підходить для установки на ділянках практично з будь-яким рельєфом і ґрунтами, а також сумісна з різними типами фундаментних опор (геошурупи, стовпчасті та плитні бетонні) і зображена на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – Наземна система кріплення

Установка фотоелектричних модулів можлива тільки в «книжковій» орієнтації.

Переваги наземних систем:

1. Можливість встановлення на будь-яку горизонтальну поверхню.
2. Може об'єднуватись та біти доповненою окремими або суміжними модулями.
3. Виготовлені з надійних матеріалів (алюміній та нержавіюча сталь).
4. Надійні та легкі в експлуатації.

5. Наземні системи – це ефективне рішення, коли не вистачає місця на покрівлі, або орієнтація даху по відношенню до сонця чи форма покрівлі не придатні для встановлення панелей.

Непротікаючі навіси для автомобілів

Непротікаючий навіс зроблений таким чином, що можна розкласти сонячні фотомодулі, прямо на сталевий каркас, який можна легко встановити на вільну ділянку. Завдяки спеціальному каркасу, проміжки між фотоелектричними модулями закриваються, а фотоелектричні модулі являють собою герметичну поверхню, під якою може розташовуватися автомобіль, склад та ін.

Цю систему можна встановити окремо від будівлі, а також поєднувати з існуючою спорудою.

Способи встановлення непротікаючих навісів:

1. Баластне кріплення.

В даному варіанті виконання на землю встановлюється баласт і до нього монтується каркас. В даному способі не потрібно робити отвори в землі, так як все монтується зовні, приклад наведено на рисунку 1.9.

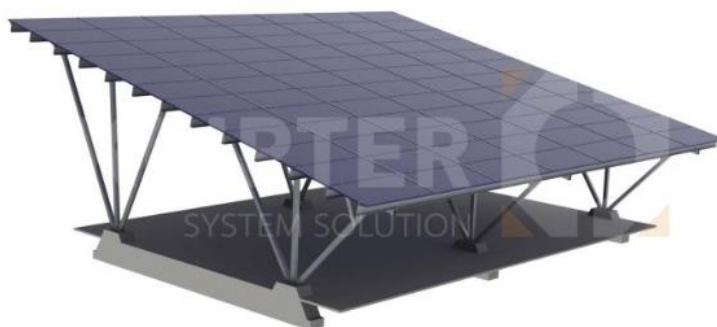


Рисунок 1.9 – Баластне кріплення непротікаючих навісів

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Гвинтові палі.

В даному варіанті кріплення в землю вкручуються гвинтові палі, які надійно будуть тримати каркас протягом тривалого час. Зовнішній вигляд даного типу навісів можна побачити на рисунку 1.10.



Рисунок 1.10 – Зовнішній вигляд навісу з гвинтовими палями

Фасадні системи кріплення

Типи використання фасадних кріплень:

Кріплення сонячних панелей на стіни будинку наглядно зображено на рисунку 1.1.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.11 – Зображення настінних кріплень сонячних фотоелектричних модулів

Кріплення сонячних фотоелектричних модулів на паркани наглядно показано на рисунку 1.12.



Рисунок 1.12 – Зображення системи кріплення фотоелектричних модулів на парканах

Переваги фасадних сонячних станцій:

1. Можливість кріплення на будь-які типи фасадів.
2. Виготовлені з надійних матеріалів (алюміній та нержавіюча сталь).

3. Надійні та легкі в експлуатації.
4. Економія місця розташування.
5. Довговічність.

Динамічні системи кріплення фотоелектричних модулів

Ефективність роботи сонячних панелей напряму залежить від кількості отриманої сонячної енергії. Максимального значення генерація електроенергії досягає в момент, коли робоча поверхня сонячних модулів розташовується перпендикулярно потоку сонячного випромінювання.

Якщо враховувати особливості щоденної траєкторії руху сонця, то оптимальним розташуванням стійкої системи сонячних модулів по азимуту є кут порядку 150 °. Практичний досвід показує, що зафіксований в такому положенні (по напрямку, що проходить по середині між точками сходу та заходу) сонячний модуль в вечірній та ранковий час втрачає близько 75 % генерації від максимально можливого об'єму. Але окрім денного переміщення по напрямку з заходу на схід, Сонце додатково здійснює сезонні переміщення між північчю та півднем – за рік воно складає близько 46 °. При орієнтуванні панелі в середню точку середньорічної траєкторії руху Сонця по напрямку північ – південь, втрати генерації від максимально можливої кількості становлять близько 8,3 – 9 %. Саме через це почали використовувати динамічні системи.

Динамічні системи кріплення фотоелектричних модулів дозволяють максимально ефективно, в порівнянні зі статичними, використовувати енергію сонця для отримання електроенергії. Вони слугують для автоматичного слідкування за положенням Сонця на протязі всього світового дня, а також забезпечують корекцію кута нахилу панелі в залежності від пори року. Встановлення динамічної системи дозволяє досягти збільшення виробітки електроенергії на 40 – 50% в порівнянні з сонячними електростанціями, що використовують нерухомо закріпленні сонячні панелі.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На даний момент існують одновісні та двовісні динамічні системи.

Одновісна динамічна система.

Одновісна система сонячних панелей рухається тільки по одній осі – вертикальній. Саме вона підлаштовує під положення Сонця, и контролює його рух. Одновісна динамічна система сонячної електричної станції рухається по вертикалі і за рахунок трекера отримує приблизно на 15 – 20% більше електроенергії ніж статична система. На рисунку 1.13 можемо побачити одновісну динамічну систему.

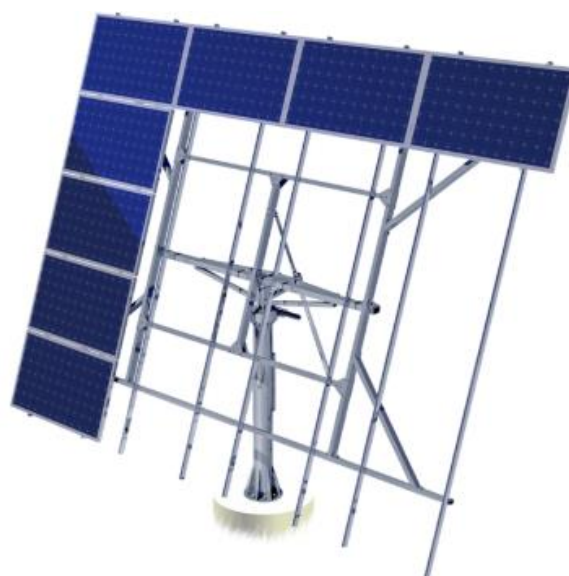


Рисунок 1.13 – Зовнішній вигляд одновісної динамічної системи кріплення

Двовісна динамічна система.

Двовісна динамічна система сонячної електричної станції рухається по розташуванню Сонця за двома напрямками – горизонтальним та вертикальним. Таку систему можна вважати досить ефективною, так як отримання електроенергії відбувається максимально довгий час незалежно від місця розташування. На рисунку 1.14 можемо спостерігати за зовнішнім виглядом двовісної динамічної системи кріплення.

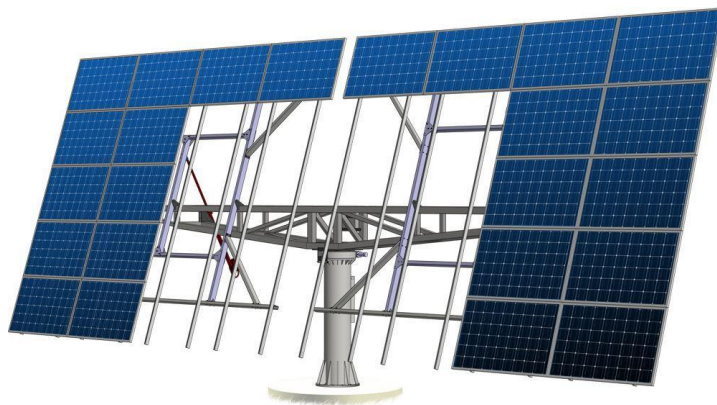


Рисунок 1.14 – Зовнішнє зображення двовісної динамічної системи кріплення

В динамічних системах також використовується системи управління, задля регулювання орієнтації фотоелектричних модулів. Дані системи зазвичай складаються з блока управління, програмного забезпечення та електромеханічних приводів.

Системи управління можна поділити за функціональним призначенням на:

- Активні.
- Пасивні.
- Комбіновані.

Пасивні системи управління встановлюють фотоелектричний модуль в положення, яке задається програмою для певного часу. При цьому не відбувається аналіз освітленості та розташування Сонця.

Активні системи управління проводять аналіз освітленості та положення Сонця за допомогою датчиків іррадіації, завдяки чому іде процес встановлення фотоелектричних модулів по напрямку до найяскравішої області на небосхилі.

Комбіновані системи управління зазвичай застосовуються для підвищення надійності двовісних трекерів. В звичайному режимі система буде працювати по алгоритму активної системи, але в разі виходу з ладу датчиків іррадіації, система має перейти в режим пасивної системи.

Також великим плюсом даної системи є те, що під час збільшення сили вітру до значень, які більші за встановлені значення системи, вона розташовує фотоелектричні модулі в положення флюгування (положення за якого відбувається найменший опір потоку вітру).

Основні переваги динамічних систем:

- Найбільшою перевагою динамічних систем є її ефективність. Так як в порівнянні зі статичними сонячними електричними станціями, динамічні отримують на 40 – 50% більше електроенергії.
- Також до основних плюсів можна віднести високу технологічність системи. Так як вони повністю адаптуються до місцевості де безпосередньо розташовані, це дає великі перспективи, тому що будуть враховані всі фактори та особливості географічних та кліматичних умов. А використання нових технологій призводить до повної автономії системи і не потребує втручання людського фактору в роботу системи.
- Довговічність. Дана система має дуже високий термін служби. Так як, по-перше, система автоматизована і тому це унеможливорює неправильне та небезпечне положення динамічної системи. По-друге, система кріплення виготовляється тільки зі сталевих та алюмінієвих елементів з антикорозійним покриттям.
- Надійність та стабільність роботи системи полягає в тому, що вона навіть при поганих погодних умовах, пристосовується з найменшими

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

втратами ефективності, при цьому максимально зменшить ризик виходу з ладу.

- Повна автономність. Це одна з головних переваг динамічних системи, так як в роботі не потрібні затрати людської сили і взагалі втручання без необхідності може принести лише втрати. Автономність рухомої системи сонячної електричної станції – це позитивна та ефективна перевага в порівнянні зі статичною системою сонячної електростанції.

1.6 Основні фактори, які впливають на виробіток фотоелектричних панелей

Можна виділити декілька основних факторів, які впливають на виробіток фотоелектричних модулів:

1. Затінення

Під час проведення монтажу сонячної електричної станції, практично неможливо уникнути затінення, а особливо у вечірній та ранковий період.

Так як довго- або короткотривале затінення комірок знижує кількість сонячної радіації, яка має надходити, в результаті чого знижується не тільки потужність фотоелектричного модуля, а й ускладнюється передача енергії по всьому ланцюгу сонячної електростанції, даний фактор потребує максимального усунення [7].

2. Шунтуючі діоди.

Шунтуючі діоди, які також називають байпасними діодами, використовують для того, аби запобігти падінню ефективності сонячної батареї. Їх задача полягає у тому, щоб вивести з роботи модуль з низькими показниками, для запобігання сильного падіння потужності в стрінгу .

В сучасних сонячних батареях такі діоди вмонтовані вже на виробництві. Також, для того щоб зробити систему ще ефективнішою в панель вмонтовують одразу декілька діодів, тоді можливо відкинути тільки деякі

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

затіненні ділянки одного модуля. На рисунку 1.15 вказаний відсоток падіння напруги в залежності від затінення і кількості під'єднаних шунтуючих діодів.

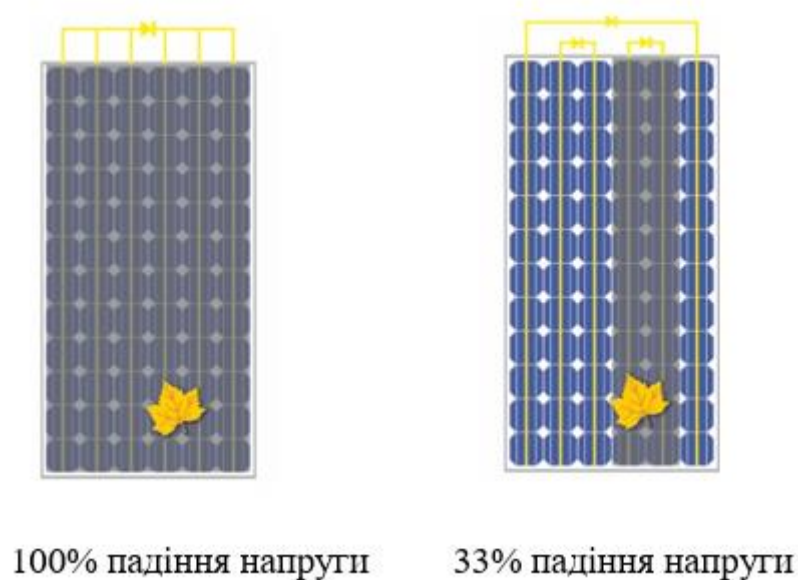


Рисунок 1.15 – Залежність падіння напруги від кількості під'єднаних шунтуючих діодів

Також існує таке поняття як «слабка» тінь, яка утворюється від інших будівель і дерев, які знаходяться на деякій відстані від наших сонячних батарей.

Основною різницею між сильною та слабкою тінню є те, що під впливом сильної тіні відбувається зниження напруги на панелі яка була затінена, а при слабкому затіненні знижується сила струму, як і при похмурій погоді.

3. Температурні коефіцієнти

У зв'язку зі зміною температури зовнішнього середовища, температура комірок фотоелектричних модулів також буде змінюватись, що буде призводити до зміни електричних параметрів фотоелектричних модулів.

З ростом температури починає зростати і потік електронів, що викликає збільшення сили струму і падіння напруги. Падіння напруги при цьому більше, ніж збільшення сили струму. Отже, загальна потужність зменшується, що призводить до зменшення ефективності роботи всього модуля.

Оптимальна робоча температура для фотоелектричних модулів 25°C.

В залежності від місця знаходження, підвищена температура може знизити ефективність на 10-15 %.

Для того щоб зменшити вплив підвищеної температури, потрібно встановити фотоелектричні модулі так, щоб між дахом та модулем залишався вільний простір в декілька сантиметрів, щоб повітря мало змогу вільно циркулювати та охолоджувати панелі.

4. Температурна залежність потужності від температури зовнішнього середовища

При перенагріванні інвертор буде зменшувати свою вихідну потужність для того, щоб не перегрітися і не вийти з ладу за рахунок поломки. Виробники наводять залежності потужності інвертора від температури зовнішнього середовища в інструкціях до свого обладнання. Отже, при збільшенні температури від максимально допустимої, потужність інвертора починає різко знижуватися. Також інвертору необхідна нормальна вентиляція для гарного охолодження.

5. Орієнтація фотоелектричних модулів.

Так як ідеальним варіантом орієнтації фотоелектричних модулів відносно сонця є орієнтація в сторону екватора (Схід) і кут встановлення

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фотоелектричного модуля перпендикулярно сонячному випромінюванню, виходячи з цього будь-яке відхилення від цього напрямку буде позначатися на виробітку фотоелектричних модулів. Але це не означає те, що будь-яке направлення, окрім ідеального, це неправильно.

В більшості випадків на об'єкті складні покрівлі, які у більшості своїх випадків не орієнтовані на схід. Тому потрібно розуміти як це буде впливати на генерацію фотоелектричних модулів за рік. На рисунку 1.16 показані типи орієнтацій фотоелектричних модулів та відсоток їх продуктивності.

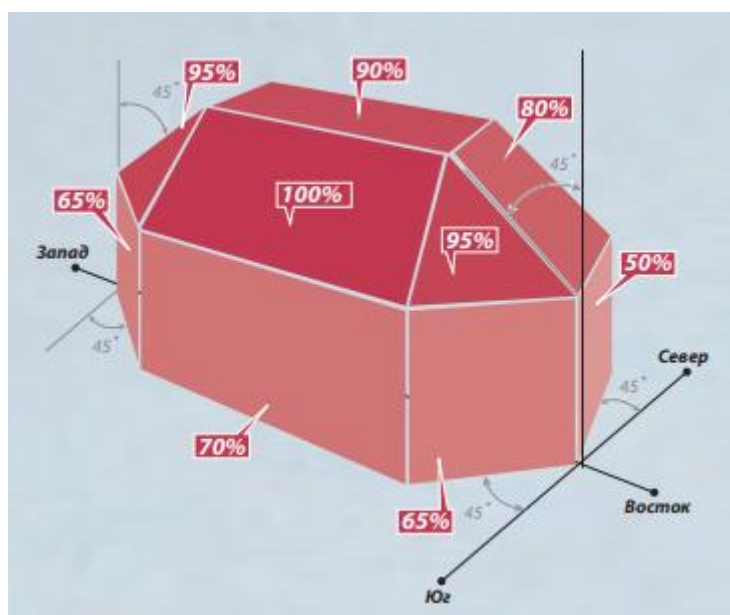


Рисунок 1.16 – Види орієнтацій фотоелектричних модулів

6. Кількість трекерів / контролерів заряду

Дуже часто на об'єктах потужність, яка необхідна, вдається отримати тільки якщо розташувати фотоелектричні модулі на різнонаправлених поверхнях, на яких, при з'єднанні між собою вони будуть працювати гірше ніж при роз'єднанні їх на різні геліо-поля (по одному геліо-полю на площину).

У випадку мережевих інверторів це означає, що під кожне геліо-поле має бути свій контролер заряду. Якщо з'єднати два різнонаправлених геліо-поля, то система буде працювати, але значно гірше. Отже, по можливості краще не з'єднувати між собою різні геліо-поля. У випадку одного геліо-поля

рекомендується використовувати один трекер [2]. На рисунку 1.17 показані можливі розміщення геліо-полів, які розглянуті попередньо.

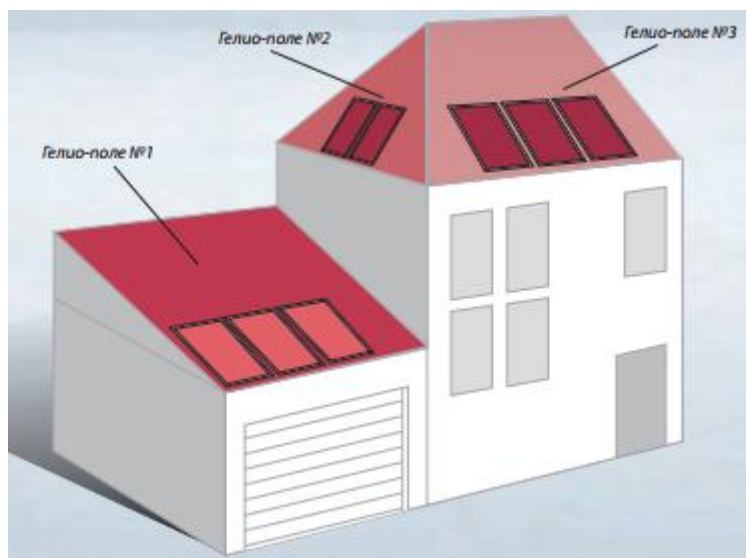


Рисунок 1.17 – Можливе розміщення різних геліо-полів на даху будинку

1.7 Мета роботи:

Метою мого бакалаврського проекту є розрахунок дахової мережевої сонячної електричної станції для гуртожитку № 19 студентського містечка НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського».

Для реалізації даного проекту необхідно:

- здійснити вибір основного обладнання станції;
- представити схему розміщення фотоелектричних модулів на даху гуртожитка, схему під'єднання фотоелектричних модулів до інвертора та схему під'єднання до зовнішньої електричної мережі;
- провести наступні розрахунки: загальної вартості сонячної станції із врахуванням планових та капітальних ремонтів, генерації станції та загального виробітку енергії, а також терміну окупності станції;
- висновок щодо впливу фотоелектричної станції на навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 2
РОЗРАХУНОК МЕРЕЖЕВОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ
ДЛЯ ГУРТОЖИТКУ №19 СТУДЕНТСЬКОГО МІСТЕЧКА КПІ ІМ.
ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО
ТА ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА МЕХАНІЧНОГО
ОБЛАДНАННЯ

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розділ 2</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Воловик В.М.</i>						
<i>Керівник</i>		<i>Кириленко В.М.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Головка В.М.</i>						
<i>Затвердив</i>		<i>Кудря С.О.</i>				<i>ФЕА, ЕД-51</i>		

2.1 Схема даху гуртожитку номер 19. Розміщення фотоелектричних модулів

В даному бакалаврському проекті був проведений розрахунок дахової мережевої сонячної електростанції для 19 гуртожитку, студмістечка Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Повна площа даху гуртожитку 1257,96 м². Креслення даху гуртожитку можна побачити на рисунку 2.1.

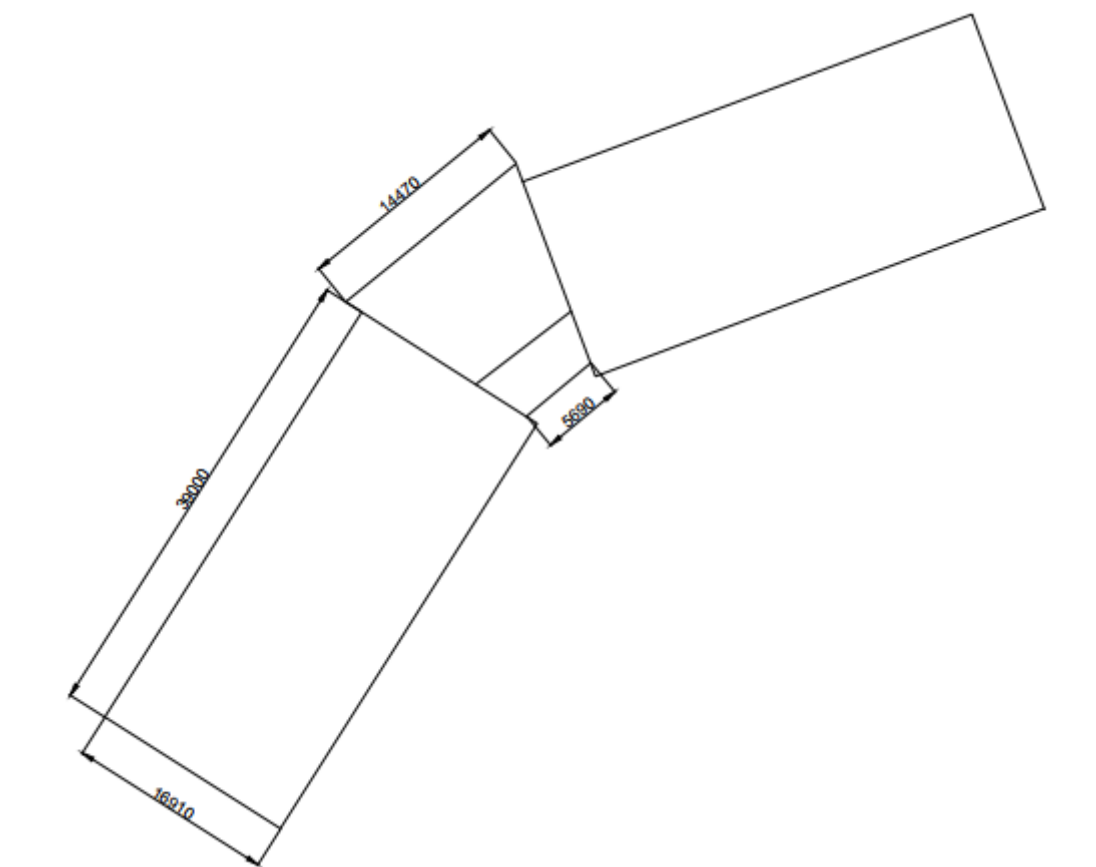


Рисунок 2.1 – Креслення даху 19 гуртожитку

На рисунку 2.2 показано можливе розміщення фотоелектричних модулів на даху гуртожитку.

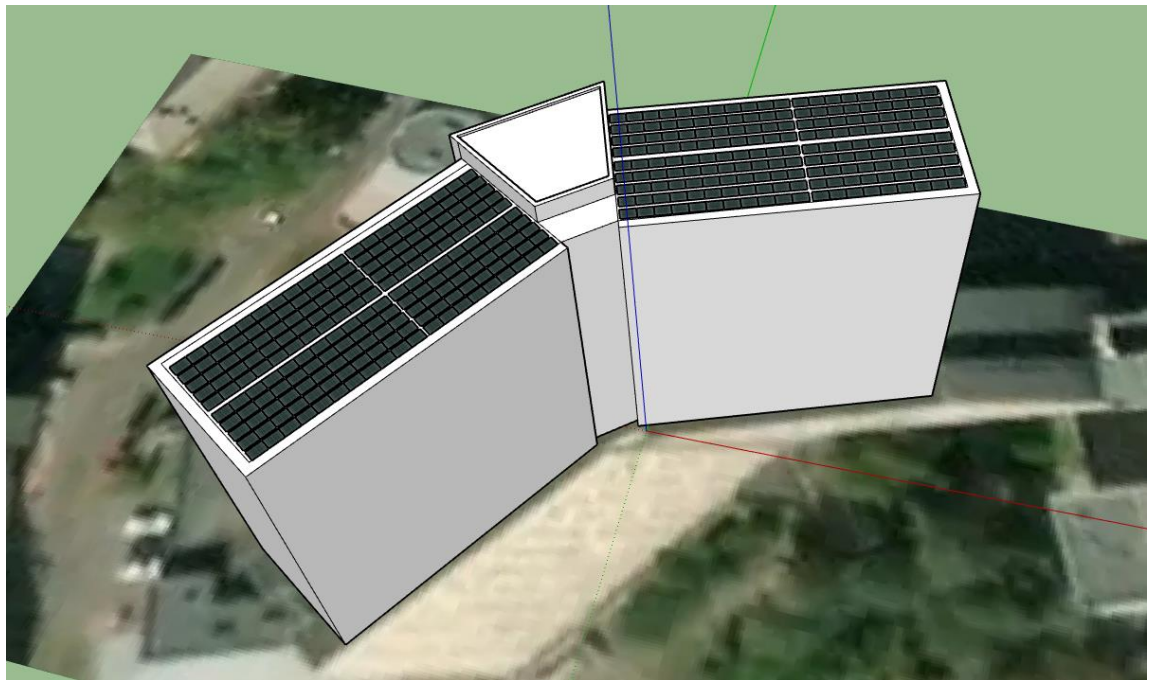


Рисунок 2.2 – Розміщення фотоелектричних модулів на даху 19 гуртожитка

Під час розробки креслень був зроблений висновок, що розташування сонячних елементів на виступу від ліфтовою шахти буде не доцільним через сильне затінення від огорожі.

2.2 Вибір типу фотоелектричних панелей

Для розробки проекту були обрані монокристалічні фотоелектричні модулі виробник яких компанія Jinko Solar марки JMK320M – 60 з номінальною потужністю 320 Вт. Основні паспортні дані даного типу фотоелектричних модулів зазначено в таблиці 2.1. А зовнішній вигляд зображений на рисунку 2.3.

Для визначення напруги всієї панелі необхідно визначити напругу кожного з елементів, що з'єднанні паралельно, а для того щоб визначити струму всієї панелі необхідно визначити струм всіх елементів, що з'єднанні послідовно.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Основні технічні параметри монокристалічних фотоелектричних модулів типу JMK320M – 60

Характеристика	Позначення	Величина
Електротехнічні характеристики		
Максимальна потужність	$P_{\max}$	320 Вт
Максимальна напруга	$V_{\max}$	33,4 В
Максимальний струм	$I_{\max}$	9,59 А
Напруга неробочого ходу	V_{oc}	40,9 В
Струм короткого замкнення	I_{sc}	10,15 А
ККД фотоелектричного	η	19,55%
Механічні характеристики		
Маса	M	19 кг
Довжина	L	1650 мм
Ширина	B	992 мм
Товщина	H	35 мм

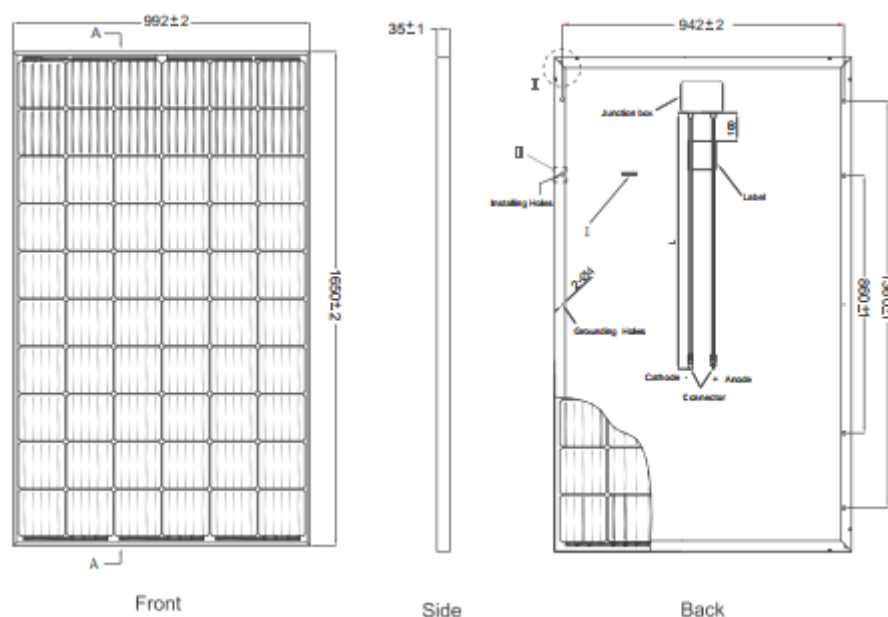


Рисунок 2.3 – Зображення зовнішнього вигляду монокристалічного сонячного модуля Jinko Solar марки JMK320M – 60

2.3 Вибір кута нахилу фотоелектричних панелей

Для місцевості в якій буде встановлена фотоелектрична станція необхідно визначити прихід радіації, яка буде зазначена в таблиці 2.3, а на рисунку 2.4 буде вказана діаграма приходу сонячної радіації на кожний місяць.

Для вибору оптимального кута нахилу були обрані два кута 10° та 40°. Під час розрахунку в програмі PVsyst, дивлячись на таблицю 2.2 порівняння даних, які показують виробіток енергії за кожен місяці і сумарно за рік був зроблений висновок, що кут нахилу 10° є більш оптимальним. Так як в результаті розрахунку загальна потужність станції і виробіток енергії в мережу для 10° та 40° відповідно дорівнювали 98,5 кВт і 132,2 МВт·год/рік та 64 кВт і 85,42 МВт·год/рік.

Таблиця 2.2 – Порівняння місячного та річного виробітку енергії для кутів 10° та 40°

Місяць	Виробіток енергії при 10°, кВт·год	Виробіток енергії при 40°, кВт·год
Січень	3040	2390
Лютий	5180	3890
Березень	10570	7410
Квітень	14330	9130
Травень	19390	11920
Червень	19190	11260
Липень	19350	11710
Серпень	16990	10680
Вересень	11500	7540
Жовтень	7420	5350
Листопад	3220	2540
Грудень	1980	1580
Річний виробіток	132160	85420

Таблиця 2.3 – Прихід сонячної радіації

Місяць	Пряма СР, $\frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^2}$	Розсіяна СР, $\frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^2}$	Сумарна СР, $\frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^2}$	Альбедо, %
Січень	24,5	17,73	42,23	65
Лютий	41	24,08	65,08	64
Березень	85	38,3	123,3	34
Квітень	124,5	65,29	189,79	18
Травень	175,4	75,42	250,82	19
Червень	180,4	70,74	251,14	20
Липень	179,7	74,93	254,63	22
Серпень	153,9	72,41	226,31	22
Вересень	100,7	46,12	146,82	20
Жовтень	61,8	34,29	96,09	18
Листопад	25,9	17,12	43,02	17
Грудень	16,3	11,83	28,13	63

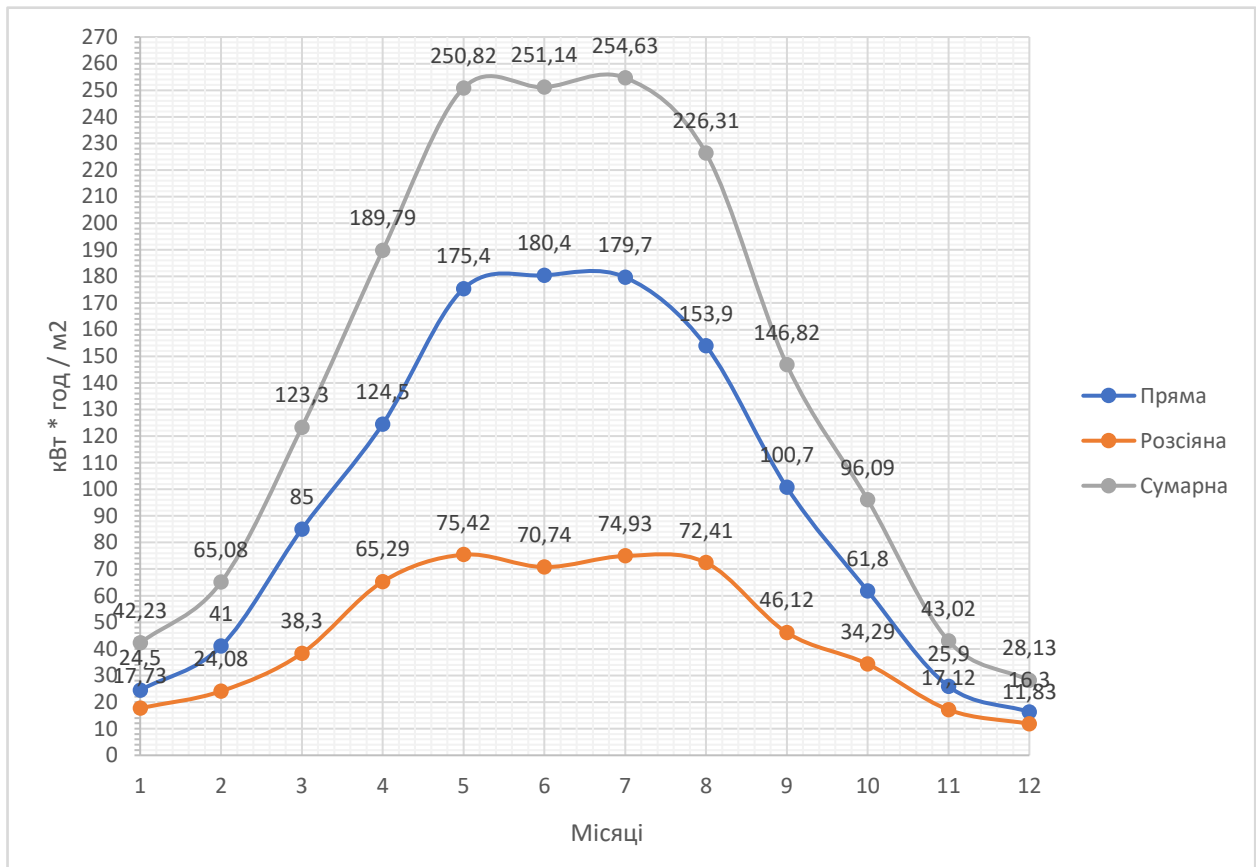


Рисунок 2.4 - Прихід сонячної радіації

Розміщення сонячних електричних станцій на плоских кришах – варіант, який найчастіше використовується на великих промислових домогосподарств, які хочуть використовувати даховий простір, який має велику площу. Для покращення характеристик міцності конструкції, а також підвищенню опору погодним умовам, кут нахилу обирають $10^{\circ} - 15^{\circ}$. Такий кут обирається через декілька факторів:

1. Малий кут нахилу зменшує парусність (навантаження, яка виникає за рахунок потоку повітря на конструкцію) сонячної станції – це дозволяє зменшити вагу конструкції, в яку встановлюються сонячні модулі (в результаті чого знижується навантаження на несучі конструкції будівлі), а також це можливість обрати більш простіші та дешевші кріплення.
2. Невелике значення кута нахилу допомагає уникнути взаємного затінення сонячних модулів – це дає можливість розташувати ряди

модулів як умога ближче один до одного, тим самим – зменшити площу що затінює станція, що є дуже важливим, при врахуванні обмеженості дахового простору.

При розрахунку кута в алгоритмі програми PVsyst були використані наступні формули:

За формулою 2.1 було розраховано кут схилення Сонця відносно площини екватора, він був показаний для кожного місяця окремо:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(\frac{360 \cdot (284 + n)}{365}\right) \quad (2.1)$$

В даній формулі значення n показує номер доби року, відповідно для кожного місяця обиралось усереднене значення.

Далі, за формулою 2.2 був проведений розрахунок для коефіцієнту, який визначає прихід сонячної радіації для похилої поверхні:

$$R_{\text{сон.рад}} = \frac{\cos \theta_{\text{похил}}}{\cos \theta_{\text{гор}}} \quad (2.2)$$

В даній $\theta_{\text{похил}}$, $\theta_{\text{гор}}$ – це значення кутів похилої та горизонтальної поверхонь, що визначаються за напрямком дії вивітрювання та нормаллю до поверхні, яка поглинає це випромінювання.

За формулою 2.3 було здійснено перерахунок приходу розсіяного випромінювання на похилу поверхню з горизонтальної, а за формулою 2.4 був здійснений перерахунок приходу відбитого сонячного випромінювання на похилу поверхню :

$$R_{\text{розс.г.}} = \frac{1 + \cos S}{2} \quad (2.3)$$

$$R_{\text{відб}} = \frac{1 - \cos S}{2} \quad (2.4)$$

Кути, які використовувалися для розрахунку попередньо були розраховані за формулою 2.5:

$$\cos \theta = \sin \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos S - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \sin S \cdot \cos \gamma + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos S \times \times \cos \omega + \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \sin S \cdot \cos \gamma \cdot \cos \omega + \cos \delta \cdot \sin S \cdot \sin \gamma \times \times \sin \omega \quad (2.5)$$

В даній формулі зазначені наступні кути: γ – це кут, який показує знячення відхелення нормалі до площини від значення місцевого мередіану; S – це значення кута під яким встановлюється фотоелектричний модуль; ω – це значення часового кута; φ – це значення широти місцевості, в нашому випадку, яка дорівнює 50,45; δ – це значення кута схилення Сонця, по відношенню до площини екватора опівдні.

Для перерахунку значення сумарної сонячної радіації, яка має надходити до похилої поверхні було використано формулу 2.6.

$$I_{\text{сум.похил}} = I_{\text{сон.рад}} \cdot R_{\text{сон.рад}} + I_{\text{розс.г.}} \cdot R_{\text{розс.г.}} + I \cdot R_{\text{відб}} \cdot \rho \quad (2.6)$$

В дану формулу були підставленні значення попередньо розрахованих величин, а ρ – це значення альбедо поверхні, яке наведено в таблиці 2.3.

Подальший розрахунок проведений для кута нахилу фотоелектричних модулів, який становий 10° . На рисунку 2.5 вказана схема розміщення рядів фотоелектричних модулів по відношенню один до одного.

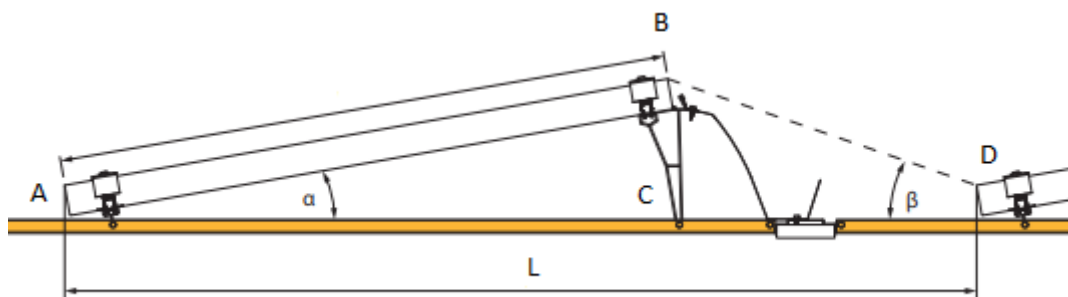


Рисунок 2.5 – Схема розміщення ряді сонячних панелей

Відомі величини: $\alpha = 10^\circ$ - кут під яким були встановлені фотоелектричні модулі; $\beta = 17,5^\circ$ - кут, який показує середнє значення висоти Сонця над горизонтом для грудня. $AB = 0,992$ м – задані розміти фотоелектричного модуля з таблиці 2.1.

Отже, знайдемо сторони AC та CB з $\triangle ABC (\angle C = 90^\circ)$:

$$\frac{BC}{AB} = \sin 10^\circ \rightarrow BC = AB \cdot \sin 10^\circ = 0,17 \text{ (м)}$$

$$\frac{AC}{AB} = \cos 10^\circ \rightarrow AC = AB \cdot \cos 10^\circ = 0,97 \text{ (м)}$$

Далі знаходимо сторону CD з $\triangle BCD (\angle C = 90^\circ)$:

$$\frac{BC}{CD} = \tan 17,1^\circ \rightarrow CD = \frac{BC}{\tan 17,5^\circ} = 0,54 \text{ (м)}$$

$$L1 = CD + AC = 0,54 + 0,97 = 1,5 \text{ (м)}$$

$$L2 = L1 \cdot \cos 20^\circ = 1,3 \text{ (м)}$$

2.4 Вибір механічного кріплення фотоелектричних панелей

Були обрані системи кріплення для сонячних фотоелементів компанії виробника Renusol марки FS10 – S, альбомної орієнтації, які зображені на рисунку 2.6.

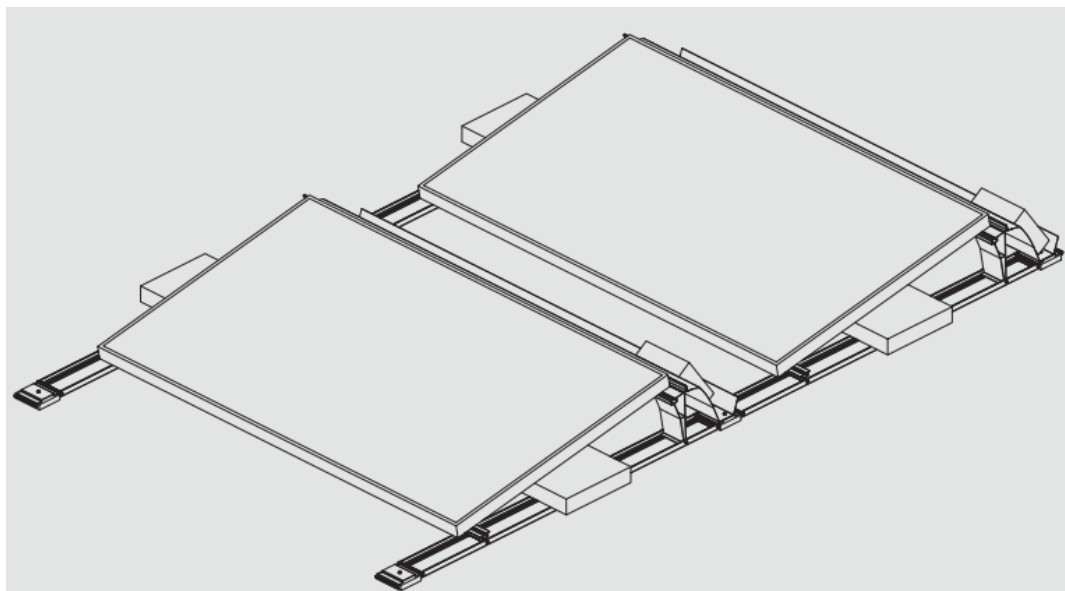


Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд системи кріплення виробника Renusol

На рисунку 2.7 зазначені основні розміри та параметри системи кріплення Renusol FS10 – S.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

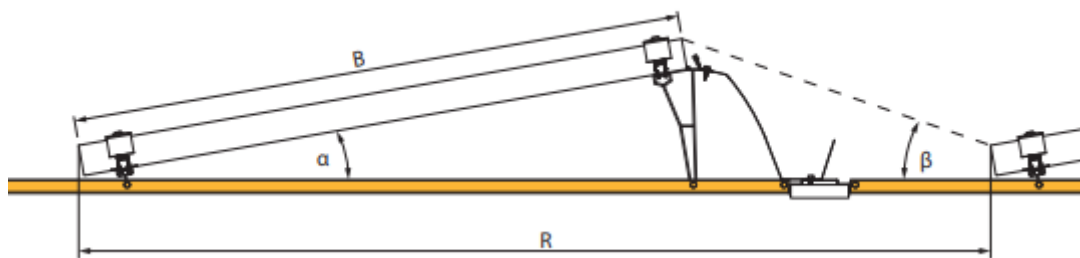


Рисунок 2.7 – Основні розміри системи кріплення (B – ширина 950 – 1050 мм; α – кут нахилу фотоелектричного модуля 10° ; β – $17,5^\circ$ – кут, який показує середнє значення висоти Сонця над горизонтом для грудня; R – відстань між фотоелектричними модулями 1490 мм)

Система кріплення Renusol марки FS10 – S – це відносно нова баластна система кріплень, яка використовується для плоских дахів та монтажу фотоелектричних модулів, які орієнтовані на південь. Данна система є економічно ефективною та швидкою в установці, за рахунок невеликої кількості компонентів що використовуються.

За рахунок того, що система має невелику поверхню, система більш стійка до великих поривів вітру.

Дану систему дуже зручно та швидко встановлювати на будівельному майданчику.

З новою системою кріплення можуть бути встановлені всі стандартні фотоелектричні модулі з рамкою. Фотоелектричні модулі з даною системою кріплення можна встановлювати на відстані до півметра від краю даху, що дозволяє встановити більше модулів на даху і забезпечити максимальний потенціал потужності [8].

2.5 Вибір інверторів

Для підключення фотоелектричної станції до мережі необхідний інвертор. Інвертор повинен мати здатність перетворення всієї потужності фотоелектричної станції. Згідно з характеристиками були обрані два інвертора австрійської компанії виробника Fronius марки Eco 27,0 – 3 – S та марки Symo

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17,5 – 3 – М . На рисунку 2.8 Можна побачити зовнішній вигляд даних інверторів.



Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд інверторів компаній Fronius

Трифазний Fronius марки Есо в категорії потужності 27 кВт ідеально відповідає вимогам великомасштабних установок. Завдяки невеликій вазі і системі кріплення SnapINverter, це обладнання дуже просте в установці і можна встановлювати як в приміщенні, так і на відкритому повітрі. В таблиці 2.4 зазначені технічні характеристики інвертора, який було розглянуто [9].

Таблиця 2.4 – Основні технічні характеристики інвертора Fronius марки Есо 27,0 – 3 – S

Назва характеристики	Значення
1	2
Кількість фаз, шт	3
ККД інвертора, %	98
Вхідні параметри	
Кількість MPP трекерів, шт	1
Максимальний вхідний струм, А	47,7

1	2
Максимальний струм короткого замкнення, А	71,6
Вхідна напруга, В	580-1000
Номинальна вхідна напруга, В	580
Напруга МРР трекера, В	580-850
Кількість під'єднань, шт	6
Максимальна потужність фотопанелей, кВт	37,8
Вихідні параметри	
Номинальна вихідна потужність, кВт	27
Максимальна вихідна потужність, кВА	27
Вихідний струм, А	40,9/39,1
Напруга мережі, В	380/220
Коливання напруги мережі, В	150-275
Частота, Гц	50/60
Коливання частоти, Гц	45-65
Коефіцієнт потужності	0-1 ind/cap
Основні параметри	
Висота, мм	725
Довжина, мм	510
Ширина, мм	225
Маса, кг	35,7
Рівень захисту	IP 66
Клас захисту від перенапруги (DC/AC)	2/3
Споживання у нічний час, Вт	Менше 1
Коливання робочих температур, °C	-25...+60

Трифазний Fronius марки Symo 17,5 – 3 – M, має категорію потужності від 3 до 20 кВт. Є змога підключення до систем будь-якого розміру. Завдяки SuperFlex Design є ідеальним рішенням для неправильної форми даху та різної його орієнтації. Має стандартне підключення до мережі Інтернет. Крім цього інтерфейс лічильника забезпечує динамічне управління подачею і чітку візуалізацію споживання. В таблиці 2.5 зазначені технічні характеристики інвертора, який було розглянуто [10].

Таблиця 2.5 – Основні технічні характеристики інвертора Fronius марки Symo 17,5 – 3 – M

Назва характеристики	Значення
1	2
Кількість фаз, шт	3
ККД інвертора, %	97,8
Вхідні параметри	
Кількість MPP трекерів, шт	2
Максимальний вхідний струм, А	33 / 27
Максимальний струм короткого замкнення, А	49,5 / 40,5
Вхідна напруга, В	200-1000
Номінальна вхідна напруга, В	600
Напруга MPP трекера, В	370-800
Кількість під'єднань, шт	3 + 3
Максимальна потужність фотопанелей, кВт	26,3
Вихідні параметри	
Номінальна вихідна потужність, кВт	17,5
Максимальна вихідна потужність, кВА	17,5
Вихідний струм, А	25,3
Напруга мережі, В	380/220
Коливання напруги мережі, В	150-280
Частота, Гц	50/60

1	2
Коливання частоти, Гц	45-65
Коефіцієнт потужності	0-1 ind/cap
Основні параметри	
Висота, мм	725
Довжина, мм	510
Ширина, мм	225
Маса, кг	43,4
Рівень захисту	IP 66
Клас захисту від перенапруги (DC/AC)	2/3
Споживання у нічний час, Вт	Менше 1
Коливання робочих температур, °C	-40...+60

2.6 Вибір кабелю

2.6.2 Вибір та розрахунок кабелю для змінного струму

Далі маємо обрати кабель для того, щоб передавати енергію вироблену електростанцією до зовнішньої електричної мережі. Для цього необхідно розрахувати струм, який буде проходити через кабель і обрати його площу перерізу. За формулою 2. розраховуємо струм, який буде проходити через кабель.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{98500}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 3} = 86,27 \text{ A} \quad (2.7)$$

Після розрахунку струму за таблицею 2.6 обираємо площу перерізу для трижильного кабелю.

Таблиця 2.6 – Таблиця відповідності струму, який протікає через мідний кабель до його площі перерізу

Переріз струмопрові дної жили, мм ²	Струм, А	Потужність, кВт	Переріз струмопровідн ої жили, мм ²	Струм, А	Потужність, кВт
1,5	16	10,5	25	90	59,4
2,5	25	16,5	35	115	75,9
4	30	19,8	50	145	95,7
6	40	26,4	70	180	118,8
10	50	33,0	95	220	145,2
16	75	49,5	120	260	171,6

Отже, виходячи з розрахунків струму, за таблицею 2.5 було обрано мідний кабель з площею перерізу 3х25 мм², марки ВВГ 3х25+1х16, зовнішній вигляд якого можна побачити на рисунку 2.9.

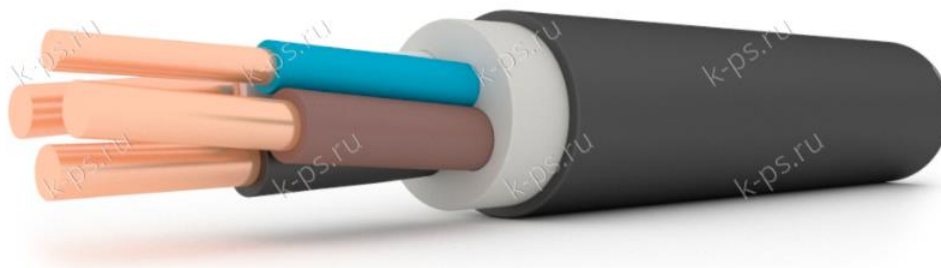


Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд кабелю марки ВВГ 3х25+1х16

Даний кабель має наступні виробничі характеристики:

- Кількість жил дорівнює 4 шт.
- Напруга при експлуатації має значення 1000В.
- Допустимий струм 1 секундного короткого замикання 2,78кА .
- Температура зовнішнього середовища при прокладанні кабелю від - 50°С до 50°С.
- Гранично допустима температура при к.з. - 160 °С.
- Довготривала температура не має перевищувати 70 °С.
- Номінальна товщина ізоляції з ПВХ дорівнює 1,2 мм.

2.6.2 Вибір та розрахунок кабелю для постійного струму

Кабель постійного струму необхідно використовувати при з'єднанні між собою сонячних панелей та інвертора. Для цього був обраний кабель типу PV-1 F-6, довжина якого з врахуванням похибки 20% на перегини приблизно становить 750 м, він в основному використовується саме для фотоелектричних установок. Має подвійну ізоляцію, яка захищає кабель від механічного навантаження та агресивного впливу навколишнього середовища, а також має захист від ультрафіолетового випромінювання.

Застосування даного кабелю можливе в приміщеннях з будь-яким типом вологості, під земельним поривом безпосередньо на вулиці.

В нашому випадку кабель буде знаходитися на відкритому повітрі.

2.7 Вибір запобіжників

В процесі експлуатації фотоелектричної електростанції можуть виникати поребої в зовнішній електричній мережі, потрапляння блискавки або коротке замикання. Тому потрібно використовувати запобіжники, та усунення даних неполадок та забезпечити для станції роботу без аварійних випадків. Необхідно обрати запобіжники як для інверторів, так і для фотоелектричних модулів.

2.7.1 Вибір запобіжників для сонячних модулів

Запобіжник для фотоелектричних модулів обирається за значенням максимального струму, який може проходити через панель. В нашому випадку бачимо з таблиці 2.1, де вказані характеристики модуля, що його струм короткого замикання 10,15 А. Отже, спираючись на цей параметр було обрано запобіжник компанії виробник ETI типу СН 5х20 з номінальним струмом 12 А. Запобіжник встановлюється для кожного ряду сонячних модулів.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7.2 Вибір запобіжників для інверторів

Виходячи з основних характеристик інверторів, які зазначені у таблиці 2.3 та таблиці 2.4, бачимо, що максимально допустимий струм, який проходить через інвертори для Fronius Eco 27,0 – 3 – S відповідає значенню 71,6 А, а для інвертора Fronius Symo 17,5 – 3 – М відповідає 49,5 А . Виходячи із даних значень обираємо запобіжники компанії ЕТІ типу СН 22х58 з параметром номінального струму, який дорівнює 80 А(для Fronius Eco 27,0 – 3 – S) та запобіжник компанії ЕТІ типу СН 14х51 з номінальним струмом 50А(для Fronius Symo 17,5 – 3 – М) . Запобіжники будуть встановленні на кожні фази, які будуть виходити від інвертора.

2.8 Вибір автоматичного вимикача

Було вибрано автоматичні вимикачі для інверторів Fronius Symo 17,5 – 3 – М та Fronius Eco 27,0 – 3 – S, вибрані вимикачі компанії АВВ типу Formul A A1A 125 TMF з номінальним струмом 30 А(у кількості 1 шт.) і Formul A A1B 125 TMF з номінальним струмом 50 А(у кількості 3 шт.) відповідно. Також був обраний вимикач компанії АВВ марки Formul A A2B 250 TMF, номінальний струм якого становить 150А(у кількості 1 шт.). І приклад подальшого розрахунку наведений саме для цього вимикача.

Розрахуємо струм к.з., під час якого вимикається вимикач за формулою 2.8:

$$I_{\text{від}} = I_{\text{доп.н.}} \cdot K \quad (2.8)$$

В даній формулі К – це значення коефіцієнта кратності; $I_{\text{доп.н.}}$ – це значення номінального допустимого струму вимикача.

$$I_{\text{вим}} = 150 \cdot 8 = 1200 \text{ А}$$

Було обрано фазний ВВГ 1х16 та захисний ВВГ 1х10 провідники.

За формулою 2.9 було розраховано струм короткого замикання:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\text{тр}}}{3} + R_{\phi} + R_{\text{нул}}} \quad (2.9)$$

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В даній формулі, U_{ϕ} – це фазна напруга; $z_{тр}=0,36$ Ом; R_{ϕ} – це значення активного опору фазного провідника; $R_{нул}$ – це значення активного опору нульового провідника.

За формулою 2.10 Було проведено розрахунок опору фазного у нульового провідника:

$$R = \rho_a \cdot \frac{L}{d} \quad (2.10)$$

В даній формулі, значення $\rho_a = 1,75 \cdot 10^{-3}$ Ом*мм/м і відповідає питомому опору жила для даних провідників; L – це значення довжини, яке дорівнює 20 м та 100 м нульового та фазного провідника відповідно; d – це значення перерізу провідника.

$$R_{\phi} = 1,75 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{100}{16} = 0,0109 \text{ Ом};$$

$$R_{нул} = 1,75 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{20}{10} = 0,0035 \text{ Ом};$$

Отже, можемо порахувати струм короткого замикання:

$$I_{кз} = \frac{220}{\frac{0,36}{3} + 0,0109 + 0,0035} = 1636 \text{ А}$$

Отже, вимикач було обрано правильно, так як величина струму під час якого відбувається відключення вимикача менша ніж значення струму короткого замикання.

2.9 Вибір системи моніторингу

Була обрана система моніторингу Fronius Datamanager. Дана система є центром зв'язку для перетворювачів Fronius і використовується кожного разу коли є з'єднання з LAN або WLAN, що дозволяю легко підключатись до мережі Інтернет. Система має змогу відправляти значення напругу на онлайн портал Fronius Solar.web. Це дає змогу в будь-який час спостерігати за роботою системи.

Основні переваги системи:

- Простий в установці.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Здійснюється пряма підтримка, а також професійна візуалізація, так як система з'єднує напряму інвертор та Fronius Solar.web [11].

2.10 Загальний висновок:

В даному розділі було підібране необхідне обладнання для фотоелектричної станції. Був обраний оптимальний кут нахилу фотоелектричних модулів, який становить 10 °. Були обрані фотоелектричні модулі компанії Jinko Solar марки JMK320M – 60 в кількості 380 шт. і конструкції їх кріплення виробника Renusol марки FS10 – S, також були обрані два типи інверторів компанії Fronius марки Eco 27,0 – 3 – S(3шт.) та Fronius марки Symo 17,5 – 3 – M(1 шт.) до яких було здійснене безпосереднє підключення фотоелектричних модулів. Були вибрані кабелі для змінного та постійного струму. Також були вибрані запобіжники для фотоелектричних модулів виробник ETI типу CH 5x20 з номінальним струмом 12 А і для інверторів компанії ETI типу CH 22x58 з параметром номінального струму, який дорівнює 80 А(для Fronius Eco 27,0 – 3 – S) та запобіжник компанії ETI типу CH 14x51 з номінальним струмом 50А(для Fronius Symo 17,5 – 3 – M). Були вибрані автоматичні вимикачі компанії для інверторів Fronius Symo 17,5 – 3 – M та Fronius Eco 27,0 – 3 – S, компанії ABB типу Formul A A1A 125 TMF з номінальним струмом 30 А(у кількості 1 шт.) і Formul A A1B 125 TMF з номінальним струмом 50 А(у кількості 3 шт.) відповідно і також загальний для всієї системи компанії ABB марки Formul A A2B 250 TMF, номінальний струм якого становить 150А(у кількості 1 шт.). І була вибрана система моніторингу нашої системи Fronius Datamanager.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3
СИСТЕМА МЕРЕЖЕВОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ТА
СПОСІБ ПРИЄДНАННЯ ЇЇ ДО ЗОВНІШНЬОЇ МЕРЕЖІ.
РОЗРАХУНОК ТЕРМІНУ ОКУПНОСТІ

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розділ 3	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Воловик В.М.</i>						
<i>Керівник</i>		<i>Кириленко В.М.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Головко В.М.</i>						
<i>Затвердив</i>		<i>Кудря С.О.</i>				ФЕА, ЕД-51		

3.1 Електричні схеми приєднання

3.1.1 Схеми під'єднання фотоелектричних перетворювачів до інверторів

Є велика необхідність а правильному підключенні фотоелектричних модулів до інверторів, щоб забезпечити нормальною роботою нашу фотоелектричну станцію. Сумарна напруга всіх фотоелектричних модулів, що підключені послідовно не має перевищувати напругу, яка максимально допустима на інверторі.

Схеми під'єднання фотоелектричних модулів до інверторів показана на рисунку 3.1.

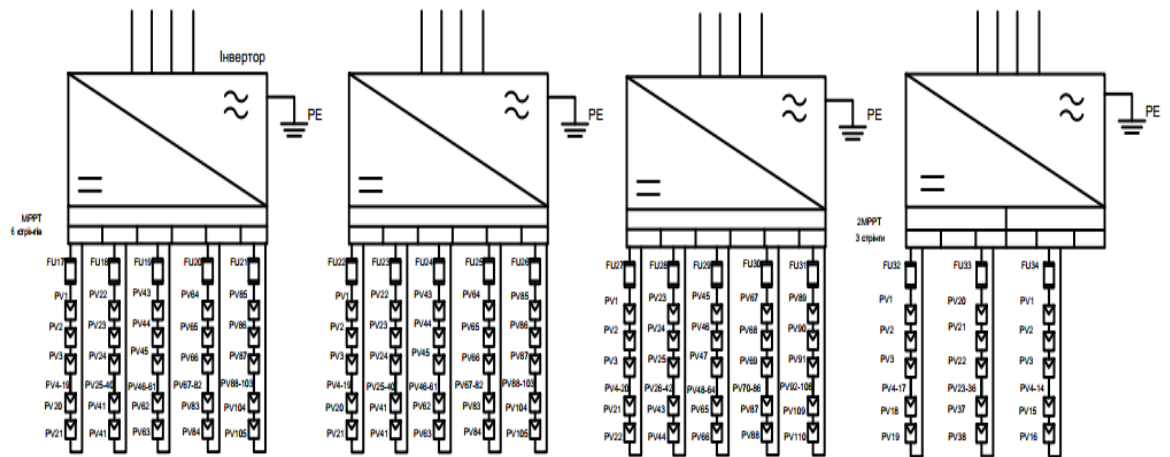


Рисунок 3.1 – Схеми під'єднання фотоелектричних модулів до інвертора

3.1.2 Схеми під'єднання сонячної електростанції до зовнішньої електричної мережі

Була знайдена найближча по відношенню до 19 гуртожитку трансформаторна підстанція, для безпосереднього з'єднання фотоелектричної станції із зовнішньою мережею. Місце розташування найближчої трансформаторної підстанції зображено на рисунку 3.2.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

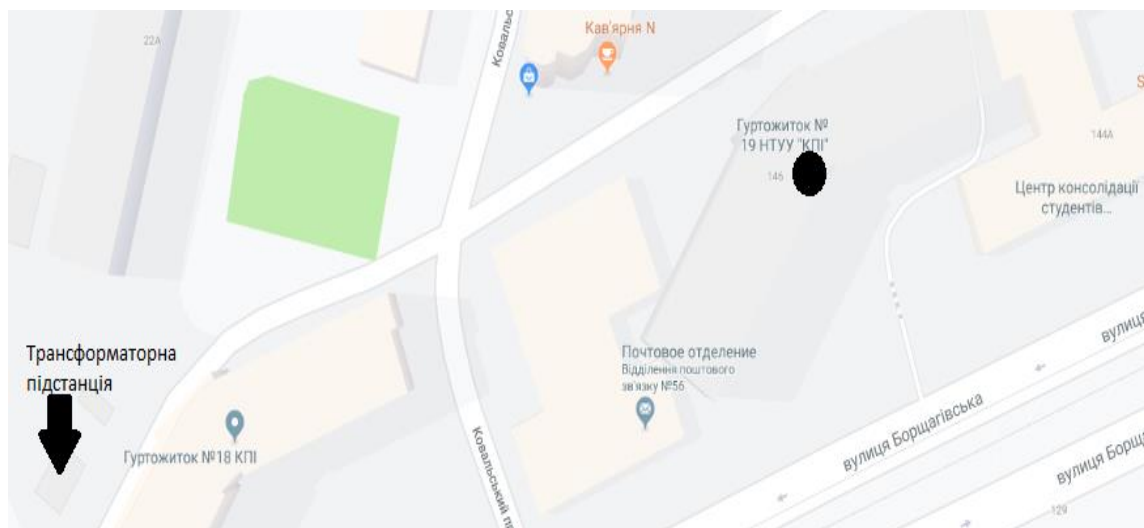


Рисунок 3.2 – Розташування трансформаторної підстанції

Отже, на рисунку 3.3 можна побачити можливе проведення кабелю від фотоелектричної станції, яка розміщена на гуртожитку № 19 до найближчої до нього трансформаторної підстанції.

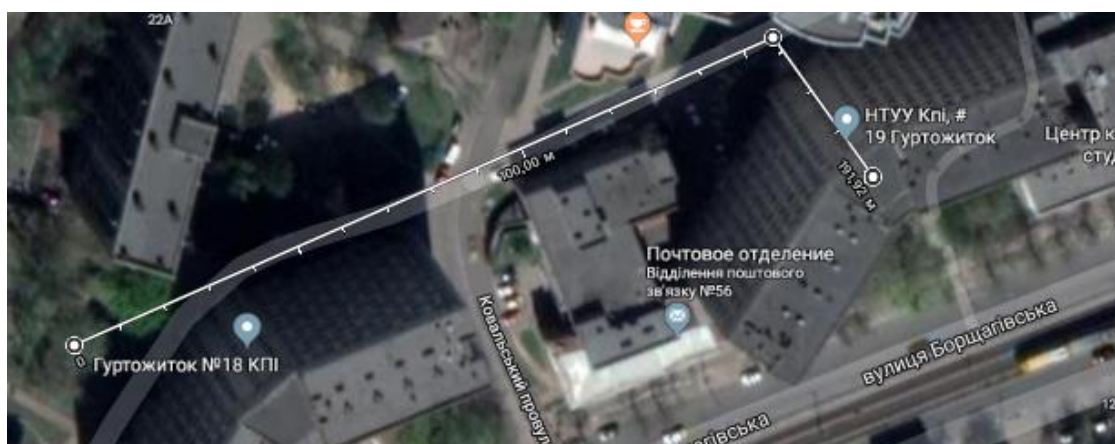


Рисунок 3.3 – Схема прокладання кабелю до ТП

З даної схеми можемо спостерігати, що необхідна довжина кабелю 191,92 метрів. Але так як не йде врахування висоти будівлі, то необхідно ще й враховувати похибку. Тобто, це йде врахування на поверхність (будівля має 12 поверхів), а також можливі перегини кабелю. Приймаємо похибку за 20 %. За формулою 3.1 була розраховано реальна довжина кабелю із врахуванням похибок.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = l \cdot \alpha = 191,92 \cdot 1,2 = 230,304 \text{ м} \quad (3.1)$$

де l – зображена на рисунку 3.3 довжина кабелю ;

α – похибка на поверхні будівлі та можливі перегини.

Виходячи з формули 3.1 необхідна довжина кабельної лінії має бути 230,304 метра.

Схема з'єднання фотоелектричної станції із зовнішньою електричною мережею зображена на рисунку 3.4:

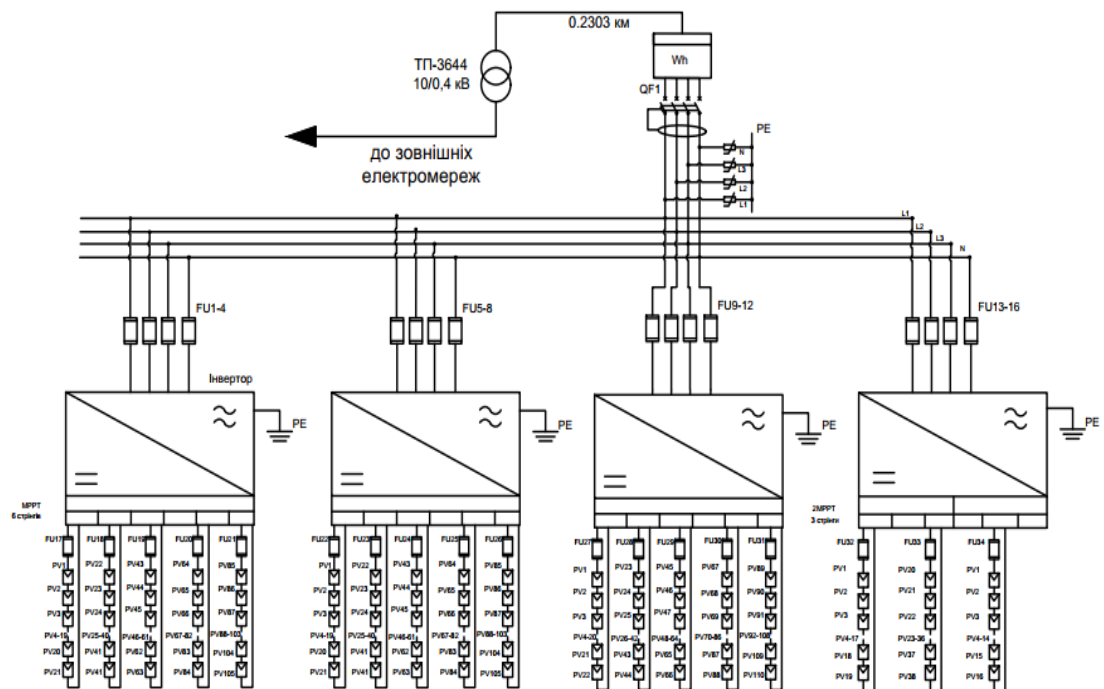


Рисунок 3.4 – Схема під'єднання фотоелектричної станції до зовнішньої мережі

3.2 Розрахунок терміну окупності системи

3.2.1 Розрахунок повної вартості мережевої сонячної електростанції

Для того щоб розрахувати повну вартість фотоелектричної станції в першу чергу необхідно дізнатись вартість всього обладнання, яке використовувалось в станції. Всі дані щодо останніх змін у вартості основного обладнання фотоелектричної станції зазначені в таблиці 3.1.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Основне обладнання фотоелектричної станції та його ціни

Назва елемента	Тип	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сумарна ціна, грн
1	2	3	4	5
Фотопанель	Jinko Solar марки JMK320M – 60	380 шт.	3 801,6	1 444 608
Кріплення	Renusol марки FS10 – S	380 шт.	1485	564 300
Кабель	ВВГ 3x25+1x16	230,304 м	230,50	53085,072
Сонячний кабель	PV-1 F-6	450,00 м	27,00	12 150
Інвертор	Fronius марки Eco 27,0 – 3 – S	3 шт.	102 429,00	307 287,00
Інвертор	Fronius марки Symo 17,5 – 3 – M	1 шт.	81 000	81 000
Запобіжник	ETI CH 5x20 12A	18 шт	7,1	127,8
Запобіжник	ETI CH 14x51 50A	4 шт.	30,25	121
Запобіжник	ETI CH 22x58 80A	12 шт.	68,51	822,12
Автоматичний вимикач	ABB Formul A A2B 250 TMF 150A	1 шт.	4436,44	4436,44
Автоматичний вимикач	ABB Formul A A1A 125 TMF 30A	1шт.	2 032,86	2 032,86
Автоматичний вимикач	ABB Formul A A1B 125 TMF 50A	3шт.	2 138,26	6 414,78

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Лічильник	NIK 2303 APT2T	1 шт.	3 510,00	3 510,00
Система моніторингу кількості виробленої енергії	FRONIUS DATAMANAGER	1 шт.	9 569,00	9 569,00
Монтажні роботи	-	-	165 574,43	178 419,61
Загальна вартість				1 367 883,68

Також, для розрахунку терміну окупності даної фотоелектричної станції потрібно враховувати витрати, які виникають в процесі експлуатації при поточному ремонті та капітальному. Капітальний ремонт має бути проведений один раз за десять років, а поточний прийнято провидить один раз на рік.

Для розрахунку витрат, які йдуть на проведення поточного та капітального ремонту було використано формулу 3.2.

$$K_p = K_c \cdot k_p \quad (3.2)$$

K_c – значення повної вартості фотоелектричної станції;

k_p – коефіцієнт перерахунку. Який для капітального ремонту має значення 0,05, а для поточного ремонту, значення 0,01.

За формулою 3.2 були розраховані втрати, які підуть на поточний ремонт:

$$K_{\text{поточ}} = 1\,367\,883,68 \cdot 0,01 = 13\,678,84 \text{ грн}$$

За формулою 3.2 були розраховані втрати, які підуть на капітальний ремонт:

$$K_{\text{кп}} = 1\,367\,883,68 \cdot 0,05 = 68\,394,18 \text{ грн}$$

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.2 Розрахунок генерації електроенергії

Також, для більш точного розрахунку терміну окупності фотоелектричної станції, необхідний повний розрахунок генерації станцією електричної енергії. Після чого, потрібно розрахувати загальний прибуток, який ми будемо отримувати за рахунок фотоелектричної станції.

Був зроблений розрахунок в програмі PVsyst. В даному програмному забезпеченні були введені початкові данні (широта і довгота місцевості, дані метеорологічного центру Борщагівка, кут нахилу панелей, азимут).

На рисунку 3.5 показано як буде розміщуватися фотоелектрична станція.

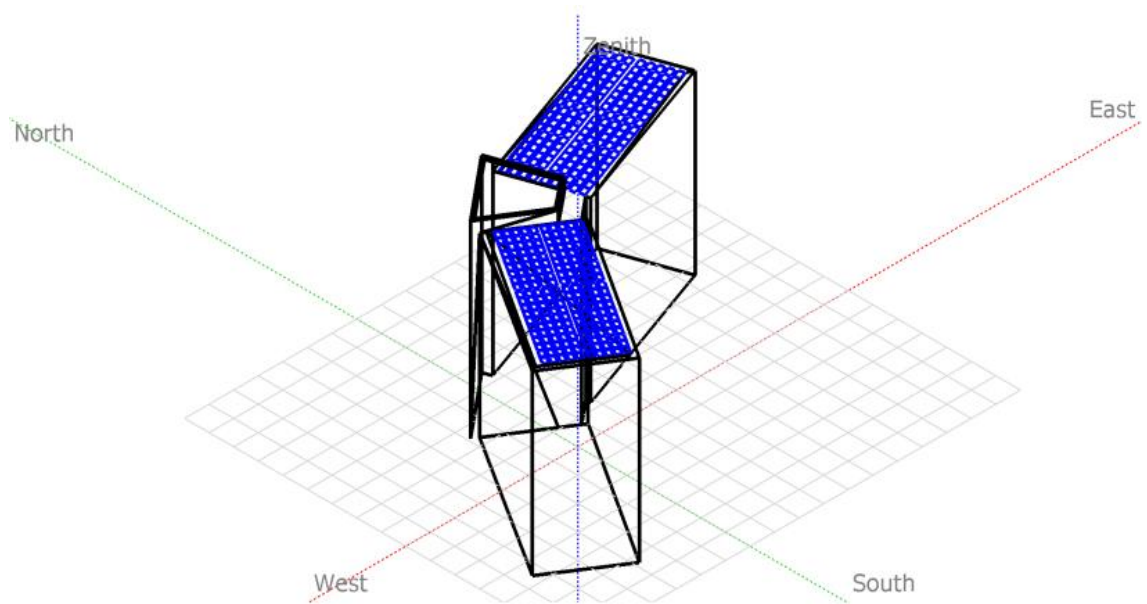


Рисунок 3.5 – Розміщення фотоелектричної станції

За допомогою програмного забезпечення PVsyst була побудована діаграма затінення сонячних панелей, яка зображена на рисунку 3.6 із врахуванням кута нахилу сонячних панелей та відстані між ними.

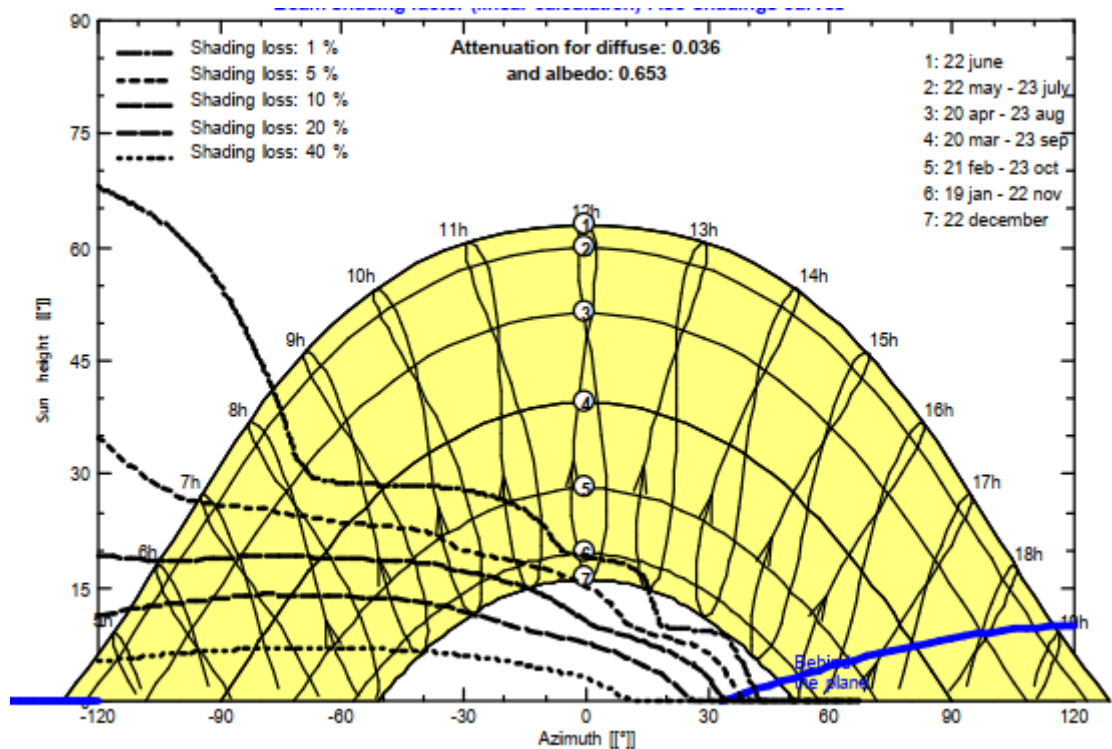


Рисунок 3.6 – Діаграма затінення сонячних модулів

За цією діаграмою можемо бачити, яка відбувається затінення при різних порах року.

В таблиці 3.2 зазначені результати обчислення виробленої генерації. При цьому також враховується прихід сонячної радіації для даної місцевості.

Таблиця 3.2 – Розрахунок генерації електричної енергії фотоелектричної станції

Місяць	$I_{гор},$ кВт·год/ м ²	$I_{роз},$ кВт·год /м ²	$T_{сер},$ °C	$I_{кв},$ кВт·г од /м ²	$E_{фот},$ МВт·год	$E_{мер},$ МВт·год
1	2	3	4	5	6	7
Січень	24,5	17,73	-2,91	28,1	3,14	3,04
Лютий	41	24,08	-2,75	46	5,32	5,18
Березень	85,5	38,30	2,62	94,2	10,83	10,57
Квітень	124,5	6,29	10,03	130,9	14,67	14,33
Травень	175,4	75,42	16,04	182	19,84	19,39

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.5106.6.050701.006.ПЗ

Лист

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
Червень	180,4	70,74	18,21	182,9	19,64	19,19
Липень	179,7	74,93	21,68	185,5	19,78	19,35
Серпень	153,9	72,41	20,38	161	17,37	16,99
Вересень	100,7	46,12	14,15	107,2	11,77	11,5
Жовтень	61,8	34,29	8,91	68,3	7,61	7,42
Листопад	25,9	17,12	3,01	29,9	3,42	3,22
Грудень	16,3	11,83	-1,72	18,9	2,05	1,98
Рік	1169,6	548,26	9,04	1234,9	135,35	132,16

де, $I_{\text{гор}}$ – це прихід сонячної радіації на поверхню, що є горизонтальною та вимірюється в $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$

$I_{\text{роз}}$ – це прихід розсіяної сонячної радіації на поверхню, що є ,горизонтальною та вимірюється в $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$

$T_{\text{сер}}$ – це середня температура навколишнього середовища за певний місяць та за весь рік, що вимірюється в $^{\circ}\text{C}$

$I_{\text{кв}}$ – це прихід сонячної радіації на поверхню фотоелектричних модулів, які розташовані під встановленим кутом 10° , розрахунок проводиться із врахуванням затінення, вимірюється в $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$

$E_{\text{фот}}$ – це енергія, яка надходить до клем постійного струму інвертора, зазначена з врахуванням втрат, вимірюється в МВт

$E_{\text{мер}}$ – це енергія, яка надходить в мережу, разом із врахуванням ККД інвертора, вимірюється в МВт·год

Також, була побудована діаграма, яку можна побачити на рисунку 3.7, річного виробітку електроенергії. А також таблиця 3.3 в якій можемо побачити помісячний виробіток і загальний виробіток енергії за рік у $\text{кВт} \cdot \text{год}$.

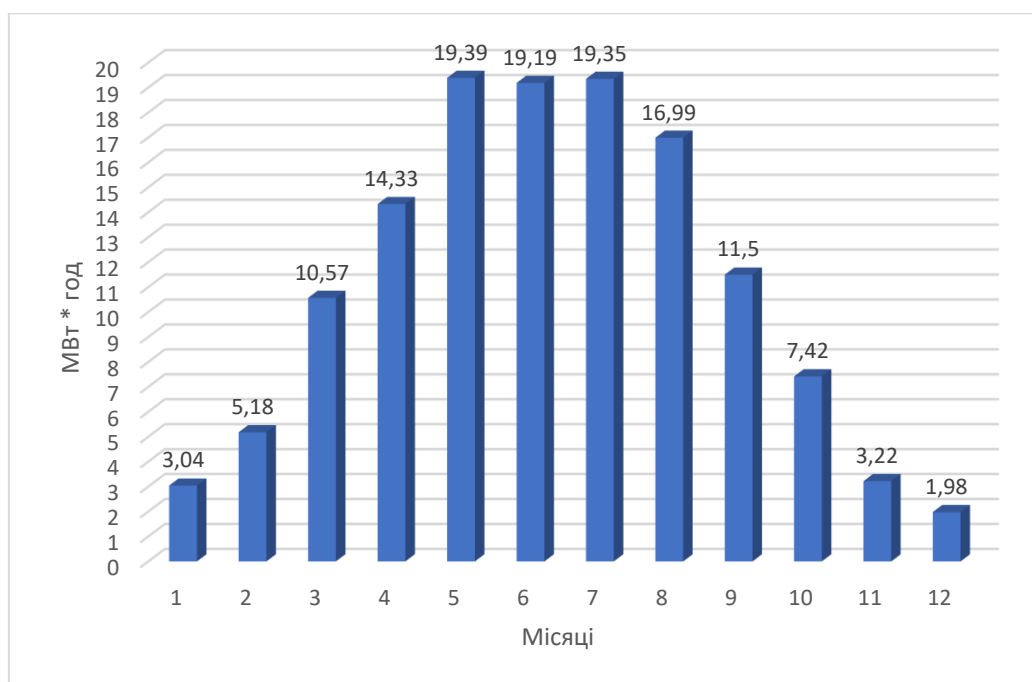


Рисунок 3.7 – Діаграма річного виробітку електроенергії

Таблиця 3.3 – Помісячний виробіток електроенергії

Місяць	Е _{мер} ,кВт·год
Січень	3040
Лютий	5180
Березень	10570
Квітень	14330
Травень	19390
Червень	19190
Липень	19350
Серпень	16990
Вересень	11500
Жовтень	7420
Листопад	3220
Грудень	1980
Рік	132160

Впродовж гарантійного строку в 25 років буде змінюватися і виробіток потужності. Отже:

- 1 – 10 років – 100%.
- 10 – 15 років – 91,2%.
- 15 – 20 років – 87,7%.
- 20 – 25 років – 84,5%.

Так як річний виробіток енергії 132200 кВт·год/рік. Проводимо розрахунок для кожного періоду експлуатації сонячної електричної станції по формулі 3.3 та заносимо в таблицю 3.4.

$$Q_n = Q_1 \cdot \mu \quad (3.3)$$

де, Q_1 – початковий виробіток електричної енергії СЕС.

μ – відсотковий виробіток електроенергії в період експлуатації СЕС.

Таблиця 3.4 – Виробіток електроенергії в певні періоди експлуатації СЕС

Період	1-10 років	10-15 років	15-20 років	20-25 років
Е_{мер}, кВт·год/рік	132200	120566,4	115939,4	111709
Загальний виробіток за гарантійний термін експлуатації				3 063 074

Знаючи вартість по «зеленому» тарифу за 1 кВт, розраховуємо прибуток, який отримаємо. На даний момент вартість 1 кВт електроенергії із врахуванням НДС складає 0,15 євро центів, тобто 4,50 грн для дахових СЕС. Отже, можемо розрахувати за формулою 3.4 загальний прибуток, який отримаємо за 25 років експлуатації СЕС.

$$P_{\text{пр}} = C_1 \cdot Q_{\Sigma} = 4,50 \cdot 3063074 = 13783833 \text{ грн} \quad (3.4)$$

де, C_1 – загальна вартість 1 кВт електроенергії за «Зеленим» тарифом із врахуванням НДС;

Q_{Σ} – виробіток електричної енергії СЕС за період гарантійного терміну експлуатації.

Далі проводимо розрахунок середньорічного прибутку СЕС:

$$P_{\text{річ}} = \frac{P_{\text{пр}}}{25} = \frac{13783833}{25} = 551353,32 \text{ грн} \quad (3.5)$$

3.2.3 Термін окупності мережевої сонячної електростанції

Так як, не відбувається споживання енергії, а весь виробіток йде на продаж в зовнішню мережу, то термін окупності буде дорівнювати відношенню ціни сонячної електростанції до прибутку і буде розраховуватися за формулою 3.6:

$$t_{\text{окуп}} = \frac{K_{\Sigma}}{P_{\text{річ}}} \quad (3.6)$$

де, K_{Σ} – Загальна вартість СЕС з урахуванням витрат на поточні та капітальні ремонт, що розраховується за формулою 3.7:

$$K_{\Sigma} = K_{\text{СЕС}} + K_{\text{кп}} \cdot 25 + K_{\text{поточ}} \cdot 2 \quad (3.7)$$

Отже, повна вартість сонячної електричної станції із врахуванням втрат буде становити:

$$K_{\Sigma} = 1\,367\,883,68 + 68\,394,18 \cdot 25 + 13\,678,84 \cdot 2 = 3\,105\,095,86 \text{ грн}$$

Після чого за допомогою формули 3.6 можемо визначити приблизний термін окупності СЕС:

$$t_{\text{окуп}} = \frac{3\,105\,095,86}{551353,32} = 5,6$$

Отже, приблизний термін за який окупиться СЕС становить 6 років.

3.3 Загальні висновки:

В даному розділі були наведені основні схеми підключення, такі як схема підключення фотоелектричних модулів безпосередньо до інвертора і схема підключення станції до зовнішньої електричної мережі. Була розрахована повна вартість станції, яка становить і враховані втрати на поточні і капітальний ремонт. Також був представлений виробіток енергії, яка буде надходити в зовнішню мережу і розрахований термін окупності, який склав 6 років.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ									
Зм..	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата										
Розробив		Воловик В.М.			Розділ 4				Літ.		Арк.		Аркцшів	
Керівник		Кириленко В.М.												
Н. Контр.		Головко В.М.												
Затвердив		Кудря С.О.							ФЕА, ЕД-51					

4.1. Вплив небезпечних і шкідливих факторів на людину в період використання обладнання сонячної станції

Основним небезпечним та шкідливим фактором при роботі з електричними приладами в нашому випадку це прилади, які використовувалися для фотоелектричної станції безумовно є струм, який проходить через всі можливі струмопровідні частини обладнання.

Охорона праці – це система збереження життя та здоров'я працівників під час трудової діяльності. Адже саме завдяки дотримання звичайних правил техніки безпеки можливо скоротити випадки виробничого травматизму на 80-90%, сама такий відсоток травм виникає через недотримання техніки безпеки безпосередньо на робочому місці.

Електробезпека – це система основних організаційних та технічних заходів, які захищають людину від небезпечної дії електричного струму, дуги, поля, а також від статичної електрики. Вона показує практичний та теоретичний рівень готовності персоналу до проведення робіт. Так як допуск неознайомленого персоналу до електричних установок, має немалі ризики.

Групи допуску з електробезпеки:

- І група – надається кожному з персоналу, котрий в період робочого часу на установі має справу із електроприладами та будь-якою електричною технікою.

Надається працівнику після прослуховування на підприємстві інструктажу з техніки безпеки. Після проходження інструктажу працівник має обов'язково поставити підпис в журналі інструктажу І групи допуску.

- II група надається працівника, які безпосередньо працюють з електричним обладнанням. Але в них не має можливість самостійного підключення електрообладнання в мережу.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- III група дає змогу працівнику виконувати різні види робіт з електрообладнанням, проводити обслуговування та первинний огляд електрообладнання та бути керівниками певних робіт, які стосуються електричних установок до 1000 В і слідкувати за їх виконанням.
- IV група надається керівникам з великим професійним стажем(начальнику підрозділу, бригадиру, головному енергетику), надає змогу працювати з установками понад 1000 В.
- V група надається працівникам, які можуть працювати з потужними електричними установками, також мають змогу випробовувати електрообладнання на підвищених напругах.

Електроустановки – це все обладнання яке включає в себе(машини та апарати, лінії електропередач і все допоміжне обладнання разом із спорудою та приміщенням в якому розміщенні електроустановки), яке призначене для:

- Виробітку електричної енергії.
- Передавання електричної енергії.
- Трансформації електричної енергії.
- Перетворення і розподілу електроенергії в інші її види.

Причини потрапляння людей під напругу:

1. Безпосередній дотик до неізовльованих струмовідних частин електричних установок, які знаходяться під напругою також дотик до ізовльованих частин з пошкодженою ізовляцією.
2. Дотик до металічних частин конструкції, які опинилися під напругою в результаті пошкодження ізовляції.
3. Ураження напругою кроку.
4. Дія електричної дуги.

Наслідками дії електричного струму є наступні чинники:

1. Чинники, що мають електричний характер:

- Напруга
- Сила струму
- Опір людського тіла
- Вид та частота струму

2. Чинники неелектричного характеру:

- Час дії струмом
- Проходження струму через людське тіло
- Індивідуальні особливості

3. Чинники виробничого характеру:

- Включення людини в електромережу
- Умови зовнішнього середовища

Сила струму є основним чинником ураження людини. Різна величина струму спричиняє вплив, різного ступеня на організм людини.

Основні види порогового значення сили струму на організм людини:

- Відчутний пороговий струм – величина значення найменшої сили струму, проходячи через тіло людини викликає відчутні подразнення шкіри.
- Пороговий невідпускаючий струм – величина найменшого струму при якому не можливе самостійне звільнення людини від струму через виникнення судомних скорочень м'язів.
- Пороговий фібриляційний струм – величина найменшого струму при якому він проходить скрізь людське тіло і викликає фібриляцію серця, що є смертельно небезпечним.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В таблиці 4.1 вказані значення змінного та постійного струму та їх вплив на організм людини, який розшифровується вище.

Таблиця 4.1 – Значення постійного та змінного струму та типи ураження людини

Вид струму	Відчутний пороговий струм, мА	Пороговий невідпускаючий струм, мА	Пороговий фібриляційний струм, мА	Смертельно небезпечний струм, мА
Змінний струм частотою 50 Гц	0,5 – 1,5	6 – 10	80 – 100	50
Постійний струм	5 – 7	50 – 80	300	50

Миттєву зупинку серця викликає струм більше 5 А. Під час нормальному режимі роботи установки струм, що проходить через тіло людини не має перевищувати 0,3 мА для значення змінного струму і 1 мА для постійного струму.

За ступенем можливої небезпеки приміщення поділяються на:

1. Приміщення підвищеного рівня небезпеки мають такі ознаки:

- Відносна вологість перевищує показник 75% впродовж тривалого часу.
- Впродовж тривалого часу в приміщенні показники температури перевищують 35 °С.
- Струмопровідна підлога виготовлена з металу, залізобетону, цегли, тощо.
- Можливе опинення під напругою певних елементів електричного обладнання. Наприклад, певних металевих елементів, металевого корпусу, тощо.

2. Приміщення, що є особливо небезпечними мають ознаки:

- Відносна вологість повітря знаходиться близько 100%.
- Наявність хімічно активного середовища в приміщенні.
- Виникнення двох і більше умов, які можуть викликати підвищену небезпеку.

3. Приміщення без підвищеної небезпеки – це приміщення в яких відсутні всі ознаки, які зустрічаються в приміщеннях з різними рівнями небезпеки.

Можливі схеми включення в електричну мережу людини:

1. Дотик людини до нульового проводу. При даному дотику струм не буде проходити через людину, тобто $I_{\text{л}}=0$.
2. Дотик людини до фазного проводу. Струм, що буде протікати через людину буде безпосередньо залежати від опору людини (R) і від опору, що залежить від умов зовнішнього середовища(r) (чим безпечніше середовище, тим більше опір). Отже, струм людини визначається за формулою $I_{\text{л}}=U/R+r$.
3. Дотик людини до нульового та фазного проводу одночасно. В даному випадку через тіло людини буде протікати максимально можливий струм і також буде прикладена вся можлива напруга $I_{\text{л}}=U/R$. Отже схема одночасного дотику до нульового і фазного проводу вважається дуже небезпечно.

Основні методи та засоби захисту від дії електричного струму:

- Захисне заземлення – це з'єднання металевих струмопровідних частин електричної установки з землею.
- Занулення – це з'єднання металевих частин електричного обладнання з нульовим проводом.

- Захисне відімкнення – це захист в якому при небезпеці ураження струмом працівника, відбувається автоматичне вимикання електричної установки.
- Захисна ізоляція – це захист, який захищає від дотику людини до частин, які знаходяться під напругою. Ізоляційний опір електричного устаткування повинен бути 2,5 МОм, а освітлювальних проводів – вище 0,5 МОм.
- Огороджувальні пристрої.
- Блокування – знімає напруга із частин електричної установки по яким протікає струм під час роботи з ними без знімання напруги.
- Засоби захисту індивідуального використання – це засоби, які використовуються при обслуговуванні електричного устаткування (діелектричне взуття, захисні рукавиці, захисні окуляри та каски діелектричні килими, ізолюючі підставки, ізолюючі накладки).

Техніка безпеки під час роботи з фотоелектричними модулями

Під час установки і монтажу фотоелектричних модулів необхідні високий рівень технічних знань та підготовки з охорони праці. В фотоелектричних модулях відбувається генерація постійного струму під час потрапляння на них сонячного світла. Виходячи з цього, можливе виникнення електричної дуги під час непередбаченого вимкнення провідника постійного струму від контролера, який розташований в даному електричному ланцюгу[13] .

Під час виконання робіт над фотоелектричними модулями потрібно виконувати декілька основних правил:

- Ніколи не вимикати фотоелектричні модулі під навантаженням.
- Контакти і проводи мають бути в робочому стані, не бути вологими та забрудненими.

Під час роботи з фотоелектричними модулями, яка і з іншим електричним обладнанням є небезпека ураження електричним струмом. Так яка напруга на сонячних панелях виникає при мінімальному освітленні, необхідно використовувати автоматичні вимикачі та запобіжники для того, щоб безпечно вимкнути панелі з мережі.

До пошкодження модулів може також призвести неправильне підключення елементів і недотримання полярності. Для запобігання травм при монтажі і пошкодження обладнання, забороняється встановлення фотоелектричних модулів під час сильних поривів вітру. Перед встановленням сонячних панелей необхідно провести етап перевірки впливу погодних умов та механічного навантаження на них. Фотоелектричні модулі мають бути заземлені згідно з правилами безпеки для того щоб знизити ризик враження струмом або пожежу [12].

4.2. Пожежна безпека

Пожежа – це непередбачуваний горіння, що розповсюджується по всій території, яка не призначена для розпалу вогню.

Для виникнення пожежі необхідно мати 3 основних чинники, що її викликають: наявність горючої речовини в будь-якому її види; наявність кисню; наявність відкритого вогню або мінімальної іскри.

Пожежі в залежності від горіння різних типів речовин поділяють на відповідні класи:

- Клас А – викликане горінням речовин, які перебувають в твердому агрегатному стані, даний процес супроводжується їх тлінням
- Клас В – викликають речовини, які знаходяться у рідкому стані, вода не є розчинником цих речовин.
- Клас С – викликане горінням різного типу газів.
- Клас Д – горіння легких металів, але не включаючи лужні та метеловмістні сполуки.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Клас Е – викликане горіння електричних установок, які безпосередньо знаходяться під напругою.

Для простішої оцінки рівня пожежної небезпеки, приміщення поділяють за критеріями небезпеки споруди – це спосіб класифікувати характеристики небезпеки приміщення за кількістю знаходження вибухонебезпечних речовин. По категорії вибухонебезпеки приміщення можна поділити на 5 категорій.

До вибухонебезпечної категорії А можна віднести такі речовини, як горючі гази та речовини температура спалаху яких не вище 28 °С. Також до цієї категорії можна віднести речовини мають схильність до вибуху при взаємодії з водою, повітрям або між собою.

Категорія Б являється вибухо- і пожежонебезпечною до неї можна віднести такі речовини як вибухонебезпечний пил і категорія легкозаймистих речовин температура спалаху яких може бути вище 28 °С.

До пожежонебезпечної категорії В можна віднести горючі речовини, які можуть перебувати у рідкому та твердому агрегатних станах, а також речовини, які мають невеликий ступінь займання, мають здатність агресивної взаємодії в водою, повітрям та одне з одним.

Категорія В включає в себе певну ланку негорючих речовин, які перебувають в розплавленому або гарячому стані, які можуть при нагріванні виділяти іскри або навіть полум'я. Також до цієї категорії можна віднести горючі гази та деякі тверді речовини, які мають змогу утилізації як палива.

До категорії Д в основному відносяться матеріали, які перебувають в холодному стані, а також негорючі речовини [13].

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В період експлуатації фотоелектричних модулів основними чинниками створення пожежної небезпеки можуть бути: матеріали, які використовуються (ізолюючі матеріали різного призначення, лако-фарбове покриття деяких видів установок), а також струмове перенавантаження та можливі струми короткого замикання [14].

4.3. Оцінка впливів фотоелектричних станцій на навколишнє середовище

4.3.1 Оцінка впливів на мікроклімат та клімат

Діяльність виробництво фотоелектричної станції не буде мати вплив на мікроклімат та клімат навколишнього середовища.

4.3.2 Оцінка впливів на середовище повітря

В період експлуатації фотоелектричної станції відсутні можливі джерела викидів в повітря. Але можливий вплив може спричинити, який можливий саме при будівництві станції, забруднюючим чинником в даному випадку виступає будівельна техніка та викиди пилу в повітря.

4.3.3 Оцінка впливів на водне середовище

Діяльність фотоелектричної станції не впливає на гідрологічні та гідрогеологічні параметри водних об'єктів. Тому що фотоелектрична станція розміщена на даху гуртожитку, відсутні виробничі та побутові стічні води, що не дає можливість забрудненню підземних та відкритих водойм.

4.3.4 Оцінка впливів на ґрунт

Істотний вплив на ґрунт відбувається через викопування траншеї за для прокладення кабельної лінії до ТП (трансформаторної підстанції).

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Загальні висновки:

В даному розділі продивися аналіз можливих небезпечних факторів, які можуть створювати небезпеку для людини, а також були розглянуті методи по забезпеченню умов праці для людини.

Виходячи з оцінки впливів на навколишнє середовище можемо зробити висновок, що станція, яка розміщена на гуртожитку № 19 студентського містечка НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» не має жодного негативного впливу на оточуюче навколишнє середовище.

					<i>ДП.5106.6.050701.006.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ТА ПОСИЛАНЬ

1. Якими є перспективи розвитку сонячної енергії в Україні. Режим доступу: <https://ua-energy.org/uk/posts/yakymy-ie-perspektyvy-rozvytku-soniachnoi-enerhii-v-ukraini>;
2. Дневник гелиотехника. Режим доступу: <https://www.atmosfera.ua/uk/>;
3. Сонячна станція на плоскому даху: <https://rent techno.ua/blog/ploscha.html>;
4. Як виробляють сонячні фотоелектричні модулі: <http://teplo-klimat.com/kak-proizvodyat-solnechnye-paneli/>;
5. Фотоелектричні модулі з подвійним склом: <https://www.solarhome.ru/equipment/solbat/double-glass-pv-modules.htm>;
6. Типи систем кріплень: <https://kripter.com.ua/>;
7. Вплив тіні на роботу фотоелектричних модулів: <http://solarsoul.net/vliyanie-teni-na-rabotu-solnechnyx-batarej>;
8. Система кріплень: https://www.renusol.com/fileadmin/content/renusol2015/pdf/Downloads_Flachdach/FS10-S_FS18-S_IA_ML_170316.pdf;
9. Fronius Eco: <https://www.fronius.com/uk-ua/ukraine/sonyachna-enerhiya/produkty/all-products/inverters/fronius-eco/fronius-eco-27-0-3-s>;
10. Fronius Symo: <https://www.fronius.com/uk-ua/ukraine/sonyachna-enerhiya/produkty/all-products/inverters/fronius-symo/fronius-symo-17-5-3-m>;
11. Опис системи моніторингу: <https://www.fronius.com/uk-ua/ukraine/sonyachna-enerhiya/produkty/home/system-monitoring/hardware/fronius-datamanager-2-0/fronius-datamanager-2-0>;

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Техніка безпеки при роботі з фотоелектричними модулями:

<https://studfiles.net/preview/5809811/>;

13.«Основи охорони праці» Демчук Г.В. – 12с

14.НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні». К.:

Міністерство внутрішніх справ України, 2014.

					ДП.5106.6.050701.006.ПЗ	Лист
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		