

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного  
менеджменту

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Підвищення ефективності електропостачання торговельних центрів міста  
Вінниці з використанням сонячної генерації

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-22м  
спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Найдюк А. М. *М.М.Д.*  
(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., проф. Бурбело М.Й. *[Signature]*  
(прізвище та ініціали)  
« 8 » 12 2023 р.

Опонент: к.т.н., ст. викладач каф. ЕСС *[Signature]*  
(прізвище та ініціали) Сікорська О.В.  
« 8 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

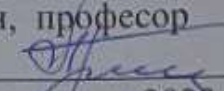
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

*[Signature]* д.т.н., проф. Бурбело М.Й.  
(прізвище та ініціали)

« 8 » 12 2023 р.

Вінниця - 2023

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Освітньо-професійна програма – Електротехнічні системи електроспоживання

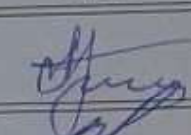
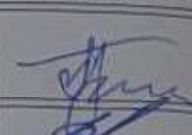




ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ  
д.т.н, професор  
  
М. Й. Бурбело  
«19» вересня 2023 року

**ЗАВДАННЯ  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ  
НАЙДЮКУ АНДРІЮ МИКОЛАЙОВИЧУ**

1. Тема роботи «Підвищення ефективності електропостачання торговельних центрів міста Вінниці з використанням сонячної генерації»  
керівник роботи Бурбело Михайло Йосипович, професор,  
затверджені наказом по ВНТУ від «18» вересня 2023 року, № 247
2. Строк подання студентом роботи «5» грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: Генплан торговельного комплексу; будівельні та технологічні планування об'єкта проектування; відомості про особливості об'єкту; інформація про електричні навантаження; відомості про джерела живлення; відомості про перспективу розвитку підприємства.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки. Вступ. 1. Відомості про підприємство. 2. Механізми стимулювання виробництва електроенергії з відновлювальних джерел в Україні у 2023 році. 3. Вибір основного обладнання. 4. Економічна частина. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
 План торговельного центру із силовими та живильними мережами. Одноліній  
 схема електропостачання підприємства. Схема приєднання СЕС. Конструктивні  
 креслення. Основні техніко-економічні показники системи електропостачання.

6. Консультанти розділів дипломної роботи

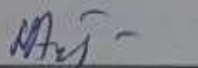
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Бурбело М.Й., д.т.н., професор		
Економічна частина	Шулє Ю.А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобіляиський О. В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

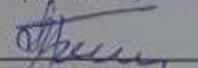
№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство.	3.10.2023	
2	Механізми стимулювання виробництва електроенергії з відновлювальних джерел в Україні у 2023 році	23.10.2023	
3	Вибір основного обладнання	5.11.2023	
4	Економічна частина	25.11.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	30.11.2023	
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	2.12.2023	

Студент

  
 (підпис)

Найдюк А.М.

Керівник роботи

  
 (підпис)

Бурбело М.Й.

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного  
менеджменту

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Підвищення ефективності електропостачання торговельних центрів міста  
Вінниці з використанням сонячної генерації

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ–22м  
спеціальності 141 – «Електроенергетика, \_\_\_\_\_  
електротехніка та електромеханіка»

Найдюк А. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Опонент: \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Вінниця - 2023

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Освітньо-професійна програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ  
д.т.н, професор  
\_\_\_\_\_ М. Й. Бурбело  
«19» вересня 2023 року

**ЗАВДАННЯ  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ  
НАЙДЮКУ АНДРІЮ МИКОЛАЙОВИЧУ**

1. Тема роботи «Підвищення ефективності електропостачання торговельних центрів міста Вінниці з використанням сонячної генерації»  
керівник роботи Бурбело Михайло Йосипович, професор,  
затверджені наказом по ВНТУ від «18» вересня 2023 року, № 247
2. Строк подання студентом роботи «5» грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: Генплан торговельного комплексу; будівельні та технологічні планування об'єкта проектування; відомості про особливості об'єкту; інформація про електричні навантаження; відомості про джерела живлення; відомості про перспективу розвитку підприємства.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки. Вступ. 1. Відомості про підприємство. 2. Механізми стимулювання виробництва електроенергії з відновлювальних джерел в Україні у 2023 році. 3. Вибір основного обладнання. 4. Економічна частина. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

План торговельного центру із силовими та живильними мережами. Однолінійна схема електропостачання підприємства. Схема приєднання СЕС. Конструктивні креслення. Основні техніко-економічні показники системи електропостачання.

6. Консультанти розділів дипломної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Бурбело М.Й., д.т.н., професор		
Економічна частина	Шулле Ю.А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О. В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «\_\_»\_\_\_\_\_2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство.	3.10.2023	
2	Механізми стимулювання виробництва електроенергії з відновлювальних джерел в Україні у 2023 році	23.10.2023	
3	Вибір основного обладнання	5.11.2023	
4	Економічна частина	25.11.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	30.11.2023	
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	2.12.2023	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Найдюк А.М.

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Бурбело М.Й.

## АНОТАЦІЯ

Найдюк А. М. Підвищення ефективності електропостачання торговельних комплексів міста Вінниці з використанням сонячної генерації. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня програма – «Електротехнічні системи електроспоживання». – Вінниця, ВНТУ, 2023. – 80 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 26 назв; рис.: 14; табл. 13.

Метою роботи є розробка рішень для торговельного центру «Караван», який розташований на вул. Тиврівське шосе в селі Лука-Мелешківська, Вінницького району з впровадженням сонячної електростанції.

У вступній частині роботи розглянуто специфіку торгових центрів, їх потреби у споживанні електроенергії. У основній частині виконано вибір основного обладнання сонячної електростанції, розроблено тривимірну модель торгового центру з розміщенням на них максимальної кількості сонячних панелей.

У розділі охорони праці знайдено технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту, опрацьовано електробезпеку на даному об'єкті, розглянуто вплив зовнішніх факторів на безпечну роботу електростанції, а також розглянуті заходи з обслуговування сонячної електростанції.

Ключові слова: сонячна електростанція, сонячні панелі, інвертор, автоматичний вимикач, обмежувач від перенапруг .

## ANNOTATION

Naidyuk A. M. Increasing the efficiency of electricity supply to commercial complexes in the city of Vinnytsia using a solar power plant. Master's qualification thesis on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", educational program - "Electrotechnical systems of electricity consumption". – Vinnytsia, VNTU, 2023 – 80 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 26 titles; Fig.: 14; table 13.

The purpose of the work is to develop solutions for the "Caravan" shopping center, which is located on the street. Tyvriv highway in the village of Luka-Meleshkivska, Vinnytsia district with the introduction of a solar power plant.

The introductory part of the work examines the specifics of shopping centers and their needs for electricity consumption. In the main part, the selection of the main equipment of the solar power plant was made, a three-dimensional model of the shopping center with the maximum number of solar panels was developed.

In the labor protection section, technical solutions for the safe operation of the object were found, electrical safety at this object was worked out, the influence of external factors on the safe operation of the power plant was considered, and measures for the maintenance of the solar power plant were also considered.



## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО .....	6
1.1. Загальні відомості про підприємство.....	6
1.2. Короткий опис технологічного процесу.....	6
1.3. Вихідні дані роботи та технічне завдання.....	7
1.4. Актуальність впровадження СЕС для торгових комплексів.....	9
2. МЕХАНІЗМИ СТИМУЛЮВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ В УКРАЇНІ У 2023 РОЦІ .....	12
2.1. Net Metering .....	12
2.2. Net Billing.....	13
2.3. «Зелений» тариф для суб'єктів господарювання, які виробляють електричну енергію з сонячної та вітряної енергії.....	15
2.4. Станція під власне споживання.....	16
3. ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ .....	18
3.1. Вибір фотоелектричних модулів (ФЕМ).....	18
3.2. Вибір інвертора .....	26
3.3. Максимальний струм в колі.....	31
3.4. Максимальна напруга в колі.....	32
3.5. Визначення місця розташування інвертора .....	33
3.6. Вибір захисних апаратів.....	35
3.6.1 Захист по змінному струму.....	35
3.6.2 Захист по постійному струму.....	42
3.7. Вибір з'єднувальних кабелів.....	43
Кабель для з'єднання сонячних панелей.....	43
4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	46

4.1.	Визначення терміну окупності для варіанту покриття лише внутрішніх потреб	46
4.2.	Прогнозування щорічно прибутку від компенсації власного споживання ....	50
5.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	54
5.1.	Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту .....	55
5.1.1	Електробезпека .....	55
5.1.2	Технічні рішення з безпечної організації робочих місць на висоті .....	56
5.2.	Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії .....	58
5.2.1	Мікроклімат .....	58
5.2.2	Склад повітря робочої зони .....	59
5.3.	Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи електропостачання торговельного центру міста Вінниці в умовах дії загрозливих чинників НС .....	64
	ВИСНОВКИ .....	67

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Торгові центри зазвичай працюють цілий рік, включаючи свята та неділю. У результаті, якщо торговий центр обладнаний сонячною електростанцією, попит на вироблену енергію буде завжди, і її можна буде спожити негайно. Іншими словами, немає днів простою, коли генерація повинна експортуватися в мережу за ціною, нижчою від роздрібною ціни електроенергії. Фінансова привабливість сонячної енергії буде тільки зростати, особливо для українських споживачів енергії: технологія стає доступнішою з кожним роком, а ціни на електроенергію продовжують зростати. [1].

Торговельні центри, як правило, мають велику площу даху відносно внутрішнього простору, що означає, що є достатня площа для розміщення великих масивів сонячних панелей. У результаті торговий центр, ймовірно, задовольнить або перевищить повну потребу в енергії, якщо весь дах буде покритий сонячними панелями. Як правило, ці торговельні центри мають велику площу даху відносно внутрішнього простору, що означає, що є достатня площа для розміщення великих масивів сонячних панелей. У результаті торговий центр, ймовірно, задовольнить або перевищить повну потребу в енергії, якщо весь дах буде покритий сонячними панелями. [1].

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є розробка рішень для дахових сонячних електростанцій торговельних центрів м. Вінниці.

Для реалізації поставленої мети роботи потрібно вирішити наступні задачі:

- Виконати аналіз сучасних типів сонячних панелей.
- Виконати аналіз сучасного інверторного обладнання.
- Оцінити можливості торговельного центру та підібрати потрібну потужність, яку можна розмістити панелями на даху торговельного центру.
- Провести вибір основного обладнання для дахової СЕС.
- Оцінити продуктивність та окупність проекрованої СЕС.

**Об'єкт дослідження магістерської кваліфікаційної роботи** - Торговий центр Караван розташований на вул. Тиврівське шосе (село Лука-Мелешківське), міста Вінниця.

**Предмет досліджень.** Предметом роботи є розробка проектних рішень для дахової сонячної електростанції для торговельного центру.

#### **Методи дослідження**

В якості програмних засобів автоматизації використано наступні засоби: електронний процесор MS Excel, систему автоматизованого комп'ютерного креслення Autodesk AutoCAD 2022 та текстовий процесор MSWord, математичний САПР MathCad, програма для моделювання тривимірних об'єктів SketchUp, додаток для прогнозування генерації електроенергії PVGIS.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Запропоноване рішення на даху торговельного центру розмістити сонячну електростанцію, потужністю 88 кВт, яка буде слугувати для компенсації власного споживання.

**Практичне значення одержаних результатів.** В результаті розрахунків отримано результати вибору обладнання для дахової сонячної електростанції, завдяки яким можливе комплексне підвищення надійності і економічності системи і дозволить підвищити енергетичну а також функціональну ефективність. Завдяки запровадженню розроблених алгоритмів забезпечується висока якість подальшого використання та обслуговування дахової СЕС.

**Апробація для результатів кваліфікаційної магістерської роботи.** Найбільшими вагомими положеннями, а також практичні результати проведеного дослідження було наведено в тезах доповіді на науковій-технічній конференції факультету електроенергетики та електромеханіки (2021). [2].

**Публікації.** Результати опубліковані в збірнику праць науково-технічної конференції факультету електроенергетики та електромеханіки (2021) в секції електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту. [2].

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається із вступу, шести розділів,

списку літератури з 26 найменувань. Основний зміст викладено на 80 сторінках друкованого тексту, містить 14 рисунків, 13 таблиць. Загальний обсяг роботи – 80 сторінок.

# 1. ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

## 1.1. Загальні відомості про підприємство

Торговий центр (далі ТЦ) Караван розташований на вул. Тиврівське шосе (в селі Лука-Мелешківська), міста Вінниця. Він являє собою - універсальний комплекс магазинів, що включає підприємства побутового обслуговування та громадського харчування.

ТЦ включає в себе продуктивний магазин 'Караван' з власною пекарнею та кухнею, аптеку, магазин роздрібних товарів, кав'ярню, та складські приміщення.

## 1.2. Короткий опис технологічного процесу

Технологічний процес охоплює в себе комплекс дії, які забезпечують обробку товарів, починаючи з їх прихід в магазин і закінчуючи повною готовністю до продажу та відпуском кінцевому споживачу.

Торговельний процес забезпечує перехід товарів із сфери обігу до сфери споживання і зміну форм вартості. Особливість цього процесу полягає в тому, що в ньому задіяні не тільки предмети праці (товари), але й об'єкти праці – покупці. Працівники торгового центру здійснюють продаж товарів і обслуговування покупців, а покупці в свою чергу, беруть участь у торговельному процесі. Основними компонентами торговельного процесу є знання попиту населення, складання і подання заявок на завезення товарів, формування асортиментів товарів, рекламування товарів, їх продаж, управління товарними запасами, надання кінцевим споживачам додаткових послуг тощо. [3].

Принциповою особливістю торговельно-технологічного процесу в торговихцентрах є участь у ньому покупців як об'єктів праці торговельного персоналу, при чому покупці можуть відігравати не тільки пасивну, але й досить

активну роль в торговельно-технологічному процесі. [3].

Технологічний процес торгового комплексу включає:

- транспортування товарів;
- проведення розрахунку за товари;
- розвантажування транспортних засобів;
- надання покупцям додаткових послуг технічного характеру.:
- доставку товарів у зону зберігання або в торговельний зал магазину;
- зберігання, підготовку товарів до продажу;
- приймання товарів за кількістю та якістю;
- переміщування товарів у торговельний зал;
- розташування і викладання в торговельному залі;

Усі технологічні операції, які виконуються в магазинах, поділяють на три основні групи:

- 1) операції безпосереднього обслуговування покупців;
- 2) підготовча робота з обслуговування покупців;
- 3) операції, пов'язані зі зберіганням товарних запасів.

### 1.3. Вихідні дані роботи та технічне завдання

Об'єкт роботи – Торговий центр(далі ТЦ) Караван

Вихідні дані для проектування:

- Ситуаційний план (рисунок 1.1)
- Генплан підприємства (рисунок 1.2),
- Дані про електричні навантаження підприємства (таблиця 1.1),
- Кількість годин використання максимального навантаження –  $T_m = 5100$  год;
- Клас наслідків об'єкта будівництва відповідно до ДСТУ Н Б В.1.2-16:2013 зі Зміною №1 від 01.07.2014 р. – СС1;
- Закон України №2020-19 від 13.04.2017 "Про внесення змін до деяких

законодавчих актів України щодо поліпшення умов ведення будівельної діяльності" .

Проектні рішення повинні бути виконані відповідно наступних норм та правил, що діють:

ДБН Б.2.4-1-94 "Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень";[4]

ДБН В.1.1.7-2016 "Пожежна безпека об'єктів будівництва";[5]

ГКД 34.20.507-2003 "Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила";[6]

Правила улаштування електроустановок;[7]

ГКД 341.004.001-94 "Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6-750 кВ".[8]

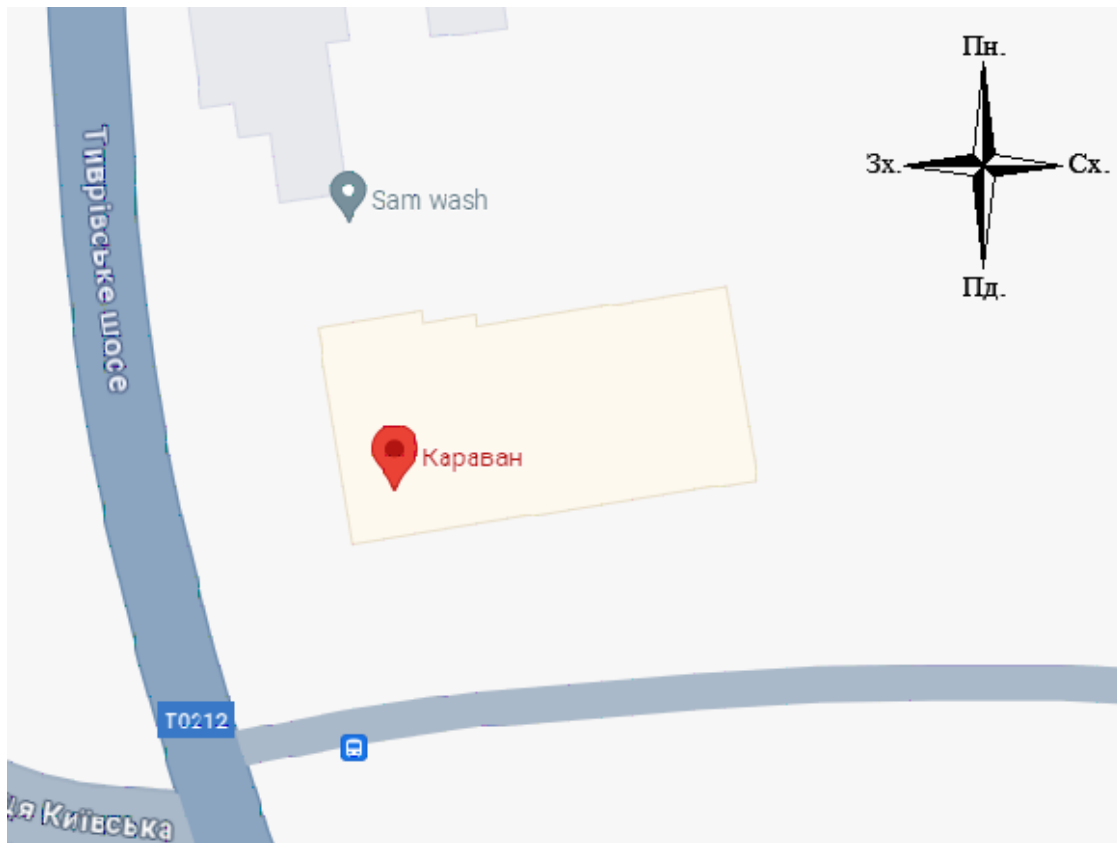


Рисунок 1.1 – Ситуаційний план розміщення ТЦ 'Караван'



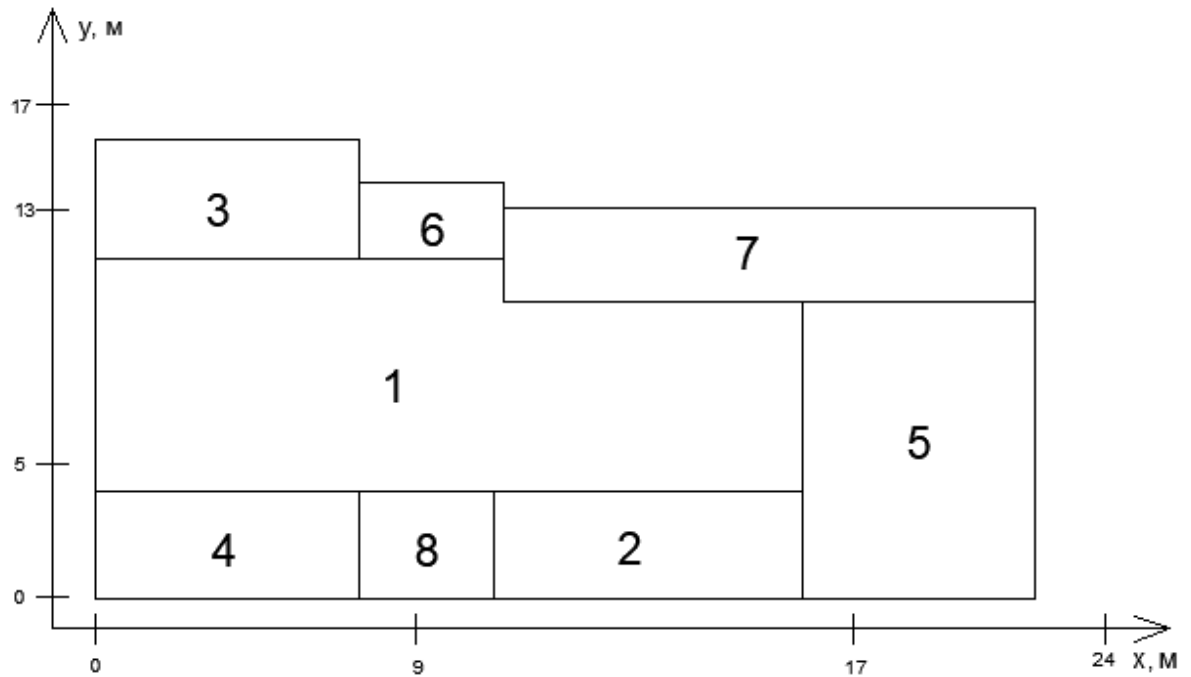


Рисунок 1.2 – Генплан підприємств

Таблиця 1.1 – Вхідні дані про електричні навантаження

№ приміщення	Назва приміщення	Номінальна потужність, кВт
1	Продуктовий магазин 'Караван'	58
2	Магазин роздрібних товарів	10
3	Кав'ярня	23
4	Аптека	10
5	Складські приміщення	7
6	Технічне приміщення	5
7	Кухня магазину	24
8	Щитова	1

#### 1.4. Актуальність впровадження СЕС для торгових комплексів

Сонячні електростанції часто використовуються для часткової заміни енергоспоживання в сучасних магазинах, торгових центрах та інших комерційних об'єктах. Такі сонячні електростанції можуть бути встановлені на дахах і фасадах комерційних будівель, а використання сонячної енергії для живлення торгових центрів сонячною енергією для власного споживання або продажу надлишків зовнішнім мережам - відмінна ідея. Торговий центр великої площі з плоским дахом є логічним місцем для встановлення сонячних панелей.

Весь бізнес, пов'язаний з торгівлею, так чи інакше споживає електроенергію. Тому використання сонячних електростанцій економічно виправдано і доречно. Використання сонячної енергії для задоволення власних потреб ефективно як для невеликих роздрібних мереж, так і для великих комерційних компаній (магазинів, ринків і торгових центрів). Крім того, можна побудувати мережеву сонячну електростанцію для продажу всієї виробленої електроенергії (або невикористаних надлишків електроенергії) на вільному ринку. Вибір того чи іншого варіанту використання сонячних панелей залежить від потреб конкретного підприємства і ціни на електроенергію.

Інвестиції в системи сонячної енергетики можуть бути найрозумнішими інвестиціями, які коли-небудь робили власники торгових центрів. Насправді, багато відомих торгових центрів по всьому світу в останні роки перейшли на сонячні дахи і екологічно чисту енергію. Маючи власну сонячну електростанцію на даху для торгового центру є великою перевагою на іншими.

Торговий центр працює майже в день по 16 годин, а інженерні мережі, такі як кондиціонер, освітлення, ліфти, ескалатори та фуд-корти, працюють цілий день, що робить його одним з найкращих кандидатів на встановлення сонячних панелей.<sup>1</sup> Як результат, торгові центри чутливі до зростання цін на електроенергію і надмірно залежать від дорогих дизельних джерел резервного живлення. Сонячні панелі для торгових центрів є практичним рішенням і гарантовано забезпечують безкоштовну

вироблення електроенергії протягом 25-30 років.

Сонячна енергія може забезпечити електроенергією у разі відключення електроенергії. Електрика може накопичуватися в батареї до тих пір, поки вона не знадобиться в екстремній ситуації або після заходу сонця. Сонячна енергія є ефективним джерелом енергії.

Відновлювані джерела енергії забезпечують нульове забруднення навколишнього середовища. Встановлення сонячних панелей на дахах торгових центрів забезпечить більше реклами для зменшення забруднення.

## 2. МЕХАНІЗМИ СТИМУЛЮВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ В УКРАЇНІ У 2023 РОЦІ

### 2.1. Net Metering

Чистий облік електроенергії Net Metering – це механізм, що дає змогу власникам об'єктів відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) зберігати надлишки виробленої електроенергії в єдиній енергетичній мережі України, щоб використати їх за потреби.

Цей механізм – заміна "зеленому" тарифу, який підходить тільки для запуску ринку, але не для його постійної роботи. Net Metering успішно працює вже більш ніж в 70 країнах світу.

Найважливішим критерієм прийняття рішення про впровадження Net Metering є розрахунок сценарію, заснований на реалістичних припущеннях про фінансові збитки та вигоди, які він принесе.

Навіть якщо електроенергія продається за субсидованим тарифом або рахунки за електроенергію не оплачуються окремими групами споживачів (наприклад, державними установами), чистий облік принесе переваги, зменшуючи поточні втрати.

Підприємства і громадяни, які обчислювали надлишки за нет-білінгом, віддавали їх в мережу під час пікових вечірніх та ранкових годин, що дуже стимулює ринок накопичення.

"Малі виробники електроенергії можуть віддавати електроенергію за підвищеною ціною саме тоді, коли вона буде максимально потрібна енергосистемі, що зробить ринок більш збалансованим. Це можливо за умови впровадження набору технологій розумної мережі та систем накопичення.

## 2.2. Net Billing

Це різновид мережевого обліку, який працює за схожими принципами. Різниця полягає в тому, що надлишок електроенергії, який повертається в мережу, зараховується не в кВт-год, а в гривнях відповідно до ціни електроенергії на момент її повернення. Кошти зараховуються на спеціальний рахунок споживача і можуть бути використані для оплати майбутньої електроенергії, спожитої з мережі. [9]

Протягом дня сонячні станції виробляють найбільше енергії через високу активність Сонця. У той же час пік споживання енергії припадає на ранок і вечір, тому що в цей час необхідно освітлення і включається безліч пристроїв. Таким чином, у нас є надлишок вироблюваної електроенергії на добу.

Використовуючи Net Billing, власник СЕС переводить надлишок виробленої енергії в загальну енергосистему, а на рахунок коштів відповідно до чинного тарифу на момент повернення в майбутньому користувач може використовувати гроші з цього рахунку для оплати електроенергії, взятої з державної енергосистеми. Зазвичай необхідність в його використанні виникає в осінньо-зимовий період, коли сонячна активність знижується і їх станції не можуть виробляти достатню кількість струму для потреб будинків і підприємств.

Основні переваги систем Net Billing та Net Metering:

- Механізм поширюється на всіх споживачів, зокрема бюджетні організації та установи, які набувають статусу активного споживача;
- Механізм поширюється на обладнання, що виробляє ЕЕ з енергії сонячного випромінювання та/або енергії вітру;
- Побутові споживачі у своїх приватних домогосподарствах мають право встановити обладнання, що генерує ЕЕ встановленою потужністю до 30 кВт, малі непобутові споживачі — до 50 кВт, інші споживачі — до 500 кВт;
- Запроваджується новий договір купівлі-продажу ЕЕ за механізмом самовиробництва, примірна форма якого затверджується Регулятором. Договір є

додатком до договору про постачання ЕЕ;

- Побутові та малі непобутові споживачі укладають договір із постачальником універсальних послуг, а інші споживачі — із постачальником ЕЕ;

- Побутові споживачі здійснюють продаж надлишків ЕЕ за ціною РДН («ринок на добу наперед») у відповідній годині, інші споживачі здійснюють продаж надлишків аналогічно або за договірною ціною;

- Сальдування вартості відпущеної та придбаної ЕЕ здійснюється на погодинній основі протягом місяця. Накопичені на особовому рахунку кошти споживача за відповідний місяць можуть бути використані протягом 12 місяців. [10]

Необхідність заміни "зеленого" тарифу на нову систему обумовлена також тим, що придбання цього тарифу вигідно тільки на етапі розвитку систем альтернативної енергетики. Спочатку "зелений" тариф розглядався як вигідне співробітництво держави і виробників, коли приватні СЕС продають невеликі обсяги енергії, які не використовуються. Однак багато хто встановив потужні станції з мінімальним споживанням. Надмірне виробництво стало дуже важливим, і держава повинна виконувати свої зобов'язання щодо закупівель в несприятливих умовах. Водночас в Україні відсоток "зелених" тарифів становить номер один з найвищих у Європі.

Оскільки Net Billing особливо орієнтований на забезпечення власного попиту споживача на енергію, кошти, внесені за надлишок, будуть нараховуватися відповідно до чинного на той момент тарифного плану, що дозволить державі скоротити перехресне субсидування, що забезпечує споживачів необхідною кількістю електроенергії, і збалансувати український енергетичний ринок.

Тариф для підприємців набагато вищий, ніж для фізичних осіб, і рівень споживання також високий, тому СЕС для бізнесу - вигідна інвестиція, навіть якщо ви не продаєте електроенергію державі.

Таким чином, юридичні особи можуть ефективно використовувати СЕС для власного споживання без фінансового збитку для енергетичного сектора України. Ви можете повністю задовольнити свої потреби в енергії за рахунок енергії, виробленої

сонячними електростанціями, інвестувати в розвиток бізнесу і знизити собівартість виробленої Вами продукції.

Незважаючи на зміни умов закупівлі електроенергії державою, вартість енергоресурсів продовжує зростати з кожним роком, тому СЕС для комерції вигідна і продовжить залишатися прибутковою в майбутньому.

Водночас нововведення поки не планується застосовувати до споживачів, які вже працюють за "зеленими" тарифами.

2.3. «Зелений» тариф для суб'єктів господарювання, які виробляють електричну енергію з сонячної та вітряної енергії.

Нормативне визначення терміну "зелений" тариф міститься у статті 1 Закону України "Про електроенергетику". Відповідно до нього, "зелений" тариф - це спеціальний збір за купівлю електричної енергії, виробленої з альтернативних джерел енергії, у тому числі на прийнятих в експлуатацію електростанціях (пускових установках).

Відповідно до статті 15 вищезазначеного Закону України, електрична енергія, вироблена об'єктами електроенергетики, продається на оптовому ринку електричної енергії України, а ринок зобов'язаний купувати всю електричну енергію, вироблену об'єктами електроенергетики, що виробляють електричну енергію з альтернативних джерел енергії, у суб'єктів господарювання, яким встановлено "зелений" тариф, незалежно від їх встановленої потужності або обсягу відпуску, за "зеленим" тарифом у розмірі, що дорівнює Місто зобов'язане купувати електроенергію.

Відповідно до частини 1 статті 17 Закону, "зелені" тарифи затверджуються НКРЕКП. Мінімальний розмір "зеленого" тарифу для суб'єкта господарювання встановлюється шляхом перерахування "зеленого" тарифу, розрахованого відповідно до норм Закону України "Про електроенергетику" станом на 1 січня 2009 року, в

євро за офіційним обмінним курсом Національного банку України на цю ж дату.

Для виробників електроенергії, що використовують відновлювані джерела енергії, "зелений" тариф діятиме до 1 січня 2030 року; "зелений" тариф для електроенергії, виробленої на електростанціях, які будуть введені в експлуатацію або суттєво модернізовані після 2014, 2020 та 2024 років, буде знижено на 10, 20 та 30 відсотків відповідно будуть здійснені наступні скорочення.

#### 2.4. Станція під власне споживання

СЕС забезпечує власне споживання електроенергії об'єктом, поки світить сонце. Якщо "сонячної енергії" не вистачає, різниця автоматично береться із загальної мережі.

Ще однією перевагою сонячних електростанцій для власного споживання є те, що вони не потребують проектів підключення або дозволів. Як наслідок, час реалізації таких проектів становить лише один-два місяці, а економія електроенергії може розпочатися одразу після запуску електростанції.

Термін окупності залежить від поточного тарифного плану об'єкта; з урахуванням тарифу на електроенергію для корпоративних клієнтів у 2023 році, термін окупності таких станцій для власного споживання оцінюється в чотири роки. Якщо врахувати подальше підвищення тарифів на електроенергію для юридичних осіб, то термін окупності таких проектів ще коротший.

Приватні електростанції дають компаніям можливість отримати певну енергетичну незалежність та заощадити на рахунках за електроенергію. 1. Всі ми розуміємо, що електроенергія є одним з визначальних факторів функціонування будь-якого підприємства, галузі, сільського господарства, промисловості і т. д.

Технології сонячної енергетики розвиваються дуже швидко, і сьогодні стало можливим будувати сонячні електростанції відповідно до ваших власних потреб. Особливо якщо взяти до уваги неминуче подорожчання електроенергії, що



виробляється традиційними електростанціями із застарілим і дорогим обладнанням.

Крім того, наші держави просуваються до трансформації традиційної енергетики та виконують міжнародне зобов'язання перед Європейським союзом збільшити частку відновлюваних джерел енергії в енергобалансі до 25% до 2035 року. Тобто, незважаючи на тимчасові труднощі, розвиток цього сектора не зупиниться.

Цей тип станцій може бути легко інтегрований у форму комерційної станції, яка може продавати електроенергію в мережу, за умови дотримання всіх необхідних законодавчих вимог.

### 3. ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ

#### 3.1. Вибір фотоелектричних модулів (ФЕМ)

У великому світі сонячного енергетичного обладнання, який постійно розвивається, не існує офіційної системи рівнів для типів сонячних панелей. Незважаючи на це, Tier 1 є загальним терміном, який використовується для визначення продуктів найвищої якості, які зараз доступні споживачам.

Спочатку класифіковані BloombergNEF, виробники сонячної енергії Tier 1 представляють групу давніх компаній, які виробляють надійне фотоелектричне (PV) обладнання на основі перевірених результатів. Таким чином, термін «Tier 1» використовується для відділення високоякісного обладнання від продуктів, які можна вважати дещо ризикованішими інвестиціями. (Офіційних вказівок щодо визначення виробників «Tier 2» або «Tier 3» немає.)

Щоб вважатися виробником сонячних панелей Tier 1, виробник повинен підтвердити високу «банківську спроможність», тобто компанія та її продукти повинні пройти перевірку якості та довговічності, щоб завоювати довіру як споживачів, так і фінансистів. [11]

Отже, хоча сонячні панелі Tier 1 за визначенням не є найефективнішими сонячними панелями, вони зазвичай вважаються найкращими та найнадійнішими завдяки репутації постачальника. Сьогодні очікується, що сонячні панелі Tier 1 прослужать 25 років і більше, враховуючи їх високоякісні, стійкі до погодних умов матеріали та конструкцію. [11]

Загалом, сонячні панелі Tier 1 є жорсткими (не гнучкими) і використовуються для житлових, комерційних чи комунальних установок. Панелі рівня 1 можуть бути полікристалічними або монокристалічними, синього або чорного кольору

відповідно, і зазвичай розраховані на щонайменше 300 Вт потенційної потужності.

Переваги сонячних панелей Tier 1:

1) Вища потужність і більш ефективне виробництво електроенергії

Панелі рівня 1 зазвичай мають вищу потужність ( 250 Вт проти 400 Вт ) і більш ефективні сонячні елементи, ніж панелі виробників нижчого рівня. Це означає, що сонячні панелі рівня 1 можуть допомогти вам виробляти максимальну кількість сонячної енергії, коли ваша система піддається впливу прямого сонячного світла.

Як результат, можна очікувати, що сонячні панелі Tier 1 з високою продуктивністю генеруватимуть більше сонячної енергії за годину, день і рік, ніж обладнання від менш авторитетного виробника. Це повинно призвести до зниження рахунків за електроенергію та, у свою чергу, більшої рентабельності інвестицій .

2) Міцні матеріали та гарантована продуктивність

Обладнання Tier 1 також виготовляється з високоякісним обладнанням, призначеним для тривалого використання на відкритому повітрі. Через більшу кількість досліджень і розробок, які вкладають у свою продукцію, виробники сонячних батарей рівня 1, швидше за все, постачатимуть панелі з доведеною стійкістю до дощу, граду, сильного вітру та інших потенційно небезпечних погодних умов.

Більше за все, найкращі показники виробника Tier 1 – це їхні розширені гарантії та гарантії продуктивності. Хоча на панелі нижчої якості може діяти гарантія лише кілька років, панелі Tier 1, як правило, мають певний рівень ефективності, який повільно знижується протягом двох десятиліть або більше.

Представник рейтингу Tier 1 «Bloomberg New Energy Finance Note», що є в наявності на українському ринку в 2023 році, має власне виробництво та міжнародні сертифікати якості є компанії «LONGi», «Jinko», «Ja Solar», «Trina».

Якість сонячних панелей зазвичай вимірюється їх ефективністю . Виробники

визначають ефективність фотоелектричної системи, випробовуючи фотоелектричні елементи в стандартних умовах випробувань, які визначають кімнатну температуру 25° Цельсія (77°F) і опромінення 1000 Вт/м<sup>2</sup>.

Монокристалічні панелі мають показник ефективності понад 20%, тоді як полікристалічні панелі – близько 15%. Навіть зважаючи на економію полікристалічних панелей, вища ефективність монокристалічних панелей робить їх вартими в довгостроковій перспективі.

Температурний коефіцієнт PV показує, як зміна температури впливає на ефективність панелі. Він виражається у відсотках на градус Цельсія та являє собою зменшення вихідної потужності на кожен градус вище контрольної температури (зазвичай 25°C). Наприклад, температурний коефіцієнт -0,3% / °C означатиме, що потужність панелі зменшується на 0,3% для кожного градуса вище 25°C.

Коли фотоелектричні елементи нагріваються, їх ефективність знижується через збільшення електричного опору в клітинах. Нижчий температурний коефіцієнт означає, що продуктивність панелі менш чутлива до підвищення температури, що робить його бажаною характеристикою при порівнянні різних панелей.

Оновлений Міжнародний будівельний кодекс 2012 року вимагає, щоб сонячні панелі відповідали вогнестійкості даху, де вони встановлені. Це робиться для того, щоб модулі не прискорювали поширення полум'я у разі пожежі. (Каліфорнія йде ще далі, вимагаючи, щоб уся фотоелектрична система, яка включає стелажну систему, мала однакову вогнестійкість).

Таким чином, сонячні панелі тепер мають той самий класифікаційний рейтинг, що й дахи:

- клас А - ефективний проти сильного впливу вогню; поширення полум'я не повинно перевищувати 6 футів; необхідний для зон зв'язку між дикою місцевістю та містом або для територій із високою інтенсивністю та ризиком лісових пожеж

- клас В - ефективний проти помірного впливу вогню ;поширення полум'я не повинно перевищувати 8 футів

-Клас С - ефективний проти впливу легкого вогню;поширення полум'я не повинно перевищувати 13 футів

Сонячні батареї також перевіряються на град .

Стандарти UL 1703 і UL 61703 стосуються ураганів з градом, скидаючи 2-дюймові суцільні сталеві сфери на сонячні панелі з висоти 51 дюйм і вистрілюючи 1-дюймовими кульками льоду на фотоелектричні панелі за допомогою пневматичної гармати для імітації ударів градом.

Завдяки своїй більш товстій конструкції кристалічні панелі можуть протистояти ударам граду на швидкості до 50 миль/год, тоді як тонкоплівкові сонячні панелі мають нижчий рейтинг через свою тонку та гнучку природу.

LID – це втрата продуктивності, яка зазвичай спостерігається в кристалічних панелях протягом перших кількох годин перебування на сонці. Це відбувається, коли сонячне світло реагує на залишки кисню, що залишилися в процесі виробництва, що впливає на структуру решітки кремнію.

Втрата LID безпосередньо пов'язана з якістю виготовлення і може коливатися в межах 1-3%.

З огляду на все вище згадане обираємо PV модуль JA Solar JAM72S30-545/MR 545 Wp, Mono, його зовнішній вигляд та габаритні розміри показано на рис.3.1-3.2, а технічний паспорт в таблиці 3.1.

JA  
SOLAR

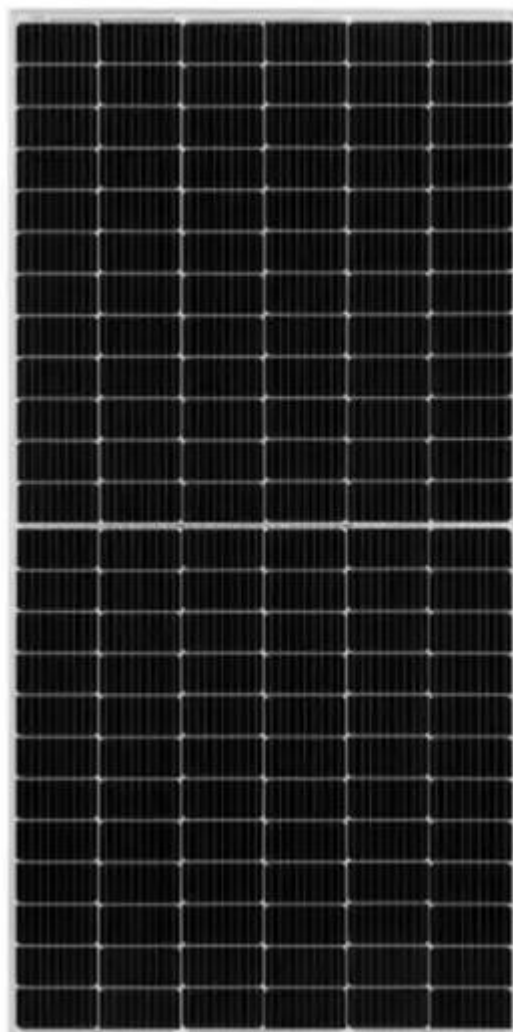


Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд фотоелектричних модулів виробника "JA Solar", марки JAM72S30-545/MR 545 Wp, Mono

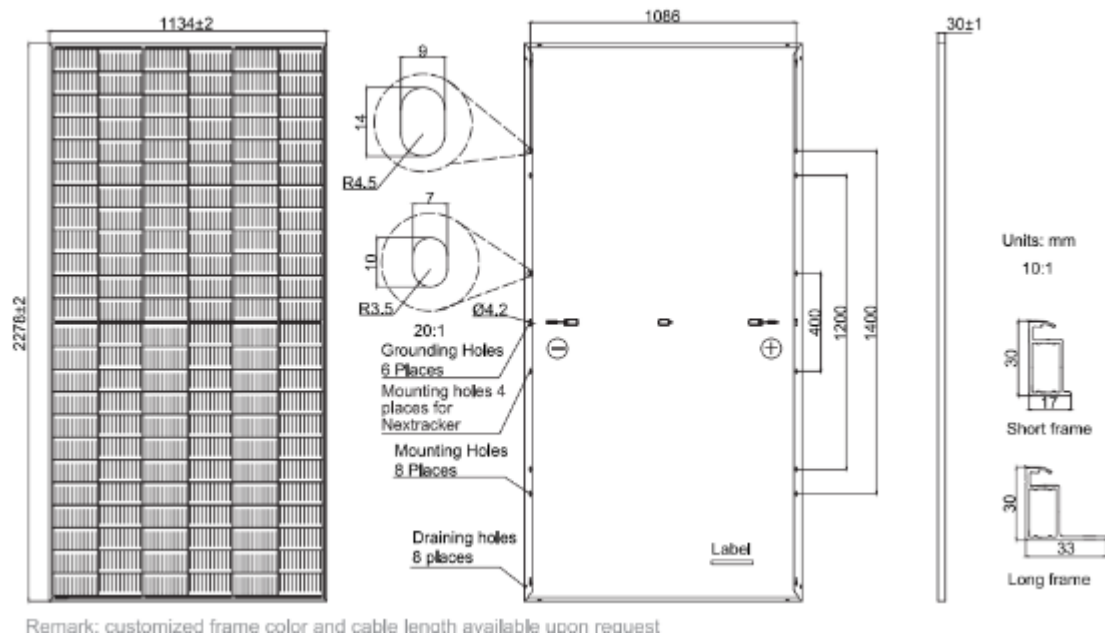


Рисунок 3.2 - Габаритні розміри фотоелектричних модулів "JA Solar", марки JAM72S30-545/MR 545 Wp, Mono

Таблиця 3.1 – Паспортні дані сонячних модулів "JA Solar", марки JAM72S30-545/MR 545 Wp, Mono

Характеристика	"JA Solar", марки JAM72S30-545/MR 545 Wp, Mono
Максимальна потужність, Вт	545
Напруга холостого ходу, В	49,75
Струм короткого замикання, I <sub>sc</sub> , А	13,93
Напруга МРР, В	41,8
Струм МРР, А	13,04
Ефективність модуля, %	21,1
Допустиме відхилення потужності, Вт	5
Максимальна напруга системи, В	-0,45%/°C
Максимальний струм запобіжників, А	-0,275%/°C

Температурний коеф. $P_{max}$	-0,350%/°C
Температурний коеф. $V_{oc}$	-40..°C

Одним з головних показників сонячних фотомодулів є вольт-амперна характеристика (ВАХ). На графіку цієї характеристики зображають два параметри фотоелектричних модулів:  $I_{kz}$  та  $U_{хх}$ .

На рис. 3.3 зображена вольт-амперна характеристика фотоелектричного модуля компанії виробника модулів "JA Solar", марки JAM72S30-545/MR 545 Wp, Mono, а на рис. 3.4 зображена ВАХ при різних показниках температури навколишнього середовища.

Current-Voltage Curve JAM72S30-555/GR

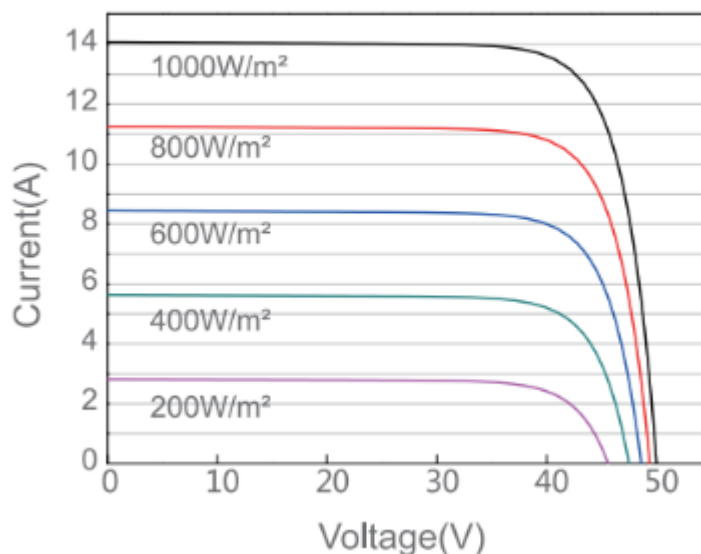


Рисунок 3.3 - Вольт-амперна характеристика фотоелектричного модуля "JA Solar", марки JAM72S30-545/MR 545 Wp, Mono



Current-Voltage Curve JAM72S30-555/GR

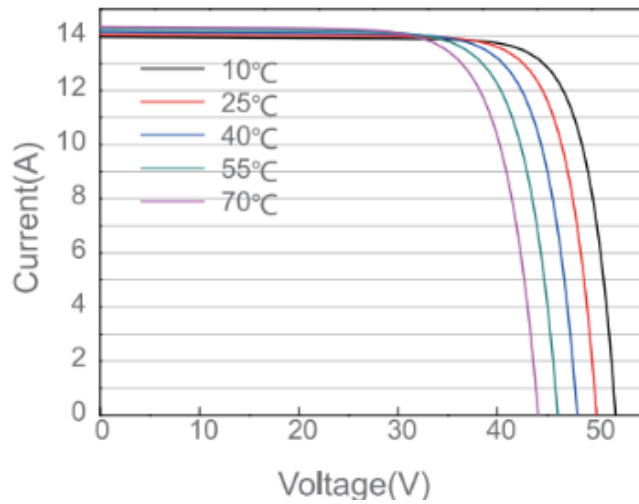


Рисунок 3.4 - Вольт-амперна характеристика фотоелектричного модуля "JA Solar", марки JAM72S30-545/MR 545 W<sub>p</sub>, Моно при різних температурах навколишнього середовища.

По кресленням даху, було створено тривимірну модель ТЦ (рис.3.5) у програмі SketchUp та спроектовано максимальну кількість панелей(161 шт) "JA Solar", марки JAM72S30-545/MR 545 W<sub>p</sub>, Моно, яку можна розмістити на даху торгового центру.

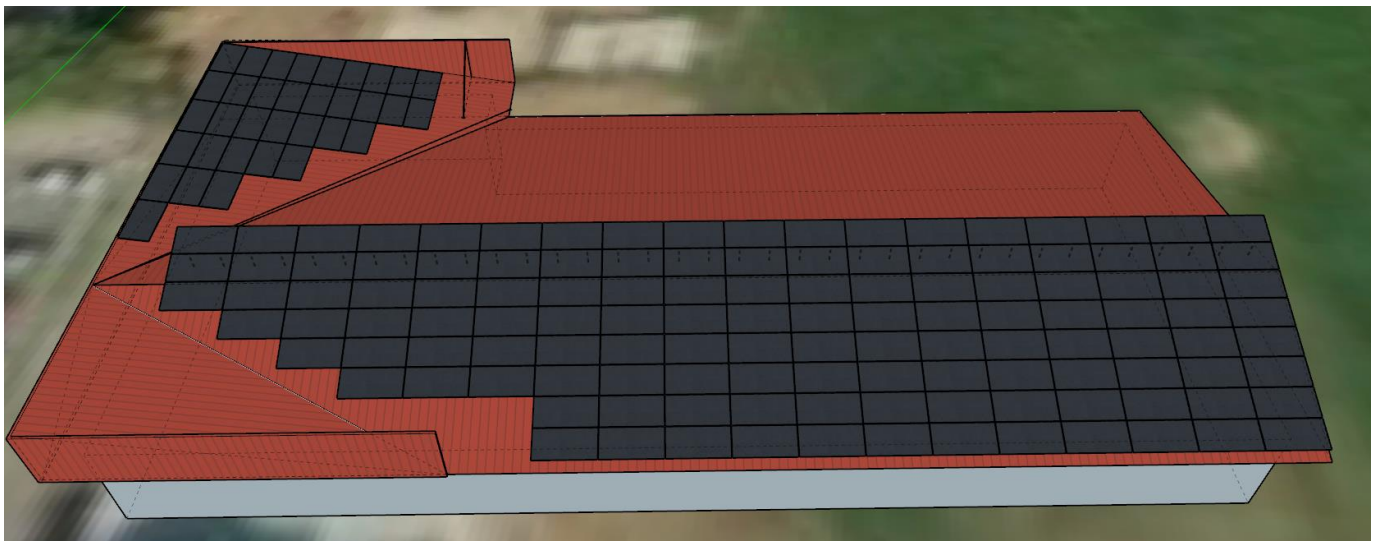


Рисунок 3.5 - Тривимірна модель ТЦ з максимальною кількістю панелей, яка може бути розташована на даху

### 3.2. Вибір інвертора

Ефективність інвертора залежить від потужності, яку він отримує від сонячних панелей і перетворює на придатну для використання потужність змінного струму. Ефективний інвертор зменшує втрати енергії, які зазвичай трапляються під час отримання постійного струму від сонячних панелей.

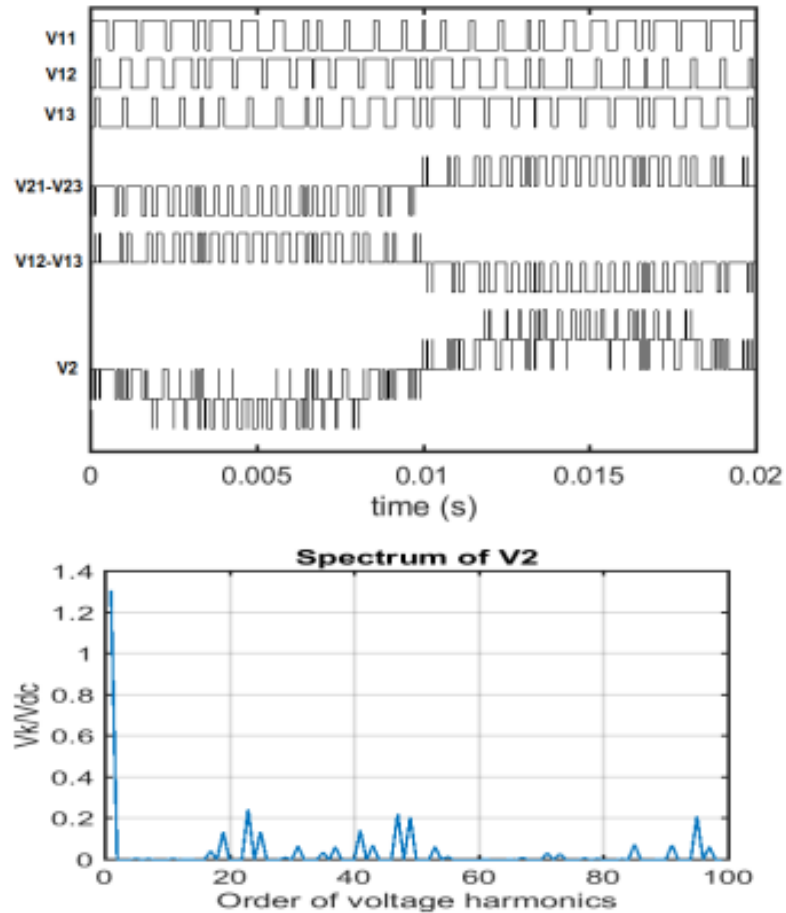
Інвертори піддаються впливу агресивних природних факторів, таких як вода, бруд, пил, високі температури, низькі температури, коливання напруги тощо. Також необхідно перевірити та переконатися, що інвертор може протистояти агресивним явищам навколишнього середовища чи ні. Бажано забезпечити використання інвертора мінімум IP65

Вхідна напруга постійного струму - це діапазон напруги, який інвертор приймає від фотоелектричної системи. Місцеві кліматичні дані та температурні коефіцієнти визначатимуть максимальну та мінімальну очікувану напругу. Перевищення максимальної специфікації напруги інвертора може призвести до пошкодження або пожежі в найгіршому випадку; і хоча це не небезпечно, занадто низька напруга масиву може призвести до припинення процесорної потужності інвертора.

Вихідна потужність змінного струму інвертора повинна відповідати фотоелектричній панелі. Номінальна потужність фотоелектричної системи за стандартними умовами випробування (STC) дасть гарне уявлення про мінімальний розмір необхідного інвертора.

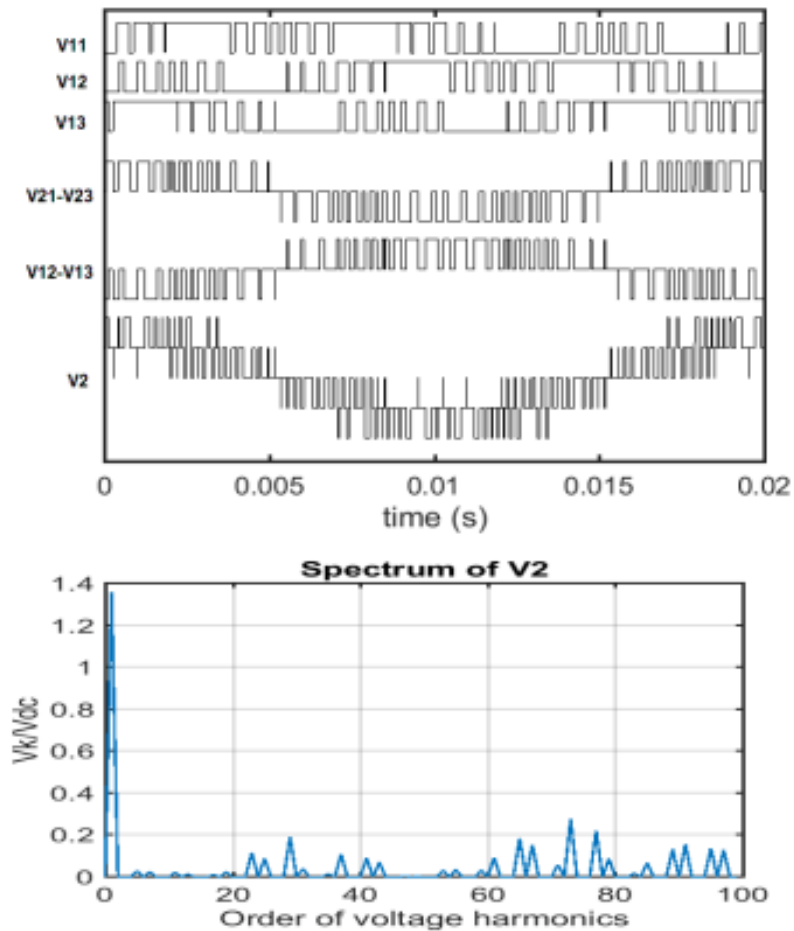
Модифіковані закони та алгоритми синхронної ШІМ це дозволяють забезпечити синхронізацію та симетрію основних форм напруги вищезгаданих систем весь діапазон регулювання, включаючи зону перемодуляції. Парних гармонік і субгармонік немає (основної частоти) у спектрах базових напруг цих систем перетворення потужності. Покращення гармонійного складу базових напруг і струмів в аналізованих інверторних системах із синхронною багатозонною

модуляцією, що спостерігаються за різних режимів і умов їх експлуатації, сприяє зниженню втрат у відповідних установках, підвищенню їх ефективності. Покажемо це на 2-х діаграмах, зображених на рис 3.6 - 3.7



**Fig. 23 [22]**

Рисунок 3.6 – Основні форми сигналів напруги та спектри напруги обмотки фотоелектричної системи з інверторами керується схемою безперервної синхронної ШІМ (SPWM), коефіцієнт модуляції інверторів дорівнює дорівнює  $m = 0,6$ .



**Fig. 24 [22]**

Рисунок 3.7 – Представлено діаграми для фотоелектричної системи з інверторами, керованими алгоритмами переривчастої модуляції з 30-градусними інтервалами неперемикання

Представлені діаграми показують велику залежність значення коефіцієнта КНІ від числа напруг гармонік, враховуючи при визначенні КНІ. Але для обох випадків визначення коефіцієнта КНІ, представлених на рис. 3.8а (k=40) та на рис. 3.8б (k=100), кращі значення коефіцієнта КНІ можуть бути забезпечені за допомогою використання алгоритмів розривної ШІМ для керування інверторами

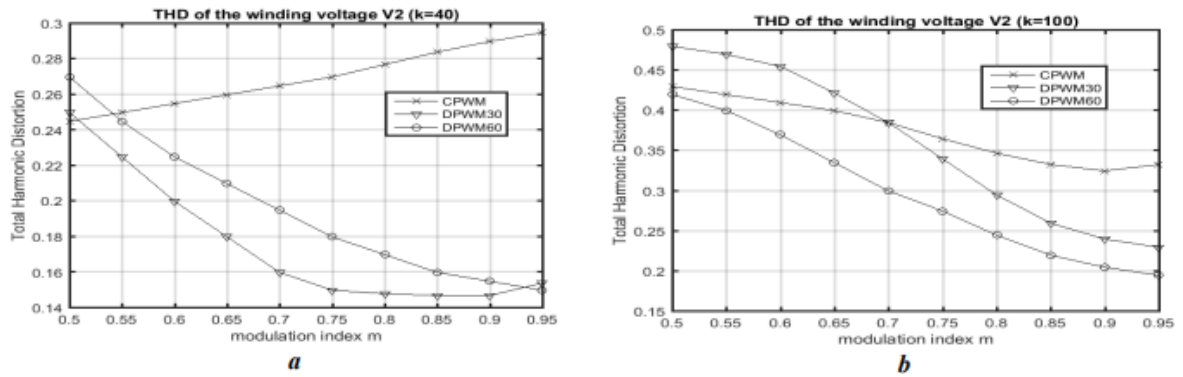


Рисунок 3.8 – Діаграми, які показують велику залежність значення коефіцієнта КНІ від числа напруг гармонік

Враховуючи всі, вище перелічені фактори обираємо інвертор типу SUN 2000-50KTL-M3 компанії HUAWEI. Зовнішній вигляд інвертора наведено на рис. 3.9, а також основні технічні характеристики наведені у таблиці 3.2



Рисунок 3.9 – Зовнішній вигляд інвертора SUN 2000-50KTL-M3 компанії HUAWEI

Таблиця 3.2 – Паспортні дані інвертора SUN 2000-60KTL-M3

Опис	Значення
Номінальна активна потужність АС	50 000 Вт
Макс. повна потужність АС	55 000 ВА
Максимальна вхідна напруга	1100 В
Діапазон напруги МРРТ	200-1000 В
Максимальна ефективність	98,5%
Макс. струм на кожен МРРТ	30 А (на МРРТ) / 20 А (на один вхід)
Макс. струм КЗ на кожен МРРТ	40 А
Макс. кількість вводів	8
Кількість МРР трекерів	4
Номінальна вихідна напруга	400 В / 480 В, 3W+(N) + PE
Номінальна частота АС	50 Гц / 60 Гц
Номінальний вихідний струм	72.2 А
Діапазон коефіцієнту потужності	0.8 LG ... 0.8 LD
Макс. коефіцієнт нелінійних спотворень	<3%
ПЗП по стороні DC	Тип II
ПЗП по стороні АС	Тип II
Індикація	LED індикатори, Bluetooth + FusionSolar APP
Розмір (Д x В x Ш)	640 x 530 x 270 мм
Робочий діапазон температур	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Тип охолодження	Природна конвекція
Ступінь захисту	IP 66

Розраховуємо кількість інверторів наступним чином (з урахуванням КПД інвертора):

$$N_{инв} = \frac{P_{\phi}}{P_{ном.инв}} \quad (3.1)$$

$$N_{инв} = \frac{87,2}{50} = 1,744 = 2 \text{ шт}$$

де  $P_{\phi}$  - фактична потужність станції, кВт (згідно максимальної потужності панелями 160 шт \* 545 Вт = 87,8 кВт).

Виходячи з розрахунку, наша електростанція потребує 2 інверторів.

### 3.3. Максимальний струм в колі

Напруга сонячної панелі не є фіксованою і змінюється в залежності від інтенсивності сонячного світла, що потрапляє на панель. На нього також сильно впливає температура. У міру підвищення температури комірок в панелі напруга зменшується. Це також призводить до зниження вихідної потужності модуля. Величина зміни напруги з кожним градусом зміни температури називається температурним коефіцієнтом :[12]

Максимальний струм, який може видавати одна панель:

$$I_{sc(Tr)} = I_{sc} \cdot \left(1 + (Tr - 25) \cdot \frac{a_T}{100}\right) \quad (3.2)$$

Максимальний струм, який може видавати одна панель із сонячними модулями марки JAM72S30-545/MR 545 Wp, Mono.

$$I_{sc(Tr)} = 13.93 \cdot \left(1 + (85 - 25) \cdot \frac{0.06}{100}\right) = 14.43(A)$$

де:  $I_{sc(Tr)}$  — значення струму сонячної панелі при  $70^\circ C$ ;

$I_{sc}$  — значення струму кз в умовах STC, вказане в характеристиці сонячного модуля (таблиця 3.1);

$Tr$  — максимальна температура ( $85^\circ C$ );

$\alpha_T$  — температурний коефіцієнт  $I_{sc}$  (0,06 %/K).

### 3.4. Максимальна напруга в колі

Загальна напруга інверторного стрінга не повинна перевищувати максимальну напругу, дозволена на вході використовуваного інвертора. Самі сонячні панелі також мають максимальну напругу системи, яку не можна перевищувати. В випадку використання інвертора SUN 2000-50KTL-M3 максимальна напруга системи становить або 1100 В.

Максимальна напруга розраховується за формулою:

$$U_{oc(Tr)} = U_{oc} \cdot \left(1 + (Tr - 25) \cdot \frac{\beta_T}{100}\right) \quad (3.3)$$

Максимальна напруга, яку може видавати одна панель марки JAM72S30-545/MR 545 Wp, Mono

$$U_{oc(Tr)} = 49,75 \cdot \left(1 + (-40 - 25) \cdot \frac{-0,31}{100}\right) = 59,77(B)$$

де:  $U_{oc(Tr)}$  — напруга при температурі —  $25^\circ C$ ;

$U_{oc}$  — напруга холостого ходу ;



$T_r$  — мінімальна робоча температура (-40 °C);

$\beta_T$  — температурний коефіцієнт модуля (-0,31%/K).

Аналізуючи попередню формулу, ми можемо підрахувати максимальну кількість панелей в стрінгу, з'єднаних між собою послідовно.

$$N_{max} \leq U_{DC\ max} / U_{OC(T_r)} \text{ шт.}, \quad (3.4)$$

Для панелі із сонячними модулями марки JAM72S30-545/MR 545 Wp, Mono:

$$N_{max} \leq 1100 / 59,77 = 18,4 \text{ (шт.)}$$

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

### 3.5. Визначення місця розташування інвертора

Для забезпечення правильної роботи інвертора місце установки повинно відповідати наступним вимогам:

- Інвертор призначений для використання на відкритому повітрі, має ступінь захисту IP65.

- Місце установки повинно бути прохолодним і добре провітрюваним. Не піддавайте інвертор впливу прямих сонячних променів.

- Уникнення місць з високою температурою може призвести до надмірного підвищення температури всередині інвертора, пошкодження ланцюга захисту і відключення через перегрів.

- Дощ і сніг впливають на термін служби інвертора, не встановлюйте інвертор на відкритому просторі і встановіть на нього захисний козирок.

- Інвертор слід розміщувати в добре провітрюваному місці, оскільки

охолодження компонентів відбувається природним чином. Не встановлюйте інвертор у закритому корпусі. В іншому випадку він перегріється.

- Закріпіть інвертор на залізобетонній або металевій стіні, здатній витримати його вагу. Встановлюйте тільки у вертикальному напрямку. Переконайтеся, що місце установки не схильне до ударів або вібрації.

- При роботі інвертора буде виникати певний шум (40 дБ), і його слід встановлювати далеко від житлових приміщень.

- Переконайтеся, що вибране місце установки зручно для відображення інформації на дисплеї.

- Забезпечте достатній простір навколо інвертора для вентиляції, не ставте його поруч з іншими предметами і враховуйте необхідність технічного обслуговування і безпечного доступу.

- Інвертор не слід встановлювати на відкритому повітрі, так як в місцях попадання солі він може піддатися корозії і викликати загоряння.

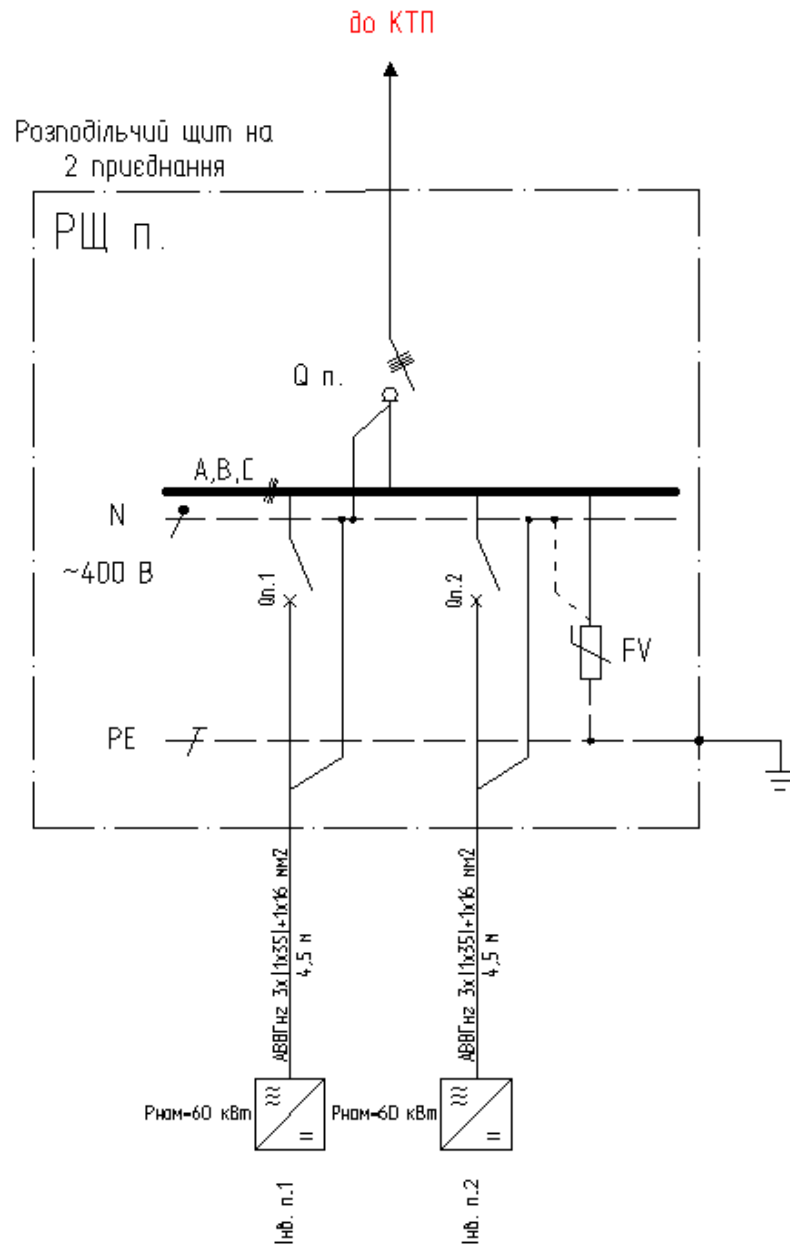


Рисунок 3.10 – Схема електричних з'єднань РЩ-0,4 кВ на 2 приєднання

### 3.6. Вибір захисних апаратів

#### 3.6.1 Захист по змінному струму

Вибір автоматичного вимикача.

При виборі автоматичного вимикача керуємося вимогами щодо виконання наступних пунктів:

1. номінальна напруга;
2. кількість полюсів;
3. номінальний струм навантаження;
4. координація струму автоматичного вимикача та тривало допустимого струму кабелю;
5. виконання захисту від перевантажень та забезпечення його чутливості;
6. стійкість до ударного струму КЗ;
7. виконання захисту від КЗ та забезпечення його чутливості;

До розгляду приймаємо автоматичний вимикач із комбінованим розчеплювачем типу ETIBREAK 100A EB2 125/3L 100A 3р.

1) Вибір номінальної напруги автоматичного вимикача

Номінальна напруга автоматичного вимикача (500 В) має бути більшою, або рівною номінальній напрузі мережі (400 В), що є справедливим для обраного вимикача.[13]

2) Вибір кількості полюсів автоматичного вимикача:

Для трифазної мережі, як правило застосовуються триполюсні, або чотириполюсні автоматичні автомати, відповідно попередніх проектних досліджень було вибрано триполюсний вимикач.

3) Вибір номінального струму автоматичного вимикача за струмом навантаження:

Для трифазної мережі, як правило застосовуються триполюсні, або чотириполюсні автоматичні автомати.

Для випадку коли на власних потребах фотоелектричної станції передбачається установка пристрою АВР (для підключення ДГУ чи іншого резервного джерела живлення) слід вибирати 4-х полюсний автоматичний вимикач та виконувати кабельний зв'язок між ТВП та ЩВП по 5-ти провідній системі TN-S.

У даному випадку достатньо встановити 3-х полюсний автоматичний вимикач, та виконувати систему заземлення одного з типів TN-C, TN-C-S або TT.

4) Координація струму автоматичного вимикача та тривало допустимого струму кабелю

Пункт 3.1.32 ПУЕ (Правила улаштування електроустановок. Зміни та доповнення станом на 11.07.2016р.) регламентує координацію між провідниками та пристроями захисту від перевантаження (зазвичай вони встановлені на початку провідника, що захищається), яка полягає в забезпеченні відповідності двом наступним умовам:[14]

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (3.5)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (3.6)$$

де:

- $I_b$  - струм навантаження;
- $I_z$  - тривала навантажувальна здатність кабелю;
- $I_n$  - номінальний струм захисного пристрою; для пристроїв захисту з можливістю настройки, номінальним струмом  $I_n$  є струм уставки;
- $I_2$  - струм, що забезпечує ефективну роботу захисного пристрою за визначений час.

Відповідно до умови (3.5) необхідно переконатися, що автоматичний вимикач має номінальний (або встановлений) струм, щоб правильно вибрати пристрій захисту.:

- Струм вище, ніж струм навантаження, для запобігання неправильного спрацьовування;
- Під навантажувальною здатністю кабелю, щоб запобігти перевантаженню кабелю.

Стандарт допускає струм перевантаження, який на 45% перевищує

навантажувальну здатність кабелю, але тільки протягом обмеженого періоду часу (умовний час спрацьовування захисного пристрою).

При використанні автоматичного вимикача вам не потрібно перевіряти стан (3.6), оскільки відключення захисту спрацьовує автоматично в наступних випадках:

- $I_2 = 1,3 \cdot I_n$  для автоматичних вимикачів, що відповідають стандарту МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2) (автоматичні вимикачі промислового призначення);

- $I_2 = 1,45 \cdot I_n$  для автоматичних вимикачів, що відповідають стандарту МЭК 60898 (ГОСТ Р 50345) (автоматичні вимикачі для установок побутового та аналогічного призначення);

Таким чином, для автоматичних вимикачів, якщо  $I_n < I_z$ , формула  $I_2 < 1,45 \cdot I_z$  буде теж підтверджена.

Відповідно до вимоги глави 1.3 Правил улаштування електроустановок. Харків Видавництво «Форт» 2017 тривало допустимий струм кабелю ВВГнг 4х25 складає 115 А, що більше величини струму уставки захисту від перевантаження - 50 А. (Основними вимогами при виборі перерізу були забезпечення втрат напруги та чутливості захистів).

5) Виконання захисту від перевантажень та забезпечення його чутливості:

Уставка струму спрацювання захисту від перевантаження приймається рівною  $0,8 \cdot I_n$  (За вимогою забезпечення обмеженої пропускної здатності 55 кВт поставленої здатністю інвертора SUN 2000-60KTL-M3).

$$I_1 = 0,8 \cdot I_n = 80 \text{ А.}$$

При цьому виробник автоматичного вимикача гарантує початок роботи захисту від перевантаження в діапазоні струмів  $(1,05 - 1,3) I_1$ .

Оскільки ТВП має групу з'єднань Д/Ун-11 то для нього на стороні НН мінімальним є струм 2-х фазного КЗ і саме за таким струмом будемо перевіряти чутливість автоматичного вимикача вводу. При КЗ в кінці лінії 0,4 кВ мінімальним струмом для перевірки чутливості є струм однофазного дугового КЗ.

Визначення коефіцієнтів чутливості виконується за формулою:

$$k_{\text{чум}} = \frac{I_{\text{min}}^{(2)}}{I_p}; \quad (3.7)$$

Де  $I_p$  - струм спрацювання розщеплювача автоматичного вимикача.

Чутливість захисту від перевантаження забезпечується:

- при двофазному КЗ на шинах РЩ :

$$k_{\text{чум}} = \frac{I_{\text{min}}^{(2)}}{I_p} = 814,21/(80*1,2) = 8,48; \quad (3.8)$$

- при однофазному КЗ в кінці лінії живлення (найменше з мінімальних струмів КЗ)

$$k_{\text{чум}} = \frac{I_{\text{min}}^{(2)}}{I_p} = 64,009/(80*1,2) = 0,67$$

б) Перевірка автоматичного вимикача за вимикаючою здатністю:

Максимальне діюче значення струму трифазного металічного КЗ у точці підключення автоматичного вимикача - на виводах 0,4 кВ РЩ складає 1393,72 А, що менше заводських номінальних даних – вимикаюча здатність при живленні змінною напругою 400 В складає 25/19 кА.

7) Швидкодіючий захист від КЗ та забезпечення його чутливості:

Уставку струму спрацювання вибираємо за умовою забезпечення чутливості 1,5 при усталеному струмі 2 фазного дугового КЗ в кінці зони - на шинах 0,4 кВ ЩВП-1

$$I_2 = I_{\text{КЗ2}}/1,5 = 814,21/1,5 = 493,2 \text{ А.}$$

Для забезпечення селективної роботи з автоматами РЩ уставка миттєвого захисту від КЗ автомата має з запасом перевищувати аналогічну уставку найбільшого автомата нижчого рівня (в даному випадку С25):

$$I_3 \geq I_{c25} * 1,25 = 250 * 1,25 = 312,5 \text{ A}$$

Виходячи з наведених розрахунків та досить низького значення ударного струму КЗ можна вибрати автомат з уставкою захисту від КЗ в 300 А (6 крат).

Забезпечення селективності роботи ввідного автоматичного вимикача з автоматичними вимикачами, встановленими на відхідних лініях РЩ нормується виробником відповідно заводських таблиць селективності.

Отже, до установки приймаємо автоматичний вимикач ETIBREAK EB2 125/3L 100A 3р, який має наступні характеристики, які вказано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Характеристики автоматичного вимикача ETIBREAK EB2 125/3L 100A 3р

Опис	Значення
Артикул	004671025
Назва	ETIBREAK EB2 125/3L 100A 3р
Відключаюча здатність (кА)	25/19
Номінальний струм (А)	100
Типорозмір	125
Тепловий/електромагнітний захист	0,63-1/ 6-12
Кількість полюсів	3

Вибір обмежувача перенапруг 0,4 кВ

Передбачається встановлення обмежувача перенапруги (ОПН) серії ETITEC 3 T12, що є захистом від перенапруги класу С за стандартами VDE, і відповідає



категорії II за стандартом ІЕС, що означає використання модульного розрядника ЕТІТЕС 3 Т12 в якості пристрою захисту від коливань мережі, який встановлюється за обмежувачем перенапруги класу В. Технічні характеристики наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики обмежувача перенапруг 0,4 кВ типу ЕТІТЕС С Т2 275/20 4+0 тип С

Найменування параметра	Значення параметра
Назва	ЕТІТЕС С Т2 275/20 4+0
Тип	Т2
Максимальний струм розряду $I_{max}$ (8/20), кА	40
Напруга тривалої роботи, В	275
Тип мережі	TNS
$I_n$ (8/20), кА	20
Кількість полюсів	4

Визначення найбільшої тривало допустимої робочої напруги і номінальної напруги. Найбільша тривало допустима робоча напруга приймається не меншою за найбільшу тривало допустиму робочу напругу на шинах, яка згідно з ГОСТ 1516.3-96 [15] становить  $U_{нр.ОПН} = 0,4 \text{ кВ}$  :

$$U_{нр.ОПН} \geq U_{нр} ; \quad (3.9)$$

$$0,4 \text{ кВ} = 0,4 \text{ кВ} .$$

Вибір енергоємності ОПН

З огляду на, що немає особливих умов, при яких на обмежувачі може виділятися значна кількість енергії, прийнятий клас лінійного розряду 2.

Визначення залишкового перенапруги обмежувача перенапруг при нормальному імпульсному струмі;

Розрахункове значення залишкового напруги на ОПН визначається в деяких наближеннях наступним чином:

$$U_{зал.к} = \sqrt{2} \cdot U_{нр} \cdot K_{30/60}; \quad (3.10)$$

$$U_{зал.г} = \sqrt{2} \cdot U_{нр} \cdot K_{8/20}; \quad (3.11)$$

де  $K_{30/60}$  та  $K_{8/20}$  – коефіцієнти "типових кратностей", які визначаються як відношення залишкових напруг на ОПН до найбільшої тривало допустимої робочої напруги ( $K_{30/60} = 1,75$ ;  $K_{8/20} = 2,1$ );

$$U_{зал.к} = \sqrt{2} \cdot 0,4 \cdot 1,75 = 1,83 \text{ кВ};$$

$$U_{зал.г} = \sqrt{2} \cdot 0,4 \cdot 2,1 = 1,29 \text{ кВ}.$$

### 3.6.2 Захист по постійному струму

Захисні екрани постійного струму встановлюються для захисту станції від перенапруги (наприклад, у разі ударів блискавки), перевантаження по струму та інших подібних проблем. Для кожного ланцюга сонячних панелей зазвичай потрібен 1 Вимикач навантаження, 2 запобіжники (вкл.+ і вкл.- ) і ОПН. Вимикачі навантаження використовуються для комутації систем постійного струму. Вони не виконують функцій прямого захисту, але при необхідності можуть безпечно розмикати електричний ланцюг (без утворення дуги). Це необхідно для безпечного виконання робіт з технічного обслуговування на станції, наприклад, заміни

запобіжників.

Але у інверторі SUN 2000-50KTL-M3 весь вище перелічений захист вже є наявний в інверторі, тому дублювати дані комутаційні апарати немає потреби.

### 3.7. Вибір з'єднувальних кабелів

Кабель для з'єднання сонячних панелей.

На відміну від стандартних побутових проводів кабель для з'єднання сонячних панелей у інверторні стрінги та приєднання до інвертора має мати спеціалізовану двошарову ізоляцію, яка захищає від усіх можливих типів впливу навколишнього середовища (УФ випромінювання, температурні перепади, сніг, дощ). Застосування даного кабелю дозволить унеможливити можливі проблеми при експлуатації фотоелектричної станції. Ізоляція кабелю є самогасаючою та озоностійкою.

Аналізуючи все вище сказане, обираємо сонячний кабель КВЕ DB 6мм, його характеристики наведемо у таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Паспортні дані сонячного кабелю КВЕ DB 6мм

Характеристика	Сонячний кабель КВЕ DB 6мм
К-сть жил, шт	1
Переріз жили, мм <sup>2</sup>	6
Максимальна постійна напруга, В	1800
Номінальний струм, А	70

Кабель для підключення інвертора по стороні змінного струму

Силові кабелі використовуються для підключення перетворювачів, шаф постійного струму, інверторів, трансформаторів, блоків розподілу електроенергії та мережі..

Кабель повинен мати тверду текстуру, рівень термостійкості 90 °С, низькі діелектричні втрати, стійкість до хімічної корозії, прокладку без обмеження падіння тощо. Він також має мати високу механічну міцність, хорошу стійкість до впливу навколишнього середовища, хороші характеристики термічного старіння та електричні продуктивність. Силові кабелі можна прокладати безпосередньо, вони підходять для стаціонарної прокладки та адаптуються до потреб різних середовищ прокладки (під землею, під водою, канавами, тунелями)).

Аналізуючи все вище сказане, та враховуючи, що потужність генеруючої установки(інвертора 50 кВт) обираємо кабель ВВГнг 4х25, його характеристики наведемо у таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Паспортні дані сонячного кабелю ВВГнг 4х25

Характеристика	Сонячний кабель ВВГнг 4х25
К-сть жил, шт	4
Переріз жили, мм <sup>2</sup>	25
Номінальна напруга	До 1 кВ
Допустимий номінальний тривалий струм:	
повітряною прокладкою	104
шляхом поховання	123
Діапазон робочих температур	-50 - +50
Номінальний зовнішній діаметр кабелю	24
Мінімальний радіус вигину при укладанні	180мм

Кабель зв'язку

Кабель зв'язку RS485 зі скрученою ПВХ ізоляцією з екранованою мідною

жилою підходить для з'єднувальних кабелів електронного комп'ютера та автоматизації з номінальною напругою 1 кВ і нижче та високими вимогами до захисту від перешкод.

Особливості: стійкість до окислення, високий опір ізоляції, хороший опір напрузі, малий коефіцієнт діелектрика тощо. Забезпечуючи термін служби, він також може зменшити взаємні перехресні перешкоди між ланцюгами та зовнішніми перешкодами, а якість передачі сигналу висока. Мінімальний радіус вигину становить не менше 12 зовнішніх діаметрів кабелю. Кабель допускає стаціонарну прокладку та використання при температурі навколишнього середовища  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Його можна прокладати всередині приміщень, у кабельних траншеях, трубопроводах та інших місцях, де потрібне електростатичне екранування.

Кабель заземлення.

Блискавкозахист заземлення сонячних фотоелектричних систем включає блискавковідводи, блискавкові смуги та низьковольтні блискавкові розрядники, порцелянові залізні ніжки для ваз на вихідних стовпах, а металеві оболонки кабелів, підключених до повітряних ліній, заземлені, щоб ввести струмуючу блискавку в землю. . Заземліть інвертор, нейтральну точку батареї, вторинні обмотки трансформатора напруги та трансформатора струму. Захисне заземлення стійок фотоелектричних модулів, контролерів, інверторів, корпусів розподільних шаф, тримачів панелей, оболонок кабелів, оболонок труб з різьбленням дроту тощо. Повторне заземлення. Повітряні лінії низької напруги заземлюються один раз на 1 км. Жовто-зелений дріт заземлення зазвичай використовується як дріт заземлення H05V-K/H07V-K, робоча температура дроту заземлення становить  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Зазвичай використовується для прямого закопування.

## 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Визначення терміну окупності для варіанту покриття лише внутрішніх потреб

Загальні витрати складаються з капітальних та поточних витрат.

Капітальними витратами є одноразові вкладення, за допомогою яких підприємство збільшує обсяг основних засобів. Капітальні витрати включають в себе вартість сонячної електростанції, витрати на транспортування обладнання, будівельні роботи, роботи та обладнання по приєднанню до мереж енергосистеми, плату за землю.

Загальні капіталовкладення можна розрахувати за формулою:

$$K = K_{уст} + K_{пр} + K_{вст} + K_{обл} \quad (4.1)$$

де  $K$  – загальні капіталовкладення, грн;

$K_{уст}$  – вартість сонячної установки, грн;

$K_{пр}$  – вартість проектних робіт по визначенні місця для встановлення сонячних установок, оформлення необхідної документації, грн;

$K_{вст}$  – вартість будівельних та монтажних робіт при встановленні сонячних установок, підключенні їх до електричної мережі та підприємства;

$K_{обл}$  – вартість додаткового обладнання для підключення СЕС.

Така складова формули (4.1), як вартість сонячної установки та її основних елементів (інвертор, лічильник) розрахована в таблиці 4.1. Ціни на обладнання наведені опосереднені по Україні з сайтів виробників.

Таблиця 4.1 – Розрахунок вартості головних елементів електростанції

Обладнання	Кількість, од.	Ціна за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
PV модуль JA Solar JAM72S30-545/MR 545 Wp, Mono	160	7900	1264000
Інвертор мережевий Huawei SUN2000-50KTL-M3	2	121000	242000
Сонячний кабель КВЕ DB 6мм	1500	55	82500
Разом, грн	-	-	1588500

Вартість додаткового обладнання (апарати захисту і комутації, кабелі) розрахована в табл. 4.2. Довжина кабелів змінного струму вказана або у необхідній кількості, або у мінімальній для подальшого замовлення.

Таблиця 4.2 – Розрахунок додаткового обладнання для сонячної електростанції

Обладнання	Кількість, од.	Ціна за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
Авт. вимикач EB2S 1250/3L 100A 3P (25kA)	2	3100	6200
Лічильник Huawei CHiNT DTSU666-H Smart meter (трьохфазний) 250A	1	8000	8000
Шафа захисту АС	1	4000	4000
Обмежувач перенапруг ETITEC C T2 275/20 4+0	1	3500	3500

Заземлення панелей	1	25000	25000
Заземлення інверторного обладнання	1	3000	3000
Кабель ВВГнг 4х25	20	250	5000
Кабельні лотки	1	2000	2000
Разом, грн	-	-	56700

Підставивши знайдені елементи капітальних витрат у формулу (4.1) отримаємо:

$$K = 1588500 + 110000 + 85000 + 56700 = 1840200 \text{ грн}$$

Поточними називають короточасні витрати у даний звітний період. Річні витрати йдуть на технічне обслуговування, ремонт сонячних установок, амортизаційних відрахувань, заробітну плату обслуговуючому персоналу і визначається за формулою:

$$B = B_{ам} + B_{зн} \quad (4.2)$$

де  $B$  – річні експлуатаційні витрати, грн;

$B_{ам}$  – амортизаційні витрати, грн;

$B_{зн}$  – витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу, грн.

Оскільки для обслуговування персонал не потрібен, то поточні витрати складатимуться тільки з амортизаційних витрат. Їх прийнято вважати рівними 1% від вартості всієї установки (окрім фотомодулів до неї входять також акумуляторні батареї та інвертор). Тоді амортизаційні витрати розраховуються за формулою:



$$B_{ам} = K_{уст} \cdot 1\% \quad (4.3)$$

Підставляючи вже знайдене значення  $K_{уст}=1588500$  в формулу (4.3) отримуємо  $B_{ам}=15855$  грн. Це приблизна середня річна сума, яка необхідна для підтримання установки в робочому стані.

Розрахунок зведених річних витрат на кіловат встановленої потужності проводиться за наступною формулою:

$$З = \frac{P_n \cdot K + B}{P} \quad (4.4)$$

де  $З$  – відносні зведені річні витрати на 1 кВт встановленої потужності, грн;

$K$  – загальні капіталовкладення, знайдені за формулою (4.1), грн;

$B$  – річні експлуатаційні витрати, знайдені за формулою (4.2), грн;

$P$  – встановлена потужність об'єкту електропостачання, кВт;

$P_n$  – нормативний коефіцієнт рентабельності що розраховується за допомогою відношення:

$$P_n = \frac{1}{T} \quad (4.5)$$

де  $T$  – економічний термін служби обладнання, років.

Загальний термін експлуатації вибраних фотомодулів за даними виробника – більше 30 років, отже нормативний коефіцієнт матиме значення 0,033.

$$3 = \frac{0,33 \cdot 1840200 + 15855}{88} = 7080$$

Ефективність роботи показує коефіцієнт використання встановленої потужності, що визначається за відношенням:

$$K_{\text{внп}} = \frac{P_{\delta}}{P_{\text{пл}}} \quad (4.6)$$

де  $P_{\delta}$  – дійсне вироблення електроенергії за даний період часу, кВт·год;

$P_{\text{пл}}$  – планова електроенергія, яка може бути вироблена, якщо фотомодулі будуть працювати весь час з 100% потужністю, кВт·год.

#### 4.2. Прогнозування щорічно прибутку від компенсації власного споживання

Для прогнозування генерації електроенергії сонячними панелями, сумарною потужністю 88 кВт, використовуємо, додаток для прогнозування генерації електроенергії PVGIS, результати показано на рис. 4.1 - 4.2.

### Щомісячний вихід енергії від фотоелектричної системи з фіксованим кутом

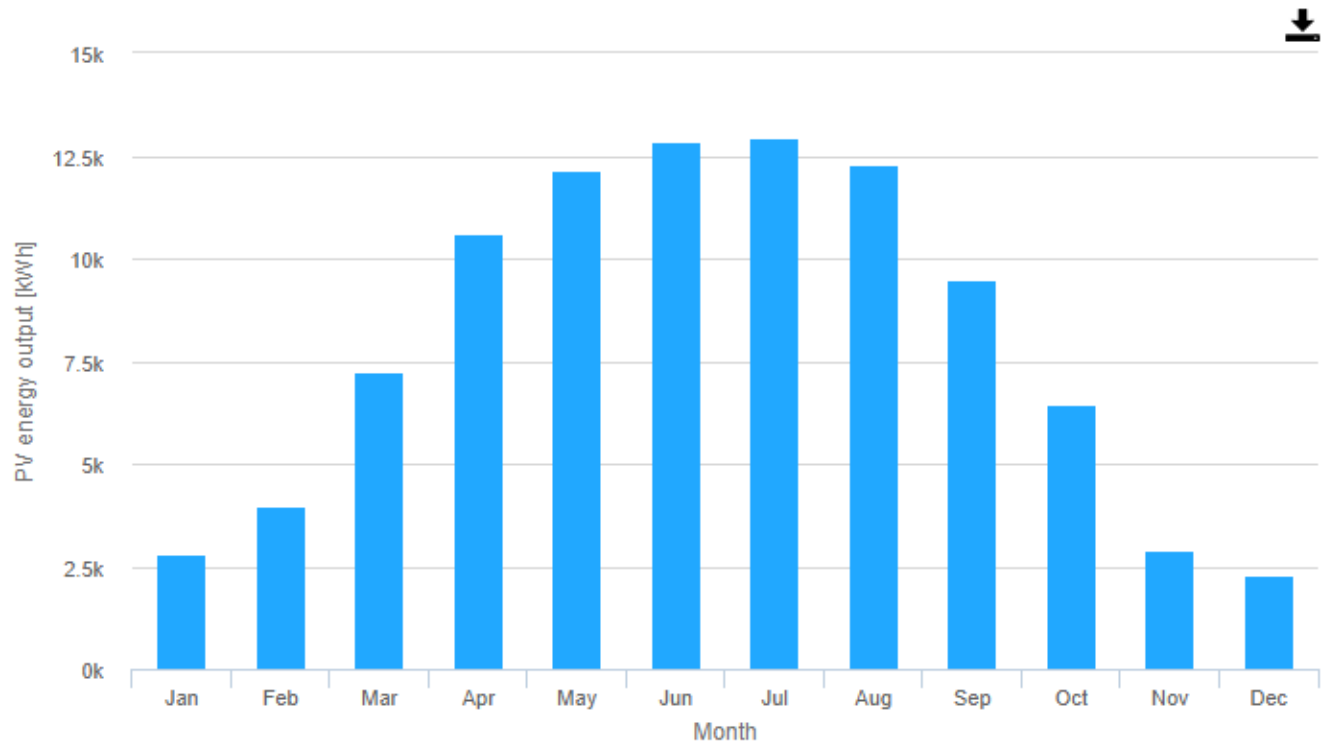


Рисунок 4.1 – Щомісячна генерація енергії від фотоелектричної системи з фіксованим кутом

## Резюме

Надані вхідні дані :	
Розташування [широта/довгота] :	49.347,28.440
Горизонт :	Розраховано
Використана база даних :	ПВГІС-САРА2
PV технологія :	Кристалічний кремній
PV встановлений [kWp]:	88
Системні втрати [%]:	14

Результати моделювання :	
Кут нахилу [°]:	20
Азимутальний кут [°]:	0
Річне виробництво фотоелектричної енергії [кВт·год]:	96024,72
Річне опромінення в літаку [кВт·год/м <sup>2</sup> ]:	1372,89
Річна мінливість [кВт·год]:	3891,84
Зміни у випуску через :	
Кут падіння [%]:	-3,2
Спектральні ефекти [%]:	1,38
Температура та низька освітленість [%]:	-5,83
Загальні втрати [%]:	-20,52

Рисунок 4.2 – Резюме та результати моделювання роботи станції за рік

Підсумовуючи, сонячна електростанція з фіксованим кутом, потужністю 88 кВт за рік може згенерувати 96024 кВт електроенергії.

$$T_{ок} = \frac{K + B}{E} \quad (4.7)$$

де  $T_{ок}$  – термін окупності СЕС, років;

$E$  – економія за рік, грн.

Економія за рік визначається як добуток тарифу за електроенергію та кількості електроенергії, що довелося б купити без встановлення сонячної електростанції. Тариф, за якою купується електроенергія – 6,85 грн. Кількість не купленої

електроенергії приблизно 96024 кВт год за рік.

$$E = 96024 * 6.85 = 657764 \text{ грн}$$

$$T_{ок} = \frac{1840200 + 15855}{657764} = 2,82$$

Термін окупності за формулою (4.7) складатиме 2,82 років.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі випускної дипломної роботи розглянуті заходи з підвищення ефективності електропостачання торговельних центрів міста Вінниці з використанням сонячної генерації. Під час виконання робіт з монтажу та обслуговування електрообладнання сонячних електростанцій передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці і виробництва продовольчих товарів. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які впливають на оперативно-ремонтний персонал, що обслуговує сонячні електричні станції, у відповідності з прийнятою класифікацією за Гігієнічною класифікацією [1, 2]:

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо).

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, переважно аерозолі фіброгенної дії (металевий і будівельний пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні та емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

У цьому розділі будуть досліджені такі питання як технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць, електробезпека, мікроклімат, склад повітря робочої зони, виробниче освітлення, виробничий шум, виробничі вібрації, безпеки в надзвичайних ситуаціях для працівників в цілому та для об'єкта проектування під

час його експлуатації.

## 5.1. Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

### 5.1.1 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

### 3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити

і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

#### 5.1.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць на висоті

Всі роботи, які проводяться в електроустановках, що не вимагають оформлення наряду, виконуються:

- за розпорядженнями осіб, уповноважених на це відповідно до пункту
- цих Правил, з попереднім оформленням у журналі обліку робіт за нарядами і розпорядженнями або в оперативному журналі;
- в порядку поточної експлуатації.

Розпорядження про проведення робіт має разовий характер. Термін його дії визначається тривалістю робочого дня виконавців. За необхідності продовження роботи, в разі зміни її умов або складу бригади, розпорядження віддається знову.

Працівник, який віддав розпорядження, призначає керівника робіт (наглядача), членів бригади, визначає можливість безпечного проведення робіт і визначає необхідні для цього організаційні та технічні заходи.

Розпорядження записується в журнал обліку робіт за нарядами і розпорядженнями особою, яка його віддала, або оперативним працівником, де



вказується:

- ким віддано розпорядження;
- зміст і місце роботи;
- заходи безпеки;
- час виконання роботи;
- прізвища, ініціали, групи з електробезпеки керівника робіт (наглядача) і всіх членів бригади.

Змінювати склад бригади, що працює за розпорядженням, в процесі роботи забороняється.

Розпорядження про роботу віддається керівнику робіт і допускачеві або працівникові, який дає дозвіл на підготовку робочого місця і на допуск.

В електроустановках без місцевих чергових працівників в тих випадках, коли допуск до роботи не вимагається, розпорядження може бути віддано безпосередньо працівнику, який виконує роботу,

Інформація про закінчення робіт, виконаних за розпорядженням, повідомляється працівникові, який віддав розпорядження, з відповідним записом у журналі.

До робіт на висоті і верхолазних робіт допускаються навчені особи, стан здоров'я яких має відповідати медичним вимогам, встановленим для даних видів робіт («Положення про медичний огляд працівників певних категорій»).

Працівники, які виконують верхолазні роботи, повинні мати відповідний запис в посвідченні про перевірку знань.

До самостійних верхолазних робіт допускаються особи віком не молодші 18 років, які мають стаж верхолазних робіт не менше одного року і кваліфікаційний розряд не нижче четвертого. Робітники, які вперше допускаються до верхолазних робіт, протягом одного року повинні працювати під безпосереднім наглядом досвідчених спеціалістів, призначених наказом керівника підприємства. Працівники мають бути навчені безпеці праці до початку виконання верхолазних робіт.

Драбини, риштування, помости, кігті, лази та інші пристосування, що

застосовуються для виконання робіт на висоті і верхолазних робіт, повинні бути сертифіковані, а також відповідати вимогам «Правил безпеки під час роботи з інструментом і пристроями».

Під час виконання робіт, коли немає можливості закріпити строп запобіжного поясу за конструкцію або опору, слід користуватися страхувальним канатом, що є відповідним до вимог ДСТУ 12.4.107. В цьому разі строп запобіжного паска заводиться за конструкцію, деталь опори тощо. Виконувати цю роботу повинні дві особи, друга особа в міру необхідності попускає чи натягує канат.

Під час роботи на конструкціях, під якими розташовані струмопровідні частини, що перебувають під напругою, ремонтні пристосування і інструмент прив'язуються для запобігання їх падінню. Застосовувати в цих випадках монтерські запобіжні паски зі стропами з металевого ланцюга забороняється.

Подавати деталі на конструкції чи устаткування слід за допомогою «нескінченного» канату. Працівник, який стоїть внизу, повинен утримувати канат для запобігання його розгойдуванню і наближенню до струмопровідних частин.

Працівники, які виконують роботи на висоті або верхолазні роботи, повинні бути в спецодязі, що не заважає рухам. Особистий інструмент слід зберігати в сумці.

Працівники, що здійснюють нагляд за членами бригади, які виконують верхолазні роботи або роботи на висоті, можуть розташовуватися на землі.

Обслуговування освітлювальних пристроїв, розташованих на стелі машинних залів і цехів підприємств, з візків мостового крану слід провадити не менш ніж двома працівниками, один з яких з групою III. Під час виконання робіт з використанням крану ремонтникам має бути виданий наряд-допуск.

## 5.2. Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 5.2.1 Мікроклімат

Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Іа

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Іа	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено: температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм; якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м; для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

#### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

В умовах даних робіт можливим забруднювачем являється нетоксичний пил (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 – Концентрація шкідливих речовин в повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середня добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для видалення шкідливих домішок з повітря у виробничих приміщеннях проектом передбачено застосування вентиляції і кондиціонування повітря.

Природню аерацію в теплу пору року можна регулювати за допомогою фрамуг, які встановлюються у віконних проїмах і через витяжні ліхтарі, які встановлюються на даху приміщення – це безканальна вентиляція. Більш активна вентиляція забезпечується пристроєм вентиляційних каналів, які споруджуються у стінах приміщення. При цьому для підсилення швидкості руху повітря на виході теплого повітря зовні, а саме на трубі, яка розташовується на даху будівлі, встановлюють спеціальні камери-патрубки.

Природна вентиляція не передбачає підігрів та зволоження повітря, яке поступає у приміщення, і очистка від пилу повітря, яке видаляється на зовні, тому для досягнення максимального рівня вентиляції ще використовують механічну вентиляцію.

### 5.2.3 Виробниче освітлення

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та суміщеному освітленні (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018, характеристика зорової роботи – дуже високої точності, розряд зорової роботи – II, підрозряд – в) зазначені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,15 до 0,3 включно	II	в	малий середній великий	світлий середній темний	1500	200	-	4,2

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення,

що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

#### 5.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Основні параметри виробничого шуму на постійних робочих місцях в промислових приміщеннях наведені у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні. Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму.

Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.

- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

#### 5.2.5 Виробнича вібрація

У торгових центрах присутня вібрація типу – За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot c^{-2}$	ДБ	$m \cdot c^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	$Z_0, Y_0, X_0$	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

#### 5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [1]. Робота електромонтажного персоналу, що здійснює монтаж технологічного обладнання сонячної електростанції потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кґ/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кґ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 13000; при загальному навантаженні ( за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 44000; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кґ – до 30 кґ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук) – до 40000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 20000; статичне навантаження (кґ/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю мязів тулуба та ніг – до 100 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаємного розташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни; перебування у вимушеній позі до 10%, в позі «стоячи» – до 60% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 51-100 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 8, вертикалі – 4 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності. Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) – більше 75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – більше 300; навантаження на голосовий апарат (протягом

тижня) – від 20 до 25. Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших. Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

5.3. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи електропостачання торговельного центру міста Вінниці в умовах дії загрозливих чинників НС.

При взаємодії гама-випромінювань з атомами і молекулами середовища останнім передаються імпульси енергії. Основна частина енергії витрачається на передачу поступального руху електронам і іонам, які утворилися в результаті іонізації. Володіючи великою енергією, первинні електрони виробляють подальшу іонізацію, яка також призводить до утворення полів і струмів. Виникаючі в результаті цього тимчасові електричні і магнітні поля являють собою електромагнітний імпульс (ЕМІ).

В електроприводі системи регульованого електроприводу насосної станції найбільш чутливим до дії іонізуючого випромінювання є тиристорний перетворювач напруги. В апаратурі системи керування радіація викликає оборотні і необоротні процеси, внаслідок яких можуть бути порушення роботи елементів схеми, що приведе до пошкодження апаратури. В елементній базі системи керування внаслідок дії іонізуючих випромінювань можлива зміна всіх електричних та експлуатаційних характеристик, залежних від проходження процесу іонізації і порушення структури матеріалів.

Приймачі енергії ЕМІ – тіла, що проводять електричний струм: всі повітряні і підземні лінії зв'язку, лінії керування, сигналізації, електропередачі, металеві щогли і опори, повітряні і підземні антенні пристрої, наземні і підземні трубопроводи,



металеві дахи та інші конструкції, виготовлені з металу. Ступінь ураження ЕМІ залежить в основному від амплітуди наведеного імпульсу напруги чи струму та електричної міцності обладнання. ЕМІ пробиває ізоляцію, випалює елементи електросхем, викликає коротке замикання в пристроях. Найчастіше отримують пошкодження вхідні кола електронних пристроїв.

Таким чином для стійкої роботи електроприводу насосної станції третього підйому в край необхідним є проведення оцінки стійкості її до впливу іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу.

Вхідні дані:

- Потужність пожежі  $P_1 = 5,65 \text{ Р/год.}$
- Електричне поле в зоні вибуху  $E_v = 10,41 \text{ кВ/м}$
- Характер пошкодження елементів розподільної мережі
- Тривалість роботи елементів розподільної мережі

Розрахункова модель:

Для дослідження стійкості роботи елементів розподільних мереж в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій використовується наступна розрахункова модель:

$$R = R_0 \cdot (1 - a \cdot P_1 \cdot t)$$

де:

$R$  - електричний опір елемента розподільної мережі

$R_0$  - початковий електричний опір елемента розподільної мережі

$a$  - коефіцієнт стійкості елемента розподільної мережі до дії пожежі

$P_1$  - потужність пожежі

$t$  - час дії пожежі

Розрахунок:

За заданими вхідними даними, коефіцієнт стійкості елемента розподільної мережі до дії пожежі:

Для часу дії пожежі  $t = 1$  година, коефіцієнт стійкості елемента розподільної мережі:

$$\alpha = 1/(1+5,65*10,41*1) = 0,016$$

Отже, в умовах дії пожежі потужністю 5,65 Р/год., електричний опір елемента розподільної мережі зменшиться на 0,016 від початкового значення.

При цьому, робочий струм в елементі розподільної мережі збільшиться на 0,016 від початкового значення.

Якщо робочий струм в елементі розподільної мережі не перевищує допустимого значення, то елемент розподільної мережі буде працювати в нормальних умовах.

У разі, якщо робочий струм в елементі розподільної мережі перевищує допустиме значення, то елемент розподільної мережі може вийти з ладу.

Висновок:

За результатами розрахунків, елемент розподільної мережі буде працювати в нормальних умовах в умовах дії пожежі потужністю 5,65 Р/год. протягом 1 години.

Для забезпечення стійкості роботи елементів розподільних мереж в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій необхідно, щоб їх електричний опір був достатньо високим.

Також, необхідно, щоб робочий струм в елементах розподільних мереж не перевищував допустимого значення.

## ВИСНОВКИ

Під час написання магістерської кваліфікаційної роботи на тему: «Підвищення ефективності електропостачання торговельних комплексів міста Вінниці з використанням сонячної електростанції», в якій було розроблено електричну частину фотоелектричної станції, а також розглянуто наступну інформацію: У вступній частині було розглянуто особливості об'єкта проектування, його специфіку та проведено аналіз наявних електричних потужностей торгового центру.

У другому розділі проаналізовано механізми стимулювання виробництва електроенергії з відновлювальних джерел в Україні у 2023 році, та можливість їх впровадження на об'єкті дослідження.

У третьому виконано вибір основного обладнання для дахової сонячної електростанції: аналіз та вибір типу та параметрів фотоелектричних модулів (ФЕМ) для встановлення на даху, вибір кількості та параметрів інверторторів для покриття встановленої потужності фотоелектричної станції, вибір системи кріплення, вибір кабельних мереж, проведено вибір автоматичного вимикача для захисту від короткого замикання та перенавантаження.

Економічну частину розглянуто у четвертому розділі, а саме визначення терміну окупності для варіанту покриття лише внутрішніх потреб та проведено прогнозування генерації електроенергії станцією за рік. Висновком було отримано термін окупності електростанції.

У розділі охорони праці були знайдені технічні рішення для безпечного управління об'єктом, вивчена електробезпека цього об'єкта і заходи з технічного обслуговування сонячної електростанції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Торговельні комплекси ідеальний вибір для встановлення сонячної електростанції [Електронний ресурс]. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/why-shopping-centres-perfect-case-study-solar-power-cameron-quin>
2. Найдюк А. М. Вибір оптимального варіанту інвертора для сонячної електростанції. Тези на науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2021). [Електронний ресурс]. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2021//12188/10118>.
3. Торговельно-технологічний процес в магазині. [Електронний ресурс]. URL: <http://nkker.com/wp-content/uploads/2020/03/4-para-PTBD-21-OTTP.pdf>
4. ДБН Б.2.4-1-94 "Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень"
5. ДБН В.1.1.7-2016 "Пожежна безпека об'єктів будівництва"
6. ГКД 34.20.507-2003 "Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила"
7. ПУЕ: Розділ 7.4. Електричні установки в пожежонебезпечних зонах.
8. ГКД 341.004.001-94 "Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6-750 Кв"
9. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни [Електронний ресурс]. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny>
10. Щодо застосування окремих положень Закону України «Про запобігання корупції» стосовно запобігання та врегулювання конфлікту інтересів, дотримання обмежень щодо запобігання корупції [Електронний ресурс]. URL: <https://wiki.nazk.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Methodichni-rekomendatsiyi-vid-21.10.2022-13.pdf>

11. Що вважаються сонячними панелями рівня 1 [Електронний ресурс]. URL: <https://formesolar.com/what-are-considered-tier-1-solar-panels/>

12. Поновлювальні та альтернативні джерела енергії. Для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка: навч. посібник / О.В. Немикіна – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 28-29 с.

13. Бурбело, М. Й. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с

14. ПУЕ: Розділ 3.1. Правила улаштування електроустановок. Зміни та доповнення станом на 11.07.2016р.

15. СОУ Н ЕЕ 40.1-21677681-67:2012 "Обмежувачі перенапруг нелінійні напругою 6-35 кВ. Настанови щодо вибору та застосування у розподільчих установках"

16. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=58073](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073).

17. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->

18. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

19. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги

до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

20. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

21. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

22. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

23. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

24. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

25. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

26. Кодекс цивільного захисту України. К.: ВР України, 2012. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й. \_\_\_\_\_  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до магістерської кваліфікаційної роботи на тему:

Підвищення ефективності електропостачання торговельних центрів міста Вінниці з  
використанням сонячної генерації

08-22.МКР.013.01.001 ТЗ

Науковий керівник:

д.т.н., проф. Бурбело М.Й. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕМ - 22м

Найдюк А.М. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Вінниця 2023 р.

## 1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 247 від 18 . 09 . 23р.

Дата початку роботи 19 . 09 . 23р.

Дата закінчення роботи 11 . 12 . 23р.

## 2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) мета – Підвищення ефективності електропостачання торговельних центрів міста Вінниці з використанням сонячної генерації;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

генплан підприємства (об'єкта); план цеха (об'єкта, ділянки, приміщення) із розташуванням обладнання; відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства (цеха, об'єкта, ділянки, приміщення); відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень (для діючого підприємства, енергетичного району); основні техніко-економічні показники.

## 3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) – видання третє, перероблене і доповнене, - 2017 р.

3.2. М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків».- Вінниця: ВНТУ, 2005 р.

3.3 ГКД 34.20.507-2003 "Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила"

3.4 Демов О. Д. «Економія електроенергії на промислових підприємствах». – Вінниця: ВНТУ, 2006 р.



#### 4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження	05.09.2023	21.09.2023
4.2 Проведення дослідних розрахунків	21.09.2023	07.10.2023
4.3 Розробка робочих креслень	07.10.2023	16.10.2023
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	16.10.2023	05.12.2023

#### 5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

#### 6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

#### 7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

#### 8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається



Додаток С  
ПРЕЗЕНТАЦІЯ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

(повна назва кафедри)

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОРГОВЕЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ МІСТА ВІННИЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕСЕ-22м

Спеціальність 141»Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва)

\_\_\_\_\_ Найдюк А.М \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Бурбело М.Й. \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**Актуальність теми.** Торгові центри зазвичай працюють цілий рік, включаючи свята та неділю. У результаті, якщо торговий центр обладнаний сонячними панелями, попит на вироблену енергію буде завжди, і її можна буде спожити негайно. Іншими словами, немає днів простою, коли генерація повинна експортуватися в мережу за ціною, нижчою від роздрібною ціни електроенергії.

Торговельні центри, як правило, мають велику площу даху відносно внутрішнього простору, що означає, що є достатня площа для розміщення великих масивів сонячних панелей. У результаті торговий центр, ймовірно, задовольнить або перевищить повну потребу в енергії, якщо весь дах буде покритий сонячними панелями.

Ще одна перевага використання сонячної енергії в торгових центрах полягає в тому, що комерційні площі стають більш привабливими для потенційних орендарів. Вартість самостійної генерації за допомогою сонячних панелей тепер нижча, ніж закупівля електроенергії з електромережі, а це означає, що середня ціна електроенергії, пропонована орендарям, може бути нижчою, ніж якби вся енергія отримувалася з мережі. По суті, керуюча компанія, яка відповідає за торговельний центр, ділиться частиною енергозбереження з орендарями, стаючи більш привабливим варіантом для тих, хто хоче орендувати комерційне приміщення.



**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є розробка рішень для дахової сонячної електростанції на торговельному центрі м. Вінниці.

Для реалізації поставленої мети роботи потрібно **вирішити наступні задачі:**

- Виконати аналіз сучасних типів сонячних панелей.
- Виконати аналіз сучасного інверторного обладнання.
- Оцінити можливості торговельного центру та підібрати потрібну потужність, яку можна розмістити панелями на даху торговельного центру.
- Провести вибір основного обладнання для дахової СЕС.
- Оцінити продуктивність та окупність проекрованої СЕС.

**Об'єкт дослідження магістерської кваліфікаційної роботи** - Торговий центр Караван розташований на вул. Тиврівське шосе в селі Лука-Мелешківська, Вінницького району.

**Предмет досліджень.** Предметом роботи є розробка проектних рішень для дахової сонячної електростанції для торговельного центру м.Вінниця.

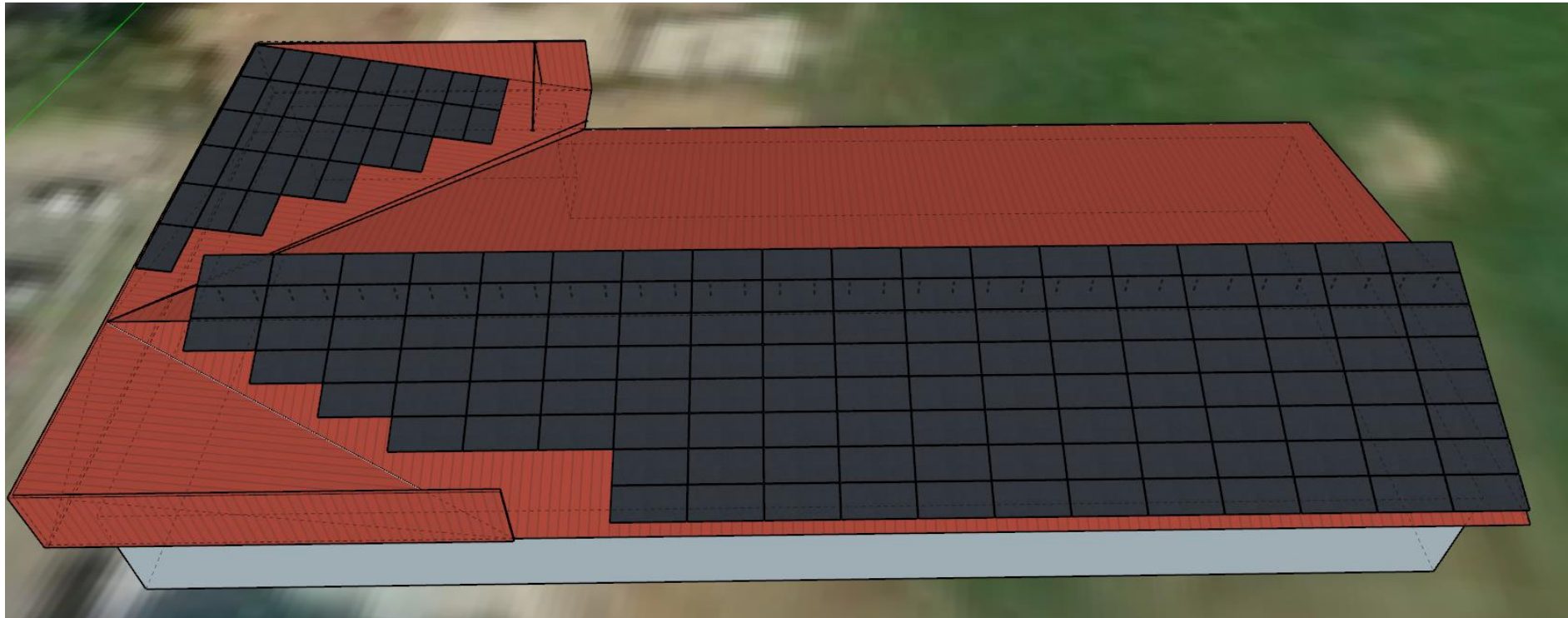
**Наукова новизна одержаних результатів.** Запропоноване рішення на даху торговельного центру розмістити сонячну електростанцію, потужністю 88 кВт, яка буде слугувати для компенсації власного споживання.

## Методи дослідження

В якості програмних засобів автоматизації використано наступні засоби: електронний процесор MS Excel, систему автоматизованого комп'ютерного креслення Autodesk AutoCAD 2022 та текстовий процесор MSWord, математичний САПР MathCad, програма для моделювання тривимірних об'єктів SketchUp, додаток для прогнозування генерації електроенергії PVGIS.

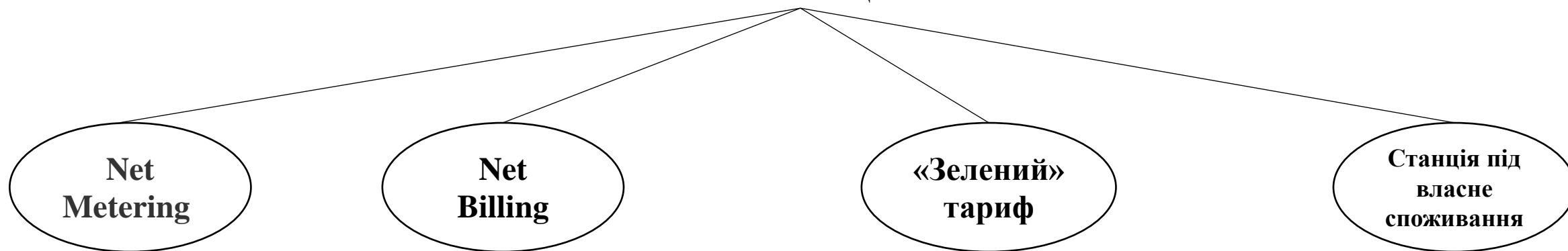
**Практичне значення одержаних результатів.** В результаті розрахунків отримано результати вибору обладнання для дахової сонячної електростанції, завдяки яким можливе комплексне підвищення надійності і економічності системи і дозволить підвищити енергетичну а також функціональну ефективність. Завдяки запровадженню розроблених алгоритмів забезпечується висока якість подальшого використання та обслуговування дахової СЕС.

**Апробація для результатів кваліфікаційної магістерської роботи.** Найбільшими вагомими положеннями, а також практичні результати проведеного дослідження було наведено в тезах доповіді на науковій-технічній конференції факультету електроенергетики та електромеханіки (2021).



Тривимірна модель ТЦ з максимальною кількістю панелей, яка може бути розташована на даху

# МЕХАНІЗМИ СТИМУЛЮВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ В УКРАЇНІ У 2023 РОЦІ



**Net Metering** . Чистий облік електроенергії – це механізм, що дає змогу власникам об’єктів відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) зберігати надлишки виробленої електроенергії в єдиній енергетичній мережі України, щоб використати їх за потреби. Найважливішим критерієм прийняття рішення про впровадження Net Metering є розрахунок сценарію, заснований на реалістичних припущеннях про фінансові збитки та вигоди, які він принесе.

Навіть якщо електроенергія продається за субсидованим тарифом або рахунки за електроенергію не оплачуються окремими групами споживачів (наприклад, державними установами), чистий облік принесе переваги, зменшуючи поточні втрати.

**Net Billing**. Це різновид мережевого обліку, який працює за схожими принципами. Різниця полягає в тому, що надлишок електроенергії, який повертається в мережу, зараховується не в кВт-год, а в гривнях відповідно до ціни електроенергії на момент її повернення. Кошти зараховуються на спеціальний рахунок споживача і можуть бути використані для оплати майбутньої електроенергії, спожитої з мережі.

**«Зелений» тариф** для суб’єктів господарювання, які виробляють електричну енергію з сонячної та вітряної енергії. «Зелений» тариф - це спеціальний збір за купівлю електричної енергії, виробленої з альтернативних джерел енергії, у тому числі на прийнятих в експлуатацію електростанціях.

**Станція під власне споживання**. СЕС забезпечує власне споживання електроенергії об’єкту, поки світить сонце. Якщо "сонячної енергії" не вистачає, різниця автоматично береться із загальної мережі.



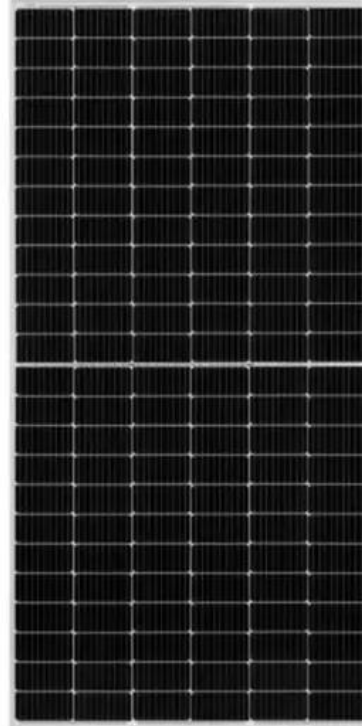
# ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ

## 1. Вибір фотоелектричних модулів (ФЕМ).

У великому світі сонячного енергетичного обладнання, який постійно розвивається, не існує офіційної системи рівнів для типів сонячних панелей. Незважаючи на це, Tier 1 є загальним терміном, який використовується для визначення продуктів найвищої якості, які зараз доступні споживачам.

Щоб вважатися виробником сонячних панелей Tier 1, виробник повинен підтвердити високу «банківську спроможність», тобто компанія та її продукти повинні пройти перевірку якості та довговічності, щоб завоювати довіру як споживачів, так і фінансистів.

Отже, хоча сонячні панелі Tier 1 за визначенням не є найефективнішими сонячними панелями, вони зазвичай вважаються найякіснішими та найнадійнішими завдяки репутації постачальника. Сьогодні очікується, що сонячні панелі Tier 1 прослужать 25 років і більше, враховуючи їх високоякісні, стійкі до погодних умов матеріали та конструкцію. Представник рейтингу Tier 1 «Bloomberg New Energy Finance Note», що є в наявності на українському ринку в 2023 році, має власне виробництво та міжнародні сертифікати якості перші місця займають компанії «LONGi», «Jinko», «Ja Solar», «Trina».



Було обрано PV модуль JA Solar JAM72S30-545/MR  
545 Wp, Mono

Характеристика	JAM72S30-545/MR 545 <u>Wp, Mono</u>
Максимальна потужність, Вт	545
Напруга холостого ходу, В	49,75
Струм короткого замикання, <u>Isc</u> , А	13,93
Напруга MPP, В	41,8
Струм MPP, А	13,04
Ефективність модуля, %	21,1
Допустиме відхилення потужності, Вт	5
Максимальна напруга системи, В	-0,45%/°C
Максимальний струм запобіжників, А	-0,275%/°C
Температурний <u>коэф.</u> Pmax	-0,350%/°C

# ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ

## 2. Вибір інвертора.

Ефективність інвертора залежить від потужності, яку він отримує від сонячних панелей і перетворює на придатну для використання потужність змінного струму. Ефективний інвертор зменшує втрати енергії, які зазвичай трапляються під час отримання постійного струму від сонячних панелей.

Також необхідно перевірити та переконатися, що інвертор може протистояти агресивним явищам навколишнього середовища чи ні. Бажано забезпечити використання інвертора мінімум IP65.

Вхідна напруга постійного струму - це діапазон напруги, який інвертор приймає від фотоелектричної системи. Місцеві кліматичні дані та температурні коефіцієнти визначатимуть максимальну та мінімальну очікувану напругу.

Було обрано інвертор типу SUN 2000-50KTL-M3 компанії HUAWEI



Опис	Значення
Номинальна активна потужність АС	50 000 Вт
Макс. повна потужність АС	55 000 ВА
Максимальна вхідна напруга	1100 В
Діапазон напруги МРРТ	200-1000 В
Максимальна ефективність	98,5%
Макс. струм на кожен МРРТ	30 А (на МРРТ) / 20 А (на один вхід)
Макс. струм КЗ на кожен МРРТ	40 А
Макс. кількість вводів	8
Кількість МРР трекерів	4
Номинальна вихідна напруга	400 В / 480 В, 3W+(N) + PE
Номинальна частота АС	50 Гц / 60 Гц
Номинальний вихідний струм	72.2 А
Діапазон коефіцієнту потужності	0.8 LG ... 0.8 LD
Макс. коефіцієнт нелинійних спотворень	<3%
ПЗП по стороні DC	Тип II
ПЗП по стороні АС	Тип II
Індикація	LED індикатори, Bluetooth + FusionSolar APP
Розмір (Д x В x Ш)	640 x 530 x 270 мм
Робочий діапазон температур	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Тип охолодження	Природна конвекція
Ступінь захисту	IP 66

# ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ

## 3. Вибір захисних апаратів

Було проведено вибір захисних комутаційних апаратів для змінного струму, а саме автоматичного вимикача та обмежувача перенапруг.

При виборі автоматичного вимикача керувалися вимогами щодо виконання наступних пунктів:

1. номінальна напруга;
2. кількість полюсів;
3. номінальний струм навантаження;
4. координація струму автоматичного вимикача та тривало допустимого струму кабелю;
5. виконання захисту від перевантажень та забезпечення його чутливості;
6. стійкість до ударного струму КЗ;
7. виконання захисту від КЗ та забезпечення його чутливості;

Було обрано автоматичний вимикач ЕТІВBREAK EB2 125/3L 100А 3р та обмежувач від перенапруг ЕТІТЕС С Т2 275/20 4+0 тип С



Опис	Значення
Артикул	004671025
Назва	ЕТІВBREAK EB2 125/3L 100А 3р
<u>Відключаюча здатність (кА)</u>	25/19
Номінальний струм (А)	100
Типорозмір	125
Тепловий/електромагнітний захист	0,63-1/ 6-12
Кількість полюсів	3

Найменування параметра	Значення параметра
Назва	ЕТІТЕС С Т2 275/20 4+0
Тип	T2
<u>Максимальний струм розряду Imax (8/20), кА</u>	40
Напруга тривалої роботи, В	275
Тип мережі	TNS
<u>In (8/20), кА</u>	20
Кількість полюсів	4

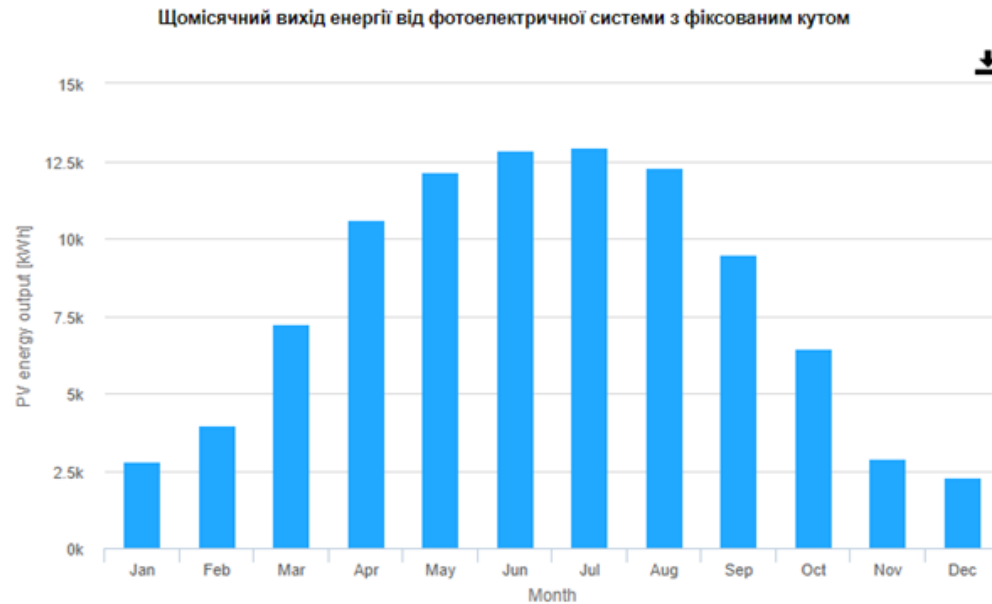
# Економічна частина

Було визначено термін окупності для покриття лише внутрішніх потреб торгового центру. Для цього було спрогнозовано генерацію електроенергії торговим центром за рік за допомогою додатка PVGIS.

За результатами розрахунків термін окупності сонячної електростанції склав 2,82 років.

$$T_{ок} = \frac{K + B}{E}$$

$$T_{ок} = \frac{1840200 + 15855}{657764} = 2,82$$



## Резюме

### Надані вхідні дані :

Розташування [широта/довгота] :	49.347,28.440
Горизонт :	Розраховано
Використана база даних :	ПВГІС-SARA2
PV технологія :	Кристалічний кремній
PV встановлений [kWp]:	88
Системні втрати [%]:	14

### Результати моделювання :

Кут нахилу [°]:	20
Азимутальний кут [°]:	0
Річне виробництво фотоелектричної енергії [кВт·год]:	96024,72
Річне опромінення в літаку [кВт·год/м <sup>2</sup> ]:	1372,89
Річна мінливість [кВт·год]:	3891,84
Зміни у випуску через :	
Кут падіння [%]:	-3,2
Спектральні ефекти [%]:	1,38
Температура та низька освітленість [%]:	-5,83
Загальні втрати [%]:	-20,52

## ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі випускної дипломної роботи розглянуті заходи з підвищення ефективності електропостачання торговельних центрів міста Вінниці з використанням сонячної генерації. Під час виконання робіт з монтажу та обслуговування електрообладнання сонячних електростанцій передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці і виробництва продовольчих товарів.

У цьому розділі були досліджені такі питання як технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць, електробезпека, мікроклімат, склад повітря робочої зони, виробниче освітлення, виробничий шум, виробничі вібрації, безпеки в надзвичайних ситуаціях для працівників в цілому та для об'єкта проектування під час його експлуатації.

## Висновки

Під час написання магістерської кваліфікаційної роботи на тему: «Підвищення ефективності електропостачання торговельних комплексів міста Вінниці з використанням сонячної електростанції», в якій було розроблено електричну частину фотоелектричної станції, а також розглянуто наступну інформацію: У вступній частині було розглянуто особливості об'єкта проектування, його специфіку та проведено аналіз наявних електричних потужностей торгового центру.

У другому розділі проаналізовано механізми стимулювання виробництва електроенергії з відновлювальних джерел в Україні у 2023 році, та можливість їх впровадження на об'єкті дослідження.

У третьому виконано вибір основного обладнання для дахової сонячної електростанції: аналіз та вибір типу та параметрів фотоелектричних модулів (ФЕМ) для встановлення на даху, вибір кількості та параметрів інверторів для покриття встановленої потужності фотоелектричної станції, вибір системи кріплення, вибір кабельних мереж, проведено вибір автоматичного вимикача для захисту від короткого замикання та перенавантаження.

Економічну частину розглянуто у четвертому розділі, а саме визначення терміну окупності для варіанту покриття лише внутрішніх потреб та проведено прогнозування генерації електроенергії станцією за рік. Висновком було отримано термін окупності електростанції.

У розділі охорони праці знайдено технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту, опрацьовано електробезпеку на даному об'єкті, а також розглянуті заходи з обслуговування фотогальванічної електростанції.

**Дякую за увагу!!!**