

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

менеджменту

**Пояснювальна записка  
до магістерської кваліфікаційної роботи**

Магістр

(освітній ступінь)

на тему: Підвищення ефективності системи електропостачання села Олешин  
Хмельницького міського району електричних мереж шляхом будівництва  
фотоелектричних станцій

Виконав: студент 2-го курсу , групи ЕСЕ-21м

Освітня програма: " Електротехнічні системи електроспоживання"

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханік

(шифр і назва спеціальності)

Куровський П. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: проф. каф. ЕСЕЕМ

Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту

« 19 » 2022 р.

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 19 » 2022 р.

Опонент К.М. ДОУМБ КАФ. ЕСС

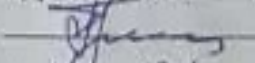
Томаш В.В.

(прізвище та ініціали)

« 19 » 12 2022 р.

Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Освітня програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
ЕСЕЕМ д.т.н., проф.,  
Бурбело М.Й.

  
« 14 » вересня 2022р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**  
Куровському Павлу Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності системи електропостачання села Олешин Хмельницького міського району електричних мереж, шляхом будівництва фотоелектричних станцій, керівник Бурбело Михайло Йосипович, д.т.н., проф., затверджені наказом по ВНТУ від «14» вересня 2022 року, №203

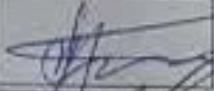





2. Термін подання студентом роботи 12.12.2022 року.

3. Вихідні дані до роботи: генплан населеного пункту, де відбуватиметься будівництво станції (Додаток Б).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Відомості про місце будівництва електростанції, вихідні дані проектування, та характеристика складових частин електростанції. Приєднання проєктованої фотоелектричної сонячної станції ПС Лісові Гринівці 35/10 кВ, Ф-66. Розрахунок режимів роботи фотоелектричної сонячної електростанції. Економічне обґрунтування доцільності встановлення сонячної станції. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): ситуаційний план села, електрична схема підключення, презентація по виконаній роботі.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання « 14 » вересня 2022 року.

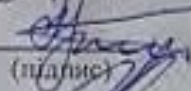
## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Відомості про місце будівництва електростанції, вихідні дані проектування, та характеристика складових частин електростанції.	30.09.22	вик.
2	Приєднання проєктованої фотоелектричної сонячної станції ПС Лісові Гринівці 35/10 кВ, Ф-66	10.11.22	вик.
3	Розрахунок режимів роботи фотоелектричної сонячної електростанції	16.11.22	вик.
4	Економічний розрахунок	28.11.22	вик.
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.12.22	вик.

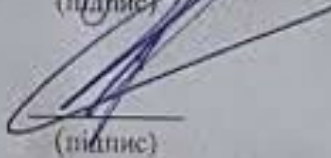
Студент

  
(підпис)

Керівник магістерської  
дипломної роботи

  
(підпис)

Нормоконтроль

  
(підпис)

Куровський П. В.  
(прізвище та ініціали)

Бурбело М. Й.  
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю. П.  
(прізвище та ініціали)

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

(повне найменування вищого навчального закладу)

**Факультет електроенергетики та електромеханіки**

(повне найменування факультету)

**Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного**

(повна назва кафедри)

**менеджменту**

**Пояснювальна записка  
до магістерської кваліфікаційної роботи**

Магістр

(освітній ступінь)

на тему: Підвищення ефективності системи електропостачання села Олешин  
Хмельницького міського району електричних мереж шляхом будівництва  
фотоелектричних станцій

Виконав: студент 2-го курсу , групи ЕСЕ-  
21М

Освітня програма: “ Електротехнічні  
системи електроспоживання»

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханік

(шифр і назва спеціальності)

Куровський П. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: проф. каф. ЕСЕЕМ

Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

**Допущено до захисту**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

Опонент \_\_\_\_\_

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Вінниця ВНТУ – 2022 року

# ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Освітня програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
ЕСЕЕМ д.т.н., проф.,  
Бурбело М.Й.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022р.

## **ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Куровському Павлу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності системи електропостачання села Олешин Хмельницького міського району електричних мереж, шляхом будівництва фотоелектричних станцій, керівник Бурбело Михайло Йосипович, д.т.н., проф., затверджені наказом по ВНТУ від «14» вересня 2022 року, №203

2. Термін подання студентом роботи 12.12.2022 року.

3. Вихідні дані до роботи: генплан населеного пункту, де відбуватиметься будівництво станції (Додаток Б).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Відомості про місце будівництва електростанції, вихідні дані проектування, та характеристика складових частин електростанції. Приєднання проектованої фотоелектричної сонячної станції ПС Лісові Гринівці 35/10 кВ, Ф-66. Розрахунок режимів роботи фотоелектричної сонячної електростанції. Економічне обґрунтування доцільності встановлення сонячної станції. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): ситуаційний план села, електрична схема підключення, презентація по виконаній роботі.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання « 14» вересня 2022 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Відомості про місце будівництва електростанції, вихідні дані проектування, та характеристика складових частин електростанції.	30.09.22	
2	Приєднання проєктованої фотоелектричної сонячної станції ПС Лісові Гринівці 35/10 кВ, Ф-66	10.11.22	
3	Розрахунок режимів роботи фотоелектричної сонячної електростанції	16.11.22	
4	Економічний розрахунок	28.11.22	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.12.22	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Куровський П. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської  
дипломної роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Бурбело М. Й.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_

(підпис)

Войтюк Ю. П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Куровський Павло Володимирович. Підвищення ефективності системи електропостачання села Олешин Хмельницького міського району електричних мереж шляхом будівництва фотоелектричних станцій. Магістерська кваліфікаційна робота. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ФЕЕЕМ. Кафедра ЕСЕЕМ. – Вінниця: ВНТУ, 2022 – 90 с.

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто проектування, будівництво та вибір обладнання виходячи із розрахунків. Також були проведені розрахунки, які дозволяють зробити економічні оцінки ефективності капітальних вкладень в будівництво ФЕС. Розрахунки ФЕС проведені за розробленими математичними моделями в конкретній схемі електропостачання. Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: електропостачання, фотоелектрична станція, ФЕС, сонячна енергія, сонячна панель.

## ANNOTATION

Kurovsky Pavlo Volodymyrovych. Increasing the efficiency of the electricity supply system of the village of Oleshyn, Khmelnytskyi city district, through the construction of a photovoltaic solar panels. Master's qualification thesis. Specialty 141 – Power engineering, electrical engineering and electromechanics. FEEEEEM. ESEEM Department. – Vinnytsia: VNTU, 2022 – 90 p.

In the master's qualification work, design, construction and selection of equipment based on calculations were considered. Calculations were also carried out, which allow making economic assessments of the efficiency of capital investments in the construction of the FES. FES calculations are carried out according to developed mathematical models in a specific power supply scheme. The issue of occupational health and safety in emergency situations was considered.

Key words: power supply, photovoltaic plant, FES, solar energy, solar panel.

Pictures - 15

Tables – 41

Bibliographies –33



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....	7
ВСТУП .....	8
<b>1. ВІДОМОСТІ ПРО МІСЦЕ БУДІВНИЦТВА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, ВИХІДНІ ДАНІ ПРОЕКТУВАННЯ, ТА ХАРАКТЕРИСТИКА СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....</b>	<b>10</b>
1.1 Короткі відомості про АТ «Хмельницькобленерго» та структурний підрозділ Хмельницький МРЕМ.....	10
1.2. Фотоелектрична сонячна станція. Її переваги та недоліки .....	11
1.3 Вихідні дані проектування СЕС, та коротка характеристика її складових елементів.....	14
1.5. Коротка характеристика району проектування та будівництва електростанції .....	22
<b>2. ПРИЄДНАННЯ ПРОЕКТОВАНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СОНЯЧНОЇ СТАНЦІЇ ПС ЛІСОВІ ГРИНІВЦІ 35/10 кВ, Ф-66 .....</b>	<b>25</b>
2.1. Характеристика об'єкту проектування.....	25
2.2. Технологічні рішення.....	26
2.3. Розрахунок та вибір необхідного перерізу кабелю .....	30
2.4 Термін виконання БМР .....	36
<b>3. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....</b>	<b>38</b>
3.1. Характеристика місця будівництва згідно класифікації сонячних випромінювань.....	38
3.2 Прогнозування генерації та споживання електроенергії проектованою сонячною електростанцією.....	39
3.3 Інсоляція, та її прогнозовані величини проектованої СЕС .....	44
3.4 Розрахунок режимів СЕС.....	46
<b>4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>50</b>
4.1 Мета розрахунків та характеристика вихідних даних .....	50
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання .....	51
4.3. Планування вартості матеріалів, що витрачаються при будівництві.....	54
4.4 Визначення амортизаційних відрахувань, та інших витрат .....	55
4.5. Розрахунок річного споживання та втрат електроенергії. ....	56
4.6. Розрахунок потреби в робочій силі.....	58
4.7 Розрахунок витрат на заробітну плату .....	61

	6
4.8. Визначення терміну окупності сонячної електростанції.....	64
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	67
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту.....	68
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць на висоті .....	68
5.1.2 Електробезпека .....	70
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	71
5.2.1 Мікроклімат.....	71
5.2.2 Склад повітря робочої зони .....	72
5.2.3 Виробниче освітлення .....	73
5.2.4 Виробничий шум .....	74
5.2.5 Виробнича вібрація.....	75
5.2.6 Психофізіологічні фактори.....	76
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи електропостачання села Олешин Хмельницького міського району електричних мереж в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	77
5.3.1 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання села Олешин Хмельницького міського району електричних мереж в умовах буревіїв.....	77
5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання села Олешин Хмельницького міського району електричних мереж в умовах дії електромагнітного імпульсу .....	80
5.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання села Олешин Хмельницького міського району електричних мереж в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	82
<b>ВИСНОВОК</b> .....	85
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	87
<b>ДОДАТКИ</b> .....	91
ДОДАТОК А.....	92
ДОДАТОК Б .....	95
ДОДАТОК В.....	98
ДОДАТОК Г .....	102
ДОДАТОК Д.....	103

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

СЕС – сонячна електростанція;

ФЕС – фотоелектрична станція;

КЛ – кабельна лінія;

ЛЕП – лінія електропередач;

КЗ – коротке замикання;

КТП – комплектна трансформаторна підстанція.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** На сьогоднішній день використання альтернативних джерел енергії стало досить поширеним на Україні. Катастрофічне погіршення екологічної ситуації у світі, а також необґрунтована економічна залежність від традиційних джерел, призвели до того, що вчені почали оцінювати енергетичний потенціал природних явищ і поступово знайшли методи його використання. Так, зараз людство має можливість використовувати енергію сонця, вітру, руху води, тепла та інше.

Кількість сонячного випромінювання, що потрапляє на Землю, настільки велика, що в кілька десятків тисяч разів перевищує потребу в ньому всього людства. Це означає, що при правильній організації використання цієї енергії на всій планеті, людство зможе забезпечити себе постійним потоком електроенергії всього з одного джерела. При цьому, завдяки його відновлюваності, ми не зможемо перевищити свої потреби і привести до нестачі ресурсів.

В наш час активно впроваджуються нові екологічно чисті джерела енергії. Вже сьогодні можна сказати, що сонячна енергія є серйозною альтернативою традиційній енергетиці. Потрібно відзначити, що діючі в Україні ціни на традиційне паливо й енергію не вміщують реальні витрати на їх виробництво та не враховують екологічної «вартості» енергії. Оцінки прямих соціальних витрат, зв'язаних зі шкідливим впливом електростанцій, включаючи хвороби і зниження тривалості життя людей, оплату медичного обслуговування, втрати на виробництві, зниження врожаю, відновлення лісів і ремонт будинків у результаті забруднення повітря, води і ґрунту дають величину, що додає близько 75 % світових цін на паливо й енергію. Тому, якщо врахувати ці приховані зараз витрати в тарифах на енергію, то більшість нових технологій у сфері сонячної енергетики стає цілком конкурентноспроможними з існуючими технологіями. У силу розглянутої актуальності, використання сонячної енергії, метою даної роботи є розрахунок ефективності використання автоматизованих систем орієнтації площини сонячних батареї та колекторів (приймачів) перпендикулярно

сонячному промінню.

**Об'єкт дослідження:** процеси генерації, передачі та споживання електричної енергії.

**Предмет дослідження:** встановлення фотоелектричної станції на території села.

**Мета дослідження:** поліпшення ефективності застарілої системи електропостачання с. Олешин, Хмельницького району за рахунок проектування та будівництва фотоелектричної сонячної станції. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- дослідити місцевість будівництва, визначитись з необхідними складовими частинами електроустановки;
- виконати розрахунок по встановленню сонячних батарей;
- виконати техніко-економічні розрахунки.

**Наукова новизна роботи** полягає у розвитку електропостачання села Олешин, та можливість його поліпшення за рахунок ФЕС.

**Практична цінність роботи** полягає в розробці рекомендацій щодо поліпшення електропостачання села за рахунок встановлення на ньому сонячних панелей. Економічний ефект полягає в можливості зменшення витрат собівартості електричної енергії з мережі за рахунок енергії, виробленої СЕС.

**Методи дослідження.** Виконана робота базується на теоретичних основах електротехніки, теорії електричних систем, теорії електропостачання, методах та теорії прийняття рішень. Використані такі програмні продукти як MS Excel, MS MathCad.

**Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.** Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було обговорено на науково-технічних конференціях професорсько- викладацького складу, співробітників та студентів університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Хмельницький та області. За результатами опубліковані тези доповідей [33].

# 1. ВІДОМОСТІ ПРО МІСЦЕ БУДІВНИЦТВА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, ВИХІДНІ ДАНІ ПРОЕКТУВАННЯ, ТА ХАРАКТЕРИСТИКА СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

## 1.1 Короткі відомості про АТ «Хмельницькобленерго» та структурний підрозділ Хмельницький МРЕМ

Історія створення АТ «Хмельницькобленерго» тісно переплітається з історією розвитку нашої держави. В період відбудови держави після наслідків другої світової війни, для нашої держави гострим питанням стало електрифікація населених пунктів. Першими кроками в цьому напрямку на теренах сучасної Хмельницької області стало будівництво низки ГЕС в різних населених пунктах області. ГЕС були побудовані в Кам'янець-Подільському, Летичівському, Старокостянтинівському, Чемеровецькому та Деражнянському районах. Саме дана подія стала поштовхом утворення компанії. Саме для обслуговування побудованих ГЕС в травні 1951 р. було утворено Кам'янець-Подільську експлуатаційну контору «Сільенерго». Дана організація мала міжобласний характер, так як окрім Хмельницької області обслуговувала ще й Тернопільську, та Чернівецьку. На момент утворення «Сільенерго» на її балансі знаходилось 15 гідроелектростанцій. У 1958 р. на території Тернопільської та Чернівецької областей було утворено власні «Сільенерго», тому Кам'янець-Подільська експлуатаційна контора змінила свій статус з міжобласної на обласну, та у вересні 1960 р. реорганізована в Хмельницьке енергетичне управління сільського господарства.

На шляху переходу від міжобласної експлуатаційної контори «Сільенерго» до АТ «Хмельницькобленерго» варто зазначити одну важливу подію, а саме – створення атомної електростанції на території області. Дана АЕС була запущена в експлуатацію 22 грудня 1987 р., та розташована на території м. Нетішин. Електростанція складається з двох ядерних реакторів ВВЕР-1000, які були запущені в 1987 та 2004 роках. Їхня загальна потужність становить 2 000 МВт., що служить для доповнення електричних систем на Заході нашої держави.

Остаточну свою назву АТ «Хмельницькобленерго» отримало аж в 2018 році. На даний час компанія обслуговує 20 РЕМів, а саме: Білгородський, Віньковецький, Волочиський, Городоцький, Деражнянський, Дунаєвецький, Ізяславський, Кам'янець-Подільський, Красилівський, Летичівський, Новоушицький, Полонський, Славутський, Старокостянтинівський, Старосинявський, Теофіпільський, Хмельницький, Чемеровецький, Шепетівський, та Ярмолинецький РЕМ. Даний список набув свого остаточного вигляду лиш в 2021р. До цього кількість РЕМ в АТ «Хмельницькобленерго» становила 22 підрозділи. Зменшення загальної кількості по РЕМ Хмельницької області зумовлена об'єднанням Кам'янець-Подільських міських та районних електромереж в один структурний підрозділ - Кам'янець-Подільські РЕМ (2020 р.), та Хмельницьких міських та районних електромереж в Хмельницькі Районні Електромережі.

Хмельницький МРЕМ являє собою найбільший структурний підрозділ АТ «Хмельницькобленерго», та обслуговують більш ніж третину всіх споживачів області. Свою історію даний підрозділ розпочав в 1962 р., коли місто Хмельницький повністю перевели на централізоване електропостачання. За свою історію підприємство мало не одного керівника, котрий зіграв важливу роль в формуванні та розвитку поліпшення електрифікації району. На даний час директором Хмельницьких МРЕМ є Олійник С. В., а склад робітників налічує 234 працівників. На даний час проводиться капітальна реконструкція ряду населених пунктів: с. Волиця, с. Давидківці, с. Грузевиця та с. Мар'янівка.

## 1.2. Фотоелектрична сонячна станція. Її переваги та недоліки

Сонячна електростанція (СЕС) – технічна, інженерна споруда, яка служить для перетворення сонячної випромінювальної енергії на електроенергію. Даний вид отримання альтернативного джерела електроенергії стрімко розвивається у світі з кожним днем.

Сонячні джерела електроенергії, як й інші види виробництва альтернативної електричної енергії мають велику кількість переваг, та недоліків в порівнянні з традиційними електростанціями.

Головними перевагами фотоелектричних сонячних електростанцій є:

- безмежне джерело випромінювальної енергії. Згідно даних досліджень, проведених фахівцями, сонячна випромінювальна енергія буде доступною для нас, мінімум, ще 5 млрд. (що є особливо важливим аргументом в порівнянні з світовими запасами вугілля, нафти та газу).

- безпечність й екологічність. Сонячні електростанції не несуть шкідливого впливу для нашої планети, не забруднюють атмосферу та є безпечними для навколишнього середовища;

- велика кількість енергії для використання.

На ряду з перевагами використання сонячних електричних станцій існують також й недоліки у її експлуатації:

- дорога вартість обладнання. Проектування та будівництво СЕС вимагає значних початкових капіталовкладень, що сповільнює динаміку розвитку будівництва даних електростанцій;

- значна територія земельної ділянки, необхідна для будівництва сонячних батарей. При умові, що має бути відкрита ділянка з попаданням прямих сонячних промінь;

- перемінна ефективність. В залежності від пори року, та періоду доби кількість випромінюваної сонячної енергії буде різною. Варто зазначити, що пікові навантаження у побутових споживачів припадає якраз на вечірні години. Час, коли сонячні електростанції не можуть працювати достатньо ефективно.

За типами СЕС поділяється на:

- а) електростанції, які використовують фотоелектричні модулі;

- б) електростанції, на основі теплового двигуна.

Саме завдяки проектуванню та будівництву сонячних електростанцій з використанням фотоелектричних модулів відбуватиметься підвищення ефективності системи електропостачання с. Олешин, Хмельницької області. Даний вид системи виробництва електроенергії було обране тому, що вони швидко окупаються та не вимагають постійного технічного обслуговування. Для проекту обираєм фотоелектричну сонячну панель (рис. 1.1) з монокристалічних елементів.





Рисунок 1.1 – Фотоелектрична сонячна панель

Вибираємо даний вид панелей завдяки її суттєвим перевагам над полікристалічними панелями:

- завдяки високому рівню очищенню кремнію монокристалічні панелі працюють з великим рівнем продуктивності;
- при значній хмарності та в період доби з малим освітленням (ранок та вечір) працюють більш продуктивно за інші типи панелей;
- монокристалічні батареї компактні, та не потребують великої площі для свого розміщення;
- гарантійний термін служби даних панелей сягає 25 – 30 років;
- рівень продуктивності монокристалічних панелей складає 18 – 23%, що є їхньою найбільшою перевагою на ринку.

До недоліків монокристалічних батарей можна віднести їхню вартість. Їхня ціна значно вища за полікристалічну панель.

В основі роботи даного модулю стоїть фотоефект. Цей процес є можливий завдяки взаємодії сонячних випромінювань з великою кількістю невеликих за розмірами блоків – фотоелектричних елементів, товщиною 0,3 мм [2]. Вони

утворюють своєрідне електричне поле. Ці фотоелектричні елементи з'єднані в одну панель завдяки алюмінієвому корпусу.

Таблиця 1.1 – Характеристики обраної сонячної панелі

Характеристики	Значення
Модель	JAM72D3-540/MB
Модуль	монокристал
Макс потужність, Вт	540
ККД, %	20,8
Напруга (робоча), В	41,6
Напруга (холостого ходу), В	49,7
Максимальний струм, А	12,87
Струм к.з., А	13,76
Максимальна напруга постійного струму, В	1500
Можливе відхилення потужності, %	- 0...+3

1.3 Вихідні дані проектування СЕС, та коротка характеристика її складових елементів

Вихідними даними для проектування сонячної електростанції потужністю 770 кВт змінного струму на території с. Олешин Хмельницького району є:

- завдання на проектування;
- технічні умови, які видані АТ «Хмельницькобленерго»;
- план території, на якій буде відбуватись проектування;
- надана замовником топографічна зйомка об'єкту М1: 500.

Проектування та впровадження в дію проекту нової сонячної електростанції на території с. Олешин, Хмельницького району, потужністю 770 кВт змінного струму має на собі мету виробництво електроенергії від сонячної енергії, та безпосередню передачу її у мережу потужністю у 10 кВ. Мета впровадження даного проекту в життя є підвищення ефективності системи електрифікації вже застарілої системи електрозабезпечення населеного пункту. Також за рахунок фотоелектричної станції прогнозується збільшення обсягів

споживання й виробництва електроенергії, добутої від альтернативних джерел, що дасть змогу зекономити традиційні паливно-енергетичні ресурси та надзвичайно важливе в наш час – мінімізація залежності України від імпорту даної сировини.

Проектована мережева фотоелектрична система складатиметься з наступних елементів:

- сонячні панелі, призначені щоб поглинати енергію від сонячних променів, та перетворювати її в електроенергію. Складається з фотоелектричних комірок (6 × 12). Дані комірки складають собою фотовольтаїчну систему призначену для генерації й накопичення електричної енергії. Кожен такий модуль має вихідну потужність 100 – 650 Вт.;

- інвертори мережеві, які є свого роду перетворювачами, призначені для перетворення постійний струм, який виходить з фотоелектричних панелей у змінний струм. Генерований струм має певну напругу та частоту, та передається в загальну електромережу чи використовується в локальній мережі, для власних потреб. Інвертори здатні вмикати відслідковування точки максимальної потужності й автоматично вимикати мережу;

- моніторингова система – за допомогою якої відбувається відстежування та керування параметрами й режимами роботи проекрованої сонячної електростанції;

- лічильники, які дають змогу наглядати за продуктивністю встановленої системи, й обліку «зеленої» енергії генерованої енергії;

- приєднані до сонячної електростанції внутрішні лінії електропередачі;

- змонтовані металеві конструкції, призначені для розташування на земельній ділянці сонячних панелей;

- трансформаторні підстанції 0,4/10 кВ;

- внутрішні споживчі засоби електроенергії (побутові та промислові електроприлади).

Згідно проекту сонячна електростанція, потужністю 770 кВт змінного струму передбачає наступні характеристики:

- кількість ФЕМ – 1638 шт;

- пікова потужність – 540 Вт;

- потужність інверторів – 110 кВт;
- кількість інверторів – 7 шт;
- кут нахилу сонячних панелей відповідно до горизонту складає 30°.
- кількість комплексних трансформаторних підстанцій – 1 шт;
- розташування панелей проектується в два ряди, вертикально;
- децентралізована схема перетворення постійного у змінний струм;
- вироблена електроенергія видаватиметься в мережу 10 кВ АТ «Хмельницькобленерго».

Фотоелектрична сонячна станція завдяки сонячним випроміненням виробляє постійний струм. Надалі цей струм потрапляє до інверторів, які перетворюють його на електроенергію зі змінним струмом. Після перетворення інверторами, змінний струм напругою 0,4 кВ надходить до КТП 0,4 кВ.

### Сонячні модулі

Даним проектом передбачено, що будуть встановлені фотоелектричні сонячні модулі Monocrystalline JAM72D3-540/MB з номінальною піковою потужністю 540 Вт. До складу молів входять також приєднувальні коробки, що вмонтовані у його конструкцію. Приєднувальні коробки мають всередині паралельно з'єднані з елементами модуля діодами. Також кожна коробка містить в собі по два кабелі, з роз'ємами для комутації.

Таблиця 1.2 - Механічна характеристика та параметри умов експлуатації

Показники	Значення
Розміри модуля, мм	2575×1132×35
Товщина з'єднувальної коробки, мм	50
Розміри з'єднувальної коробки, мм	152×121×25
Ступінь захищеності з'єднувальної коробки	IP76
Переріз кабелю, мм <sup>2</sup>	4,0
Матеріал лицьової сторони	Скло загартоване
Товщина скла, мм	3,2
Кількість елементів, од	144
Робоча температура, °С	-40...+ 85
Температура роботи сонячних елементів, °С	- 2...+ 40

Максимальне вітрове навантаження, кПа	2,3
Максимальне снігове навантаження, кПа	5,3

### **Інвертор**

Інвертор призначений для перетворення виробленого під дією сонячного випромінювання електроенергії постійного струму в електроенергію змінного струму, з синусоїдальною формою. Інвертор може працювати лише за наявності в мережі напруги змінного струму. В разі зникнення напруги мережі інвертор автоматично від неї відключається, й переходить у режим очікування. Вмикаючись у роботу інвертор синхронізує параметри генерованої електричної енергії по напрузі та частоті в фазах. Під час короткого замикання не виходить із синхронізму, та не надає живлення струмам короткого замикання. Керуванням роботою інвертора займається мікропроцесор. Він забезпечує змінний, вихідний струм з синусоїдальною формою та коефіцієнтом нелінійних спотворень до 3%.



Рисунок 1.2 - Інвертор SUN 2000-110KL

В даному проекті передбачено сім інверторів, типу SUN 2000-110KL, з потужністю 110 кВт. До кожного з інверторів планується під'єднання 234 фотоелектричних модулів, з потужністю 540 Вт, яка в середньому складає 126,35к Вт. Фотоелектричні сонячні модулі поділені на 13 паралельних груп по

18 послідовно з'єднаних модулів. Таке розміщення служить для оптимальної експлуатації сонячних модулів і інвертора. Інвертори розміщені на спеціальних рейках на стійках системи кріплення модулів. Цим самим забезпечується захист від прямого попадання сонячних випромінювань й опадів.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики інвертора SUN 2000-110KL

Показник	Значення
Тип інвертора	SUN 2000-110KL
Вхідні дані	
Діапазон, В	200-1000
Робоча напруга постійного струму, В	200-1000
Напруга в холостому ході, В	1200
Максимальний вхідний струм, А	21
Струм короткого замикання, А	30
Вихідні дані	
Потужність, кВт	110
Максимальна потужність, кВт	120
Робоча напруга, В	220/380
Робоча частота, Гц	50
Максимальний вихідний струм, А	166
К-нт потужності, $\cos\phi$	1,0
К-нт нелінійних спотворень, %	3
Максимально можливий к.к.д.	98,6
Енергоспоживання у очікуючому режимі, Вт	1
Температура роботи в навколишньому середовищі, °С	-20...+65
Розміри, мм	1065×550×350
Вага, кг	75

1.4 Система збору, передачі інформації і управління сонячною електростанцією

Для моніторингу ефективності роботи проекрованої сонячної станції, використовуватиметься система спостереження та керування основана на базі SmartLogger 3000A3UE, яка працюватиме з програмним забезпеченням NetEco. SmartLogger контролює та керує режимами сонячних електростанцій. Він конвертує порти, обробляє протоколи, приймає та зберігає дані, контролює та ослюговує в цілому енергосистему. SmartLogger має наступні можливості:

- загальний моніторинг;

- централізований контроль (більше 80 приладів);
- дає користувачу можливість переглядати інформацію про стан електростанції, пристрої, сигналізацію, задавати різні параметри, та користуючись рідкокристалічним дисплеєм обслуговувати пристрої;
- дає змогу, завдяки web додатку контролювати й керувати сонячною електростанцією. Зокрема, можливий перегляд в реальному часу інформацію про стан СЕС, пристрої та помилки, змінювати у віддаленому режимі параметри пристроїв;
- постійно контролює реєстрацію аварійних режимів, з записом на електричну пам'ять;

#### Графічні дані:

- відображення виробленої електричної енергії, інформацію в реальному режимі, під виглядом текстів, та графіків;
- показує енергію, яка є вироблена в реальному часі. Відображає в вигляді тестів і таблиць. Показує показники продуктивності електростанції на встроєному web-перегляді.

#### Керування режимами сонячної електростанції

- регулювання максимальної швидкості переміни, за якою активна потужність електростанції може змінюватись, якщо змінюється інтенсивність випромінювання сонячних променів, чи зміни абсолютного порогу потужності установки;
- програмним регулюванням низької активної потужності електростанції, якщо частота підвищується більше встановленого значення;
- можливість керування реактивною потужністю;
- можливість керування коефіцієнту потужності;
- можливість керування напруги;
- відімкнення сонячної електростанції при появі частоти меншої або більшої за встановлені установки. Початок генерації енергії після команди поданої на інвертор оператором електростанції, в ручному режимі.

Встановлення початкових параметрів регулювання призначаються перед запуском електростанції у експлуатацію. Ці параметри налаштовує власник електромереж. Якщо виникає необхідність змінити режим роботи

сонячної електростанції, таких як встановлення режиму регулювання потужностями, напруги, та час спрацювання, персонал який обслуговує сонячну електростанцію, після вказівки чергового диспетчера має в терміновому порядку провести необхідні зміни налаштування обладнання. Зв'язок між черговим персоналом електростанції, та АТ «Хмельницькобленерго» відбувається завдяки стільниковому зв'язку оператору мобільного зв'язку.

Відповідно до вимог ГОСТ 13019- 98 і ДСТУ EN 50170:2014 та інших чинних нормативних документів зазначається якість генерованої електроенергії. Контроль якості електричної енергії відбувається за допомогою системи АСКОЕ. За допомогою даної системи можна отримати такі показники, як якість споживання, максимальну пікову потужність, та обсяг спожитої електроенергії. Ці дані передаються енергопостачальній структурі.

Процес роботи обладнання електростанції не можливий в автономному режимі. При невідповідності параметрів в мережі передбачається вимкнення інверторів СЕС, що може викликати порушення роботи енергетичної системи. Під час відключення ЛЕП-10 кВ зовнішнього живлення енергопостачання, автоматично від неї відключається інверторне обладнання, з подальшим припиненням вироблення електроенергії.

### **Трансформаторна підстанція КТП 0,4/10 кВ**

Для прийому генерованої електричної енергій, та розподілу змінного трифазного струму, з частотою в 50 Гц. серед споживачів розміщується мобільна будівля (7×2,8 м., висота 2,7м.) комплектна трансформаторна підстанція (КТП). Запроектований під неї фундамент з бетонних блоків на подушці з щебню, висотою 200 мм. Зверху блоків розміщується монолітний бетонний пояс товщиною 160 мм. Залізна рама споруди монтується до завчасно закладених у фундамент деталей шляхом зварювання, з мінімальною довжиною шва в 100 мм.

Район розміщення підстанції має ризик затоплення паводковими опадами. З огляду на це, відмітку верху фундаменту передбачено вище на 0,25 м. КТП спроектовані з влаштуванням камер КСО-307. Технічні характеристики камер вказані в табл. 1.4.



Таблиця 1.4 - Технічна характеристика камери КСО-307

Характеристика	Значення
Номінальна напруга, кВ	0,4
Частота, Гц	50
Номінальний струм в головних з'єднаннях, А	630
Струм вимкнення вакуумного вимикача, А	630
Струм електродинамічної стійкості, кА	25
Струм термічної стійкості за 1 с, кА	51
Напруга в допоміжних ланцюгах, В	220
Обслуговування	Централізоване

#### Вимоги з'єднання елементів металевих конструкцій

Важливою частиною будівництва фотоелектричної сонячної електростанції є міцність та надійність з'єднання різних частин металевих конструкцій. Заводські з'єднання є зварними, а монтажні, кріпляться ще за допомогою болтів, які належать до 5 та 8 класу міцності. Згідно проекту під час будівництва будуть застосовані болти монтажні, які згідно ДСТУ ГОСТ 7898:2008 відповідають класу точності В, круглі шайби відповідно до ГОСТ 11713-78, болти 5 та 6 класів міцності, гайки – четвертому класу. Гайки на постійних болтах мають унеможливити самостійне відгвинчування завдяки наступним рішенням:

- на болтах, працюючих на розтягування чи на овальних отворах встановленням контргайки. Вони мають відповідати ГОСТ 13173-78;

- на болтах працюючих на зріз, необхідно встановити під гайки пружинні шайби (замість круглих), відповідно до ГОСТ 4602-70.

Зварювальні деталі приймаються відповідно до ДСТУ Б 2.6-189:2004 «Будівельні сталеві конструкції. Вимоги їх виготовлення». Зварювальні шви необхідно робити електродами Є 46 згідно ДБН 1.1-13:2014. Мінімальна довжина шва має бути 60 мм. Марка сталі обирається з огляду від виду конструкції, а також розрахункової температури. Усі металеві деталі обираються з асортименту, виготовленому українським виробником.

## **Антикорозійний захист**

Важливою умовою тривалої експлуатації проектованої конструкції є антикорозійний захист конструкцій рам. Це відбувається за допомогою цинкування металу в заводських умовах. Частина рамних металоконструкцій, на які вже закріплені сонячні модулі, після проведення монтажу очищуються і заґрунтовуються подвійним шаром ґрунтовки. Після цього наноситься подвійний шар фарби.

Антикорозійний захист має бути виконаний відповідно до вимог:

- ДСТУ Б 2.6-198:2013 «Захист металевих конструкцій від дії корозії»;
- виробництво та встановлення конструкцій відповідно до ДСТУ Б 2.6-189:2004 «Будівельні сталеві конструкції. Вимоги їх виготовлення», «Будівельні металеві конструкції. Вимоги їх монтажу».

Монтаж всіх частин конструкції необхідно проводити тільки згідно затвердженому проекту монтажних робіт. Всі тимчасові кріплення після завершення монтажу мають бути демонтовані, та зачищені місця зварки. Для запобігання потрапляння води всі замкнуті профілі мають бути герметично закриті заглушками.

### 1.5. Коротка характеристика району проектування та будівництва електростанції

Проектування та будівництво сонячної електростанції буде відбуватись на території с. Олешин (мал. 1.2), Хмельницької області. Площа села складає 0,224 км, на якій мешкає 2309 чоловік. Даний регіон відноситься до Південно-західного кліматичного району ( території Полісся, Лісостеп). Клімат даної ділянки є помірно-континентальним, середньої вологості. Зима має м'який характер, з частими випадками відлиг. Літо є тепле, переважно з теплою погодою, з регулярними опадами, які виникають під впливом західних вітрів. Опади в даному регіоні переважно випадають під виглядом рясних дощів, часами супроводжувані з грозами. Майже 80% річних опадів припадає на теплий період календарного року, що часами призводить до повеней в річках. Середня річна кількість опадів складає 624 мм. До несприятливих погодних факторів

даного регіону належать: зливи, завірюхи, тумани, град, ожеледиця та заморозки. Температура повітря в середньому протягом року складає  $+7,6^{\circ}\text{C}$ .

Площа земельної ділянки виділена під забудову сонячної електростанції, та прилеглих конструкцій становить 1,76 га., та має північно-східний напрямок. Грунт, на якому буде відбуватись будівництво, складається в основному з глини, з невеликою кількістю вмісту щебню аргіліту. Конструкцію з сонячних панелей планується розташовувати на палях 1 – 1,5 м.

Згідно розрахунків температура повітря на зовні, відповідно до ДСТУ-Н. Б. В. 1. 1 – 27: 2010 становить:

- максимальна  $+ 35^{\circ}\dots+40^{\circ}\text{C}$ ;
- мінімальна  $- 35^{\circ}\dots- 40^{\circ}\text{C}$ .

Снігове та вітрове навантаження для четвертого снігового регіону буде ДБН В. 1. 2 - 2: 2006;

Згідно ДБН В. 1. 1 – 12 : 2014 розрахункова сейсмічність регіону складатиме 6 балів.

Глибина промерзання взимку ґрунту згідно ДСТУ – Н Б В. 1. – 27: 2010 становитиме – 0,9 м.

На виділеній території земельної ділянки, окрім самих сонячних панелей, які будуть приймати сонячне випромінювання, планується ще побудування низки інших споруд. Такими спорудами є:

- побутове приміщення розміром  $2\times 3$  м., та висотою 2,7 м.;
- металева захисна огорожувальна сітка, секція «Стандарт»  $200 \times 20 \times 4$  мм., влаштовану на оцинкованих металевих стовпах висотою 2,10 м. Також по периметру огорожі планується влаштування воріт шириною 5,00 м., для можливості заїзду транспортних засобів
- одна трансформаторна підстанція, будівля розміром  $7 \times 2,7$  м.



Рисунок 1.3. - Ситуаційний план с. Олешин, Хмельницьких МРЕМ

## 2. ПРИЄДНАННЯ ПРОЕКТОВАНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СОНЯЧНОЇ СТАНЦІЇ ПС ЛІСОВІ ГРИНІВЦІ 35/10 кВ, Ф-66

### 2.1. Характеристика об'єкту проектування

У другому розділі проекту обґрунтовується вибір й розрахунки приєднання КЛ від ПС Лісові Гринівці 35/10 кВ, Ф-66 до ТП 10/0,4 кВ проекрованої сонячної електростанції.

Передбачається прокладання кабельної лінії напругою 10 кВ. КЛ буде складатись із трьох прокладених в землі (спеціально підготовленій траншеї) одножильних кабелів з посиленою зовнішньою оболонкою. Технічні та економічні дані об'єкту зазначені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Техніко-економічні дані об'єкту

№ з/п	Показник	Значення
1	Вид будівництва	Нове будівництво
2	Розміщення об'єкту	Хмельницький р-н, с. Олешин
3	Тривалість будівництва, міс.	2
4	Довжина проекрованої траси КЛ, м, АПвЭгаПу-10 1x95/35	1713
5	Виконання горизонтально-направленого буріння, м	38,3
6	Довжина траншеї, м	1589
7	Довжина однофазного кабелю 10 кВ з алюмінієвими ТПЖ, марки АПвЭгаПу-10 1x95/35	5139
8	Муфта кінцева внутрішнього виконання 70- 240 мм <sup>2</sup> типу СНЕ-I 12kV, шт	2
9	Муфта з'єднувальна СНМ 12kV 70- 240 мм <sup>2</sup>	3
10	Гофрована тркба «Копофлекс», ø90 мм, чорна, м	56
11	Сигнальна стрічка ЛСЗ, 150 мм, червона, м	530
12	Пісок, м <sup>2</sup>	27,1

Згідно проекту, кабельна лінія 10 кВ буде прокладена в земляній траншеї. Дана КЛ виконана кабелем марки АПвЭгаПу-10 1x95/35, та має

довжину 1713 метрів. Довжина траншеї сягає 1589 м. Проектована траса буде прокладена по землях територіальної громади с. Олешин, Хмельницького району.

Згідно правил улаштування електроустановок кабелі прокладені в траншеї, для забезпечення їхнього механічного захисту будуть розміщені в залізобетонних лотках, та накриті зверху залізобетонною плитою. ПУЕ 2007.27. Також відповідно до даних правил на проєктованій трасі планується розміщення розпізнавальних знаків (сигнальна стрічка та інформаційні стовпці). ПЕУ 2007.

## 2.2. Технологічні рішення

Відповідно до отриманого завдання виконані такі проєктні рішення:

- розрахунок перерізу й марки обраного кабелю;
- прийняття рішень способу прокладання траси КЛ-10 кВ, відповідно до обраного й узгодженого напрямку КЛ-10;
- передбачення можливого перетинання проєктованою лінією, вже раніше існуючих споруд;
- проєктування заземлення.

Схема майбутнього розподільчого пристрою – підстанції 10/0,4 кВ, представляє собою дві окремі секції збірних шин 10 кВ. Під'єднання КЛ-10 кВ передбачається від першої лінії до першої існуючої секції шин ПС 35/10 кВ.

Електрична схема підключення зображена на рис. 2.1.

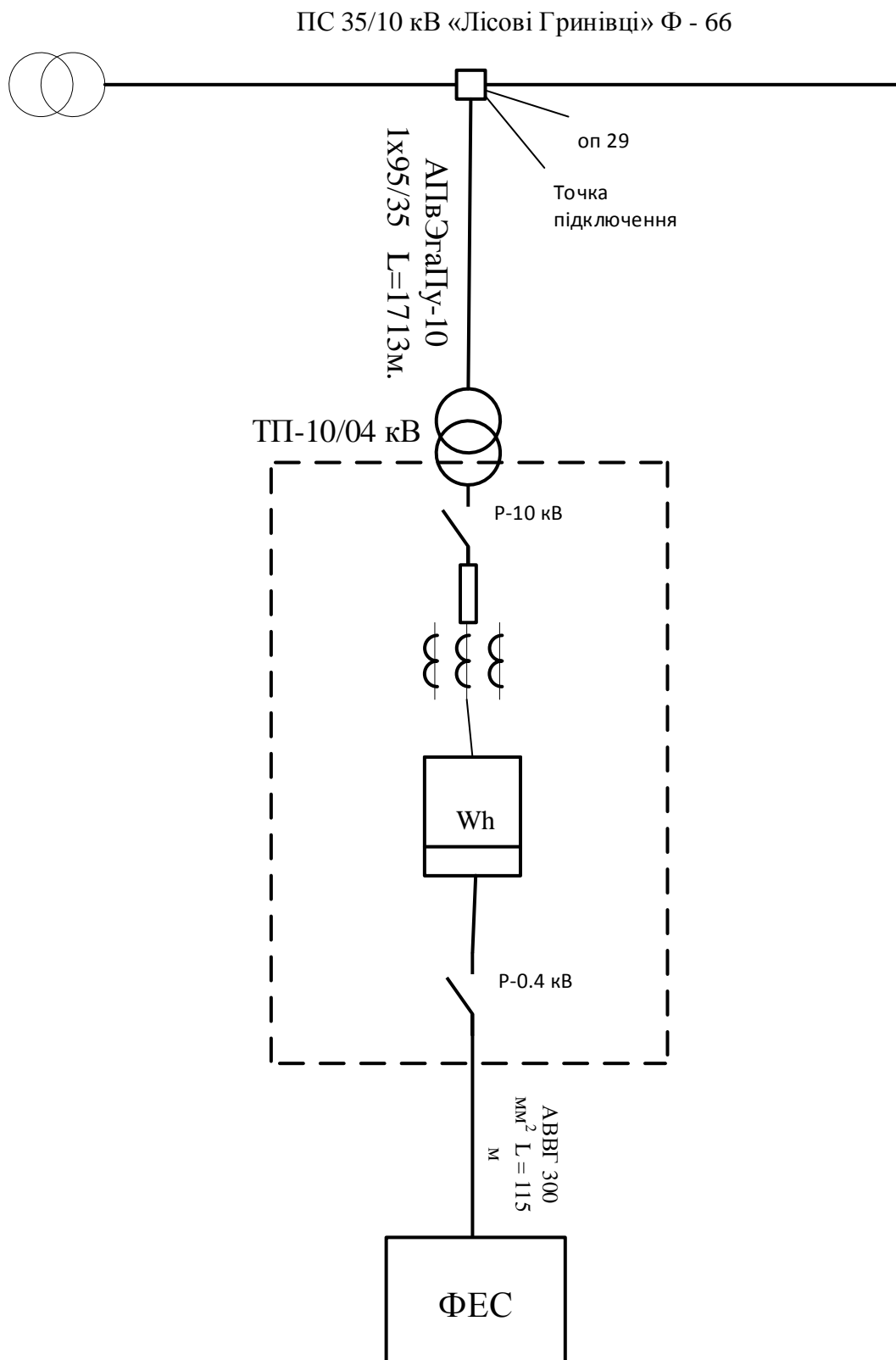


Рисунок 2.1- Електрична схема підключення ФЕС

Як було зазначено раніше, відрізок КЛ від ПС Лісові Гринівці 35/10 кВ, оп. 28, до проектованої ТП 10/0,4 кВ, буде проходити в траншеї. Кабель буде прокладено способом «у трикутник». При встановленні кабелів з зшитою поліетиленовою ізоляцією, існують певні стандартні умови, наведені у таблиці.

Таблиця 2.2 - Умови для прокладання кабелів 10 кВ в землі

Показники	Значення
Температура навколишнього середовища, С	30
Найбільша допустима температура в жилі, С	90
Тепловий питомий опір ґрунту, м/Вт	1,5
Фактор навантаження	1
Глибина розташування кабелю в землі, м	0,8
Тепловий питомий опір керамічних труб, м/Вт	1,2

При проектуванні будуть виконані вимоги ПУЕ, для проведення даного типу робіт, а саме [12]:

- ґрунт прокладання кабелю, не є сипучим, та відповідає всім вимогам даного типу робіт;

- глибина траншеї 850 мм.;

- ширина траншеї 820 мм.;

- наявність ґрунтової та пісочної підсіпки;

- конструкції виготовлені з негорючих матеріалів;

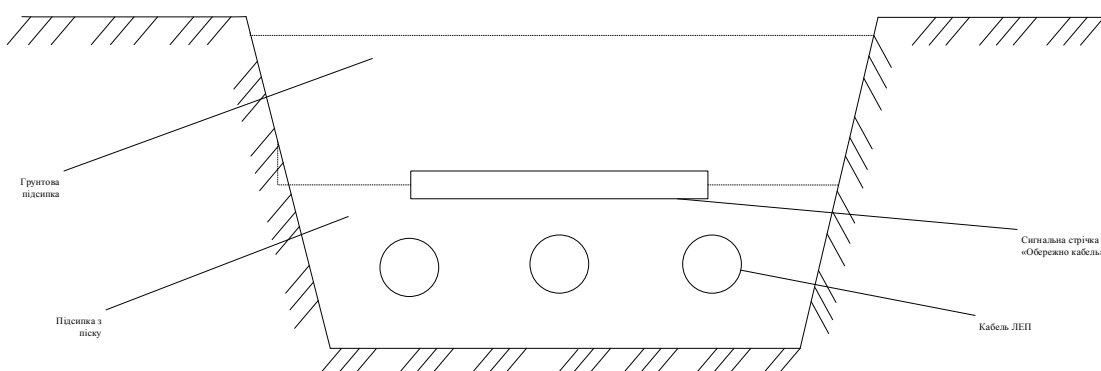
- на відрізку траси розташовані розпізнавальні знаки (сигнальна стрічка, та стовпці).

- траншею прокладено на непроїзній частині вулиці;

- ґрунт, яким засипають траншею, не містить шкідливих речовин, які можуть негативно впливати на захисну оболонку кабелю;

- кріплення мають антикорозійне покриття.

Схема прокладання кабелю в траншеї зображена на рис. 2.2.





## Рисунок 2.2 - Схема прокладання кабелю в траншеї

Кабельна лінія складається з трьох прокладених одножильних кабелів марки АПвЭгаПу-10 1х95/35. Струмopровідні жили даного кабелю виготовлені з алюмінію, з мідним екраном. Ізоляція кабелю з поліетилену. Виробник АТ «Южкабель», місто Харків. Розшифровка даної марки кабелю має наступні значення:

А – струмопровідна алюмінієва жила;

Пв – поліетиленова ізоляція;

Э – мідний екран;

га – герметизація мідного екрану водовідштовхуючими матеріалами, й алюмінієполімерною стрічкою;

Пу – зовнішня, посилена поліетиленова оболонка;

1х95 – одножильний кабель, та його переріз;

35 – перетин з мідного екрану.

Механічні й електричні параметри кабелю наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3. – Параметри кабелю АПвЭгаПу-10 1х95/35

АПвЭгаПу-10 1х95/35	
Параметри	Значення
Номінальна міжжильна напруга, кВ	10
Максимально допустиме значення напруги, кВ	12
Ізоляція кабелю, мм	3,3
Переріз екрану, мм <sup>2</sup>	35
Допустимий струм к.з. по екрану, кА	3,4
Найбільший допустимий струм к.з. струмопровідної жили, кА	8,7
Тривало допустиме струмове навантаження на кабель при прокладанні в землі трикутником, А	221
Тривало допустиме струмове навантаження на кабель при прокладанні в трубі трикутником, А	205
Рівень розрядів з номінальною напругою, пКл	6
Вага, кг/м	1,1

Передбачено прокладання однієї кабельної лінії від ПС Лісові Гринівці 35/10 кВ до ТП 10/0,4 кВ потужністю 10 кВ, з пропускною здатністю в 3 МВт. Для проведення надалі розрахунків згідно вихідних даних зображено однолінійну схему КЛ.

### 2.3. Розрахунок та вибір необхідного перерізу кабелю

Для проведення розрахунків перерізу кабелю наведем в табличній формі значення вихідних умов [15].

Таблиця 2.4 – Вихідні параметри

Параметри	Значення
Визначена середньорічна температура ґрунту, С	25
Глибина встановлення кабелю в ґрунті, м	0,85
Тепловий опір у ґрунті, м/Вт	1,3
Максимальна напруга, кВ	12
Розрахункове навантаження на КЛ в післяаварійному режимі, МВт	3
Фактор навантаження	1
Струм трифазного к.з. шин 10 кВ ПС 35/10 кВ «Лісові Гринівці» кА	9,42

Для початку проведення розрахунків вибору перерізу кабелю необхідно визначити струм лінії  $I_{\text{норм.розр}}$ , в стандартному режимі роботи:

$$I_{\text{норм.розр}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.1)$$

де  $n$  – кількість ліній передачі генерованої потужності;

$U_{\text{ном}}$  – напруга мережі;

$P$  – передавана потужність.

$$I_{\text{норм.розр.}} = \frac{3000}{\sqrt{3} \cdot 1 \cdot 10 \cdot 0,9} = 192,5(\text{A}).$$

Згідно отриманого результату розрахунків для прокладання лінії необхідно обрати кабель з номінальним перерізом, допустимий струм якого більше 192,5 (А).

На даному етапі проведення розрахунків обираємо кабель перетином 120 мм<sup>2</sup> струмопровідної алюмінієвої жили. Кожна фаза буде заживлена з однофазного кабелю. Загальна величина допустимо-тривалого навантаження на кабель прокладений в траншеї трикутником сягає 221 (А).

Згідно керівництву по вибору, прокладанню, монтажу, випробуванням та експлуатацію кабелів з ізоляцією з суцільного поліетилену, напругою від 6 до 35 кВ РД К27-03:2007 проводимо перевірку обраного нами перерізу кабелю.

1. Визначення перерізу жили кабелю відповідно допустимо-тривалого струму, відповідно реальних умов встановлення лінії.

Необхідним кроком є виконання коригування допустимо-тривалого струму. Коригування проводиться відповідно до поправок коефіцієнтів, визначених для нестандартних умов встановлення лінії.

Для кабелів, розміщених в землі:

а) Кабелі прокладені у траншеї трикутником. Застосовуємо коефіцієнти вказані в таблицях РД К27-03:2007.

Таблиця - 2.5 Коефіцієнти врахування не стандартних умов встановлення КЛ

Номер таблиці коефіцієнтів	Коефіцієнт	Номер коефіцієнту	Значення
2.8	Коефіцієнт, який враховує температуру ґрунту	K <sub>1</sub>	0,96
2.10	Коефіцієнт, котрий враховує глибину прокладання кабелю	K <sub>2</sub>	0,98
2.12	Коефіцієнт, котрий враховує тепловий питомий опір ґрунту	K <sub>3</sub>	1
2.15	Коефіцієнт фактору навантаження	K <sub>4</sub>	221

$$I^{\text{розр доп трив}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot I^{\text{норм доп трив}}; \quad (2.2)$$

$$I^{\text{розр доп трив}} = 0,96 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 221 = 207 (\text{A})$$

$$I^{\text{розр доп трив}} \geq I^{\text{розр}}; \quad (2.3)$$

$$207 \geq 192,5$$

б) При прокладанні в траншеї окремо кожного кабелю трикутником в окремій трубі. Використовуємо коефіцієнти зазначені у таблицях РД К27-03:2007.

Таблиця 2.6 - Коефіцієнти врахування проектування КЛ за нестандартних умов в трубі, способом «в трикутнику»

Номер таблиці коефіцієнтів	Коефіцієнт	Номер коефіцієнту	Значення
2.9	К-нт, що враховує температуру ґрунту	К <sub>1</sub>	0,96
2.11	К-нт, що враховує глибину прокладання кабелю	К <sub>2</sub>	0,97
2.13	К-нт, що враховує тепловий опір ґрунту	К <sub>3</sub>	1,13
2.15	К-нт по фактору навантаження	К <sub>4</sub>	205

$$I^{\text{розр доп трив}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot I^{\text{норм доп трив}}; \quad (2.4)$$

$$I^{\text{розр доп трив}} = 0,96 \cdot 0,97 \cdot 1,13 \cdot 205 = 215 \text{ (A)}$$

$$I^{\text{розр доп трив}} \geq I^{\text{розр}}; \quad (2.5)$$

$$215 \geq 192,5$$

Відповідно до наведених розрахунків кабель АПвЭгаПу-10 1x95/35 має достатній переріз струмопровідних жил.

2. За післяаварійним робочим режимом.

Згідно з пунктом 2.3.117 ПУЕ перевантажувальні здатності кабелю не беруться до уваги

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{авар}} \quad (2.6)$$

де,  $I_{\text{доп}}$  – є допустимим струмом кабелю в післяаварійному робочому

режимі;

$I_{\text{авар}}$  – є очікуваним струмом жили передаванням по лінії 10 кВ одночасно з додатковим лінійним навантаженням при аварії.

$$I_{\text{авар}} = I_{\text{розр}} = 192,5 \text{ А}$$

Допустимий струм кабелю післяаварійного режиму визначається за формулою:

$$I_{\text{ав доп}} = K_{\text{гр}} \cdot I^{\text{розр доп трив}} \quad (2.7)$$

де  $K_{\text{гр}}$  – (приймаємо 1,17) коефіцієнт, котрий враховує протяжність післяаварійного режиму, не більше 72 години на рік, та дозволяє нагрівання кабелю до  $130^\circ$ , під час прокладання в землю;

$I^{\text{розр доп трив}}$  – допустиме тривале значення струму жили кабелю, розраховане відповідно до реально можливих найгірших умов проектування лінії.

Для кабелів, які прокладені в траншеї трикутником:

$$I_{\text{ав доп}} = 207 \cdot 1,17 = 242(\text{А});$$

$$242 \geq 192,5(\text{А}).$$

Для кабелів, які прокладені в трубі в траншеї трикутником:

$$I_{\text{ав доп}} = 215 \cdot 1,17 = 251,5 (\text{А});$$

$$251,5 \geq 192,5(\text{А}).$$

3. За режимом короткого замикання.

$$I_{\text{КЗроз}} < K_{\text{Г}} \cdot I_{\text{КЗдоп}} \quad (2.8)$$

де  $K_{\text{Г}}$  – коефіцієнт врахування часу к.з. за 1 с.;

$I_{\text{КЗдоп}}$  – допустимий струм к.з. за одну секунду (11,3 кА);

$I_{K3\text{роз}}$  – розрахунковий струм к.з. на шинах ПС 35/10 кВ «Лісові Гринівці» секції 10 кВ (9.42 кВ);

$K_T$  визначаємо за формулою (кА):

$$K_T = \frac{1}{\sqrt{t}}, \quad (2.9)$$

$t$  – час спрацювання захисного відключення (0,5 секунд);

$$K_T = \frac{1}{\sqrt{0,5}} = 1,4$$

$$11,3 \cdot 1,4 = 15,7$$

$$15,7 \text{ кА} > 9,42 \text{ кА.}$$

З даних розрахунків відзначаємо, що в струмопровідній жилі величина струму гранично допустимого к.з. перевищує можливе значення розрахункового короткого замикання.

Визначення перерізу в зворотній жилі кабелю

Щоб можливим було проведення наступних розрахунків нами обрано переріз мідного екрану 35 мм<sup>2</sup>. Згідно до РД К27-03:2007 табл. 2.28 допустимий струм к.з. за одну секунду ( $I_{K3}$ ) складає 7,1 кА [29]. Величина короткого замикання на землю, на кінцевій муфті шин ПС35/10 кВ «Лісові Гринівці» згідно вимог ПУЕ:2017 п.2.3.122 складає  $I_{K3\text{роз}} = 8,1$  кА.

Розрахунки струму к.з. мідного екрану проводимо використовуючи формули 2.8 та 2.9 [18].

$$7,1 \cdot 1,4 = 9,93 \text{ кА} > 8,1 \text{ кА}$$

Величина допустимого струму к.з. мідного екрану більша ніж очікуване розрахункове значення.

4. За величиною наведеного струму.

Згідно вимог ПУЕ:2017 п.2.3.123 [29] якщо обрано метод заземлення

мідного екрану прокладеного кабелю з двох сторін, то необхідною є перевірка переріз кабелю за величиною  $I_e$  наведеного протікання струму в КЛ 10 кВ, нормального робочого режиму струму.

Відповідно до того, що нами була обрана схема прокладання лінії «у трикутник» один біля одного, то величина наведеного струму  $I_e$  обчислюється за допомогою формули:

$$I_e = I_{\text{роз норм}} \cdot \sqrt{\frac{0,0019}{0,019 + R_{70}}} \quad (2.10)$$

де  $R_{70}$  – активний опір при температурі  $70^\circ\text{C}$ .

$I_{\text{роз норм}}$  - розрахунковий струм лінії 10 кВ (192,5 А)

$R_{70}$  визначаємо наступним чином:

$$R_{70} = R_{20} \cdot 1,17 \quad (2.11)$$

де  $R_{20}$  – значення опору екрану при температурі в  $20^\circ\text{C}$ , при постійному струмі (0,542 Ом).

$$R_{70} = 0,542 \cdot 1,17 = 0,634 \text{ Ом}$$

$$I_e = 192,5 \cdot \sqrt{\frac{0,019}{0,019 + 0,634^2}} = 13,09 \text{ А}$$

Перевірку екрану проводимо згідно відношення розрахункового струму лінії та по допустимо наведеному струму:

$$\frac{I_e}{I_{\text{роз норм}}} \leq 15\% \quad (2.12)$$

$$\frac{13,09}{192,5} \cdot 100\% = 6,8\%$$

$$6,8\% < 15\%$$

Щоб при проектуванні правильно обрати кабельні муфти, то треба врахувати два чинника:

1. Переріз кабелю;
2. Максимальна напруга в мережі.

1. Обраний кабель АПвЭгаПу-10 1x95/35 має перетин  $95 \text{ мм}^2$ , згідно до цього обираємо й муфти:

- муфти з'єднувальні СНМ 12 (70 - 240);
- муфти кінцеві СНЕ-I (70 - 240)

2. Відповідно до таблиці 2.3 обраний кабель може використовуватись за максимальної напруги в 12 кВ. Відповідно до цього обираємо муфти.

- муфти з'єднувальні СНМ 12 kV;
- муфти кінцеві СНЕ-I 12 kV.

Відповідно до даних вимог обрано комплект кінцевих муфт для внутрішньої установки СНЕ-I 12 kV, та з'єднувальні СНМ 12 kV. Діаметр муфт складає 70 – 240.

Згідно до другого розділу вимог ПУЕ проводимо заземлення лінії. Виконуємо заземлення по обидві сторони екранів кабелю. Це відбувається шляхом з'єднання екранів кожного кабелю до заземлювального пристрою ПС 35/10 кВ «Лісові Гринівці», та проектованою ТП 10/04 кВ.

#### 2.4 Термін виконання БМР

Підставою для визначення тривалості будівництва КЛ є ДСТУ А.2.1-21:2013 [30]. Для проведення розрахунків з даного Держстандарту нам необхідні наступні дані:

- середня тривалість будівництва КЛ – 10 кВ ( $T_{с-КЛ-10}$ ) яка для ліній довжиною до 5 км. складає 0,94 місяця.

- к-нт врахування загальних конкретних умов виконання зведення об'єкта ( $K_{1-КЛ-10}$ ).

З допомогою наведених вище даних, можемо визначити термін будівництва лінії 10 кВ, за формулою:



$$T_{\text{БКЛ-10}} = \frac{T_{\text{СКЛ10}} \cdot K_{1\text{КЛ10}} \cdot K_{2\text{КЛ10}}}{K_{3\text{КЛ10}}} \quad (2.13)$$

Необхідним є обчислення  $K_1$  для лінії 10 кВ. Воно проводиться за формулою:

$$K_{1\text{КЛ10}} = K_{12\text{КЛ10}} \cdot K_{13\text{КЛ10}} \quad (2.14)$$

де,  $K_{12\text{КЛ10}}$  – к-нт врахування проведення будівництва в умовах підвищеної сейсмічно небезпечності (1,1);

$K_{13\text{КЛ10}}$  – ступінь впливу ущільнених умов забудови (1,79)

$$K_{1\text{КЛ10}} = 1,79 \cdot 1,1 = 1,96$$

$$T_{\text{БКЛ10}} = \frac{1 \cdot 0,94 \cdot 1,96}{1} = 1,84$$

Термін проведення БМР приймаємо  $\approx$  два місяці.

### 3. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

#### 3.1. Характеристика місця будівництва згідно класифікації сонячних випромінювань

Щорічно в світі, та зокрема в Україні через загострення питання енергетичних проблем, актуалізується питання відновлювальної енергії. Сонячна енергетика є найпоширенішим альтернативним джерелом генерування електроенергії. На максимально ефективний результат роботи СЕС впливає правильність обрання місця її будови, кут нахилу панелей, та територіальна зона. Територія нашої держави згідно до сили сонячного випромінення є поділена на чотири зони, що зображено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Рівень потужності сонячних випромінювань

Номер зони	Області, зонального розподілу	Надходження сонячного проміння, кВт год/км <sup>2</sup>
I	Одеська обл., АР Крим	1360
II	Леганська, Донецька, Дніпропетровська, Кіровоградська, Запорізька, Миколаївська та Херсонська області	1260
III	Закарпатська, Черкаська, Тернопільська, Івано-Франківська, та Львівська області	1150
IV	Хмельницька, Вінницька, Черкаська, Полтавська, Харківська, Чернігівська, Сумська, Київська, Житомирська, Луцька та Рівненська області	1000

Хоча, територія с. Олешин відноситься до IV зони потужності випромінювань, але й попри це використання фотоелектричних сонячних систем має ефективні показники використання. Щоб побачити конкретні цифри генерованої та спожитої електроенергії проектованої станції, та говорити про її доцільність, то детально розглянемо її параметри в режимі роботи.

### 3.2 Прогнозування генерації та споживання електроенергії проектованою сонячною електростанцією

Для отримання детальної інформації про доцільність побудови сонячної електростанції в с. Олешин необхідно проаналізувати роботу станції протягом доби, місяця та року. Так як найбільша генерація електроенергії відбувається в літній період року, то проведемо аналіз роботи СЕС саме в цей час. В табл. 3.2 зобразимо погодинне споживання та генерацію електроенергії ФЕС за перший день літа.

Таблиця 3.2 – Погодинна генерація та споживання електроенергії  
проектованої ФЕС

Години	Споживання, кВт/год	Генерація, кВт/год
0:00	2	0
1:00	3	0
2:00	2	0
3:00	2	0
4:00	2	0
5:00	1	2
6:00	0	16
7:00	0	61
8:00	0	145
9:00	0	272
10:00	0	448
11:00	0	572
12:00	0	601
13:00	0	547
14:00	0	454
15:00	0	329
16:00	0	366
17:00	0	262
18:00	0	59
19:00	0	45
20:00	0	20
21:00	1	0
22:00	2	0
23:00	3	0

Як і очікувалось, найбільша генерація сонячної електроенергії відбувається вдень з 10 по 15 годину. Споживання ж електроенергії зростає у темний період доби. Загалом за даний день було вироблено 4 199 кВт·год, і спожито електростанцією 18 кВт·год. Для чіткішого уявлення про вироблену та спожиту електроенергію зобразимо погодинні дані в діаграмах, з вказаними величинами.

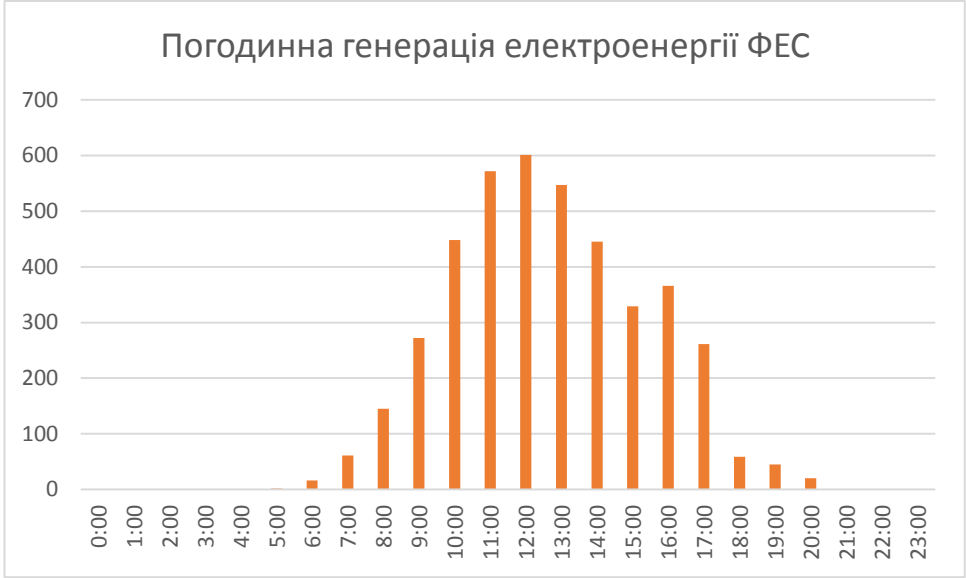


Рисунок 3.1 – Графічне зображення генерованої електроенергії за добу



Рисунок 3.2 – Графічне зображення спожитої електроенергії за добу

Наступним кроком для отримання більш чіткої картини аналізу роботи проєктованої сонячної електростанції буде її результат за місяць червень. В табл. 3.2 розглянемо поденно її спожиту та генеровану електроенергію.

Таблиця 3.2 – Подобове споживання та генерація електричної енергії за місяць червень

Дата	Споживання, кВт/год	Генерація, кВт/год
01.06	18	4 199
02.06	17	4 348
03.06	18	5 199
04.06	17	3 599
05.06	19	1 413
06.06	17	4 072
07.06	17	4 817
08.06	17	4 383
09.06	16	4 609
10.06	17	4 396
11.06	18	3 081
12.06	17	4 229
13.06	17	4 465
14.06	17	4 136
15.06	17	4 126
16.06	16	4 818
17.06	17	3 115
18.06	16	4 757
19.06	17	4 850
20.06	16	4 926
21.06	18	3 080
22.06	18	1 952
23.06	18	2 887
24.06	17	4 363
25.06	16	4 563
26.06	17	2 573
27.06	17	4 222
28.06	17	4 832
29.06	16	4 498
30.06	17	4 488

Згідно даних наведених в таблиці, то можемо зробити висновок, що в середньому генерація за день складає 4 032,1 кВт·год, а споживання електроенергії 17,06 кВт·год. За червень місяць в загальному сонячною підстанцією було вироблено 120 963 кВт·год, а спожито 512 кВт·год.

Рисунок 3.3 - Графічне зображення спожитої та генерованої електричної енергії за червень



Як ми можемо переконатись згідно з вищенаведеними даними, споживання електроенергії сонячною електростанцією є мінімальне. Тому звернемо свою увагу на вироблену нею енергію. Наступним кроком аналізування генерації електроенергії буде наведення помісячних даних виробленої електроенергії протягом року.

Таблиця 3.3 – Генерація електроенергії за календарний рік

Місяць	Генерація кВт·год
Січень	25 598
Лютий	40 397
Березень	74 482
Квітень	109 825
Травень	129 007
Червень	120 963
Липень	134 165
Серпень	137 220
Вересень	106 642
Жовтень	73 048
Листопад	33 324
Грудень	29 207
Разом	1 013 878

Відповідно до прогнозованого аналізу електроенергії виробленої проєктованою сонячною електростанцією в с. Олешин, Хмельницького району річний обсяг генерованої електроенергії складатиме 1 013 878 кВт·год. Даний об'єм виробленої електроенергії складе великий вплив на ефективність електричних мереж с. Олешин. Щоб чіткіше бачити ситуацію по щомісячній генерації електроенергії, зобразимо дані з табл. 3.3 в вигляді діаграми рис. 3.4.

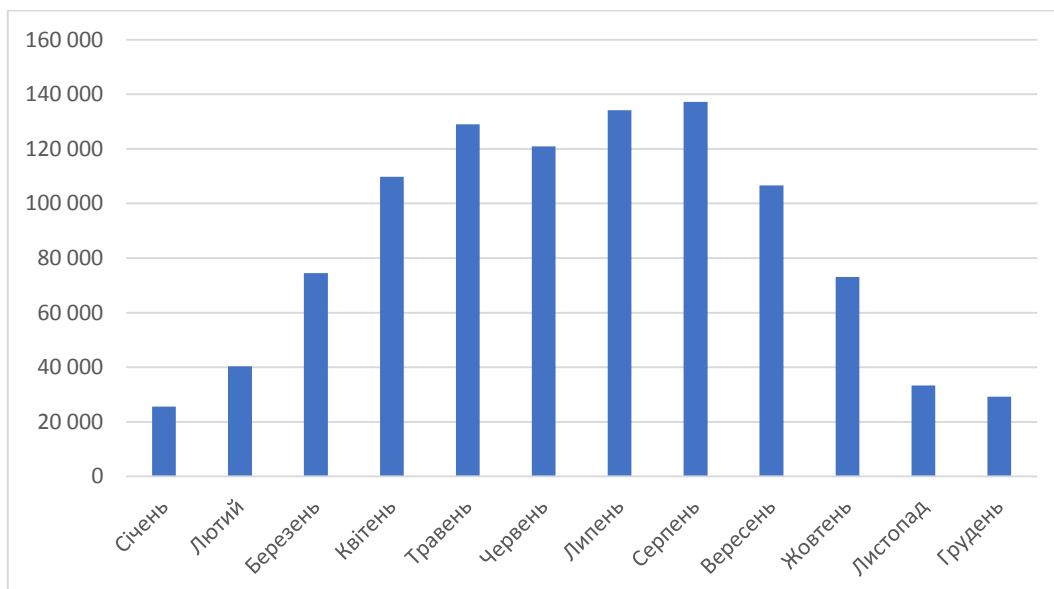


Рисунок 3.4 – Річна генерація електроенергії проектованої ФЕС

### 3.3 Інсоляція, та її прогнозовані величини проектованої СЕС

Принцип роботи сонячних панелей закладений на основі фотоелектричного ефекту. Даний принцип полягає на процесі виходу електронів під впливом випромінювання сонця. Тобто, електроенергія виробляється після освітлення світлом. Величина генерації електроенергії залежить від рівня інсоляції. Сонячна інсоляція це опромінення сонячною радіацією поверхонь. Одиницею вимірювання сонячної інсоляції є  $\text{кВт}/\text{м}^2$ . Вона вимірюється величиною енергії, котра падає на одиницю поверхні, за певний проміжок часу. Показники інсоляції залежать від наступних параметрів:

- висоти Сонця відносно горизонту;
- географічна широта;
- орієнтація поверхні землі до сторін горизонту;
- кут нахилу поверхні.

Чим вищим є рівень інсоляції, тим більше сонячного світла потрапляє на сонячні панелі, та відповідно виробляється більша кількість електроенергії. Для того, щоб збільшити ККД сонячних електростанцій, їх можна оснащувати двигунами, за допомогою яких, сонячні панелі будуть протягом дня будуть слідувати за рухом сонця. Проте, дані двигуни вимагають значних фінансових витрат, тому на даному етапі проектування вони не будуть застосовуватись. На території України рівень інсоляції є різним для кожного регіону. Дані на



регіон, в якому влаштована СЕС зобразимо в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Величина інсоляції по Хмельницькій області

Місяць	Величина інсоляції
Січень	1,1
Лютий	1,96
Березень	2,97
Квітень	3,95
Травень	5,18
Червень	5,21
Липень	5,14
Серпень	4,68
Вересень	3,24
Жовтень	2,08
Листопад	1,21
Грудень	0,91

Згідно даним даної таблиці середньорічна інсоляція в Хмельницькій області складає  $3,06 \text{ кВт/м}^2$ . Якщо брати до уваги що проєктована нами фотоелектрична станція має фіксований кут нахилу панелей  $30^\circ$ , та кут по азимуту  $0^\circ$ , то можна вирахувати помісячну прогнозовану інсоляцію проєктованої СЕС. Результати інсоляції зобразимо в табл. 3.5., та в формі діаграми в рис. 3.5.

Таблиця 3.5 – Прогнозована інсоляція СЕС

Місяць	Величина інсоляції
Січень	31,2
Лютий	48,7
Березень	91,5
Квітень	140,3
Травень	169,1
Червень	178,8
Липень	183,7
Серпень	172,7
Вересень	137,3
Жовтень	91,1
Листопад	41,5
Грудень	35,2

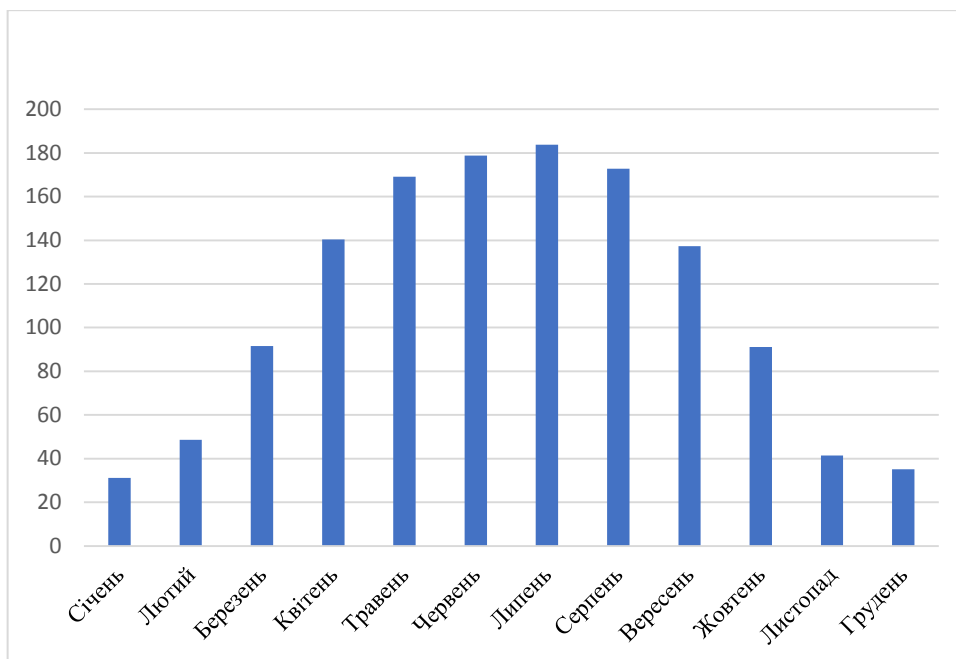


Рисунок 3.5 – Помісячна інсоляція проектованої фотоелектричної сонячної електростанції в с. Олешин

Для прогнозованої видачі електроенергії необхідно встановити накопичувачі електроенергії [33]. Припустимо, що точність прогнозування оцінюється похибкою по потужності 50 кВт і похибкою по енергії  $25 \times 6 = 150$  кВт·год. (3125 А·год. на напрузі 48 В) протягом доби. В такому випадку необхідно встановити 12 комплектів безперебійного живлення потужністю

7/5 кВт, ємністю 280 А·год. До комплекту входять:

- ДБЖ з правильною синусоїдою 48V LPY-B-PSW-7000VA+(5000Вт)10A/20A;

- акумуляторна батарея LP 4 OPzS 2V - 280 Ah.

### 3.4 Розрахунок режимів СЕС

Важливими елементами, які будуть визначними в ефективності застосування нової сонячної електростанції будуть її фізичні характеристики, а саме – величина стуму та напруги в мережі. Саме дані чинники були основними в питанні необхідності будівництва фотоелектричної станції. На ці чинники основний вплив має правильність визначення та підбирання обладнання, а саме сонячних панелей, та інверторів. Струм та напруга в мережі буде суттєво відрізнятися в залежності від погодних умов, від

періоду року, та часу, в який проводяться заміри. Щоб побачити максимальні значення, то заміри треба проводити вдень, під час сонячних погодних умов. Щоб бачити ефективність роботи сонячної електростанції то необхідним є подивитись на її параметри в години найбільшої генерації електроенергії. Тільки після отримання позитивної характеристики даного параметру, можна говорити про досягнення початкових цілей розробки. Параметри напруги та струму зобразимо в вигляді векторних діаграм рис. 3.6., 3.7., 3.8. Заміри проводимо о 14:00 годині.

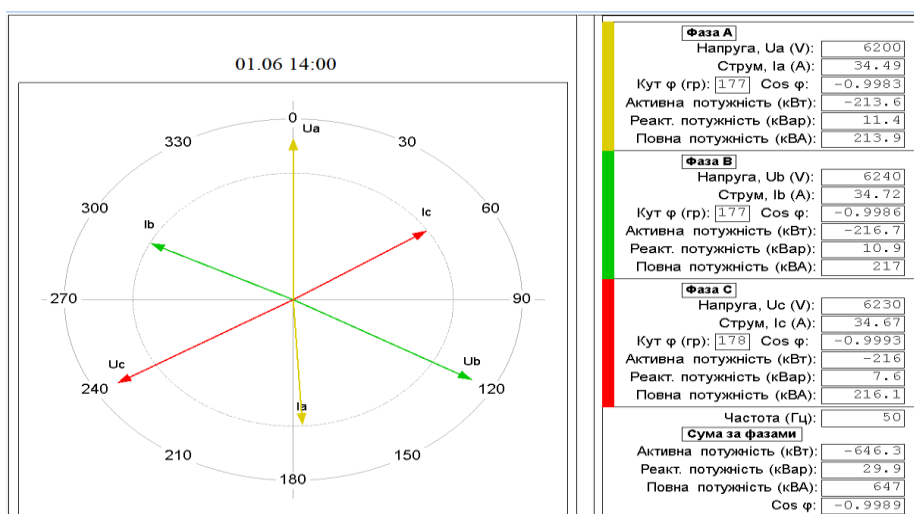


Рисунок 3.6 – Векторна діаграма ефективності роботи за 01.06

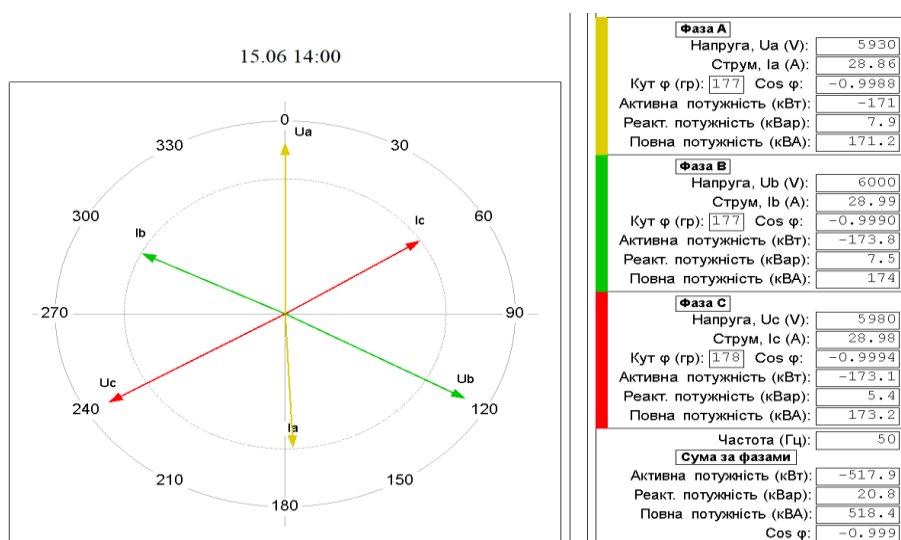


Рисунок 3.7 – Векторна діаграма ефективності роботи за 15.06

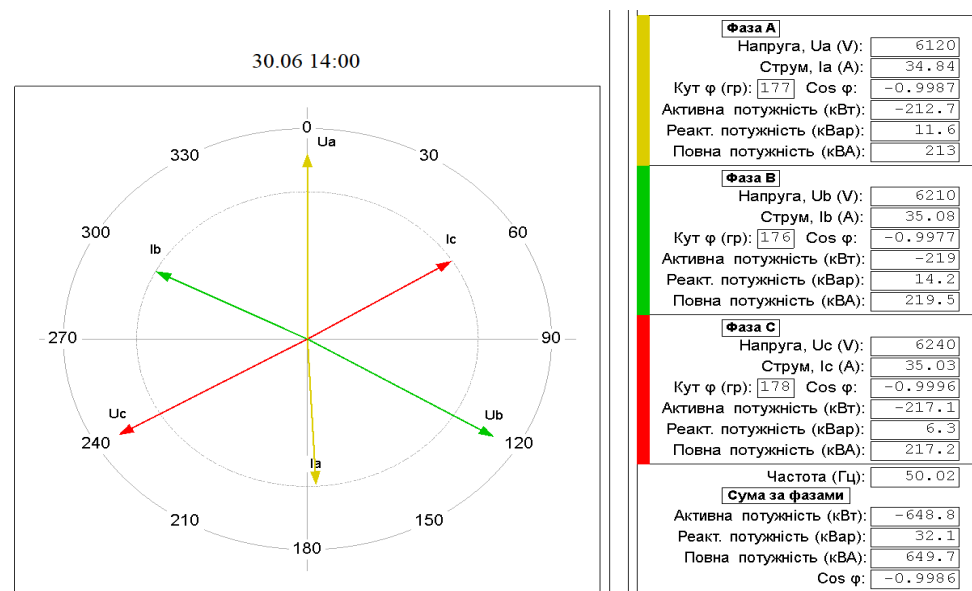


Рисунок 3.8 – Векторна діаграма ефективності роботи за 30.06

Важливими характеристиками роботи сонячної електростанції, є такі як напруга та струм в мережі. Спробуємо проаналізувати дані параметри в ТП10/0,4 кВ «КТП-464» РУ-10 кВ. Аналіз будемо проводити по фазі А, щоденно, протягом червня о 14:00 годині.

Таблиця 3.6 – Показники струму і напруги РУ-10кВ

Дата	Напруга, $U_a$ (В)	Струм, $I_a$ (А)
01.06	6200	34,49
02.06	5800	7,96
03.06	6110	33,27
04.06	5810	2,76
05.06	5770	8,94
06.06	6030	23,1
07.06	6180	32,31
08.06	5790	7,04
09.06	5840	13,4
10.06	5810	2,81
11.06	6160	32,71
12.06	6010	32,82
13.06	6080	29,3
14.06	6030	22,8
15.06	6010	33,15
16.06	5930	28,86
17.06	5740	6,13
18.06	5830	9,03
19.06	6120	27,83
20.06	6160	24,04
21.06	5740	4,03
22.06	5930	27,13

23.06	6180	29,15
24.06	6080	28,5
25.06	6030	28,84
26.06	6160	29,56
27.06	6080	31,86
28.06	6180	34,71
29.06	5990	29,58
30.06	6120	34,84

Для отримання чіткішого уявлення про вищенаведені показники, то отримані результати замірів показників напруги та струму зобразимо в вигляді графіку напруги (рис.3.9), та графіку струму (3.10).

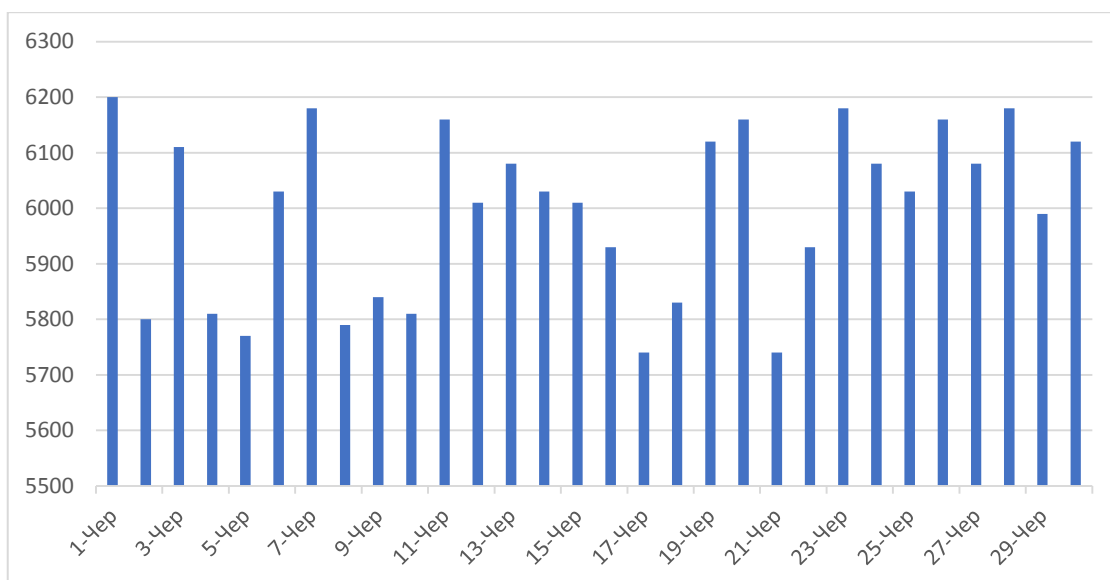


Рисунок 3.9 – графічне зображення напруги РУ-10кВ

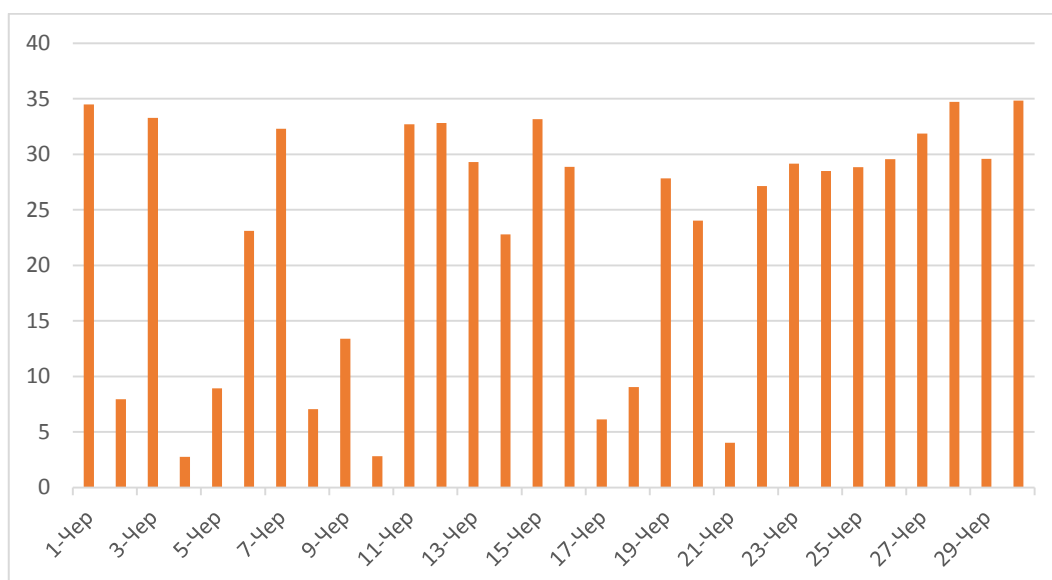


Рисунок 3.10 – графічне зображення струму РУ-10кВ

## 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Мета розрахунків та характеристика вихідних даних

Важливим етапом проектування та будівництва сонячної електростанції є проведення кошторисних розрахунків витрат пов'язаних з підготовкою та реалізацією проекту. Як було вказано в першому розділі проекту, один з мінусів будівництва сонячної електростанції, є значні капіталовкладення для реалізації проекту. Окрім витрат на матеріали та частини СЕС, дорого вартісними також будуть і витрати на заробітну плату працівникам, електроенергію, та на документацію. В даному розділі проекту буде розраховуватись економічна частину проведення проектування та будівництва фотоелектричної сонячної електростанції в с. Олешин, Хмельницького району.

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства та вихідних даних, приведених у табл. 4.1 – табл. 4.2, для отримання чіткого кошторису витрат необхідно виконати наступні умови:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії, сонячні панелі, інвертори та високовольтні вимикачі.

2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.

3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат: втрат в мережах; витрат на заробітну плату; витрат на матеріали; амортизаційних витрат.

Таблиця 4.1 – Характеристики обладнання

Підстанція	Тип трансформатора	К-сть	Факт. потужн, кВА
КТП	ТМ-630	1	630
Фот. Ел. Модулі	JAM72D3-540/MB	1638	-
Інвертор	SUN 2000-110KL	7	-
РЩ	EMITER UMO OS80x80+K	4	-

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина ліній, км	Кабель	К-сть
КТП - РЩ	0,85	АВВГнг 3Х120 + 1х70	1
Інв-РЩ	0,15	АВВГнг 1х35	1
Панель-Інв	2,605	Н1Z2Z2К 1х6	1
Панель-Інв	2,605	Н1Z2Z2К 1х6	1

#### 4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання. Вартість прокладання кабелю в траншеї залежить від декількох чинників: наявність траншеї, довжина та глибина траншеї, переріз прокладеного кабелю, та умови роботи. Важливим аспектом в ціні є вибір ручного чи механізованого копання траншеї. Капітальні вкладення для ліній електропередач розраховуються за формулою:

$$K_{\text{л}} = (K_{\text{пит}} \cdot n + K_{\text{прок}}) \cdot L, \quad (4.1)$$

де  $K_{\text{пит}}$  – питома вартість на 1км лінії, тис. грн./км;

$K_{\text{прок}}$  – питома вартість прокладання, тис. грн./км;

$L$  – довжина лінії електропередачі, км.

$n$  – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від КТП до РЩ (АВВГнг 3х185 + 1х95) в ґрунті другої категорії без врахування переходів:

$$K_{\text{л1}} = (K_{\text{пит}} \cdot n + K_{\text{прок}}) L = (185,03 \cdot 1 + 10,8) \cdot 0,85 = 193,9 \text{ тис.грн.}$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно вище наведеному прикладу. Результати всіх проведених розрахунків на різних ділянках електроустановки заносимо в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	К-сть	Довжина, км	К <sub>пит</sub> , тис. грн	К <sub>прок</sub> тис. грн	К <sub>л</sub> , тис. грн
КТП-РЩ	АВВГнг 3Х185 + 1х95	1	0,85	185,03	10,8	193,9
Інв-РЩ	АВВГнг 1х35	1	0,15	55,01	4,1	8,42
Панель-Інв	Н1Z2Z2К 1х6	1	2,605	2,27	0,9	6,77
Панель-Інв	Н1Z2Z2К 1х6	1	2,605	2,27	0,9	6,77
Всього						215,86

При виборі трансформаторної підстанції важливими факторами є: необхідні її характеристики, комплектація, габаритні розміри, та виробник. Обираючи підстанцію стовбового типу ми економимо на подальшому її технічному обслуговуванні, та вартості її встановлення, так як не є необхідними захисні огороження та наземний фундамент. Монтуються вони на опорах.

Капіталовкладення для електричних підстанцій вираховуватимуться за формулою:

$$K_{пс} = \sum_{i=1} K_{псі} + K_{пост}, \quad (4.2)$$

де,  $K_{псі}$  – вартість однієї трансформаторної підстанції (тис.грн);

$I$  – к-сть підстанцій;

$K_{пост}$  – постійні втрати (тис.грн). Дані втрати приймаються у розмірі 20% від загальної вартості всіх електричних підстанцій.

За допомогою формули 4.2 визначимо величину капіталовкладень для трансформаторної підстанції:

$$K_{псі} = 192 + 38,4 = 230,4 \text{ тис.грн}$$

Результати даних розрахунків заносимо в табл. 4.4



Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

Назва	Тип установки	К-сть	К <sub>од</sub> , тис. грн	К <sub>пост</sub> тис. грн	К <sub>пс</sub> , тис. грн
КТП	ТМ-630	1	192	38,4	230,4
Фото електричні модулі	JAM72D3-540/MB	1638	8,5	1,7	805,5
Інвертор	SUN 2000-110KL	7	75	15,2	705,2
РЩ	EMITER UMO OS80x80+K	4	5,5	1,85	36,75
Разом					1777,85

Наступним кроком буде розрахунок сумарної вартості вимикачів. Ціна даних вимикачів залежить від якості: пневматичних приводів, ізолюючі та металеві повітропроводи, та ізолюючі тяги для зеднання рухомих елементів вимикача. Відповідно до схеми, кількість вимикачів напругою 10 кВ – 1 шт. Згідно з рекомендаціями вартість вимикача 10 кВ приймаємо рівною 25 тис. грн.

Отже сумарна вартість вимикачів складає:

$$K_B = 25 \text{ тис.грн.}$$

Сумарна розрахункова вартість капіталовкладень на підстанції, з вимикачем складає:

$$K_{пс} = 1777,85 + 25 = 1802,85 \text{ тис.грн.}$$

Відповідно до всіх вище наведених розрахунків сумарна величина капіталовкладень в електропостачальну систему проектованої сонячної електростанції с. Олешин, Хмельницького району складає:

$$K = 1802,85 + 215,86 = 2018,71 \text{ тис.грн.}$$

#### 4.3. Планування вартості матеріалів, що витрачаються при будівництві

Розрахунок матеріалів для ремонтів і технічного енергетичного обслуговування розробляється на основі трудомісткості норм витрат матеріалів.

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_m = 0,01 \cdot (\sum C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{л0}), \quad (4.3)$$

де,  $C_{0i}$  – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування даного виду трансформаторів;

$T_i$  – трудомісткість обслуговування і-го виду трансформаторів;

$L$  – сумарна довжина кабелів;

$C_{л0}$  – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів. Отже, наступним можна розрахувати:

- витрати на обслуговування електроустановок і мереж, грн/рік:

$$C_{обс} = C_{зпе} + C_{мто}, \quad (4.5)$$

$$C_{обс} = 195579 + 74374 = 269953,71$$

- витрати на поточний ремонт, грн/рік;

$$C_{пр} = C_{зпр} + C_{мпр}, \quad (4.6)$$

$$C_{пр} = 125677,853 + 88943,86 = 214603,73$$

Також в даній електроустановці буде використовуватись 12 комплектів безперебійного живлення потужністю 7/5 кВт, ємністю 280 А·год. До комплекту входять:

- ДБЖ з правильною синусоїдою 48V LPY-B-PSW-7000VA+(5000Вт)10A/20A;

- акумуляторна батарея LP 4 OPzS 2V - 280 Ah.

Сумарна вартість 12 комплектів:  $183437 \times 12 = 2201244$  грн.

## 4.4 Визначення амортизаційних відрахувань, та інших витрат

Амортизаційні відрахування знаходимо за допомогою формули:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.7)$$

де,  $a$  – норма амортизації, %;  
 $K$  – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 2018,71 = 121,12 \text{ тис грн/рік}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат виділяються інші витрати. Вони включають витрати на допоміжні матеріали, послуги виробничим підрозділам підприємства, частину загальних витрат. Їх можна приймати в розмірі 20 - 30% від суми витрат на обслуговування, поточний ремонт і амортизацію, тис. грн/рік:

$$C_{ip} = \beta_{ip} (C_{обс} + C_{пр} + C_a); \quad (4.8)$$

де,  $\beta_{ip}$  – коефіцієнт відрахувань на інші витрати;

$$C_{ip} = 0,25 \cdot (269953,71 + 214603,73 + 121120,3) = 124169,43 \text{ грн/рік}$$

Після визначення всіх можливих фінансових витрат сонячної електростанції, необхідних для передавання та розподілу електричної енергії, наведемо їх в табл. 4.5.

Таблиця 4.5. – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустаткування і мереж	269953,71	18,8
Витрати на поточний ремонт	214603,73	14,9
Витрати на амортизацію	121120,3	46,3
Інші витрати	124169,43	20,0
Разом	729 847,17	100,0

#### 4.5. Розрахунок річного споживання та втрат електроенергії.

##### Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленої (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_{\pi} \cdot T_{mi}, \quad (4.9)$$

де,  $P_{\pi}$  – розрахункова потужність, кВт;

$T_{mi}$  – річна тривалість використання максимуму активного навантаження.

Визначення кількості годин використання активної потужності по споживачах, які будуть користуватись електроенергією з проектованої сонячної станції, в середньому за рік, при звичних навантаженнях складає  $T_m$  6000 годин. Згідно даної цифри визначимо річні втрати активної електроенергії.

$$E_a = 570 \cdot 6000 = 3420000 \text{ кВт год/рік}$$

Окрім втрат активної електроенергії необхідно також витрати реактивної електроенергії. Для визначення повної потреби споживачів в електроенергії необхідно до отриманого результату додати втрати електроенергії в лініях та в трансформаторах. Втрати електроенергії в лініях розраховується за допомогою формули:

$$\Delta E_{\pi} = 3 \cdot n \cdot I_m^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}; \quad (4.10)$$

де,  $I_m^2$  – максимальний струм лінії, А;

$\tau$  – час максимальних втрат, год/рік;

$R$  – активний опір однієї фази, Ом;

$n$  – кількість кабелів у лінії.

$$R = r_0 \cdot L, \quad (4.11)$$

де,  $r_0$  – питомий опір однієї фази, Ом/км.

Для лінії КТП – РЩ:

Активний опір однієї фази кабелю від КТП до РЩ.:

$$R = 0,769 \cdot 0,25 = 0,1923 \text{ (Ом)}.$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії КТП–РЩ:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot 34,64^2 \cdot 0,1923 \cdot 2786,52 \cdot 10^{-3} = 1928,55 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

Аналогічно виконуємо розрахунок втрат електроенергії в лінії Інв - РЩ, результати розрахунків заносимо до табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	L, км	I <sub>м</sub> , А	R, Ом	τ, год./рік	R <sub>пит</sub> , Ом/км	ΔE <sub>л</sub> , кВт·год
КТП – РЩ	АВВГнг 3Х185 + 1х95	1	0,85	34,64	0,19	2786,52	34,64	1928,55
Інв-РЩ	АВВГнг 1х35	1	0,15	11,74	0,048	2786,52	11,74	55,38
Разом								1 983,93

Втрати електроенергії в трансформаторах визначають за формулою, тис. кВт·год./рік:

$$\Delta E_{\text{Т}} = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{р}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left[ \frac{S_{\text{ф}}}{S_{\text{н}}} \right]^2 \cdot \tau; \quad (4.12)$$

де,  $n$  – кількість трансформаторів;

$\Delta P_{\text{кз}}$  і  $\Delta P_{\text{хх}}$  – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

$T_{\text{р}}$  - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760

год./рік);

$S_{\phi}$  - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

$S_{н}$  - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Розрахунок втрат енергії в трансформаторах КТП показано у табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип трансформатора	К-сть тр-рів	$\Delta P_x$ , кВт	$\Delta P_k$ , кВт	$S_p$ , кВА	$S_n$ , кВА	$\Delta E_T$ , кВт·год./рік
КТП	ТМ-630	1	2,4	12	630	600	33061,77

Загальна потреба споживачів в електроенергії складає:

$$E = E_a + \Delta E_{л} + \Delta E_T; \quad (4.13)$$

$$E = 3420000 + 1\,983,93 + 33061,77 = 3\,455\,045,7 \text{ кВт год/рік}$$

Оплата за електроенергію при одноставковому тарифі визначається за наступною формулою :

$$\Pi_1 = v \cdot E, \quad (4.14)$$

$$\Pi_1 = 2 \cdot 3\,455\,045,7 = 6910091,4 \text{ грн}$$

#### 4.6. Розрахунок потреби в робочій силі

Чисельність робітників, яка необхідна для технічного обслуговування і поточного ремонту всього енергоукомплектування та мереж, визначається виходячи з трудомісткості виконуваних робіт. При цьому рекомендується скористатися нормативами системи планово-попереджувальних робіт промислових електричних мереж.

Трудомісткість технічного обслуговування не залежить від змінності роботи споживачів, тому планується в розмірі 10% від трудомісткості поточного ремонту всіх прокладених електромереж, а для мереж заземлення та заземлювальних пристроїв, поточний ремонт для яких не планується, у розмірі 3% від вказаної в таблиці трудомісткості капітального ремонту.

Планова трудомісткість, відповідно, визначається як, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h \quad (4.15)$$

де,  $\Pi$  – річна кількість ремонту подібного виду, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$  – норма трудомісткості поточного огляду чи ремонту, люд-год;

$h$  – к-сть обладнання певного діапазону потужності, що належить до даного виду ремонтних робіт.

Проводимо необхідні розрахунки по трудомісткості ремонту електрообладнання та вносимо їх дані в табл. 4.8. Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи електроустаткування і мереж вираховується за допомогою формули:

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h \quad (4.16)$$

де, 12 – к-сть місяців в році;

$t_{\text{пр}}$  – планова трудомісткість поточного ремонту одиниці обладнання;

$K_{\text{ср}}$  – к-нт складності ремонту, який зображає частину трудомісткості поточного ремонту (0,1);

$h$  – к-сть обладнання в групі.

Результати проведених розрахунків трудомісткості технічного обслуговування проводимо електрообладнання заносимо в табл. 4.9

Таблиця 4.6 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-сть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на 1 обл. рем/рік	Норма трудомістк. люд.год.	Загальна трудомістк люд.год.	К-сть на 1 обладнання огл/рік	Норма трудомістк. люд.год	Загальна трудомістк. люд.год.
Вимикач 10 кВ.	1	1	16	16	1	2	2
ТМ-630	1	0,33	100	33	8	9	72
JAM72D3-540/MB	1638	0,5	1,5	1228,5	8	1	151,81
SUN 2000-110KL	7	0,33	100	230	6	5	300
EMITER UMO OS80x80+K	4	1	25	125	2	15	150
Кабельна лінія 185 мм <sup>2</sup> + 95 мм <sup>2</sup> , км	0,25	1	60	15	1	11,5	2,785
Кабельна лінія 120 мм <sup>2</sup> + 70 мм <sup>2</sup> , км	0,085	1	15,3	1,3005	1	4,59	0,38

Кабельна лінія 35 мм <sup>2</sup> ,км	0,15	1	15	2,25	1	8,1	1,215
Кабельна лінія 6 мм <sup>2</sup> ,км	2,605	1	112,1	628,32	1	56,05	314,16
Кабельна лінія 6 мм <sup>2</sup> ,км	2,605	1	112,1	628,32	1	56,05	314,16
Разом				1769,69			1296,51

Таблиця 4.9 – Трудомісткість технічного обслуговування та загальна трудомісткість

Обладнання	К-сть	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обл. люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-сть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	
Вимикач 10 кВ.	1	3	0,1	12	57,6	59,6
ТМ-630	1	3	0,1	12	360	432
JAM72D3-540/MB	1638	3	0,1	12	618,5	790,33
SUN 2000-110KL	7	3	0,1	12	360	760
EMITER UMO OS80x80+K	4	3	0,1	12	450	600
Кабельна лінія 185 мм <sup>2</sup> + 95 мм <sup>2</sup> , км	0,25	3	0,1	12	14,4	17,18
Кабельна лінія 120 мм <sup>2</sup> + 70 мм <sup>2</sup> , км	0,085	3	0,1	12	0,459	0,84915
Кабельна лінія 95 мм <sup>2</sup> + 50 мм <sup>2</sup> , км	0,055	3	0,1	12	11,88	12,04345
Кабельна лінія 35 мм <sup>2</sup> ,км	0,15	3	0,1	12	32,4	33,515
Кабельна лінія 6 мм <sup>2</sup> ,км	2,605	3	0,1	12	154,36	468,54195
Кабельна лінія 6 мм <sup>2</sup> ,км	2,605	3	0,1	12	99,88	414,03135
Разом					2159,47	3588,2808

Якщо персонал виконує лише поточні ремонти, то його численність вираховують за формулою:

$$N_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{пр}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{в.н.}}}; \quad (4.17)$$

Експлуатаційні робітники визначаються, чол:



$$N_{\text{обс}} = \frac{T_{\text{обс}}}{\Phi_{\text{обс}} \cdot K_{\text{в.н.}}} \quad (4.18)$$

де,  $T_{\text{пр}}$  – річна трудомісткість поточного ремонту, люд-год;

$\Phi_{\text{д}}$  – дійсний фонд часу роботи робітника за рік (1850 - 1900), год;

$K_{\text{вн}}$  – к-нт виконання норм для даної категорії працівників. В розрахунках для ремонтного персоналу приймаємо 1,10, а для експлуатаційного персоналу – 1,05.

$T_{\text{обс}}$  – річна трудомісткість технічного обслуговування з врахуванням витрат праці на огляд, люд-год.

Отож, знаходимо к-сть експлуатаційних робітників, чол:

$$N_{\text{обс}} = \frac{3588,28}{1900 \cdot 1,05} = 1,83 \approx 2 \text{ чол.}$$

Персонал для ремонтних робіт, чол.:

$$N_{\text{тр}} = \frac{1769,69}{1900 \cdot 1,05} = 0,9 \approx 1 \text{ чол.}$$

#### 4.7 Розрахунок витрат на заробітну плату

Для розрахунку оплати праці експлуатаційних робітників рекомендується використовувати погодинно-преміальну систему, а для ремонтного персоналу – відрядно-преміальну. Преміювання експлуатаційних робітників здійснюється за безаварійну і надійну роботу енергообладнання та мереж, економію енергоресурсів, компенсацію реактивної потужності. Ремонтний персонал преміюється за високоякісне і своєчасне виконання ремонтних робіт.

Величина премії (відповідно до категорій енергоперсоналу) може бути прийнята в розмірі 20 - 25%.

Фонд прямої заробітної плати:

- для робітників, котрі заняті на роботі пов'язаною з експлуатацією й обслуговуванням мереж й енергообладнання, грн/рік:

$$\Phi_e = H_{\text{обс}} \cdot \beta_H \cdot t_{\text{ре}} \cdot \Phi_{\text{л}} \quad (4.19)$$

Годинна тарифна ставка вираховується за допомогою формули:

$$T_{\text{ре}} = \frac{K3+K4}{2} \cdot CI; \quad (4.20)$$

де, K3, K4 - тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно;

CI – годинна тарифна ставка I розряду, котра визначається за допомогою формули:

$$CI = \frac{Z_{\text{min}} \cdot k_{\text{r.i}}}{\Phi_H}; \quad (4.22)$$

де,  $Z_{\text{min}}$  – мінімальне значення заробітної плати;

$k_{\text{r.i}}$  – тарифний к-нт робітника;

$\Phi_H$  – номінальний місячний фонд робочого часу (176 год);

$$CI = \frac{6700 \cdot 1}{176} = 30,06 \text{ грн/год};$$

Годинна тарифна ставка 3 та 4 розряду буде:

$$t_{\text{ре}} = \frac{1,18+1,27}{2} \cdot 30,06 = 36,82 \text{ грн/год}$$

Заробітна плата робітників, які працюють погодинно:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 36,82 \cdot 1900 = 125\,924,4 \text{ грн/рік.}$$

- для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_p = T_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}} \quad (4.22)$$

$$t_{\text{пр}} = \frac{K4+K5}{3} \cdot CI; \quad (4.23)$$

де, K4, K5 - тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, (табл. 4.1) [1].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{пр}} = \frac{1,27+1,36}{3} \cdot 30,06 = 39,59 \text{ грн/год}$$

$$\Phi_p = 1769,69 \cdot 39,52 = 69953,89 \text{ грн/рік};$$

Фонд основної заробітної плати:

$$\Phi_o = \Phi(1+0,05+0,01+ \alpha); \quad (4.24)$$

де,  $\Phi$  - тарифний фонд  $\Phi_e$  експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати;

$\Phi_p$  ремонтного персоналу, грн./рік;

0,01 – частина доплат за роботу в святкові дні;

0,05 – частина доплат за роботу в нічний час;

$\alpha$  – частина премій для працівників певної категорії працівників.

Величина основної зарплати для працівників експлуатації:

$$\Phi_{oe} = 125\,924,4 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,2) = 164\,960,96 \text{ грн/рік}$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 69953,89 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,25) = 80446,97 \text{ грн/рік}$$

Величина додаткової заробітної плати визначаємо в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15 \quad (4.24)$$

$$\Phi_{\text{оед}} = 164\,960,96 \cdot 1,15 = 189\,704 \text{ грн/рік};$$

$$\Phi_{\text{орд}} = 80446,97 \cdot 1,15 = 92\,514,01 \text{ грн/рік}$$

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості:

$$C_{\text{зп}} = \Phi_{\text{об}} \cdot 1 + \frac{\beta_{\text{п}} + \beta_{\text{з}} + \beta_{\text{с}}}{100}; \quad (4.25)$$

де  $\beta_{\text{п}}$  – нарахування в пенсійний фонд,  $\beta_{\text{п}} = 32\%$ ;

$\beta_{\text{з}}$  – нарахування у фонд зайнятості,  $\beta_{\text{з}} = 1,5\%$ ;

$\beta_{\text{с}}$  – нарахування на соціальне страхування,  $\beta_{\text{с}} = 1,5\%$ .

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{\text{зпе}} = 189704 \cdot \frac{1+32+1,5}{100} = 68293,44 \text{ грн/рік};$$

Ремонтному персоналу:

$$C_{\text{зпр}} = 92514,01 \cdot \frac{1+32+1,5+1,5}{100} = 33305,04 \text{ грн/рік};$$

Таблиця 4.10 – Розрахунок витрат по заробітній платі

$\Phi_{\text{е}}$	Заробітна плата робітників-погодинників	125 924,4	грн.
$\Phi_{\text{р}}$	Заробітна плата робітників-ремонтників	69953,89	грн.
$\Phi_{\text{ое}}$	Величина основної ЗП експлуатаційного персоналу	164 960,96	грн.
$\Phi_{\text{ор}}$	Величина основної ЗП ремонтного персоналу	80446,97	грн.
$\Phi_{\text{оед}}$	Основний фонд ЗП погодинників	189 704	грн.
$\Phi_{\text{орд}}$	Основний фонд ЗП ремонтників	92 514,01	грн.
$C_{\text{зпе}}$	Витрати по ЗП погодинників	68 293,44	грн.
$C_{\text{зпр}}$	Витрати по ЗП ремонтників	33 305,04	грн.

#### 4.8. Визначення терміну окупності сонячної електростанції

Кінцевим результатом та метою економічних розрахунків будівництва сонячної електростанції, є визначення її терміну окупності. Для кожної сонячної електростанції цей показник є різним. Чим потужнішою є електростанція, тим менший має термін окупності. При розрахунку даного показника необхідно зазначити що вартість одного генерованого кіловату

становитиме 3,78 грн. Річна величина генерованої електроенергії сонячної електростанції потужністю 770 кВт становитиме 1 013 878 грн. Відповідно до цих даних можна визначити річну вартість генерованої електроенергії:

$$1\,013\,878 \cdot 3,78 = 3\,832\,458 \text{ грн}$$

При будівництві сонячної електростанції основними витратами були:

- ставка плати за стандартне приєднання – 1 880 340 грн;
- капіталовкладення в систему – 20 501 703 грн;
- витрати на заробітну плату працівникам – 825 099 грн.

Сумарна сума витрат на будівництво та приєднання даної електростанції становить 4 724 149 грн. Знаючи дану суму, та річний прибуток від генерованої електроенергії, можемо зробити вирахувати термін окупності СЕС за формулою:

$$T = \frac{IC}{P}, \quad (4.26)$$

де, IC – первісні інвестиції в проект;  
P – очікуваний щорічний прибуток.

$$T = \frac{25408386}{3832458} = 6,6$$

Отже, можемо зробити висновок, що термін окупності сонячної електростанції потужністю 770 кВт становитиме 6,6 років.

Таблиця 4.11 – Загальні економічні показники

Показник	Вартість, грн.
Вартість одного генерованого кіловату	3,78
Ставка плати за стандартне приєднання	1 880 340
Капіталовкладення в систему	20 501 703
Капіталовкладення в накопичувач енергії	2 201 244

Витрати під час експлуатації:	
- витрати на обслуговування електроустановок	269 953
- витрати на ремонт електроустановок	214 603
- витрати на амортизацію	121 120
- інші витрати	124 169
Заробітна плата працівникам	825 099

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі магістерської дипломної роботи розглянуті заходи з підвищення ефективності системи електропостачання села Олешин Хмельницького міського району електричних мереж шляхом будівництва фотоелектричних станцій. При виконанні робіт з монтажу та обслуговування електрообладнання сонячних фотоелектричних станцій передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці і виробництва продовольчих товарів. Усі металеві неструмоведучі частини (корпуса електродвигунів, шаф, світильників, тощо), які можуть опинитися під напругою в наслідок пошкодження ізоляції, заземлюються шляхом приєднання до нульового проводу живлячої мережі.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які впливають на оперативно-ремонтний персонал, що приймає участь у реконструкції та обслуговуванні фотоелектричних станцій [11,12].

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, в основному аерозолі фіброгенної дії (нетоксичний 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: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

## 5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

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

Всі роботи, які проводяться в електроустановках, що не вимагають оформлення наряду, виконуються [14, 15]:

- 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.

### 5.1.2 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 ізолюваними 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.

## 5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні встановлюють оптимальну та допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення [6].

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

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	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 [17]:

1. 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.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

3. 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 [6].

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 [17].

Природню аерацію в теплу пору року можна регулювати за допомогою фрамуг, які встановлюються у віконних пройомах 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

Вплив світла на життєдіяльність людини вивчений досить добре. Воно впливає не лише на функцію зору, а й на діяльність організму в цілому: посилюється обмін речовин, збільшується поглинання кисню і виділення вуглекислого газу. Відомий сприятливий вплив природного освітлення на скелетну мускулатуру. Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення в полі зору втомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці; при цьому зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

У приміщенні використовується штучне та природне освітлення.

Система штучного освітлення – комбінована, оскільки поряд із загальним освітленням (тип джерела освітлення – лампи світлодіодні) використовуються індивідуальні джерела світла (настільні світильники з лампами світлодіодними).

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та суміщеному освітленні (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [8], 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		
Дуже високої 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,



Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69
---	-----	----	----	----	----	----	----	----	----

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

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

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

Основні параметри вібрації [10], 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	Zo, Yo, Xo	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 [11]. Робота оперативно-ремонтного персонала під час будівництва фотоЕС 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) – 18000; при загальному навантаженні ( за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 61600; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кґ – до 35 кґ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук) – до 60000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30000; статичне навантаження (кґ/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю мязів тулуба та ніг – до 140 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі від 25% до 50% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 101-300 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 12, вертикалі – 8 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом (робота за серією інструкцій); розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання; характер виконуваної роботи – робота в умовах дефіциту часу.

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 села Олешин Хмельницького міського району електричних мереж в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

В умовах зростання дефіцитності енергоносіїв і істотне підвищення їх вартості споживання вимагає посиленої уваги до енергозбереження та підвищення рівня енергобезпеки. Рациональне використання паливно-енергетичних ресурсів зумовлює для підприємств якісне виробництво, прийнятний рівень собівартості продукції, економічна самостійність та безпека. Водночас невирішеним залишається питання надійності зберігання, транспортування та використання енергетичних ресурсів. Значну увагу слід приділяти впровадженню енергозберігаючих технологій та обладнання, стимулюванню економії енергоресурсів і запобіганню їх втратам.

Енергетична безпека – стан захищеності енергетичного потенціалу від зовнішніх і внутрішніх загроз у різних формах, що забезпечує його стабільну роботу електричної системи.

5.3.1 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання села Олешин Хмельницького міського району електричних мереж в умовах буревіїв.

Трансформатори, повітряні лінії електропередачі і відкриті електричні підстанції проектують з урахуванням вітрових навантажень. Буревій має руйнівну силу і буває тривалий в часі, швидкість якого понад 30 м/сек (12 балів по шкалі Бофорта) [24].

При обтіканні проводів потоком повітря, спрямованим поперек осі лінії або під деяким кутом до цієї осі, з підвітряного боку проводу виникають завихрення. Періодично відбуваються відриви вітру від проводу та утворення

вихорів протилежного напрямку. При збігу частоти утворення вихорів з однією з частот власних коливань натягнутого проводу останній починає коливатися у вертикальній площині. При цьому одні точки найбільше відхиляються від положення рівноваги, утворюючи пучність хвилі, а інші - залишаються на місці, утворюючи так звані вузли. Коливання проводів та грозозахисних тросів з амплітудою, що не перевищує 0,005 довжини напівхвилі або двох діаметрів дроту, називаються вібрацією.

Вібрація проводів спостерігається, як правило, в прольотах довжиною більше 120 м і посилюється зі збільшенням прольотів. Особливо небезпечна вібрація на переходах через річки та водні простори з прольотами завдовжки більше 500 м. Це виникає при швидкостях вітру 8 м/с, а при збільшенні швидкості вітру збільшується частота вібрації і число хвиль в прольоті.

Небезпека вібрації полягає в обривах окремих проводів на ділянках їх виходу з затискачів. Ці обриви відбуваються внаслідок того, що змінні напруги від періодичних вигинів проводів у результаті вібрації накладаються на основні розтягують напруги в підвішеному проводі. Якщо останні напруги невеликі, то сумарні напруги не досягають межі, при якому відбувається руйнування проводів.

До основних елементів об'єкта від яких залежить його функціонування є трансформатори, генератори, відкриті розподільчі пристрої, релейний захист та автоматика, повітряні та кабельні лінії електропередачі, електричні апарати. По таблицях з [24], для кожного елемента визначаємо границю стійкості при яких він отримує середні руйнування. Дані заносимо в таблицю 5.4.

Таблиця 5.6 - Границі стійкості кожного елемента СЕП кар'єру.

№	Елементи СЕП кар'єру	$\Delta P_{\text{фгран}}$ , кПа	$\Delta P_{\text{фгран}}$ , кПа
1	Опори ПЛ	10	10
2	Портальні опори	10	
3	Вимикачі	15	
4	Роз'єднувачі, розрядники, обмежувачі перенапруги	15	

5	Вимірювальні трансформатори (трансформатори струму та напруги)	20	
6	Релейний захист та автоматика	50	
7	Генератори	40	
8	Силові трансформатори	20	
9	Відкриті розподільчі пристрої	35	

Границя стійкості СЕП кар'єру в цілому складає 10 кПа. Найбільш уразливий елемент СЕП – опори повітряних ліній. Відповідно до довідникових даних такий тиск буревій може спричиняти при швидкісному напорі 29 м/с, або 110 км/год.

Для такої швидкості вітру розрахуємо максимальне навантаження на провід:

$$P_m = W_{om} \cdot C_c \cdot C_{aer} \cdot C_{dc} \cdot d \cdot L_{vimp} \cdot 10^{-3} \cdot \sin^2 \phi, \quad (5.1)$$

де  $d$  – діаметр проводу (для АС-120 – 6,2 мм);

$L_{vimp}$  – довжина вітрового прольоту (до 120 м),  $\phi$  – кут між напрямом вітру і віссю проводу, 90°;

$C_{aer}$  – аеродинамічний коефіцієнт, для лінії діаметром <20 мм – 1,2.

$$W_{om} = j_{f \max} \cdot W_0 = 0,6 \cdot 500 = 300 (\text{Па}), \quad (5.2)$$

де  $j_{\max}$  – коефіцієнт надійності по максимальному тиску вітру, 0,6;

$W_0$  – характеристичне значення максимального тиску (для третього району становить 500 Па).

Знайдемо коефіцієнт впливу на вітрове навантаження місцезнаходження елемента ПЛ:

$$C_C = C_h \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9, \quad (5.3)$$

де  $C_h$  – коефіцієнт збільшення вітрового тиску в залежності від висоти, для 3-го району і на висоті 16,5 м дорівнює 0,9;

$C_{rel}$  – коефіцієнт рельєфу, 1;

$C_{dir}$  – коефіцієнт напрямку, 1.

Знайдемо коефіцієнт динамічності:

$$C_{dc} = q_{tu} \cdot \alpha \cdot k_L = 1,8 \cdot 0,889 \cdot 1,126 = 1,801, \quad (5.4)$$

де  $q_{tu}$  – коефіцієнт, що враховує пульсаційну складову і динамічні коливання провoda, приймаємо 1,8.

Знайдемо коефіцієнт враховуючий нерівномірність вітрового поля в прольоті:

$$\alpha = 2,6 - 0,3 \cdot \ln W_{om} = 2,6 - 0,3 \ln 300 = 0,889 \quad (5.5)$$

Знайдемо коефіцієнт враховуючий вплив довжини прольоту на вітрове навантаження:

$$k_L = 1,7 - 0,12 \cdot \ln L = 1,7 - 0,12 \ln 120 = 1,126 \quad (5.6)$$

де  $L$  – довжина прольоту.

Підставивши всі дані у формулу 5.1 знайдемо максимальне навантаження на провід:

$$P_m = 300 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1,801 \cdot 0,006 \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 = 0,336 \text{ (Па} \cdot \text{м}^2)$$

Отже при таких навантаженнях ПЛ, як один із найуразливіших елементів ЛЕМ споживачів буде стійким в умовах дії НС метеорологічного характеру.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання села Олешин Хмельницького міського району електричних мереж в умовах дії електромагнітного імпульсу

При дослідженні стійкості роботи СЕП проводиться аналіз роботи всіх елементів, що піддаються дії ЕМІ. Забезпечення високої надійності роботи електротехнічної і електронної апаратури, кабельних і повітряних ліній може бути досягнуто при наявності високого перехідного затухання в захисних екранах [25].

За критерій безпеки роботи в умовах дії ЕМІ можна прийняти коефіцієнт

безпеки, який визначається за формулою:

$$K_{\delta(\epsilon, \epsilon)} = 20 \cdot \lg \left( \frac{U_{\delta}}{U_{(\Gamma)}} \right) \geq 40 \text{ [дБ]}, \quad (5.7)$$

де  $U_{\delta}$  – допустима напруга живлення, В;

$U_{\Gamma}$  – напруга наведена за рахунок електромагнітного імпульсу горизонтальних струмоведучих частин, В;

Визначимо допустиме коливання напруги живлення:

$$U_{\delta} = U_{\text{жс}} + \frac{U_{\text{жс}}}{100} \cdot n = 12 + \frac{12}{100} \cdot 5 = 12,6 \text{ (В)},$$

де  $n$  – допустиме коливання напруги ( $n = \pm 5\%$ );

$U_{\text{жс}}$  – напруга живлення ( $U_{\text{жс}} = 12 \text{ В}$ ).

Горизонтальна складова напруженості електричного поля:

$$E_{\Gamma} = 10^{-3} \cdot E_{\text{вмакс}} = 10,2 \text{ (В/м)}.$$

Значення максимальних довжин струмопровідних частин (в горизонтальних і вертикальних частинах) на кожній ділянці  $l_{\epsilon}$ ,  $l_2$  зведемо в таблицю. Визначаємо горизонтальну і вертикальну напругу наводки на струмоведучих частинах та відповідні коефіцієнти безпеки:

Для блоку живлення:

$$U_{\epsilon} = E_2 \cdot l_{\epsilon} = 10,2 \cdot 0,2 = 2,04 \text{ (В)},$$

$$U_2 = E_{\epsilon} \cdot l_2 = 10,2 \cdot 1,1 = 11,02 \text{ (кВ)},$$

$$K_{\delta\epsilon} = 20 \cdot \lg \left( \frac{12,6}{2,04} \right) = 23,63 \text{ (дБ)},$$

$$K_{\delta 2} = 20 \cdot \lg \left( \frac{12,6}{11,02} \right) = 3,56 \text{ (дБ)}.$$

Для всіх інших блоків розрахунок проводиться аналогічно і результати заносимо в таблицю 5.7.

Таблиця 5.7 – Дані розрахунку по різним блокам СЕП

Елемент СЕП	$l_r, (м)$	$l_b, (м)$	$K_{бв}, (дБ)$	$K_{бг}, (дБ)$	Стан об'єкта
Блок живлення	0,2	1,1	23,63	13,56	не стійкий
Релейний захист та автоматика	0,12	0,36	19,29	11,16	не стійкий
Блок прийому і передачі	1,2	0,95	30,69	10,15	не стійкий
Вимірювальні трансформатори	0,41	1,3	29,55	26,85	не стійкий
Диференціальний захист підстанцій та РП	0,24	0,42	37,36	37,18	не стійкий
Струмовий захист підстанцій та РП	0,36	0,63	24,437	15,17	не стійкий

Так як  $K_{б(в,г)} < 40дБ$ , то обладнання і апаратура буде не стійка в роботі і тому є потреба проводити екранування.

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання села Олешин Хмельницького міського району електричних мереж в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Для захисту проводів від пошкоджень, що викликаються вібрацією при сильному вітрі, застосовуються різні засоби: зниження натягу в проводах, посилення проводів спіральною арматурою, зміна довжини прольотів між опорами та розпірками.

Для того, щоб система електропостачання була стійкою в умовах дії електромагнітного імпульсу, необхідно щоб коефіцієнт безпеки знаходився в межах від 0 до 40 (дБ). Так як  $K_{б(в,г)} < 40$  (дБ), то апаратура буде не стійка в роботі, а тому необхідне екранування. Розрахуємо перехідне затухання енергії електричного поля екраном та товщини стінок екрану для блоку живлення. Результати розрахунків для інших блоків виконуються аналогічно і представлені в таблиці 5.8.

$$A_{екр} = K_{бном} - K_{бмін} = 40 - 10,15 = 29,85 \text{ (дБ)},$$

$$t = \frac{A_{екр1}}{k \cdot \sqrt{f}} = \frac{25,85}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,23 \text{ (см)},$$

де  $k = 5,2$  (для сталі);  $f = 15000$  (Гц).

Таблиця 5.8 – Дані розрахунку захисних екранів по різних блокам

№	Елементи СЕП кар'єру	$A_{\text{екр}}$ , (дБ)	$t$ , (см)
1	Блок живлення	26,44	0,27
2	Релейний захист та автоматика	28,84	0,29
3	Блок прийому та передачі	25,85	0,3
4	Вимірювальні трансформатори	10,45	0,17
5	Диференціальний захист підстанцій та РП	2,82	0,11
6	Струмовий захист підстанцій та РП	24,83	0,21

Для підвищення безпеки роботи СЕП до ЕМІ необхідно: встановити захисний екран із сталі з товщиною стінок не менше 2,3 (мм), на входах і виходах пульта управління встановити швидкодіючий пристрій вимкнення. Застосовуючи заходи по підвищенню безпеки, ми забезпечуємо працездатність релейного захисту і автоматики, а також повітряної лінії електропередач в умовах дії електромагнітного імпульсу.

У кожному конкретному випадку повинні бути знайдені найефективніші і економічно доцільні засоби захисту апаратури СЕП. Серед яких можливо виділити:

- Повне укриття обладнання металевим екраном;
- Перехід від електричних мереж зв'язку до волоконно-оптичних;
- Металоокисні варистори й високошвидкісні зенеровські діоди;
- Створення роз'ємів з фільтрами і вбудованими зенеровськими діодами;
- Екрани і захисні пристрої.

З'єднувальні кабелі за захистом прокладають в земляних траншеях під цементним чи бетонованою підлогою будинків або укладають в сталеві коробки, які заземляють. Можна розмішувати кабелі і на поверхні поля, закривши їх заземлюючими швелерами.

Надійність підвищується, якщо кабель розгалужується і підводиться до кількох шаф з роздільними трансформаторами. І тут ізольовані ділянки мережі мають великий опір ізоляції й малу ємність проводів щодо землі. Також доцільно застосовувати фільтри від високочастотних перешкод.

Основні функції захисного розрядника — розімкнути лінію чи відвести енергію задля унеможливлення ушкодження в устаткуванні, що захищається. Встановлюється на входи і виходи апаратури. Також для захисту апаратури можуть бути рекомендовані плавкі запобіжники і захисні вхідні пристосування, які являють собою різні релейні чи електронні пристрої, що реагують на перевищення струму у колі. Вони забезпечують «стікання» великого розряду без ушкодження ізоляційних елементів ліній.

Було досліджено питання стійкості роботи системи електропостачання внаслідок кар'єру в НС метеорологічного характеру та дії ЕМІ. Для підвищення надійності роботи СЕП необхідно встановлення спіральних та маятникових гасителів вібрації. Для захисту елементів СЕП від дії ЕМІ необхідне встановлення захисного пасивного екрану товщиною стінок до значення 3 (мм).



## ВИСНОВОК

В даній магістерській роботі було розраховано та обґрунтовано будівництво сонячної електростанції, на території с. Олешин, Хмельницького міського району електричних мереж.

В першому розділі визначено, що на території с. Олешин, Хмельницьких МРЕМ для будівництва сонячної електростанції, з дозволеною до використання потужністю до 770 кВт, буде використано: фотоелектричну, монокристалічну сонячну модель, марки JAM72D3-540/MB, з максимальною потужністю 540 Вт. Кількість ФЕМ 1638. Інвертори типу 7 штук, з піковою потужністю 110 кВт. Контроль ефективності роботи СЕС здійснюватиметься за допомогою системи спостереження і керування, основаної на SmartLogger 3000A3UE. Одна комплексна трансформаторна підстанція 0,4/10 кВ. Також в даному розділі вказані особливості району проектування, та будівельні норми згідно яких, будуть проводитись роботи.

В другому розділі праці проводились підготовчі технічні розрахунки. Згідно умов проекту – КЛ10 кВ прокладаємо в траншеї. Шляхом проведення математичних розрахунків, було визначено оптимальний переріз кабелю, який задовільнить наступні вимоги:

- переріз кабелю має витримувати допустимо-тривалий струм;
- післяаварійним робочим режимом
- струмом короткого замикання
- величиною наведеного струму

Врахувавши всі ці умови, обрано кабель марки АПвЭгаПу-10 1x95/35. Струмopрoвідні жили кабелю виготовлені з алюмінію 95 мм, та мідний екран 35 мм. Кабелі будуть розміщуватись у підготовлених залізобетонних лотках.

В третьому розділі даного проекту спрогнозовані практичні показники ефективності роботи проектованої СЕС. Було детально розглянута генерація та споживання електроенергії. Щоб мати чіткіше уявлення про роботу сонячної електростанції спрогнозовано денний, місячний та річний аналіз роботи станції. Споживання електроенергії електростанцією було мінімальним, тому наша увага була приділена виробленню електроенергії. За

календарний рік, спрогнозовано що сонячною електростанцією буде генеровано 1 013 878 кВт. Це доволі не поганий результат, беручи до уваги, що місце будівництва СЕС відноситься до найнижчої - IV зони випромінювання сонячної енергії. Також в даному розділі було спрогнозовано величину інсоляції електростанції.

Четвертий – економічний розділ, містить в собі ряд проведених розрахунків кошторису проекту. Було визначено, що капіталовкладення в систему складає 22 018 710 грн., витрати на заробітну плату працівникам – 825 099 грн., та витрати під час експлуатації – 729 847 грн. Плата за стандартне приєднання – 1 880 340. Кінцевим результатом розрахунків було визначено термін окупності СЕС. Він становитиме 6,6 року.

В п'ятому розділі магістерської кваліфікаційної роботи розкрито питання технічних рішень з безпечної експлуатації об'єкта. Визначено характеристики мікроклімату об'єкта, проаналізовано склад повітря робочої зони, прийнято заходи щодо вибору штучного освітлення за робочим місцем, розроблені заходи щодо захисту робітника від впливу виробничого шуму та вібрації також запропоновані заходи щодо поліпшення психофізіологічного стану працюючого. Було досліджено питання стійкості роботи системи електропостачання внаслідок кар'єру в НС метеорологічного характеру та дії ЕМІ. Для підвищення надійності роботи СЕП необхідно встановлення спіральних та маятникових гасителів вібрації. Для захисту елементів СЕП від дії ЕМІ необхідне встановлення захисного пасивного екрану товщиною стінок до значення 3 (мм).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання: навчальний посібник / Бурбело М.Й. - Вінниця : ВНТУ, 2017. - 123 с [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
<http://burbelo.vk.vntu.edu.ua//file/15aef4c0c98152c16666a333aee84aef.pdf>
2. Федоров А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий: учебник для вузов / А. А. Федоров, В. В. Каменева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.studmed.ru/fedorov-aa-kameneva-vv-osnovy-elektrosnabzheniya-promyshlennyh-predpriyatiy\\_3d75831a48b.html](http://www.studmed.ru/fedorov-aa-kameneva-vv-osnovy-elektrosnabzheniya-promyshlennyh-predpriyatiy_3d75831a48b.html)
3. Родштейн Л.А. Электрические аппараты: Учебник для техникумов. - 4-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергоатомиздат, 1989. - 304с. [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <http://ua.bookfi.net/book/600586>
4. Адоньев Н.М. Справочник по электрическим аппаратам высокого напряжения /Н.М. Адоньев, В.В. Афанасьев, И.М. Бортник и др.; Под ред. В.В. Афанасьева. - Л.: Энергоатомиздат, 1987. - 544 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.studmed.ru/adonev-nm-afanasev-vv-bortnik-im-i-dr-spravochnik-po-elektricheskim-apparatam-vysokogo-napryazheniya\\_0b433aab5c8.html](http://www.studmed.ru/adonev-nm-afanasev-vv-bortnik-im-i-dr-spravochnik-po-elektricheskim-apparatam-vysokogo-napryazheniya_0b433aab5c8.html)
5. А.М.Залеский, Г. А. Кукеков – Л., 1967. - 378 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
[http://window.edu.ru/resource/579/77579/files/Grachev%20Proektirovanie%200EA\\_ispr.pdf](http://window.edu.ru/resource/579/77579/files/Grachev%20Proektirovanie%200EA_ispr.pdf)
6. Міліх В. І. Електротехніка та електромеханіка: Навч. посібник. - К.: Каравела, 2006. - 376 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
<https://www.twirpx.com/file/690725/>
7. Хольм Р. Довідник по електротехнічних матеріалах, т. 2, М.— Л.,1960; Хольм Р.,Електричні контакти, М., 1961.

8. НПАОП 0.00-1.28-10. Правила охорони праці під час експлуатації електро обчислюваних машин [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=27405](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=27405)
9. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/ДБН-В.2.5-28-2006.pdf>
10. ДБН В.1.2-10-2008. Захист від шуму.
11. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
12. М.Й. Бурбело «Системи електропостачання. Приклади розрахунків». Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. - Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005р. – 148с.
13. Демов О.Д., Бірюков О.О., Мельничук Л.М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 92 с.
14. Охорона праці в електроенергетиці [Текст] : довідник / Упоряд. О.В.Кобилянський. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 165 с.
15. Методичні вказівки до розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей [Текст] : методичні вказівки / Уклад. О.В.Кобилянський, О.П.Терещенко. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 44 с.
16. Кабельно–провідникова продукція [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189>
17. Бурбело М.Й. Системи електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник з дисципліни «Електропостачання» / М. Й. Бурбело – Вінниця: ВДТУ. 2002. – 140 с.
18. Про затвердження Правил користування електричною енергією [Електронний ресурс].Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0417-96>.
19. ГОСТ 27772-88 «Межгосударственный стандарт». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.lador.ru/gost/gost-27772-88.pdf>.

20. СНиП 2.01.07-85 «СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.pks.mk.ua/images/Nagruzki.pdf>.
21. ГОСТ 12.003-74 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=48127](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=48127)
22. М. П. Купчик Охорона праці : Лабораторний практикум / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець – К. : Основа, 1998. – 224 с.
23. Лисенко Г. Л. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 60 с.
24. Электрические нагрузки промышленных предприятий / С. Д. Волобринский, Г. М. Каялов, П. И. Клейн, Б. С. Мешель. – Л. : Энергия, 1971. – 264 с.
25. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию / [под ред. А. А. Федорова]. – М. : Энергоатомиздат, 1986.– Т.1 – 580 с., 1987.– Т.2 – 591с.
26. Методика определения экономической эффективности капитальных вложений в энергетику. – Киев : Минэнерго Украины, 1999. (ГКД – 340000002).
27. ПУЕ:2017 «ПРАВИЛА УЛАШТУВАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/06/%D0%9F%D0%A3%D0%95.pdf>.
28. ТУУ 31.3-00214534-017-2003 «СИЛОВЫЕ КАБЕЛИ СРЕДНЕГО И ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.elektal.com.ua/upload/iblock/218/silovye\\_kabeli\\_s\\_izolyatsiey\\_iz\\_sshitogo\\_polietilena.pdf](http://www.elektal.com.ua/upload/iblock/218/silovye_kabeli_s_izolyatsiey_iz_sshitogo_polietilena.pdf).
29. РД К28-003:2007 «Руководство по выбору, прокладке, монтажу, испытаниям и эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение от 6 до 35 кВ». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.askold.ru/files/info/3.pdf>.

30. ДСТУ Б А.3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва об'єктів». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://interiorfor.com/ru/dstu/dstu-b-a-3-1-22-2013/>

31. ДБН В.2.1-10-2009 «Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення». [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/50.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.2.1-10-2009.pdf>.

32. ГОСТ Р 50571.5 «ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ НИЗКОВОЛЬТНЫЕ». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/1200108284>.

33. Термін окупності будівництва фотоелектричної станції села Олешин Хмельницького міського району електричних мереж / [Куровський П. В., Бурбело М.Й.], матеріали Науково-технічної конференції Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023) [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://conferences.vntu.edu.ua/>

# ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_  
“ ” 2022р.ЗАТВЕРДЖЕНО  
Зав. кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

\_\_\_\_\_  
“ ” 2022 р.**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**до магістерської кваліфікаційної  
роботина тему:«Підвищення ефективності системи електропостачання села Олешин  
Хмельницького міського району електричних мереж шляхом будівництва  
фотоелектричних станцій»

08-22.МКР.007.01.022 ПЗ

Науковий керівник:

д.т.н., проф. Бурбело М. Й.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Виконав: студент гр.

ЕСЕ - 21м

Куровський П. В.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Вінниця 2022 р.



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

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 254 від 02. 10. 2022р.

Дата початку роботи 03. 09. 2022р.

Дата закінчення роботи 03. 12. 2022р.

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

а) мета – підвищення енергоефективності системи електропостачання населеного пункту;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

схема розподільної електричної мережі з заданими параметрами; генплан села; відомості про джерела живлення; основні техніко-економічні показники.

## 3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) – видання третє, перероблене і доповнене. – 2014 р.

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

3.3 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	03.09.22р.	01.10.22р.
4.2 Проведення дослідних розрахунків	01.10.22р.	07.10.22р.
4.3 Розробка робочих креслень	07.10.22р.	11.10.22р.
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	11.10.22р.	03.12.22р.

#### 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

9 ВИМОГИ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В МКР ЗОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ (ЗА НЕОБХІДНОСТІ)

Не передбачається

ДОДАТОК Б  
Вихідні дані



Рисунок Б.1 - Ситуаційний план с. Олешин, Хмельницького МРЕМ

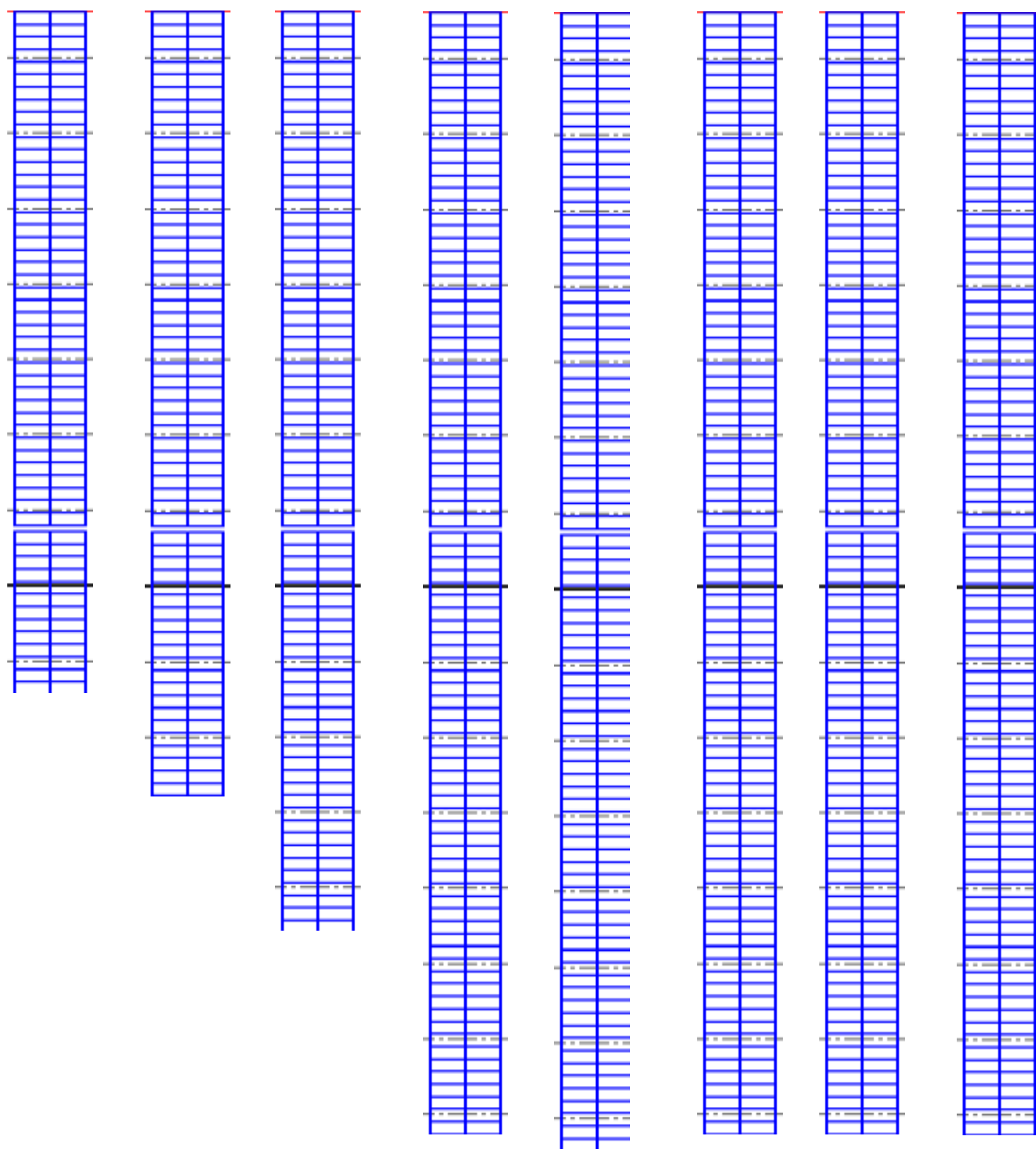


Рисунок Б.2 - Схема розташування сонячних панелей

## Продовження додатка Б

Таблиця Б.1 – Обладнання

З/п	Найменування обладнання	Кількість
1	Фотоелектричні модулі типу JAM72D3-540/MB	1638 шт.
2	Стрінгові інвертора типу SUN 2000-110KL	7 шт.
3	Розподільчі щити (РЩ) типу EMITER UMO OS80x80+K	4 шт.
4	КТП 10/0,4 В	1 компл.

Таблиця Б.2 - Техніко-економічні дані об'єкту проектування

№ з/п	Показник	Значення
1	Вид будівництва	Нове будівництво
2	Розміщення об'єкту	Хмельницький р-н, с. Олешин
3	Тривалість будівництва, міс.	2
4	Довжина проєктованої траси КЛ, м, АПвЭгаПу-10 1x95/35	1713
5	Виконання горизонтально-направленого буріння, м	38,3
6	Довжина траншеї, м	1589
7	Довжина однофазного кабелю 10 кВ з алюмінієвими ТПЖ, марки АПвЭгаПу-10 1x95/35	5139
8	Муфта кінцева внутрішнього виконання 70- 240 мм <sup>2</sup> типу СНЕ-I 12kV, шт	2
9	Муфта з'єднувальна СНМ 12kV 70- 240 мм <sup>2</sup>	3
10	Гофрована тркба «Копофлекс», ø90 мм, чорна, м	56
11	Сигнальна стрічка ЛСЗ, 150 мм, червона, м	530
12	Пісок, м <sup>2</sup>	27,1

Таблиця Б.3 – Характеристика трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
КТП	1000	1	630

## ДОДАТОК В

ПС 35/10 кВ «Лісові Гринівці» Ф - 66

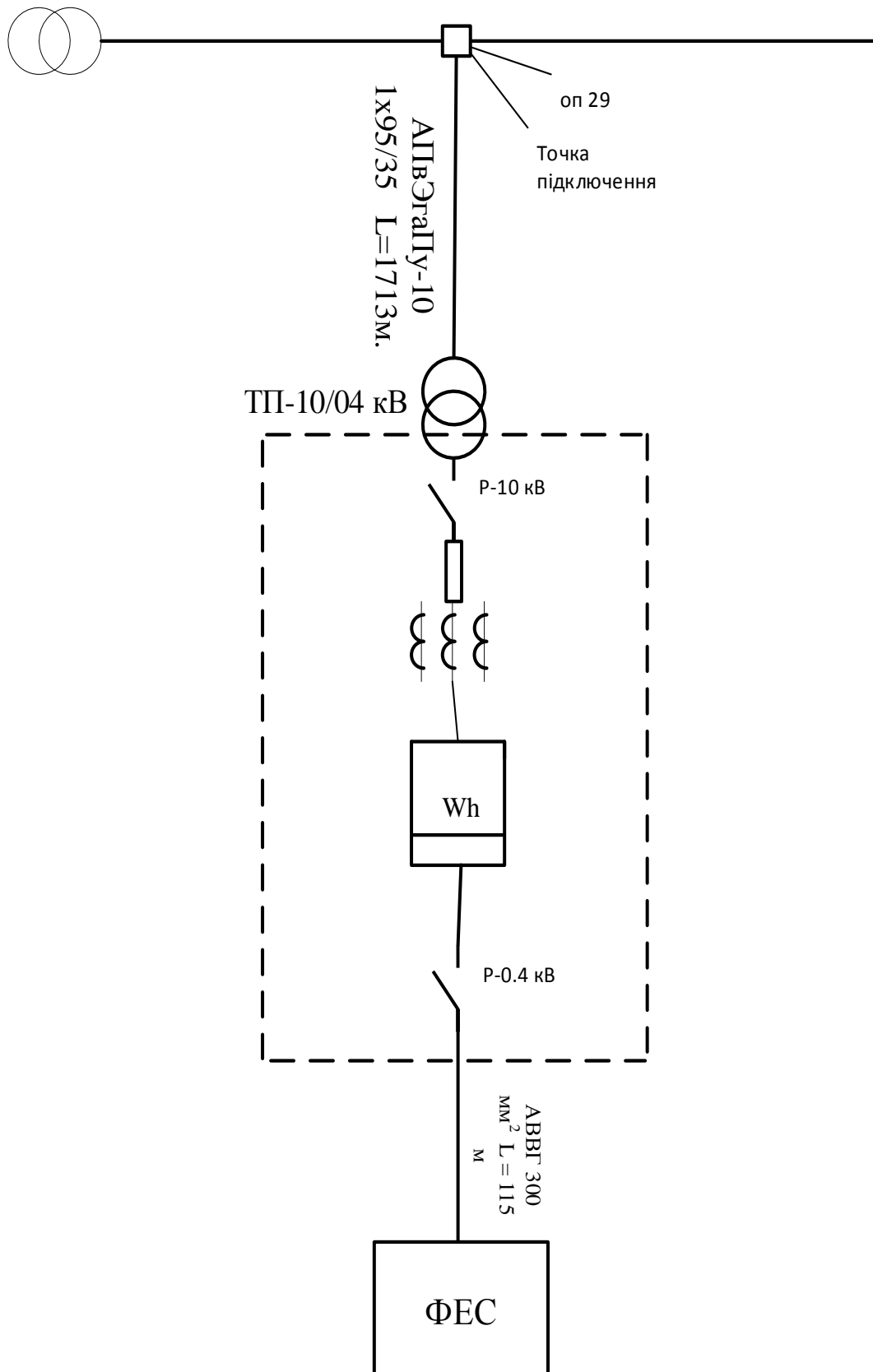


Рисунок В.1 - Електрична схема підключення сонячної електростанції

Продовження Додатку В

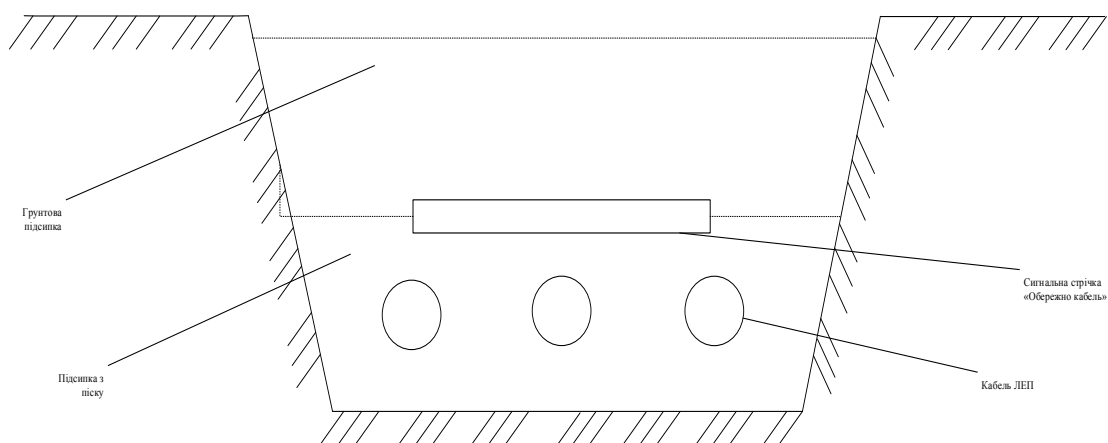


Рисунок В.2 – Спосіб прокладання кабелів в траншеї



Рисунок В.3 – Фотоелектрична сонячна панель

## Продовження Додатку В

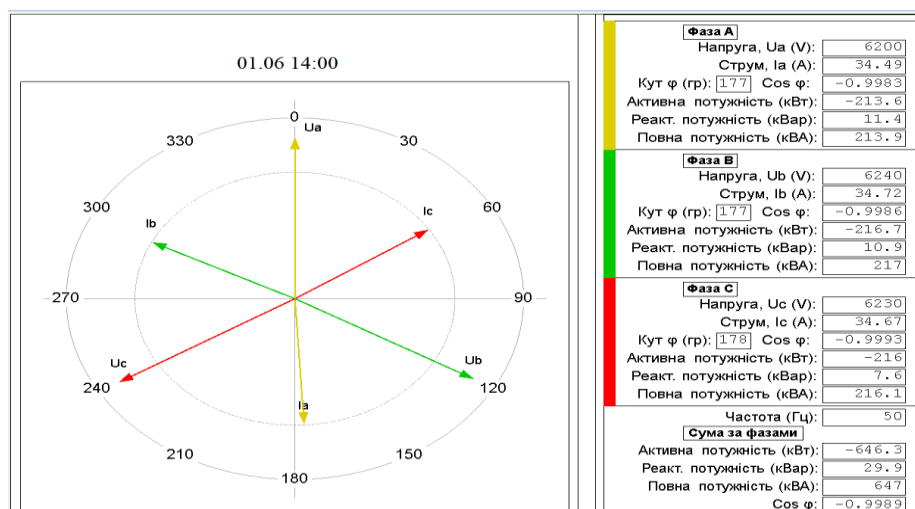


Рисунок В.4 – Векторна діаграма ефективності роботи за 01.06

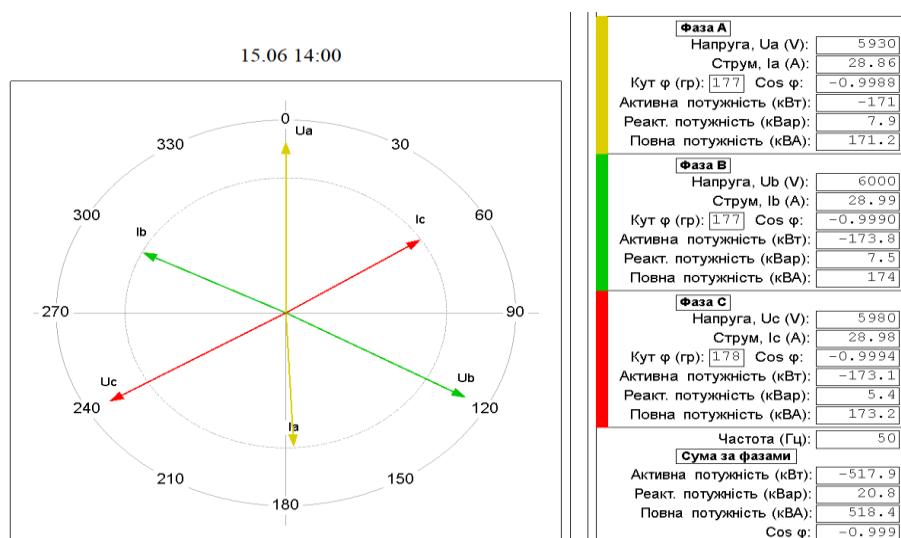


Рисунок В.5 – Векторна діаграма ефективності роботи за 15.06

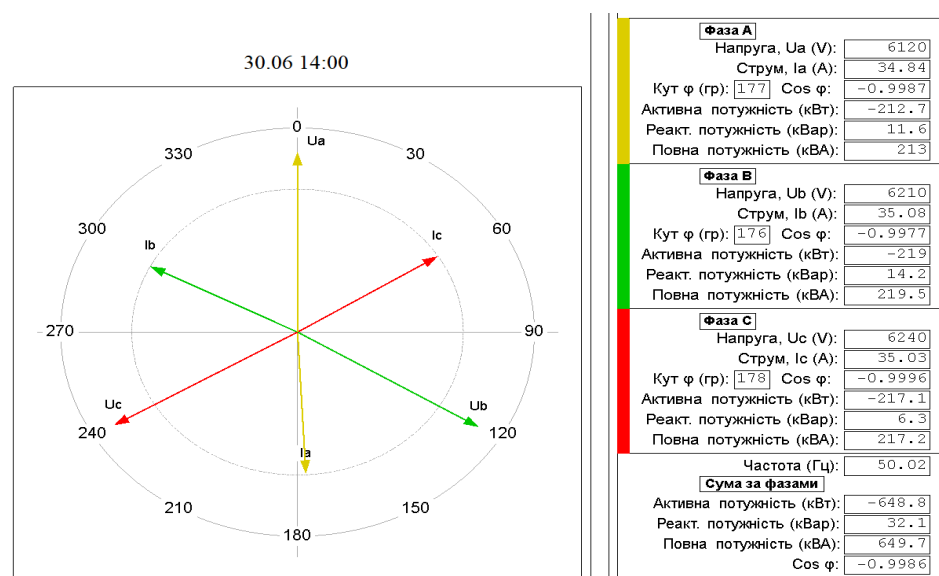


Рисунок В.6 – Векторна діаграма ефективності роботи за 30.06



## Продовження Додатку В

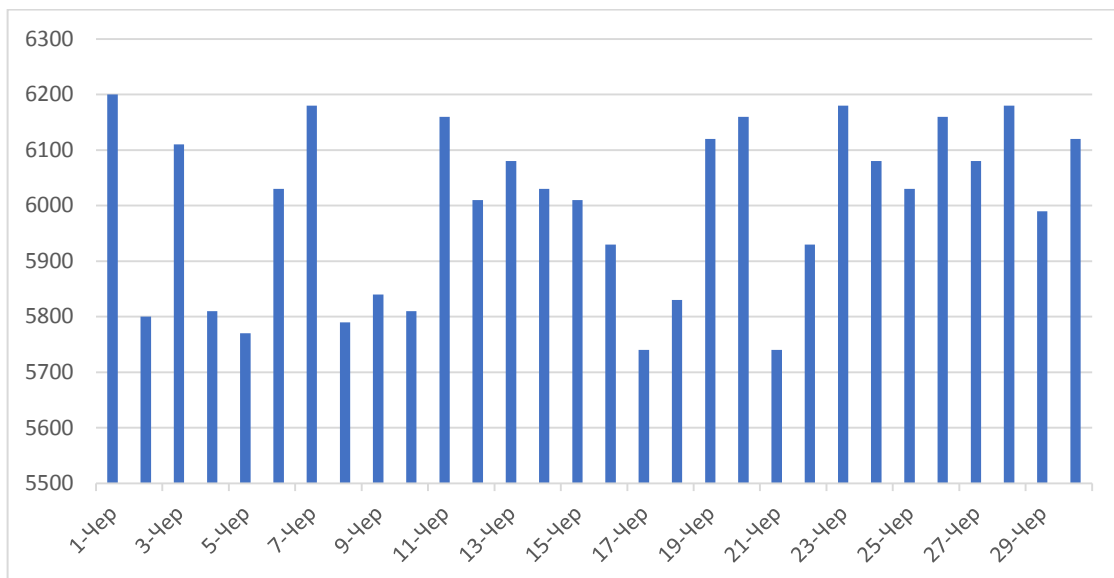


Рисунок В.7 – графічне зображення напруги РУ-10кВ

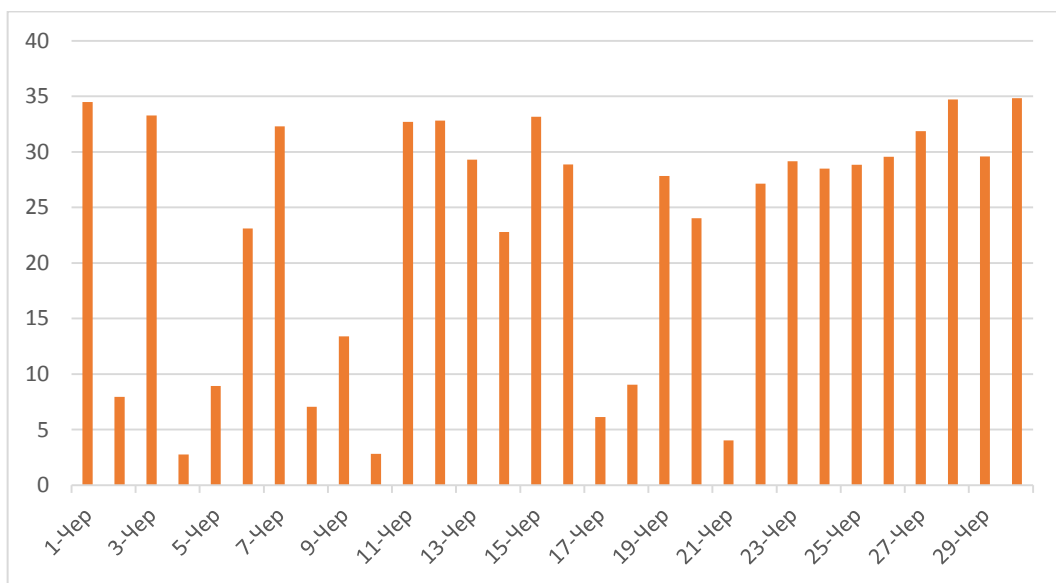


Рисунок В.8 – графічне зображення струму РУ-10кВ

## ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Загальні економічні показники

Показник	Вартість, грн.
Вартість одного генерованого кіловату	3,78
Ставка плати за стандартне приєднання	1 880 340
Капіталовкладення в систему	20 501 703
Капіталовкладення в накопичувач енергії	2 201 244
Витрати під час експлуатації:	
- витрати на обслуговування електроустановок	269 953
- витрати на ремонт електроустановок	214 603
- витрати на амортизацію	121 120
- інші витрати	124 169
Заробітна плата працівникам	825 099

**ДОДАТОК Д**  
**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ)**  
**РОБОТИ**

Назва роботи: Підвищення ефективності системи електропостачання села Олешин Хмельницького міського району електричних мереж шляхом будівництва фотоелектричних станцій.

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота.

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту.

Науковий керівник: д.т.н. професор Бурбело М.Й.

Показники звіту подібності	
UNICHECK	
Схожість	7,11%

Аналіз звіту подібності

Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

Заявляю, що ознайомлений з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи.

Автор \_\_\_\_\_ Куровський П. В.

Опис прийнятого рішення

Магістерська кваліфікаційна робота допускається до захисту

Особа відповідальна за перевірку \_\_\_\_\_ Лобода Ю.В.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Бурбело М.Й.

Експерт \_\_\_\_\_ Бурбело М.Й., зав кафедри ЕСЕМ