

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

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

« Оптимізація системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру »

Виконав: студент 2-го курсу , групи ЕСЕ-22м

Освітня програма: " Електротехнічні системи електроспоживання »

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханік

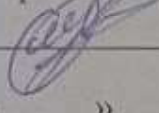
(шифр і назва спеціальності)



Бондарець В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ



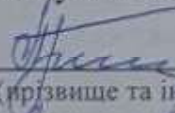
Кравець О.М.

(прізвище та ініціали)

«      »      2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ



проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« В » 12 2023 р.

Опонент доцент каф. ЕСС

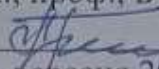
Намрецький Р.В.

(прізвище та ініціали)

« 8 » 12 2023 р.

Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Освітній ступінь – магістр  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

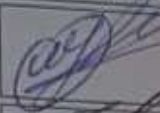





ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ЕСЕМ  
д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

  
«14» вересня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**  
Бондарцю Віталію Вікторовичу

1. Тема роботи Оптимізація системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру, керівник Кравець Олександр Миколайович, к.т.н., доц., затверджені наказом по ВНТУ від «18» вересня 2023 року, №247
2. Строк подання студентом роботи «4» грудня 2023 року.
3. Вихідні дані: генплан підприємства; відомості про електричні навантаження цехів (Додаток Б); відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; генплан РП; основні техніко-економічні показники.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки
  - Анотація
  - Вступ
  - 1. Загальні відомості про підприємство
  - 2. Проектування системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру
  - 3. Дослідження актуальних питань безпечної та надійної експлуатації електричних мереж та підстанції кар'єру.
  - 4. Економічний розрахунок
  - 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
  - Висновки.
  - Список літератури
  - Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу
  - Генплан підприємства
  - Однолінійна схема живлення
  - План корпусу №1
  - Розрахунково-монтажна таблиця
  - План схема заземлення ТП

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання при
Спеціальний розділ роботи	Кравець О.М. доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н. доцент		
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 «18» вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	При
1	Загальні відомості про підприємство	30.09.23	
2	Підвищення ефективності енерговикористання	10.11.23	
3	Вибір системи освітлення	16.11.23	
4	Інноваційні рішення та їх економічний розрахунок	28.11.23	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	1.12.23	

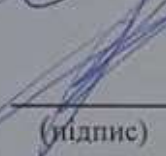
Студент

  
(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

  
(підпис)

Нормоконтроль

  
(підпис)

Бондарець В.В.  
(прізвище та ініціали)

Кравець О.М.  
(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

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

**« Оптимізація системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру»**

Виконав: студент 2-го курсу , групи ЕСЕ-22м

Освітня програма: “ Електротехнічні системи електроспоживання»

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханік

(шифр і назва спеціальності)

Бондарець В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Кравець О.М.

(прізвище та ініціали)

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Опонент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 року

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Освітній ступінь – магістр  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

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

---

«14» вересня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**  
**Бондарцю Віталію Вікторовичу**

1. Тема роботи Оптимізація системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру, керівник Кравець Олександр Миколайович, к.т.н., доц., затверджені наказом по ВНТУ від «18» вересня 2023 року, №247
2. Строк подання студентом роботи «4» грудня 2023 року.
3. Вихідні дані: генплан підприємства; відомості про електричні навантаження цехів (Додаток Б); відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; генплан РП; основні техніко-економічні показники.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки
  - Анотація
  - Вступ
  - 1. Загальні відомості про підприємство
  - 2. Проектування системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру
  - 3. Дослідження актуальних питань безпечної та надійної експлуатації електричних мереж та підстанції кар'єру.
  - 4. Економічний розрахунок
  - 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
  - Висновки.
  - Список літератури
  - Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу
  - Генплан підприємства
  - Однолінійна схема живлення
  - План корпусу №1
  - Розрахунково-монтажна таблиця
  - План схема заземлення ТП

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «18» вересня 2023 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство	30.09.23	
2	Підвищення ефективності енерговикористання	10.11.23	
3	Вибір системи освітлення	16.11.23	
4	Інноваційні рішення та їх економічний розрахунок	28.11.23	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	1.12.23	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Бондарець В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Кравець О.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_

(підпис)

Войтюк Ю. П.

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ .....	5
ANNOTATION .....	6
Вступ .....	7
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО.....	9
1.1 Короткий опис технологічного процесу.....	9
1.2 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика.....	12
2. ОПТИМІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТУРБІВСЬКОГО ГРАНІТНОГО КАР'ЄРУ .....	14
2.1 Розробка електричної мережі корпусу №3 .....	14
2.2 Синтез електричних навантажень гранітного кар'єру.....	20
2.3 Розрахунки та оптимізаційні рішення щодо вибору та розміщення ТП .....	22
2.4 Уточнення вибору потужності ТП з врахуванням оптимізованого та уніфікованого графіка електричного навантаження гранітного кар'єру.....	28
2.5 Вибір основного електрообладнання підстанції та живлячої лінії 6 кВ.....	31
2.6 Оптимізація ефективності роботи системи електропостачання за рахунок компенсації реактивної потужності.....	33
2.7 Оптимізація вибору схеми розподільчої мережі 0,4 кВ .....	35
2.8 Синтез низьковольтного електротехнічного та провідниково-кабельного матеріалу.....	37
3. ДОСЛІДЖЕННЯ АКТУАЛЬНИХ ПИТАНЬ БЕЗПЕЧНОЇ ТА НАДІЙНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ТА ПІДСТАНЦІЇ КАРЄРУ .....	46
3.1 Основні теоретичні відомості про організацію заземлення підстанції.....	46
3.2 Технічні особливості щодо облаштування контурів заземлення.....	47
3.3 Основні етапи улаштування та розрахунки контуру заземлення живлячої підстанції.....	49
3.4 Дослідження впливу блукаючих струмів на інженерні комунікації Турбівського гранітного кар'єру.....	52
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ....	58
4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи.....	58

4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання.....	60
4.3 Розрахунок поточних витрат.....	61
4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі.....	61
4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі.....	64
4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат .....	67
4.4. Розрахунок собівартості електроенергії.....	68
4.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію.....	68
4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії.....	70
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	73
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту .....	73
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць .....	73
5.1.2 Електробезпека .....	76
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	77
5.2.1 Мікроклімат.....	77
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	78
5.2.3 Виробниче освітлення.....	79
5.2.4 Виробничий шум.....	80
5.2.5 Виробнича вібрація.....	81
5.2.6 Психофізіологічні фактори.....	82
5.3. Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	83
ВИСНОВКИ .....	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	92
ДОДАТКИ .....	97
ДОДАТОК А - ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	98
ДОДАТОК Б – ВИХІДНІ ДАНІ.....	101
ДОДАТОК В – ПРОТОКОЛ .....	103
ДОДАТОК Г – ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	104



УДК 621.311

## АНОТАЦІЯ

Бондаренць В.В. Оптимізація системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру. Магістерська кваліфікаційна робота. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ФЕЕЕМ. Кафедра ЕСЕЕМ – Вінниця: ВНТУ, 2023 – 80с.

На укр. мові. бібліогр.: 45 назв; рис.: 28; табл.: 20.

В магістерській кваліфікаційній роботі виконано роботи по оптимізації системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру, в якій проаналізовані та синтезовані основні питання надійного живлення підприємства.

Розроблені оптимальні проектні рішення, що дозволило забезпечити надійне електропостачання технологічного процесу видобутку та подрібнення гранітної породи.

Розроблено заходи підвищення безпечної експлуатації живлячої підстанції.

Ключові слова: Електропостачання, оптимізація, електричні навантаження, картограма, трансформаторна підстанція.

Рисунків: 38      Таблиць: 15      Бібліографій: 26

UDC 621.311

### ANNOTATION

Bondarents V.V. Optimization of the electricity supply system of the Turbiv granite quarry. Master's qualification work. Specialty 141 – Electrical engineering, electrical engineering and electrical mechanics. FEEEM. ECEEM Department - Vinnytsia: VNTU, 2023 - 80 p.

In Ukrainian speech bibliography: 45 titles; Fig.: 28; tab.: 20

In the master's qualification thesis, work was carried out on the optimization of the electricity supply system of the Turbiv granite quarry, in which the main issues of reliable power supply of the enterprise were analyzed and synthesized.

Optimal design solutions were developed, which made it possible to ensure reliable power supply for the technological process of mining and grinding granite rock.

Measures to increase the safe operation of the feeder substation have been developed.

Key words: Power supply, optimization, electrical loads, map, transformer substation.

Figures: 38

Tables: 15

Bibliography: 26

## ВСТУП

**Актуальність теми:** проектування та впровадження сучасних систем електропостачання промислових підприємств повинно базуватися на прийнятті оптимальних рішень, що стосуються практично всіх елементів, які є складовими будь-яких енергетичних систем. Цим актуальним питанням присвячена дана магістерська кваліфікаційна робота, що передбачає оптимізаційні заходи для підвищення ефективності функціонування систем електропостачання на початку створення енергоефективного технологічного процесу підприємств.

**Мета роботи:** оптимізація процесу прийняття проектних рішень при створенні сучасної системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру.

**Об'єкт дослідження:** система електропостачання Турбівського гранітного кар'єру.

**Предмет дослідження:** техніко-економічні характеристики системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру та їх оптимізація.

**Задача дослідження:** головними задачами магістерської кваліфікаційної роботи є використання та впровадження оптимізаційних рішень, що сприяють підвищенню енергоефективності технологічного процесу видобутку гранітів та складають основу системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру.

**Наукова новизна:** полягає у використанні сучасних методів проектування систем електропостачання підприємств видобувної галузі та їх оптимізації з метою підвищення експлуатаційних та безпечних характеристик функціонування основних елементів електротехнічного обладнання, що складають основу забезпечення надійності та безперебійності електропостачання.

**Практичне значення одержаних результатів:** проектні рішення та їх оптимізація, які направлені на створення енергоефективної системи

електропостачання можуть бути поширені на аналогічні підприємства видобувної галузі, що розробляють граніти відкритим способом.

**Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи:** Деякі положення та практичні результати магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано в тезах доповіді [4].

**Публікації:** За результатами роботи опубліковано тези доповідей [4].

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

### 1.1 Короткий опис технологічного процесу.

Інформація про технологічний процес підприємства є важливою складовою при створенні оптимальної системи електропостачання, що сприяє надійному забезпеченню необхідної кількості електроенергії. Глибина вивчення технологічного процесу та електрообладнання, яке задіяне в ньому впливає також на можливість та необхідність використання оптимізаційних методів проектування.

Турбівський гранітний кар'єр є одним з передових підприємств Вінницької області, що спеціалізується на виробництві щєбеневої продукції. Завдяки проведеній реконструкції та модернізації підприємства і вдалого використання родовища гранітів Турбівський гранітний кар'єр значно збільшив своє виробництво.

Горна маса з родовища доставляється автомобільним транспортом вантажопідйомністю до 75 тон та завантажується в приймальний бункер технологічної лінії. У випадку крупної горної маси до 1000 мм з приймального бункера спеціальним транспортером подається на подрібнення в дробарку типу СДМ – 118 з робочою отвором до 170 мм. Після цього за допомогою системи конвеєрів оброблена горна маса подається на конусну дробарку КСД – 2200ГР з вихідним отвором до 40 мм.

Подрібнена на початковому етапі фракція по системі конвеєрів подається на вібраційні грохоти ГІЛ-52А (рис.1.1) з різними ситами від 10 до 34 мм. Після них фракція поступає самопливом на наступні конвеєри для проходження повторного дроблення в конусну дробарку J6S (рис. 1.2)



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд грохоту ГІЛ 52А



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд дробарки J6S

Дроблений продукт перевантажується на інший конвейєр, де потрапляє під наступний грохот обладнаний свердлильними ситеми з листової сталі 22 – 23 мм. В результаті чого виділяється товарні фракції щебеню 10 – 20мм. та 20 – 40мм. Якщо

цей процес відбувається в теплий період року на останньому грохоті проводиться промивка щебеню водою.

Готова продукція з товарних фракцій системи похилих та горизонтальних конвейерів надходить у відкриті конуси, призначені для складування.

Фракції розміром до 10 мм (5x5 або 6x6) підлягають складуванню навіть у зимовий період без промивки.

Виходячи з проходження технологічного процесу можна зробити висновок, що основними споживачами електроенергії є системи конвейерів, грохоти та дробарки. Системи конвейерів використовуються стрічкового типу з механічними передачами за рахунок барабанів, що приводяться в дію двигунами. В сукупності це утворює приводну станцію.

Стисло охарактеризуємо основне технологічне обладнання. Грохоти ГІЛ 52А призначенні для розділення фракцій за крупністю. Об'ємна маса насипного вантажу повинна не перебільшувати 1.4 т/м. Грохот виготовляється з металу у підвісному виконанні з лівим чи правим розташуванням приводу та забезпечується пилозахисним кожухом.

Дробарка J6S. Дробарка це машина безперервної дії (процес дроблення та розвантаження відбувається безперервно), що забезпечує максимально можливу продуктивність, які використовуються на підприємствах великої потужності.

Даний тип дробарок використовуються на європейських підприємствах.

## 1.2 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика

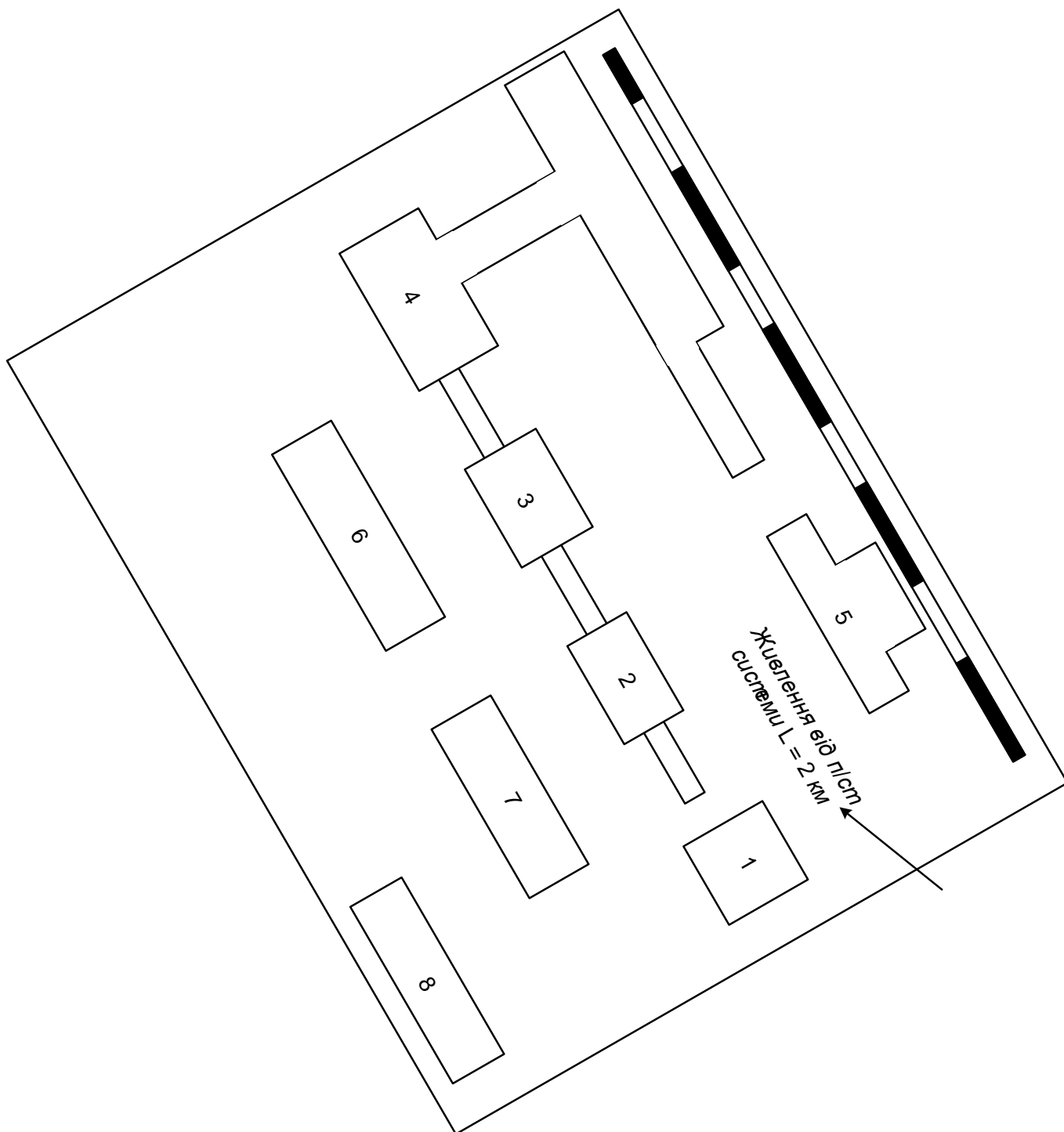


Рисунок 1.3– Генплан Турбівського гранітного кар'єру.



Таблиця 1.1 – Інформація про потужності навантаження кар'єру.

Вузли живлення ЕП	$P_n$
1. Корпус №1	565
2. Корпус №2	275
3. Корпус №3	226
4. Корпус №4	510
5. Механічний цех	85
6. Гараж	145
7. Котельня	40
8. Погрузочний цех	156

Данні для розрахунку виробничого корпусу №3, Турбівського гранітного кар'єру:

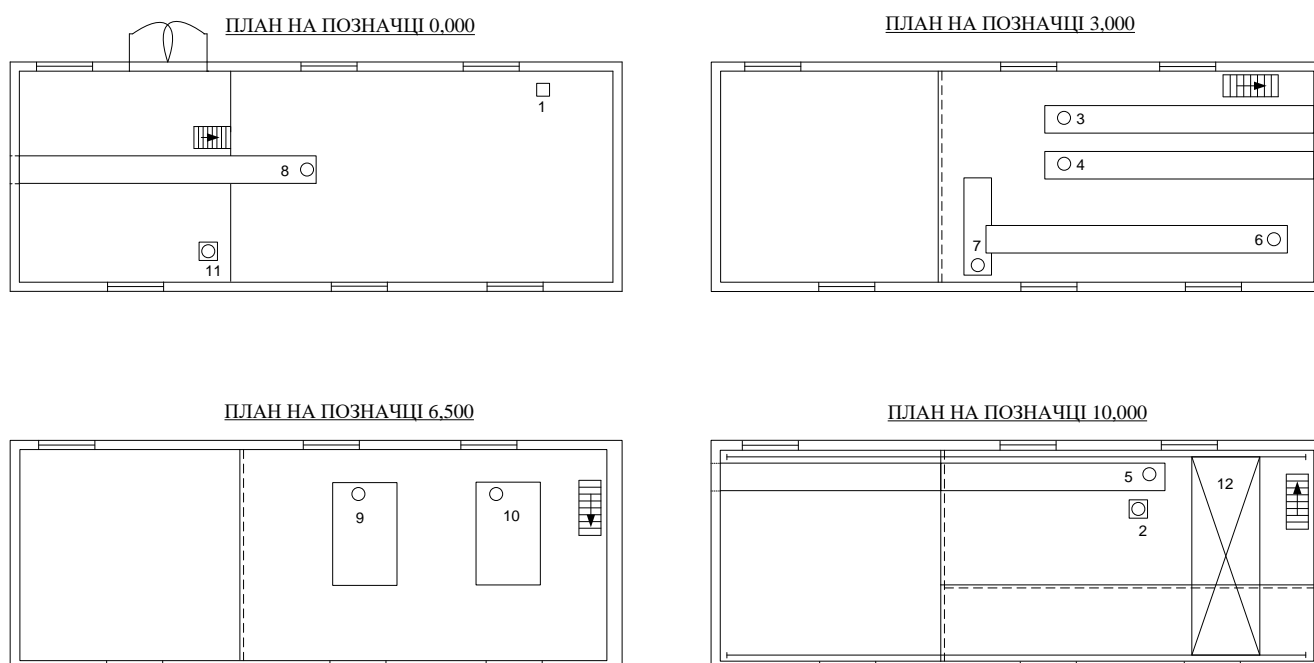


Рисунок 1.4 - План виробничого корпусу

Таблиця 1.2 - Відомості про електричні навантаження виробничого корпусу

№3

№ на плані	Назва цеху	$P_n$ , кВт
1	Зварювальний апарат	5
3, 4-8, 10	Конвеєр	117
3	Вентиляційна установка	30
9, 10	Грохот	40,5
2	Гідротолкач	1,5
12	Мостовий кран	32

## 2. ОПТИМІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТУРБІВСЬКОГО ГРАНІТНОГО КАР'ЄРУ

### 2.1 Розробка електричної мережі корпусу №3

Одним із перших етапів розрахунку загальної системи електропостачання кар'єру є визначення електричних навантажень низьковольтної мережі. Оптимізація цих розрахунків значно впливає на ефективність створення системи електропостачання. Вирішальним моментом при цьому є вірний вибір адекватного методу визначення електричних навантажень. Багатьма літературними джерелами [2,3-10] рекомендується в цьому випадку використовувати метод упорядкованих діаграм, який дає можливість більш точного визначення розрахункового навантаження, що наближує ці розрахунки до оптимальних.

Наведемо алгоритм розрахунку електричних навантажень за допомогою вказаного вище методу.

У випадку, коли визначається потужність одного окремого електроспоживача, вона приймається рівній номінальній потужності [3] (або паспортному значенню потужності), тобто

$$P_p = P_n = P_y, \text{ [кВт]}, \quad (2.1)$$

де  $P_y$  – номінальна потужність електроприймача, кВт.

Коли розраховується потужність до трьох електроспоживачів, значення розрахункової потужності, як активної так і реактивної визначається як їх відповідна сума.

Для групи споживачів більше трьох розрахункове навантаження має бути визначено на базі коефіцієнтів використання та коефіцієнтів потужності, які обираються за паспортними та довідниковими даними для відповідної галузі промисловості.

На наступному кроці визначаються середньо зміні активні та реактивні потужності для кожного виду та групи однотипних електроприймачів. При цьому використовується вираз:

$$P_{\text{ср}} = K_{\text{вик}} \cdot \sum P_{\text{ном.у}} \quad (2.2)$$

де  $\sum P_{\text{ном.у}}$  – сумарна потужність однотипних електроприймачів, кВт;

$K_{\text{вик}}$  – коефіцієнт використання, визначається за довідниковими даними [3].

Для подальших розрахунків потрібно обрати в першому наближенні схему електропостачання споживачів корпусу №3. Прийmemo використання радіальної схеми живлення з живленням від розподільчих пристроїв.

Розрахунки виконуємо для РП-1.

Визначимо середні активні та реактивні потужності, використовуючи в якості прикладу вентиляційну установку.

$$P_{\text{ср}} = 0,7 \cdot 30 = 21 \text{ (кВт)}$$

$$Q_{\text{ср}} = P_{\text{ср}} \cdot \text{tg} \varphi \quad (2.3)$$

$$Q_{\text{ср}} = 21 \cdot 0,75 = 15,75 \text{ (кВар)}$$

Для всіх інших електроприймачів значення середньо змінних потужностей визначається як сума потужностей однакової групи

$$P_{\text{ср.гр}} = \sum P_{\text{ср}} [\text{кВт}], \quad (2.4)$$

$$Q_{\text{ср.гр}} = \sum Q_{\text{ср}} [\text{кВар}] \quad (2.5)$$

Для кожної з груп знайдемо середній коефіцієнт використання

$$K_{\text{вик.ср}} = \frac{P_{\text{ср.гр}}}{P_{\text{ном.у.гр}}}, \quad (1.6)$$

$$K_{\text{вик.ср}} = \frac{75,4}{107} = 0,7.$$

Знайдемо ефективне число електроприймачів у групі, використовуючи для цього рекомендації з [2].

$$n_e = \frac{\left( \sum_{i=1}^{i=n} P_{\text{ном.}i} \right)^2}{\sum_{i=1}^{i=n} P_{\text{ном.}i}}, \quad (2.8)$$

$$n_e = \frac{107^2}{5^2 + 18,5^2 + 15^2 + 11^2 + 5,5^2 + 22^2 + 30^2} = 6.$$

Для коректності подальших розрахунків визначимо коефіцієнт максимуму навантаження. Користуючись [3] значення коефіцієнта максимуму визначається як  $K_{\text{мах}} = f(K_{\text{вик}}; n_e) = 1,12$

Наступний етап передбачає розрахунок максимальних активних навантажень для кожної групи електроприймачів.

$$P_{\text{маах}} = P_{\text{ср.гр}} \cdot K_{\text{мах}}, \quad (2.9)$$

$$P_{\text{маахр}} = 75,4 \cdot 1,12 = 84,448 \text{ (кВт)}.$$

Реактивні розрахункові навантаження визначаються за формулою:

$$Q_{\text{маах}} = 1,1 \cdot Q_{\text{ср.гр}}, \text{ якщо } n_e \leq 10 \quad (2.10)$$

$$Q_{\text{маах}} = Q_{\text{ср.гр}} [\text{кВар}], \text{ якщо } n_e > 10$$

$$Q_{\text{маах}} = 72,1 = 72,1 \text{ (квар)}.$$

Використовуючи значення за (1.9 та 1.10) знайдемо повні розрахункові навантаження в максимальному режимі:

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2}, \quad (2.11)$$

$$S_{\max} = \sqrt{94,3,5^2 + 72,1^2} = 118,7 \text{ (кВА)}.$$

Максимальний розрахунковий струм групи буде:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (2.12)$$

$$I_{\max} = \frac{118,7}{\sqrt{3} \cdot 0,38_{\text{ном}}} = 180,6 \text{ (А)}.$$

Результати розрахунку електричних навантажень для РП-2 наведенні в таблиці 2.1, хід розрахунку аналогічний.

Для подальших розрахунків, коли мова буде йти про групи електроприймачів підключених до певного РП необхідно визначити середні та максимальні навантаження виробничого корпусу;

$$P_{\text{ср}\Sigma} = P_{\text{ср.РП-1}} + P_{\text{ср.РП-2}}, \quad (2.13)$$

$$P_{\text{ср}\Sigma} = 75,4 + 61,3 = 136,7 \text{ (кВт)}.$$

$$Q_{\text{ср}\Sigma} = Q_{\text{ср.РП-1}} + Q_{\text{ср.РП-2}}, \quad (2.14)$$

$$Q_{\text{ср}\Sigma} = 65,6 + 65,6 = 131,2 \text{ (кВар)}.$$

Наступним кроком є визначення середнього коефіцієнту використання наванатження:

$$K_{\text{ср}} = \frac{P_{\text{ср.}\Sigma}}{P_{\text{ном}\Sigma}} = \frac{136,7}{226} = 0,6 \quad (2.15)$$

Ефективне число електроприймачів, відповідно:

$$n_{\text{еф}} = \frac{226^2}{5^2 + 18,5^2 + 15^2 + 11^2 + 5,5^2 + 22^2 + 30^2 + 22^2 + 18,5^2 + 45^2 + 1,5^2 + 32^2} = 9.$$

Користуючись [3] визначимо коефіцієнт максимуму для групи споживачів:

$$K_{\max} = f(K_{\text{вик}}; n_{\text{сф}}) = 1,3$$

Тоді максимальні активне та реактивне розрахункове навантаження та його повне значення буде:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{ср.}\Sigma} \cdot K_{\max}, \quad (2.16)$$

$$P_{\text{макс.р.}\Sigma} = 136,7 \cdot 1,3 = 177,7 (\text{кВт}).$$

$$Q_{\text{макс.р.}\Sigma} = Q_{\text{ср.}\Sigma}, \quad (2.17)$$

$$Q_{\text{макс.р.}\Sigma} = 131,2 = 131,2 (\text{кВар}).$$

$$S_{\text{макс.р.}\Sigma} = \sqrt{P_{\text{макс.р.}\Sigma}^2 + Q_{\text{макс.р.}\Sigma}^2}, \quad (2.18)$$

$$S_{\text{макс.р.}\Sigma} = \sqrt{177,7^2 + 131,2^2} = 220,9 (\text{кВА}).$$

Базуючись на значенні, що отримано за (1.18), знайдемо розрахунковий максимальний струм всього корпусу:

$$I_{\text{макс.р.}\Sigma} = S_{\text{макс.р.}\Sigma} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}}, \quad (2.19)$$

$$I_{\text{макс.р.}\Sigma} = 220,9 / \sqrt{3} \cdot 0,38 = 336 (\text{А}).$$

Всі інші числові значення розрахунків представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Навантаження цехової мережі

Розрахунок електричних навантажень методом коефіцієнта максимуму ( $K_{\max}$ )															
Назва вузлів живлення та груп електроприймачів	Кількість електроприймачів $n$	Установлена потужність при ПВ=100%		Відношення $m = P_n \max / P_n \min$	Коефіцієнт використання $K_{\text{вик}}$	$\cos \phi$	$\text{tg} \phi$	Активне $P_{\text{рп}}$ , кВт	Реактивне $Q_{\text{рп}}$ , квар	Ефективна кількість електроприймачів $n_{\text{еф}}$	Коефіцієнт максимуму $K_{\max}$	Максимальні розрахункові навантаження			Максимальний розрахунковий струм $I_{\text{мах}}$ , А
		$P_{\text{ном}}$ , кВт	$ZP_{\text{ном}}$ , кВт									Активне $P_{\text{мах}}$ , кВт	Реактивне $Q_{\text{мах}}$ , квар	Повне $S_{\text{мах}}$ , кв А	
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
ШР-1															
1 Зварювальний апарат	1	5	5	0,25	0,45	1,98	1,25	2,5							
3 Конвеєр	1	18,5	18,5	0,75	0,75	0,88	13,9	12,2							
4 Конвеєр	1	15	15	0,75	0,75	0,88	11,3	9,9							
6 Конвеєр	1	11	11	0,75	0,75	0,88	8,3	7,3							
7 Конвеєр	1	5,5	5,5	0,6	0,7	1,02	3,3	3,4							
8 Конвеєр	1	22	22	0,75	0,75	0,88	16,5	14,6							
11 Вентиляційна установка	1	30	30	0,7	0,8	0,8	21	15,8							
ВСЬОГО ПО ШР-1	7		107	0,70			75,4	65,6	5,4	1,25	94,3	72,1	119	180,6	
ШР-2															
9 Грохот	1	22	22	0,5	0,65	1,17	11	12,9							
10 Грохот	1	18,5	18,5	0,5	0,65	1,17	9,3	10,8							
5 Конвеєр	1	45	45	0,75	0,75	0,88	33,8	29,8							
2 Гідроголкач	1	1,5	1,5	0,6	0,65	1,17	0,9	1,1							
12 Мостовий кран	1	32	32	0,2	0,5	1,73	6,4	11,1							
Всього по ШР-2	5	226	119	0,52			61,3	65,6	3,7	1,6	98,1	72,1	122	185,199	
Разом по РП- 3	12		226	0,6			137	131,2	9	1,3	177,7	131,2	221	336,0	

## 2.2 Синтез електричних навантажень гранітного кар'єру

Оптимальне знаходження величин електричних навантажень Турбівського гранітного кар'єру суттєво впливає на можливість оптимізації всієї системи електропостачання, у зв'язку з тим, що їх значення є основною базою для визначення всіх елементів системи живлення, комутації, захисту та ін..

Дослідження, що неодноразово проводилося з приводу визначення методів синтезу електричних навантажень показали, що доцільно для цього використовувати спрощені методики, які дають належну збіжність з адекватністю реально відобразити потреби технологічного процесу в електроенергії.

Одним із таких наближених методів є метод коефіцієнту попиту [3], який передбачає врахування в розрахунках не тільки активного та реактивного силового обладнання, а також потужність освітлення.

Наведемо стислий алгоритм визначення навантаження кар'єру.

Активне навантаження з урахуванням потужності освітлення визначається як:

$$P_{\max} = (P_{\text{ном.вст}} \cdot K_{\text{поп}}) + P_{\text{п.о}}, \quad (2.20)$$

де  $P_{\text{ном.вст}}$  – встановлена потужність електроприймачів (номінальна), (кВт);

$P_{\text{п.о}}$  – потужність освітлення, (кВт);

$K_{\text{п}}$  – коефіцієнт попиту, [3].

В якості прикладу представимо розрахунок електричного навантаження для корпусу №1, з подальшим занесенням їх в таблицю 2.2.

Максимальні активні та реактивні навантаження знаходяться за формулами:

$$P_{\max} = (565 \cdot 0,8) + 16,7 = 469 \text{ (кВт)}.$$

$$Q_{\max} = P_{\max} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (2.21)$$



де  $\operatorname{tg}\varphi$  – коефіцієнт реактивної потужності.

$$Q_{\max} = 465 \cdot 0,91 = 426,5 (\text{квар}).$$

Повне навантаження:

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2}, \quad (2.22)$$

$$S_{\max} = \sqrt{469^2 + 426,5^2} = 634 (\text{кВА}).$$

Загальна активна потужність на шинах підстанції:

$$\sum P_{\max \text{ ТП}} = P_{\max} + P_{\max \text{ цеху}}, \quad (2.23)$$

$$\sum P_{\max \text{ ТП}} = 1511 + 177,7 = 1689 (\text{кВт}).$$

Відповідна реактивна потужність на шинах ТП:

$$\sum Q_{\max \text{ ТП}} = Q_{\max} + Q_{\max \text{ цеху}}, \quad (2.24)$$

$$\sum Q_{\max \text{ ТП}} = 1485,9 + 131,2 = 1617,1 (\text{квар}).$$

Загальна повну потужність на шинах трансформатора:

$$S_{\max \text{ шах}} = \sqrt{P_{\max \text{ шах}}^2 + Q_{\max \text{ шах}}^2}, \quad (2.25)$$

$$S_{\max \text{ ТП}} = \sqrt{1689^2 + 1617,1^2} = 2338,3 (\text{кВА}).$$

Таблиця 2.2 – Результати визначення електричних навантажень карєру

№	Найменування цехів	Вхідні дані (силова частина)				Світло				Розрахункові навантаження					
		Рном, кВт	cosφ	tgφ	Кп	F м <sup>2</sup>	Кпо	Кпра	Рпит, кВт/м <sup>2</sup>	Рп.о, кВт	Рр, кВт	Qр, кВАр	Sp, кВА	Ip (0,4 кВ), А	Ip, А
1	Корпус №1	565	0,74	0,91	0,8	1064	0,95	1,1	0,015	16,7	469	426,5	634	963	37
2	Корпус №2	275	0,7	1,02	0,8	920	0,95	1,1	0,015	14,4	234	239	335	509	19
3	Корпус №4	510	0,7	1,02	0,7	4680	0,95	1,1	0,015	73,4	430	439,0	615	934	35
4	Механічний цех	85	0,65	1,17	0,7	1890	0,95	1,1	0,014	27,7	87	102,0	134	204	8
5	Гараж	145	0,7	1,02	0,7	1350	0,95	1,1	0,015	21,2	123	125,1	175	266	10
6	Котельня	40	0,7	1,02	0,7	1144	0,95	1,1	0,015	17,9	46	46,9	66	100	4
7	Погрузочний цех	156	0,75	0,88	0,7	819	0,95	1,1	0,015	12,8	122	107,4	163	247	9
8	Всього по заводу	1776				11867					1511	1485,9	2121	3222	122

### 2.3 Розрахунки та оптимізаційні рішення щодо вибору та розміщення ТП

Пошук координат місця встановлення трансформаторної підстанції для складних об'єктів рекомендується виконувати на базі складання відповідної математичної моделі. Ця модель повинна базуватися на інформації про конфігурацію схеми живлення (довжини кабельних ліній, місце розташування інженерних споруд та ін.). керованими змінними моделі повинні бути координати можливого місця встановлення підстанції. Показником ефективності (критеріальна функція) можуть виступати як технічні, так і економічні вимоги до системи електропостачання, але обов'язково вони повинні бути представлені через обрані керовані змінні [4].

В загальному вигляді така модель може мати вигляд [4]:

$$\begin{cases} K(X_i, Y_i) \rightarrow \min \\ \min(X_i) \leq X_0 \leq \max(X_i) \\ \min(Y_i) \leq Y_0 \leq \max(Y_i) \end{cases} \quad (2.26)$$

де  $K$  – критеріальна функція,

$X_i, Y_i$  - координати розміщення ТП (керовані змінні).

Формалізація такої моделі за умов задачі, зазвичай, приводить до вирішення лінійної задачі математичного програмування. При цьому можуть бути використанні, як стандартні методи розв'язку, так і з використанням сучасних програмних продуктів.

З іншого боку, в проектній практиці для прикладних розрахунків місця встановлення трансформаторної підстанції рекомендується визначати за допомогою картограми електричних навантажень [3].

Для визначення місця встановлення ТП виконаємо попередні розрахунки, що пов'язані з знаходженням кількості та потужності трансформаторів на підстанції.

Визначимо сумарну повну потужність всіх виробничих приміщень кар'єру, та їх загальну площу.

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_i, \quad (2.27)$$

$$S_{\Sigma} = 634 + 335 + 615 + 134 + 175 + 66 + 163 + 220,9 = 2338,3 \text{ (кВА)}.$$

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_i, \quad (2.28)$$

$$F_{\Sigma} = 1064 + 920 + 4680 + 1890 + 1350 + 1144 + 819 + 1250 = 13117 \text{ (м}^2\text{)}$$

Тоді економічний ступінь потужності трансформаторів:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}, \quad (2.29)$$

$$S_{\text{пит}} = \frac{1720,9}{13117} = 0,18 \left( \frac{\text{кВа}}{\text{м}^2} \right).$$

Така питома потужність відповідає, згідно з [3], необхідності вибору силового трансформатору потужністю 1600 кВа.

Орієнтуючись на (2.24) розглянемо необхідність встановлення двотрансформаторної підстанції з  $S_{\text{ном.ТР}} = 1600$  кВа:

$$S_{ек} = S_{ном.ТР} = 1600 \text{ (кВа)}$$

$$N_{ек} \geq \frac{S_{\Sigma}}{2 \cdot S_{ном.ТР} \cdot k_3}, \quad (2.30)$$

$$N_{ек} = \frac{2338,3}{2 \cdot 1600 \cdot 0,8} = 0,76 \approx 1$$

$k_3 = 0,8$  прийнятий коефіцієнт завантаження трансформатору

Доцільність встановлення двотрансформаторної підстанції потужністю 1600 кВА обумовлена тим, що в роботі передбачається можливість приєднання нових споживачів електроенергії, які дозволять проводити удосконалення та перспективний розвиток технологічного процесу при виконанні гірничих робіт.

Перейдемо до побудови картограми електричних навантажень, враховуючи вище наведенні зауваження.

Згідно з проектною практикою картограму навантажень рекомендується суміщувати з кресленням генерального плану кар'єру. При цьому для наочного зображення потужності кожного з виробничих об'єктів, що розташовані на генеральному плані представимо у вигляді круга, площа якого має бути пропорційна розрахунковій активній потужності. Необхідно зробити зауваження, що картограма електричних навантажень може будуватися не тільки по активній потужності, а по реактивній або повній.

Тоді:

$$P_{Mk} = \pi \cdot r_k^2 \cdot m_p \quad (2.31)$$

З (2.28) видно, що для побудови картограми необхідно визначити її масштаб. Для цього прийmemo, що радіус круга, наприклад, корпусу №3 дорівнює 40 м. Тоді масштаб буде:

$$m_p = \frac{P_{Mk}}{\pi \cdot r_k^2}, \quad (2.32)$$

$$m_p = \frac{177,7}{3,14 \cdot 40^2} = 0,044 \approx 0,05 \text{ (кВт/м}^2\text{)}.$$

Значення масштабу  $0,05 \text{ кВт/м}^2$  обрано з врахуванням найближчої його стандартної величини.

Визначимо радіуси кругів при прийнятому масштабі:

$$r_3 = \sqrt{\frac{P_{m3}}{\pi \cdot m_p}}, \quad (2.33)$$

$$r_3 = \sqrt{\frac{177,7}{3,14 \cdot 0,05}} = 33 \text{ (м)}.$$

Освітлювальне навантаження на картограмі позначається сектором круга і складе, наприклад, для корпусу №3:

$$\alpha_3 = \frac{360 \cdot P_{m0}}{P_m}, \quad (2.34)$$

$$\alpha_3 = \frac{360 \cdot 15}{177,7} = 30,4^\circ.$$

Подібні розрахунки виконуємо для інших об'єктів генплану, результати наведені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Інформація для побудови картограми навантажень

№	Споживачі	x	y	$P_{m0}$ , (кВт)	$P_m$ , (кВт)	$r_k$ , (м)	$\alpha_i$ , °
1	Корпус №1	318	149	16,7	468,7	54,6	13
2	Корпус №2	250	148	14,4	234	38,6	22
3	Корпус №3	170	148	15	177,7	33,6	30
4	Корпус №4	99	156	73,4	430	52,4	61
5	Механічний цех	254	220	27,7	87	23,6	114
6	Гараж	153	80	21,2	123	28	62
7	Котельня	250	90	17,9	46	17,1	141
8	Погрузочний цех	280	40	12,8	122	27,9	38

Спираючись на отриманні данні визначимо координати місця встановлення ТП для виробничих приміщень кар'єру:

$$X_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{k=1}^{\infty} P_{mk} X_k}{\sum_{k=1}^{\infty} P_{mk}}, \quad (2.35)$$

$$X_{\text{ТП}} = \frac{468,7 \cdot 318 + 234 \cdot 250 + 177,7 \cdot 170 + 430 \cdot 99 + 87 \cdot 254 + 123 \cdot 153 + 46 \cdot 250 + 122 \cdot 280}{468,7 + 234 + 177,7 + 430 + 87 + 123 + 46 + 122} = 242.$$

$$Y_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{k=1}^{\infty} P_{mk} Y_k}{\sum_{k=1}^{\infty} P_{mk}}, \quad (2.36)$$

$$Y_{\text{ТП}} = \frac{468,7 \cdot 149 + 234 \cdot 148 + 177,7 \cdot 148 + 430 \cdot 156 + 87 \cdot 220 + 123 \cdot 80 + 46 \cdot 90 + 122 \cdot 40}{468,7 + 234 + 177,7 + 430 + 87 + 123 + 46 + 122} = 137.$$

Орієнтуючись на отриманні координати і, керуючись виробничою необхідністю та щільністю розташування технологічного обладнання, приймасмо до встановлення трансформаторну підстанцію поряд з корпусом №3.

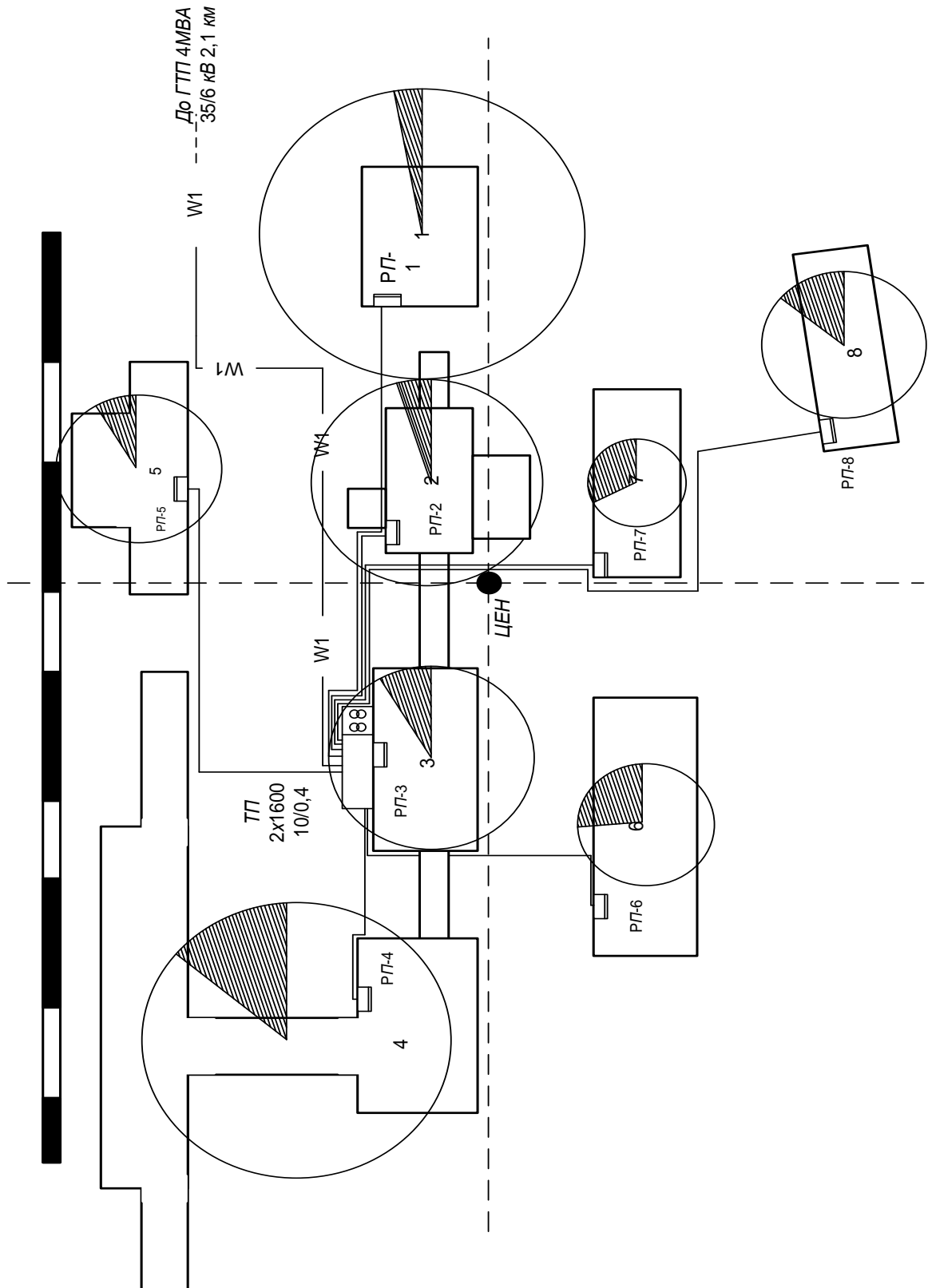


Рисунок 2.1 - Картограма навантаження Турбівського гранітного кар'єру

2.4 Уточнення вибору потужності ТП з врахуванням оптимізованого та уніфікованого графіка електричного навантаження гранітного кар'єру.

Уточнимо та перевіримо правильність попередньо обраної потужності та кількості трансформаторів та підстанції . Для цього виконаємо наступні розрахунки, що впливають з графіку рис. 2.2.

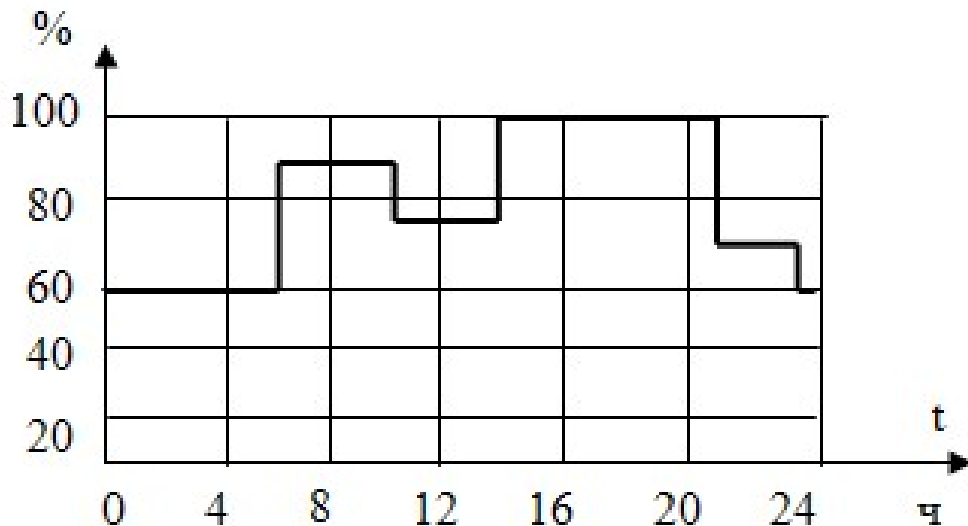


Рисунок 2.2 – Уніфікований добовий графік навантаження

Знайдемо витрати активної енергії за добу [3]:

$$W_{\text{а.доб.}} = \sum_{i=1}^{i=n} (P_i \cdot t_i), \quad (2.37)$$

$$W_{\text{а.доб.}} = 1689 \cdot 0,75 \cdot 5 + 1689 \cdot 2 \cdot 0,82 + 1689 \cdot 1 \cdot 4 + 1689 \cdot 0,88 \cdot 2 + \\ + 1689 \cdot 0,85 \cdot 2 + 1689 \cdot 0,89 \cdot 3 + 1689 \cdot 0,87 \cdot 2 + 1689 \cdot 0,75 \cdot 4 = 34219 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Звідси визначимо середнє навантаження:

$$P_{\text{ср}} = \frac{W_{\text{а.доб.}}}{24}, \quad (2.38)$$

$$P_{\text{ср}} = \frac{34219}{24} = 1425,8 \text{ (кВт)}$$



Коефіцієнт завантаження добового графіку кар'єру:

$$K_{з.гр} = \frac{P_{ср}}{P_{р.мах}}, \quad (2.39)$$

$$K_{з.гр} = \frac{1425,8}{1689} = 0,84$$

Визначимо витрати активної електроенергії за рік:

$$W_{річн} = W_{доб} \cdot T_{дійсн}, \quad (2.40)$$

$$W_{річн} = 34128,8 \cdot 260 = 889688,1 \quad (\text{кВт} \cdot \text{год});$$

Знайдемо час максимального навантаження кар'єру за рік:

$$T_{мах} = \frac{W_{а.річ}}{P_{р.мах}}, \quad (2.41)$$

$$T_{мах} = \frac{889688,1}{1689} = 5267,6 \quad (\text{год}).$$

Виходячи з проведених розрахунків та з урахуванням рекомендацій по надійності та безперебійності електропостачання приймаємо остаточне рішення про необхідність встановлення двотрансформаторної живлячої підстанції, що буде відповідати також створенню оптимальної схеми системи електропостачання кар'єру.

Визначимо потужність трансформаторів для прийнятої до встановлення підстанції. Для цього розрахуємо оптимальний коефіцієнт допустимого навантаження трансформаторів [3].

$$K_{н} = f(K_{з.гр}; t_{мах}) = f(0,89; 4) = 1,03$$

Потужність трансформаторів буде:

$$S_{\text{тр}} \approx \frac{S_{\text{макс дм}}}{K_{\text{н}}}, \quad (2.29)$$

$$S_{\text{тр}} \approx \frac{2375,9}{1,04} \approx 2284,5 (\text{кВА}).$$

Проведені розрахунки показують, що для забезпечення надійного електропостачання споживачів гранітного кар'єру та безпечного оптимального проведення технологічного процесу необхідно встановити на живлячій трансформаторній підстанції двох трансформаторів ТМ-1600/6/0,4. Дійсний коефіцієнт завантаження їх [3]:

$$K_{\text{з.тр.}} = \frac{S_{\text{макс д.}}}{n_{\text{т.т}} \times S_{\text{нн.тр}}} \quad (2.30)$$

$$K_{\text{з.тр.}} = \frac{2375,9}{2 \cdot 1600} = 0,74.$$

Визначимо коефіцієнт завантаження у випадку аварійної ситуації. ПУЕ [2] рекомендує дотримуватися аварійного перевантаження трансформаторів на рівні 40% на час тривалістю до 6 годин протягом не більше 5 діб. Перевіримо коефіцієнт завантаження обраних трансформаторів в аварійному режимі.

$$n_{\text{тр.ав.}} \cdot K_{\text{н.ав.}} \cdot S_{\text{ном.тр}} > S_{\text{макс. д. I, II}}, \quad (2.31)$$

$$1 \cdot 1,4 \cdot 1600 = 2240 > 2019,5 (\text{кВА}).$$

Останні розрахунки показують, що вибранні трансформатори забезпечують надійну роботу у випадку виникнення аварійних режимів, при цьому коефіцієнт завантаження їх буде близьким до оптимального.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики трансформатора:

Напруга, кВ	Потужність, кВ·А	Втрати, кВт		Струм XX, %	Напруга КЗ, %
		XX	КЗ		
6	1600	5,4	18	1,8	5,5

## 2.5 Вибір основного електрообладнання підстанції та живлячої лінії 6 кВ

У зв'язку з тим, що живляча мереже технологічного процесу гранітного кар'єру обрана на напругу 6 кВ, тому виникає необхідність для прийнятої трансформаторної підстанції, яка виконана за індивідуальним замовленням провести вибір та розрахунок ошиновки підстанції [3].

Шини розподільчого пристрою підстанції потрібно обирати за умовою:

$$I_{\text{ном.доп.}} = 540 > I_{\text{р.макс1}} = 130(\text{А}).$$

де  $I_{\text{р.макс1}}$  - розрахунковий максимальний струм з боку первинної обмотки трансформатора, (А).

Ця умова дозволяє оптимізувати переріз (габарити) шинних з'єднань.

Прийmemo до впровадження шини, що виготовленні у вигляді алюмінієвої стрічки марки АДЗ1Т(40×5) мм на кожен фазу.

Умова вибору шин дозволила нам досягти оптимальної термічної та електродинамічної стійкості.

Одним із основних комутаційних елементів підстанції обраного типу є вимикачі навантаження, що встановлюються на ввіді. Виконаємо їх вибір у табличній формі (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 - Умови та вибір вимикача навантаження на напругу 6 кВ

Умови вибору	Паспортні дані	Розрахункові дані
1. $U_{\text{ном.вим}} \geq U_{\text{ном.розр1}}$ , кВ	6	6
2. $I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{р.макс1}}$ , А	400	130
3. $I_t^2 t \geq B_{\text{кл1}}$ , кА <sup>2</sup> ·с	$20^2 \cdot 4 = 1600$	$13,42^2 \cdot 1,2 = 216$
4. $i_{\text{макс.дин}} \geq i_{y1}$ , кА	25	18,9
5. $I_{\text{вимкн}} > I_1''$ , кА	20	13,42
Тип вимикача	ВНПу-6/400-10зпУЗ	

Виберемо комутаційне обладнання на напругу 0,4 кВ. Умови вибору та його результати подамо у таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – Інформація про вибір автоматичного вимикача на напругу 0,4 кВ

№п/п	Умова вибору	Довідникові дані	Розрахункові дані
1	$U_{н.дов} \geq U_{н.розр}$ , кВ	0,4	0,4
2	$I_{н.дов} \geq I_{розр.мах2}$ , А	4000	3558
3	$i_{пр.скв} \geq i_{уд2}$ , кА	75	6,3
4	$I_{tt}^2 \geq I_{\infty}^2 t_{пр2}$ , кА <sup>2</sup> . с	$(6 \cdot 6)^2 \cdot 0,7 = 907,2$	17,5
Тип автоматичного вимикача		Серії Tem Power 2 типу AR440S	

Вибираємо роз'єднувач на напругу 6 кВ. Умови вибору та його результати подамо у таблиці 2.7

Таблиця 2.7– Інформація про вибір роз'єднувача на напругу 6 кВ

Умови вибору	Довідникові дані	Розрахункові дані
1. За номінальною напругою	6 кВ	6 кВ
2. За номінальним струмом $I_{номавт} \geq I_{розр.мах2}$ , А	400 А	135 А
3. За електродинамічну дією ударного струму $i_{пр.екв} \geq i_{уу2}$ , кА	17 кА	6,3 кА
Тип роз'єднувача	Серії SL 400 типу SL2- 3X3/A	

Проведемо розрахунок та виберемо вимірювальні прилади та трансформатори.

Для живлення оперативних кіл релейного захисту силового трансформатора з можливістю одночасного контролю процесу споживання електроенергії на стороні

низької напруги розрахуємо та виберемо вимірювальні трансформатори струму. Інформацію про це надамо в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8- Результати вибору вимірювальних трансформаторів струму.

Умови вибору	Паспортні дані	Розрахункові дані
$U_{\text{ном.тр1}} \geq U_{\text{н.розр1}}, \text{кВ}$	0,4	0,4
$I_{\text{ном1}} \geq I_{\text{р.мах1}}, \text{А}$	4000	3558
$S_{\text{ном2}} \geq S_{\text{пр.}}, \text{ВА}$	20	3,8
Тип трансформатора струму	ТСВ-100-125	

На стороні 0,4 кВ через вимірювальні трансформатори струму підключено в кожну фазу амперметр типу Socomes 72 та лічильники активної та реактивної енергії типу CE300 та LZQM відповідно.

Завершальним етапом вибору електротехнічного обладнання живлячої підстанції є вибір перерізу та марки кабельної лінії 6 кВ.

Вибір перерізу виконано за розрахунковою та допустимою величиною струму  $I_{\text{р.мах1}} = 215 \text{ А}$ . До встановлення приймаємо кабель марки АСБ – 6 (3 х 95).

## 2.6 Оптимізація ефективності роботи системи електропостачання за рахунок компенсації реактивної потужності

Аналізуючи існуючі методи компенсації реактивної потужності, які характерні для систем електропостачання нерудних кар'єрів, можна зробити висновок про доцільність використання централізованого способу встановлення компенсуючих пристроїв на шинах 0,4 кВ, що дасть змогу провести оптимізацію перетоків реактивної потужності [3].

В результаті такого підходу буде досягнуто оптимальна, з точки зору ефективності, компенсація реактивної потужності.

Проведемо необхідні розрахунки. Розраховуємо втрати потужності в трансформаторах живлячої підстанції:

$$\Delta P_{\text{тр}} = n \cdot \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_k \cdot \left( \frac{S_p}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2, \quad (2.32)$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = n \cdot \frac{\Delta I_x\%}{100} \cdot S_{\text{н.тр}} + \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta U_k}{100} \cdot \left( \frac{S_p}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2, \quad (2.33)$$

де,  $S_{\text{max}}$  – величина повного навантаження ТП, кВА.

$$\Delta P_{\text{тр}} = 2 \cdot 5,4 + \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot \left( \frac{2338,3}{1600} \right)^2 = 30(\text{кВт}).$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 2 \cdot \frac{1,8}{100} \cdot 1600 + \frac{1}{2} \cdot \frac{5,5}{100} \cdot \left( \frac{2338,3}{1600} \right)^2 = 58 \text{ (кВар)}.$$

Дійсне навантаження електроприймачів кар'єру:

$$P_{\text{max.д.}} = K_{\text{сум}} \cdot (P_{\text{max}} + \Delta P_{\text{т}}), \quad (2.34)$$

де  $K_{\text{сум}}=0,9-0,95$  – коефіцієнт одночасності навантажень

$$P_{\text{max.д.}} = 0,99 \cdot (1689 + 30) = 1701,8(\text{кВт}).$$

Реактивна потужність, яка може бути спожита з мережі енергопостачальної організації в години максимальних навантажень:

$$Q_{1e} = a \cdot P_M, \quad (2.35)$$

$$Q_{1e} = 0,15 \cdot 1701,8 = 255,3 \text{ (кВар)}.$$

де  $a = 0,15$  - прийнято для підстанцій напругою 6 кВ [3];

Тоді потужність компенсувальних пристроїв, що необхідно встановити:

$$Q_{ky} \geq Q_m - Q_{1e}, \quad (2.36)$$

$$1440 \geq 1617 - 255,3 = 1361,8 \text{ (кВар)}.$$

Знайдемо величину повної потужності, що споживається кар'єром:

$$S_{max.\partial} = \sqrt{P_{max.\partial}^2 + Q_{max.\partial}^2}, \quad (2.37)$$

$$S_{max.\partial} = \sqrt{1701,8^2 + 255,3^2} = 1720,9 \text{ (кВА)}.$$

Проведені розрахунки показують, що до встановлення рекомендуються компенсаційні установки потужністю 1400 кВА, що мають бути приєднанні до кожної збірної шини 0,4 кВ трансформатора.

## 2.7 Оптимізація вибору схеми розподільчої мережі 0,4 кВ

Оптимальне створення системи електропостачання мережі 0,4кВ, що безпосередньо живить відповідні споживачі, які відповідальні за якість проходження технологічного процесу в багатьох випадках залежить в основному від правильного вибору конфігурації схеми.

Проаналізуємо можливість використання різних схем живлення споживачів стосовно навантажень гранітного кар'єру з метою її оптимального вибору. Основною із існуючих схем є радіальна схема, яку доцільно застосовувати при розосередженні по території виробництва споживачів та при необхідності, незважаючи на значні витрати при виконанні монтажних робіт, досягти необхідної надійності електропостачання. В даному випадку живлення окремого споживача відбувається від конкретної підстанції або розподільчого пристрою [3] (рис. 2.3).

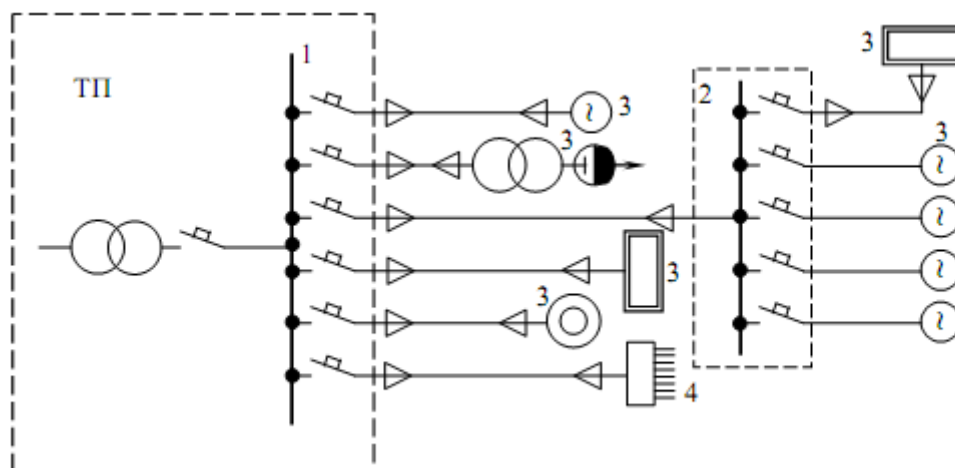


Рисунок 2.3 — Радіальна схема живлення:

- 1 — розподільний щит ТП; 2 — силовий РП; 3 — електроприймач;  
4 — щит освітлення

Інший можливий вид системи електропостачання пов'язують з магістральною схемою. Ця схема передбачає використання магістральних ліній, що можуть бути виконанні спеціальними шино проводами, які під'єднуються до розподільчих пристроїв чи трансформатору. Магістральні схеми застосовують при наявності рівномірно розосереджених по площі споживачів, які приєднуються до магістральних ліній [3] (рис.2.4)

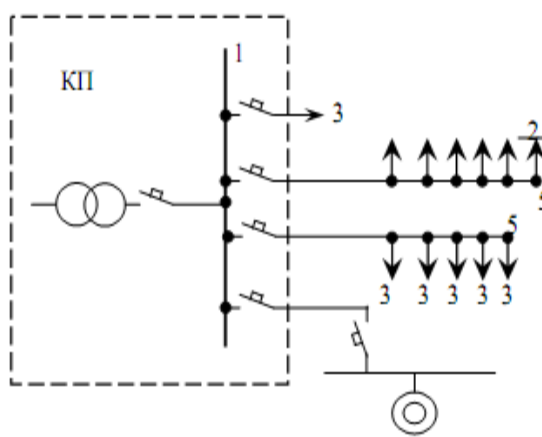


Рисунок 2.4 — Магістральні схеми живлення.

Системи електропостачання, які базуються на магістральних схемах живлення забезпечують достатню надійність, високу гнучкість та універсальність,



що в свою чергу є основним для використання індустріальних методів виконання електромонтажних робіт.

Підсумовуючи можна зробити наступні висновки. Враховуючи розташування споживачів технологічного процесу видобутку та переробки гранітної породи доцільним є вибір радіальної схеми живлення споживачів, що дає можливість забезпечити високу надійність електропостачання та застосувати індивідуальні пристрої автоматизації та релейного захисту.

Тобто для умов Турбівського гранітного кар'єру електропостачання корпусу №3 будемо здійснювати від розподільчих пунктів, які розташовано на різних поверхах (рис. 2.5).

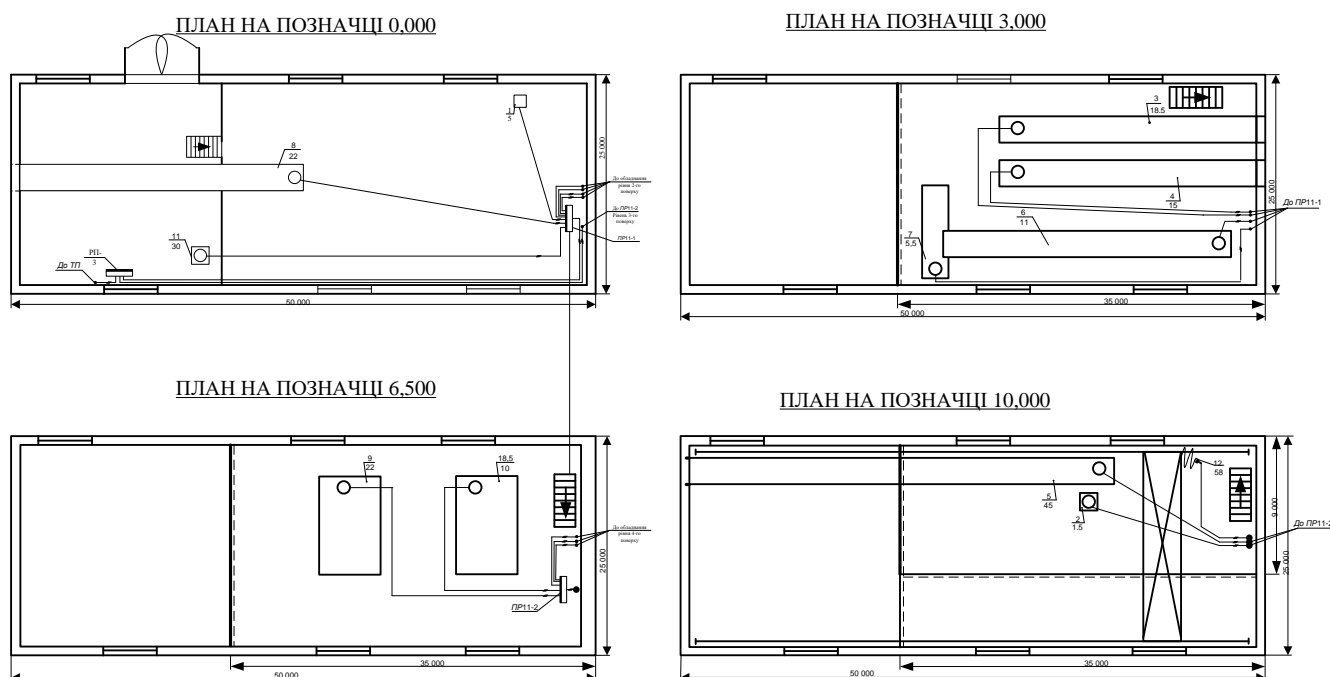


Рисунок 2.5 - План електропостачання виробничого корпусу № 3

2.8 Синтез низьковольтного електротехнічного та провідниково-кабельного матеріалу.

Одним із важливих кроків на шляху створення оптимальної системи електропостачання низьковольтних споживачів електроенергії є комплексний підхід до визначення параметрів та типорозмірів комутаційного обладнання і апаратури. Комплексність підходу полягає в тому, що разом з цим потрібно обрати перерізи та

марки живлячих низьковольтних ліній, які забезпечать надійне електропостачання споживачів задіяних у виконанні технологічного процесу.

Сформулюємо умови вибору автоматичних вимикачів 0,4 кВ, що дадуть можливість оптимального забезпечення комутаційної здатності останніх та досягти необхідного рівні захисту як живлячих ліній, так і споживачів [10]:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс.} \cdot I_M, \quad (2.38)$$

$$I_{с.в.} \geq K_H \cdot I_{п}, \quad (2.39)$$

де  $I_{н.розч}$  - струмова характеристика автоматичного вимикача ,

$I_{с.в.}$  - струм відсічки автомата,

$K_{відс}$  - коефіцієнт, що відображає надійність реагування автомату на перевантаження,

$K_H$  - коефіцієнт відстроювання,

$I_{п}$  - значення пікового (пускового) струму.

Користуючись вище наведеним виберемо тип автоматичного вимикача, наприклад для захисту лінії ТП - РП-3.

Попередньо визначимо значення розрахункового струму ТП-РПЗ:

$$I_M = \frac{P_P}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (2.40)$$

$$I_M = \frac{226}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 343,4 \text{ (A)}$$

Значення пікового струму, що може протікати в лінії :

$$I_{пуск} = I_M - K_B \cdot I_{н.мах} + I_{п.мах}, \quad (2.41)$$

При цьому значення  $I_{н.макс}$ ,  $I_{п.макс}$   $K_в$  повинні відповідати характеристикам найбільш потужних приймачів.

$$I_{пуск} = 343,4 - 0,2 \cdot \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 0,38} + 5 \cdot \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 489,8 \text{ (А)}$$

При виборі типу електротехнічного обладнання перевагу будемо надавати українським виробникам. У зв'язку з цим для ліній від ТП до РП-3 і від РП-3 до ПР11 пропонуємо встановлення автоматичних вимикачів серії ВА з розчеплювачем, що забезпечить селективність захисту.

Знайдемо основні характеристики автомату, що буде встановлений на лінії ТП – РП-3, які характеризують значення номінального струму розчеплювача та струм спрацювання відсічки:

$$I_{н.розч.} = 1,0 \cdot I_{ном.в.} \quad (2.42)$$

$$I_{н.розч.} = 1 \cdot 1000 = 1000 \text{ (А)},$$

$$I_{с.в.} = 2 \cdot I_{н.розч.} \quad (2.43)$$

$$I_{с.в.} = 2 \cdot 1000 = 2000 \text{ (А)},$$

Умови вибору:

$$1000 \geq 1,1 \cdot 859,4 = 945,3 \text{ , (А)}$$

$$2000 \geq 1,5 \cdot 1112 = 1668 \text{ , (А)}$$

Довідникові значення  $K_{відс}$  та  $K_n$  для автоматів обираємо з [3].

По розрахунковим значенням струмів обираємо автомат марки ВА 55-37 селективного типу з струмом вимикача 1000 А, струм розчеплювача 1000 А та струм відсічки 2000.

Аналогічним чином проводимо вибір комутаційно-захисної апаратури для лінії від РП-3 – ПР11-1, ПР11-2. Автоматичні вимикачі комплектуємо тепловим і електромагнітними розчеплювачами [3].

На ділянці лінії, яка живить безпосередньо споживачів обираємо автоматичні вимикачі типу ВА, які комплектуються тепловими і електромагнітними розчеплювачами.

Проведемо вибір автоматичного вимикача серії ВА для ділянки ПР11-1 до ЕП-4 з тепловим і електромагнітними розчеплювачами.

Величина розрахункового та пікового струму для даної лінії:

$$I_M = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 22,8, (A)$$

$$I_{II} = 5 \cdot I_M, \quad (2.44)$$

$$I_{II} = 5 \cdot 22,8 = 114, (A)$$

Використовуючи умови (2.42-2.43), що були наведені раніше, визначимо та перевіримо числові значення струмів розчеплювача та відсічки:

$$31,5 \geq 1,1 \cdot 22,8 = 25,08, (A)$$

$$220,5 \geq 1,5 \cdot 114 = 171, (A)$$

За цими значеннями струмів обираємо автомат серії ВА 51-31 з комбінваним розчеплювачем (електромагнітний і тепловий) з струмом вимикача 100 (А), розчеплювача відповідно 31,5 (А) та струмом спрацювання 220,5(А).

Для захисту та комутації всіх інших споживачів використовуємо такий самий підхід та результати розрахунки покажемо в таблиці 2.9..

Таблиця 2.9 – Інформація про обрану комутаційно-захисну апаратуру

Лінія	Рм, кВА	Ім, А	Іп, А	Тип захисного апарата	Іном.в, А	Інрозч (розр), А	Ін.розч, А	ІсВ (розр), А	ІсВ, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РП-3 – ПР11-1	107	162,8	813,8	ВА 51-35	250	179	200	1220,7	1400
РП-3 – ПР11-2	119	181	905,1	ВА 51-35	250	199,1	250	1357,6	1750
ТП – РП-3	226	343,8	1718,9	ВА 55-39	400	378,2	400	2578,4	4000
ПР11-1- 1	5	7,6	38,0	ВА 51-25	25	8,4	10	57,0	70
ПР11-1– 3	18,5	28,1	140,7	ВА 51-31	100	31,0	40	211,1	280
ПР11-1- 4	15	22,8	114,1	ВА 51-31	100	25,1	31,5	171,1	220,5
ПР11-1- 6	11	16,7	83,7	ВА 51-25	25	18,4	20	125,5	140
ПР11-1- 7	5,5	8,4	41,8	ВА 51-25	25	9,2	10	62,7	70
ПР11-1- 8	20	33,5	167,3	ВА 51-31	100	36,8	40	251,0	280
ПР11-1- 11	30	45,6	228,2	ВА 51-31	100	50,2	63	342,3	441
ПР11-2– 9	22	33,5	167,3	ВА 51-31	100	36,8	40	251,0	280
ПР11-2– 10	18,5	28,1	140,7	ВА 51-31	100	31,0	40	211,1	280
ПР11-2– 5	45	68,5	342,3	ВА 51-31	100	75,3	80	513,4	560
ПР11-2– 2	1,5	2,3	11,4	ВА 51-25	25	2,5	6,3	17,1	44,1
ПР11-2– 12	32	48,7	243,4	ВА 51-25	100	53,5	63	365,1	441

Перейдемо до вибору способу прокладки кабельно-провідникової продукції, яка живить споживачів корпусу кар'єру. При цьому будемо керуватися вимогами, що висуває [2,11] для влаштування електропроводок.

Лінію, яка відходить від ТП та живить споживачів, які приєднанні до РП-3 доцільно виконати кабелем марки АВВГ в трубах, які прокладені в траншеї.

Лінію від РП-3 до ПР11-1, ПР11-2 передбачаємо виконати кабелем марки АВВГ в лотках, які прокладені по стіні.

Лінія, яка живиться від ПР11-1 безпосередньо до споживачів ЕП-1, ЕП-3, ЕП-4, ЕП-6, ЕП-7, ЕП-8, ЕП-11 виконується кабелем марки АВВГ та проводом марки АПВ, які прокладені в сталевих рукавах і закріплені на стелі;

Відрізок лінії від ПР11-2 до споживачів ЕП-5, ЕП-9, ЕП-10, ЕП-12 заживлюємо кабелем марки АВВГ та проводом марки АПВ та прокладку виконуємо в сталевих рукавах, які закріплені на стелі.

Враховуючи велику потужність, яка передається по ділянці лінії ТП - РП-3 (одна кабельна лінія не проходить по величині допустимого струму) та надійність електропостачання споживачів, передбачаємо встановлення двох кабельних ліній марки АВВГ однакового перерізу.

Тобто обираємо кабель АВВГ 2х(3х95+1х50) для якого перевіримо умову допустимості:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{м}}, \quad (2.45)$$

$$2 \cdot 212 = 424 > 343,8 \text{ (А)}$$

Умова по допустимому струмі виконується.

Для захисту даної лінії від аварійних режимів та комутації передбачаємо встановлення автоматичного вимикача серії ВА 55-39 з технічними характеристиками: номінальний струм вимикача 400 (А), номінальний струм розчеплювача 504 (А), струм спрацювання відсічки 2800 (А).

Вибір перерізів кабельно-провідникової продукції для інших ділянок (РП-3 до ПР11-1, ПР11-2) виконуємо аналогічним чином.

Наприклад, для ділянки ПР11-1 до споживача ЕП-8:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{м}},$$

$$44 > 33,5 \text{ (А)}$$

Величина допустимого тривалого струму для кабелю марки АВВГ, який прокладений в сталених рукавах - 44 (А), це відповідає стандартному перерізу 3х10+1х6.

Аналогічно чином проводимо вибір для інших споживачів корпусу №3 Турбівського кар'єру. Результати зводимо в таблицю 2.10

Таблиця 2.10 – Результати вибору кабельно-провідникової продукції

Лінія	Ім, А	Інрозч, А	Тип провідника	Спосіб прокладки	S, мм <sup>2</sup>	Ідоп, А	L, м
1	2	3	4	5	6	7	8
ТП – РП-3	343,8	400	АВВГ	прокладених в траншеї	2(3x95+1x50)	424	5
РП-3 – ПР11-1	162,8	200	АВВГ	в сталевих рукавах по стіні	3x95+1x50	204	55
РП-3 – ПР11-2	181	250	АВВГ	в сталевих рукавах по стіні	3x95+1x50	204	95
ПР11-1- 1	7,6	10	АПВ	в сталевих рукавах	3x2,5+1x1,5	16	13
ПР11-1– 3	28,1	40	АПВ	в сталевих рукавах	3x10+1x6	40	60
ПР11-1- 4	22,8	31,5	АПВ	в сталевих рукавах	3x10+1x6	40	53
ПР11-1- 6	16,7	20	АПВ	в сталевих рукавах	3x4+1x2,5	20	42
ПР11-1- 7	8,4	10	АПВ	в сталевих рукавах	3x2+1x1,5	12	48
ПР11-1- 8	33,5	40	АПВ	в сталевих рукавах	3x10+1x6	40	32
ПР11-1- 11	45,6	63	АВВГ	в сталевих рукавах	3x16+1x10	59	54
ПР11-2– 9	33,5	40	АПВ	в сталевих рукавах	3x10+1x6	40	34
ПР11-2– 10	28,1	40	АПВ	в сталевих рукавах	3x10+1x6	40	32
ПР11-2– 5	68,5	80	АВВГ	в сталевих рукавах	3x25+1x16	88	36
ПР11-2– 2	2,3	6,3	АПВ	в сталевих рукавах	3x2+1x1,5	12	34
ПР11-2– 12	48,7	63	АВВГ	в сталевих рукавах	3x16+1x10	67	29

Важливим етапом при виборі кабельно-провідникової продукції є перевірка на втрату напруги. Як правило перевіряється найбільш електрично віддалений споживач. В нашому випадку це споживачі ЕП3 та ЕП-7. Перевіримо їх ділянки мереж на втрати напруги [3]:

$$\Delta U = \frac{P_{num} R_{num} + Q_{num} X_{num}}{U_{ном}} l \quad (2.46)$$

Тобто для споживача ЕП-3 це буде:

$$\Delta U_{ТП-ЕП-3} = \Delta U_{ТП-РП-3} + \Delta U_{РП-3-ПР11-1} + \Delta U_{ПР11-1-ЕП-3}, \quad (2.47)$$

$$\Delta U_{ТП-РП-3} = \frac{137 \cdot 0,405 + 131,2 \cdot 0,064}{380} \cdot 5 \cdot 2 = 1,5 \text{ (В)},$$

$$\Delta U_{РП-3-ПР11-1} = \frac{75,4 \cdot 0,405 + 65,6 \cdot 0,064}{380} \cdot 95 = 8,5 \text{ (В)},$$

$$\Delta U_{\text{ПР11-1-ЕП-3}} = \frac{13,9 \cdot 3,840 + 12,2 \cdot 0,088}{380} \cdot 60 = 8,4 \text{ (В)},$$

$$\Delta U_{\text{ТП-ЕП-3}} = 1,5 + 8,5 + 8,4 = 18,4 \text{ (В)},$$

$$\Delta U_{\text{ТП-ЕП-3}} = \frac{18,7}{380} \cdot 100 = 4,7 \%,$$

Як видно з результатів розрахунку втрата напруги для споживача ЕП-3 знаходиться в допустимих межах.

Ділянка мережі для споживача ЕП-7

$$\Delta U_{\text{ТП-ЕП-7}} = \Delta U_{\text{ТП-РП-3}} + \Delta U_{\text{РП-3-ПР11-1}} + \Delta U_{\text{ПР11-1-ЕП-7}}, \quad (2.48)$$

$$\Delta U_{\text{ТП-РП-3}} = \frac{137 \cdot 0,405 + 131,2 \cdot 0,064}{380} \cdot 5 \cdot 2 = 1,6 \text{ (В)},$$

$$\Delta U_{\text{РП-3-ПР11-1}} = \frac{75,4 \cdot 0,405 + 65,6 \cdot 0,064}{380} \cdot 95 = 8,6 \text{ (В)},$$

$$\Delta U_{\text{ПР11-1-ЕП-7}} = \frac{1,25 \cdot 9,610 + 2,5 \cdot 0,098}{380} \cdot 13 = 0,43 \text{ (В)},$$

$$\Delta U_{\text{ТП-ЕП-7}} = 1,6 + 8,6 + 0,43 = 10,6 \text{ (В)},$$

$$\Delta U_{\text{ТП-ЕП-7}} = \frac{10,6}{380} \cdot 100 = 2,79 \%,$$

Можна зробити висновок, що втрата напруги для споживача ЕП-7 знаходиться також в допустимих межах.

Висновок

В розділі №2 магістерської кваліфікаційної роботи виконано оптимізацію систему електропостачання Турбівського гранітного кар'єру, що повністю задовольняє вимоги по надійності забезпечення електроенергією технологічного



процесу. Оптимізація системи електропостачання полягала в порівнянні деяких методів синтезу та вибору найкращих, що прийняті в проектній практиці та рекомендованих для підприємств видобувної промисловості. Наведена адекватна математична модель, що дозволяє використовувати підходи математичного програмування до визначення оптимального місця розташування трансформаторних підстанцій.

### 3. ДОСЛІДЖЕННЯ АКТУАЛЬНИХ ПИТАНЬ БЕЗПЕЧНОЇ ТА НАДІЙНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ТА ПІДСТАНЦІЙ КАР'ЕРУ

Специфічні умови роботи споживачів гранітного кар'єру вимагають значної уваги щодо забезпечення умов безпечної експлуатації живлячих підстанцій та безвідмовної роботи електричних мереж [2,4].

Для умов Турбівського гранітного кар'єру ці питання тісно пов'язані з наступним:

1. У зв'язку з тим, що кар'єр призначений для відкритої переробки гранітної маси, що передбачає використання технологічного обладнання і механізмів на відкритому просторі, тому в таких умовах роботи дуже важливо організація забезпечення надійного заземлення всього технологічного обладнання та живлячих підстанцій.

2. Невід'ємною частиною технологічного процесу кар'єру є розвинута мережа залізничного транспорту, яка використовується для транспортування гранітної породи. Залізниця, зі свого боку, є джерелом виникнення блукаючих струмів та появи електрокорозії, що вимагає особливої уваги в процесі експлуатації загальної системи електропостачання, електричні мережі та металеві конструкції якої потребують відповідного захисту.

У зв'язку з цим в магістерській кваліфікаційній роботі пропонується проаналізувати та дати практичні рекомендації з питань організації надійного заземлення електроустановок та захисту від блукаючих струмів. Ці питання тісно пов'язані з загальною темою магістерської роботи, яка направлена на оптимізаційні рішення покращення роботи системи електропостачання [4].

#### 3.1 Основні теоретичні відомості про організацію заземлення підстанції

Під заземленням розуміють навмисне електричне з'єднання металевих конструкцій, які в нормальному режимі роботи не є струмопровідними, але можуть опинитися під напругою у випадку їх контакту із землею.

В процесі експлуатації електроустановок його струмопровідні частини повинні бути недоступними для випадкового дотику до них, з іншого боку частини електрообладнання, що доступні до дотику не повинні перебувати під напругою у нормальному режимі роботи так і разі можливого пошкодження ізоляції. Інструктивними матеріалами та правилами рекомендуються деякі заходи, що запобігають ураженню електричним струмом при нормальній роботі електроустановок. Серед таких заходів, що запобігають прямому дотику до струмопровідних частин є їх основна ізоляція, огорожі та різноманітні оболонки, бар'єри або розміщення електрообладнання поза зоною досяжності.

Зазвичай заземлюючий пристрій має складатися з безпосередньо заземлювача та заземлюючого провідника, що з'єднує заземлювач з частиною обладнання, яка заземлюється. Заземлювачем може виступати звичайний металевий стержень різного профілю (бажано круглий) або бути комплексним, виготовленим за спеціальними формами. В будь-якому випадку якість заземлення повинна оцінюватися по значенню опору заземлюючого пристрою. Визначений опір може використовуватися для зниження або збільшення площі заземлювачів, чи оцінювати вплив середовища в якому знаходяться заземлюючі стержні (рівень соляних домішок в землі).

Основна задача при організації заземлення полягає у зменшенні до безпечного рівня різниці потенціалів між самим заземлювачем та любимими предметами, що проводять струм та мають природне заземлення. З іншого боку заземлення має на миті відведення струму витоку у разі контакту з фазним проводом предметів, що є провідниками струму. В практиці експлуатації або проектування систем електропостачання поява струму витоку повинна приводити до негайного спрацювання механізмів захисних пристроїв.

### 3.2 Технічні особливості щодо облаштування контурів заземлення

Для організації контурів заземлення трансформаторних підстанцій 6 - 10/0,4 кВ вимагається спорудження одного заземлювального пристрою, до якого мають бути підключені нейтралі та корпуси трансформаторів; металеві частини кабелів

напругою до 1000В; відкриті частини електрообладнання напруга яких може бути до та вище 1000В [2].

Для забезпечення безпечної експлуатації електрообладнання заземлювальний пристрій повинен бути налаштований на допустиму напругу дотику та забезпечувати цю напругу в любу пору року. Допустима напруга дотику розраховується за тривалістю дії струму, що повинна складатися з часу дії релейного захисту та повного часу вимикання вимикача.

Заземлювачі можуть виконуватися повздовжніми та поперечними. Вони зазвичай розміщуються з урахуванням вимог, що обмежують напругу дотику до допустимих нормованих значень та враховують зручність підключення до обладнання, що заземлюється.

Головною вимогою влаштування повздовжніх та поперечних штучних заземлювачів є та що глибина їх закладання у ґрунті повинна бути не меншою 0,3 м. Для зниження напруги дотику в місцях, де відбувається оперативне обслуговування установок має бути передбачено підсіпка шару щебеню товщиною до 0,2 метра.

Якщо виконується заземлювальні пристрої для електроустановок різних напруг, напругу дотику слід визначати за найбільшим значенням з урахуванням замикання на землю кожної з цих установок.

Якщо заземлювальний пристрій виконується з огляду вимог по опорі, то цей опір в любу пору року не повинен перевищувати 0,5 Ом для всіх видів заземлювачів (штучних та природних).

При організації виконання повздовжніх заземлювачів потрібно враховувати те, що вони повинні проходити вздовж осі обладнання зі сторони його обслуговування на глибині 0,5 метра та на відстані до 1 метра від фундаментів електроустановки. У випадку, коли прокладається один заземлювач на два ряди установок, що виконуються з одного боку відстань до фундаментів не повинна перевищувати 3 метри.

Поперечні заземлювачі прокладаються в зручних місцях між обладнанням на глибині 0,7 метра від поверхні землі.

Горизонтальні заземлювачі прокладаються зазвичай по краю периметру території таким чином, щоб вони утворювали замкнений контур. У випадку знаходження заземлюючого пристрою у межах зовнішньої огорожі електроустановки, біля в'їзду та виїзду до її території необхідно вирівнювати потенціал, що наприклад, виконується шляхом встановленням двох вертикальних заземлювачів, приєднуються до горизонтального заземлювача. При цьому вертикальні заземлювачі повинні мати довжину до 3,5 метра, а відстань між ними визначається за шириною в'їзду або виїзду.

Враховуючи вище наведенні рекомендації та користуючись нормативно-технічними документами щодо облаштування пристроїв заземлення виконаємо розрахунок контуру заземлення трансформаторної підстанції, що є основним джерелом живлення споживачів Турбівського гранітного кар'єру та вимагає забезпечення умов безпечної експлуатації виробничим персоналом.

3.3 Основні етапи улаштування та розрахунки контуру заземлення живлячої підстанції.

Зазвичай в проектній практиці прийнято розрахунок заземлюючих пристроїв виконати за наступним алгоритмом, що дає досягнути необхідної точності при виконанні практичних розрахунків [2]. Основні етапи цього алгоритму складаються з наступних дій:

1. Приймаємо режим роботи нейтралі для мереж напругою 6кВ ізольованим, а для електромереж напругою 0,4 кВ – глухозазамленим.
2. Приймаємо в якості вертикальних заземлювачів сталеві електроди діаметром 12 мм та довжиною 5 метрів.
3. Горизонтальний заземлювач буде виконаний сталевією стрічкою довжиною, яка еквівалентна периметру зовнішнього контуру заземлення підстанції. При чому відмітимо що зовнішній контур заземлення буде розташований на відстані не менше 1,5 метра від зовнішньої стіни підстанції.
4. Прийmemo ширину сталевією стрічки, що використовується в якості горизонтального заземлювача  $v = 40 \text{ мм} = 0,04\text{м}$ .

5. Горизонтальний заземлювач закладається на глибину  $t = 80 \text{ см} = 0,8 \text{ м}$ .

У зв'язку з тим, що в магістерській кваліфікаційній роботі пропонується виконувати заземлюючий пристрій загальним на напругу до та вище 1000В, тому опір заземлення для низьковольтної мережі не повинен перевищувати  $R_3 < 4 \text{ Ом}$ .

4) Прийняти ширину сталеві стрічки (горизонтального заземлювача)  $b = 40 \text{ мм} = 0,04 \text{ м}$ ;

5) Глибина закладання заземлюючого пристрою  $t = 80 \text{ см} = 0,8 \text{ м}$ ;

Заземлюючий пристрій виконуємо загальним для електроустаткування напругою до 1000 В та понад 1000 В. При цьому опір заземлення для електромережі напругою до 1000 В має не перевищувати  $R_3 < 4 \text{ Ом}$ .

Визначимо значення опору розтікання струму по вертикальних електродах, що були прийняті в п.2 нашого алгоритму.

$$R_B = \frac{\rho_{р.в.}}{2 \cdot \pi \cdot l_B} \left( \ln \frac{2 \cdot l_B}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l_B}{4 \cdot t - l_B} \right), \quad (3.1)$$

де  $\rho_{розр.в}$  – питомий опір.

$$\rho_{розр.в} = \rho \cdot K_{сез.в} \quad (3.2)$$

$$\rho_{розр.в} = 70 \cdot 1,5 = 105 \text{ (Ом} \cdot \text{м)},$$

$K_{сез.в}$  – коефіцієнт сезонності рівний 1,5;

$$R_B = \frac{105}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \left( \ln \frac{2 \cdot 5}{0,012} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3 - 5} \right) = 10,5 \text{ (Ом)},$$

Прийmemo як відмічено вище розташування вертикальних заземлювачів по периметру зовнішнього контуру підстанції. Величина периметру складе:

$$P_3 = 2 \cdot (A + B), \quad (3.3)$$

де  $A$  і  $B$  – довжина та ширина контуру заземлення відповідно, м.

$$L_3 = 2 \cdot (14,8 + 7,55) = 44,7 \text{ (м)}.$$

Визначимо опір розтікання по горизонтальних електродах:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{p,\Gamma}}{2 \cdot \pi \cdot L_{\Gamma}} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{\Gamma}^2}{0,5 \cdot b \cdot t}, \quad (3.4)$$

де  $l = 44,6$   $b = 0,04$  м – довжина та ширина горизонтального заземлювача відповідно;

$t = 0,8$  м - глибина прокладки горизонтального заземлювача;

$K_{\text{сез},\Gamma} = 3,5$  - коефіцієнт сезонності;

$\rho = 70$  Ом·м – дійсне значення питомого опору ґрунту.

$$\rho_{\text{розр. г.}} = K_{\text{сез. г.}} \cdot \rho, \quad (3.5)$$

$$\rho_{\text{розр. г.}} = 3,5 \cdot 70 = 245 \text{ (Ом} \cdot \text{м.)},$$

$$R_{\Gamma} = \frac{245}{2 \cdot 3,14 \cdot 44,7} \cdot \lg \frac{2 \cdot 44,7^2}{0,5 \cdot 0,04 \cdot 0,8} = 4,43 \text{ (Ом)}.$$

Визначимо результуючий опір розтікання для прийнятого групового заземлюючого пристрою.

$$R = \frac{R_B \cdot R_{\Gamma}}{R_B \cdot \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} \cdot \eta_B}, \quad (3.6)$$

$$R = \frac{10,5 \cdot 4,43}{10,5 \cdot 0,34 + 4,43 \cdot 10 \cdot 0,56} = 1,64, \text{ (Ом)}.$$

Підсумовуючи приймаємо до спорудження контуру заземлення, що містить 10 вертикальних стержневих електродів, довжина яких 5 метрів, а діаметр 12 мм., а

також горизонтальної полоси загальною довжиною 44,7 метрів, розмірами 4x40мм, які змонтовані в землі на глибині 0,8м.

Зовнішній контур заземлення в нашому випадку електрично з'єднаний з внутрішнім не менш як у двох точках. Зауважимо, що внутрішній контур заземлення передбачається виконати сталевую стрічкою по стінах приміщення підстанції на висоті 500 мм від рівня «чистої підлоги». До останньої приєднані корпуси електрообладнання, які в нормальному режим не знаходяться під напругою. Останнім кроком при спорудженні зовнішнього контуру є складання плану заземлення підстанції (додаток Б – Ілюстративна частина).

Перейдемо до стислого аналізу та розгляду впливу на систему електропостачання Турбівського гранітного кар'єру блукаючих струмів, що обумовленні рухом на залізниці технологічних поїздів.

### 3.4 Дослідження впливу блукаючих струмів на інженерні комунікації Турбівського гранітного кар'єру.

Під електрокорозією розуміють пошкодження металу, що обумовлено дією зовнішнього джерела струму або блукаючого струму. Швидкість електрокорозії в основному залежить від виду та параметрів струму, властивостей металу, навколишнього середовища (грунту) чи наявності агресивних елементів у грунтах. Найчастіше електрокорозія може викликатися блукаючими струмами, що з'являються при роботі різного роду електроустановок. Під блукаючими струмами розуміють струми, що протікають по шляхах, які не призначенні для протікання струму. В залежності від умов виникнення існує близько шести типів блукаючих струмів. Розглянемо тільки ті, що характерні для умов гранітного кар'єру [2].

У зв'язку з тим, що на гранітному кар'єрі є струмопровідні колії залізниці, можуть виникати так звані електротягові блукаючі струми. В цьому випадку струм, який протікає по рейках, що мають природній електричний контакт з грунтом частково може витікати в землю, утворюючи великі зони розтікання блукаючих струмів. Електричні мережі гранітних кар'єрів в основному виконанні кабельними лініями, що прокладені за умов виконання технологічного процесу по поверхні



землі. У випадку порушення ізоляції струмоведучих провідників при контакті з землею можуть виникати струми витoku з електричних мереж, що поширюються в різних напрямках. Величина струму витoku з мереж та зона його поширення в основному залежить від класу напруги, конфігурації мережі та електричних властивостей навколишнього середовища.

У зв'язку з тим, що в кар'єрі для видобутку граніту виконуються електропідривні роботи можуть виникати струми електромагнітного впливу, причому їх електричний вплив на діючі мереж тим більший, чим вище потенціал діючої електричної мережі.

Наступним джерело блукаючих струмів на відкритих виробничих площадках кар'єру можуть бути струми грозових розрядів та ударів блискавки. В таких випадках, особливо при потраплянні блискавки в наземне спорудження або в землю утворюється дуже великі зони розтікання блукаючих струмів.

Проаналізувавши природу виникнення блукаючих струмів на гранітному кар'єрі дамо рекомендації по організації способів захисту металевих споруд від корозії під дією блукаючих струмів (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Способи захисту металевих споруд

Як видно з рисунку 3.1. ці заходи можуть бути розділені на три групи. Перша група це обмеження величин блукаючих струмів у землі. Друга група стосується заходів, що приводять до зменшення проникнення блукаючих струмів в металеві споруди. Третя група – характеризує можливі заходи захисту від блукаючих струмів у випадку, коли останні проникли в підземні комунікації великої довжини. Як показує досвід найбільший ефект може бути досягнутий коли впроваджуються всі існуючі заходи, описані в трьох групах.

Існує група способів обмеження блукаючих струмів у землі, які притаманні коли електрокорозія викликається в результат експлуатації залізничного транспорту (рис. 3.2).

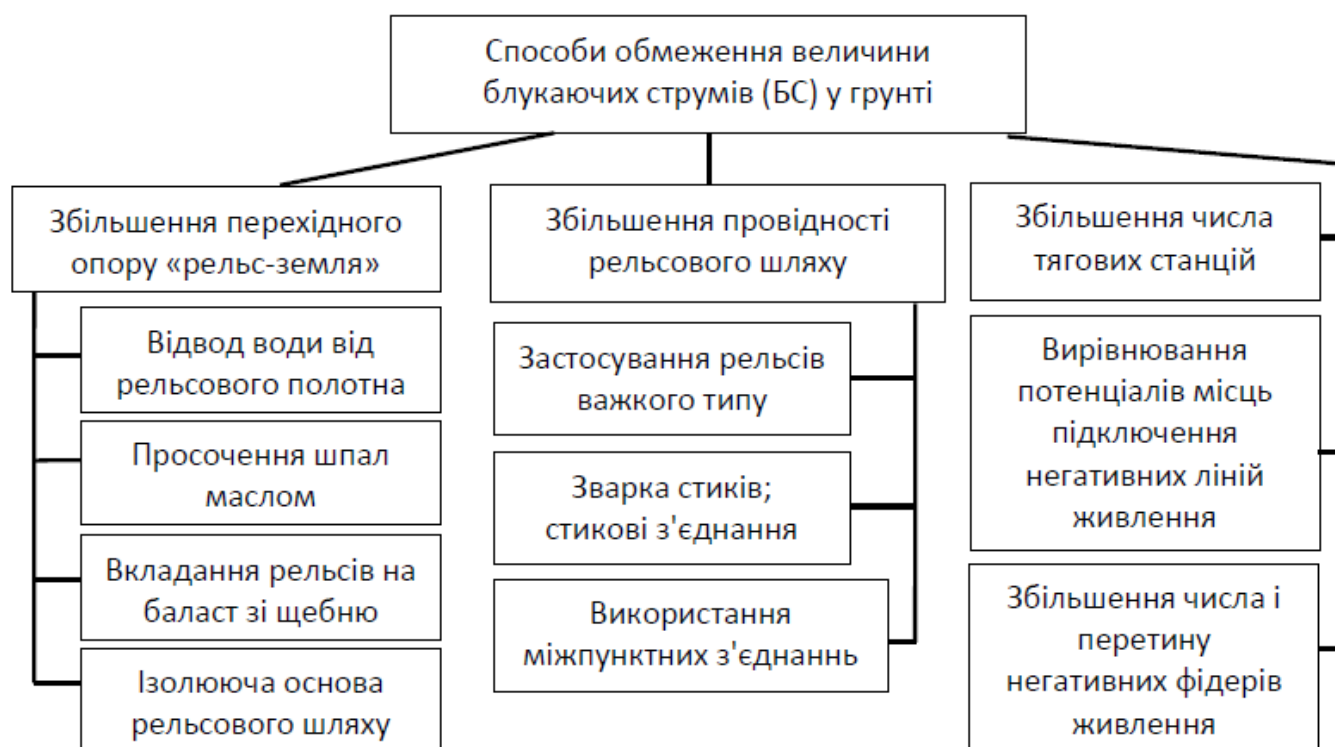


Рис. 3.2 - Способи обмеження величини блукаючих струмів у ґрунті

Для зменшення впливу блукаючих струмів на інженерні споруди можна досягти одним із простих способів, що передбачає віддалення інженерних споруд від джерел блукаючих струмів, іншим способом, який можна запропонувати пов'язаний з таким віддаленням від джерел за яких вплив блукаючих струмів у землі не виявляється. Але таке рішення може привести до збільшення протяжності інженерних споруд, незручності їх прокладання, обслуговування та експлуатації. В

таких випадках найбільш доцільним є розміщення інженерних споруд на таких відстанях від джерел блукаючих струмів, за яких найбільш ефективним є забезпечення різноманітного електрохімічного захисту.

Розглянемо та дамо рекомендації по установках додаткових захисних пристроїв. Одним із найбільш ефективних видів захисту від блукаючих струмів є електричний дренаж, який передбачає усуненням анодних зон на підземних спорудах. Найпоширені схеми електричного дренажу наведені на рис.3.3

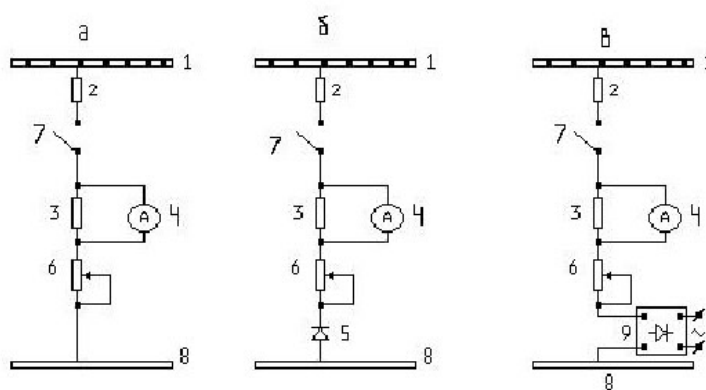


Рис. 3.3 – Схеми електричного дренажу

У випадку, коли дренажний кабель має велику довжину виникає необхідність збільшувати його переріз для зменшення втрат напруги, що може виявитися економічно не доцільно.

Найбільш оптимальним в такому випадку є використання катодних станцій або протекторних установок.

Катодний захист вважається одним із типових методів електрохімічного захисту металу від корозії. Ефект цього виду захисту досягається поляризацією металу від зовнішнього джерела постійного струму до потенціалу певної величини. Цей захист найбільш ефективний тільки у випадку, якщо корозійне середовище має дуже високу електропровідність.

Зазвичай катодний захист застосовують одночасно з нанесенням спеціальних захисних покриттів для посилення захисного ефекту шляхом зовнішньої поляризації.

Покажемо схематично умовну схему з'єднань катодної станції (рис. 3. 4)

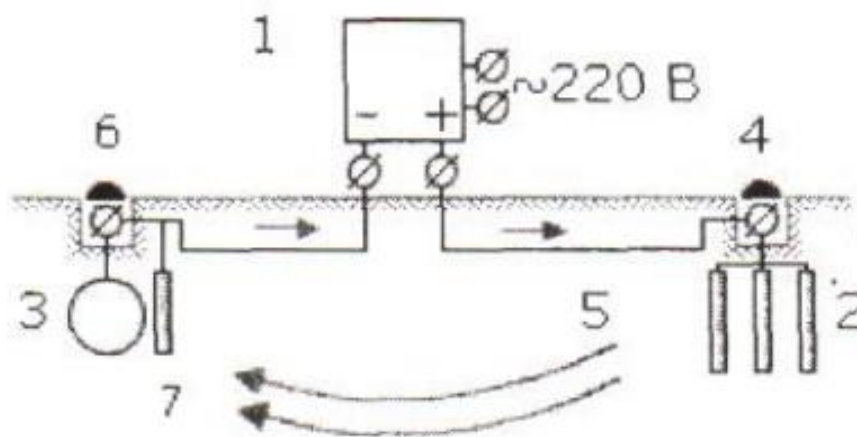


Рисунок 3.4 – Схема з'єднань катодного станції: 1 - перетворювач змінного струму в постійний; 2 – анодний заземлювач; 3 - захищений трубопровід; 4 - контактний пристрій на анодному заземленні; 5 - кабельний модем; 6 - контрольно-вимірювальний пункт; 7 - електрод порівняння

На рис.3.5 показано зовнішній вигляд щита станції катодного захисту



Рис. 3.5 – Зовнішній вигляд щита станції катодного захисту

В даному розділі було запропоновано для забезпечення безпечної експлуатації трансформаторної підстанції та обслуговуючого персоналу спроектувати систему захисного заземлення, що передбачає спорудження заземлюючих пристроїв комбінованого типу, вибору матеріалу заземлювачів (як

вертикальних так і горизонтальних), їх геометричних розмірів. Наведені вичерпні результати по конструктивному виконанні та технології монтажу.

В рамках цього дослідження, був проведений аналіз природи виникнення блукаючих струмів у гранітному кар'єрі та надані практичні рекомендації по обмеженню впливу блукаючих струмів, які перешкоджають нормальній роботі інженерних споруд, що складають основні елементи діючої системи електропостачання.

За рахунок цього сформульовані умови для ефективного функціонування системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру та оптимізований можливий негативний вплив на якісне забезпечення технологічного процесу електроенергією.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

## 4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Техніко-економічне обґрунтування роботи полягає у проведенні попередніх техніко економічних розрахунків, які підтверджуються доцільність капіталовкладень в даний об'єкт [21].

Доцільність реалізації роботи обґрунтовується:

- задоволення потреб суспільства продукцією підприємства;
- створення нових робочих місць та працевлаштуванням населення;
- надання необхідних послуг;
- прибутковістю;
- окупністю капіталовкладень.

Вихідні дані для розрахунку:

- виручка від реалізації продукції  $V = 150$  (млн. грн./рік);
- середньооблікова чисельність персоналу  $Ч = 50$ ;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби  $З_{пл}$ , грн./рік;
- питома заробітна плата в собівартості продукції  $d = 12\%$ ;
- первісна або балансова вартість основних фондів  $\Phi = 200$  млн грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень:  $E_H = 0,1$ ;
- нормований термін окупності, років:  $T_{ок} = 10$ .
- середньомісячна зарплата одного працівника  $З = 6700$  грн./міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$З_{пл} = З \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 6700 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,0804 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$C = \frac{1,38 \cdot Ч \cdot З_{пл}}{d} = \frac{1,38 \cdot 50 \cdot 0,0804}{0,12} = 46,23 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$\Pi = V - C = 150 - 46,23 = 103,77 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{\text{ор}} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{200}{103,77} = 1,92 \text{ (роки)}, \quad (4.4)$$

$$T_{\text{ор}} = 1,92 < T_{\text{ок}} = 10 \text{ (років)}.$$

Даний термін не перевищує нормативний, отже розрахунок системи електропостачання є прибутковим.

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства та вихідних даних у табл. 4.1, 4.2, необхідно виконати такі розрахунки:

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

2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.

3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:

- витрат в мережах підприємства;

- витрат на заробітну плату;

- витрат на матеріали;

- амортизаційних витрат.

4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Потужність підстанції, кВт
ТП	ТМ-1600	2	1511

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, км	Марка кабелю	К-сть
ЕС-ТП	0,8	АСБ – 6 ( 3x95)	2

Рекомендації до виконання:

1. Оплату за спожиту електроенергію розраховують по тарифам: 5.5 грн/кВт·год

2. Прийняти норму амортизації – 6%,

3. Нарахування:

- в пенсійний фонд – 33,3%,
- у фонд зайнятості – 1,5%,
- на соціальне страхування – 1,5%.

#### 4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та вартістю їх прокладання [21].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_{л} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) \cdot L, \quad (4.5)$$

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

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

$L$  – довжина лінії електропередачі, км.

$n$  – кількість кабелів в траншеї, шт.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	$K_{пит}$ , тис.грн	$K_{прок}$ , тис.грн	$K_{л}$ , тис.грн
ЕС-ТП	АСБ – 6 ( 3x95)	2	0,8	750	65	1252

Капітальні вкладення для електричних підстанцій [22]:

$$K_{пс} = \sum_{i=1}^1 K_{псі} + K_{пост}, \quad (4.6)$$

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

$K_{пост}$  – постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.



Результати розрахунків заносимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип т-ра	Кількість	Код, тис.грн	Кпост, тис.грн	Кпс, тис.грн
ТП	ТМ-1600	2	505	101	2200
Трансформатор струму		1	7	1,4	8,4
Лічильник електронний активної та реактивної енергії		1	15	3	18
Конденсаторна установка		1	300	60	360
Разом					2586,4

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів навантаження та роз'єднувачів. Відповідно до схеми електропостачання кількість вимикачів навантаження 6 кВ – 9 шт., кількість роз'єднувачів 6 кВ – 2 шт. Вартість вимикача 6 кВ рівною 50 тис. грн. Вартість роз'єднувачів 6 кВ рівною 10 тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів та роз'єднувачів:

$$K_B = 9 \cdot 50 + 2 \cdot 10 = 470 \text{ (тис. грн.)} \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами та роз'єднувачами:

$$K_{пс} = 2586,4 + 470 = 3056,4 \text{ (тис. грн.)} \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 1252 + 3056,4 = 4308,4 \text{ (тис. грн.)} \quad (4.9)$$

#### 4.3 Розрахунок поточних витрат

##### 4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

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

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.10)$$

де  $\Pi$  – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$  – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. [22];

$h$  – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.6.

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год./рік:

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.11)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$  – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год [21];

$K_{\text{ср}}$  – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс,  $K_{\text{с.р}} = 0,1$ .

$h$  – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудмісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудмісткість люд.год.
Роз'єднувач 6 кВ	2	1	12	24	12	2	48
Вимикач 6 кВ	9	1	16	144	12	2	216
ТМ-1600	2	0,33	300	198	12	20	480
Трансформатор струму	2	1	16	32	12	1	24
Конденсаторна установка	2	1	16	32	12	1	24
Кабельна лінія АСБ 6 3х95	0,8	2	72	73,6	1	18	28,8
Разом				503,6			820,8

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	
Роз'єднувач 6 кВ	2	2	0,1	12	28,8	52,8
Вимикач 6 кВ	9	2	0,1	12	230,4	374,4
ТМ-1600	2	2	0,1	12	720	960
Трансформатор струму	2	2	0,1	12	38,4	50,4
Конденсаторна установка	2	2	0,1	12	38,4	50,4
Кабельна лінія АСБ 6 3х95	0,8	2	0,1	12	51,84	57,24
Разом					1448,88	1920,58

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$N_{\text{обс}} = \frac{1920,58}{1900 \cdot 1,05} = 0,96, \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$N_{\text{тр}} = \frac{503,6}{1900 \cdot 1,1} = 0,24. \quad (4.13)$$

Приймаємо за нормами ПУЕ [1]  $N_{\text{тр}} = 2$  чол.,  $N_{\text{обс}} = 2$  чол.

#### 4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_e = N_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d, \quad (4.14)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3+K4)/2) \cdot C_I, \quad (4.15)$$

де  $K3, K4$  – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [21];

$C_I$  – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_I = \frac{Z_{\text{min}} \cdot k_{\text{г.і}}}{\Phi_H}, \quad (4.16)$$

$$C_I = 6700 \cdot 1/176 = 38,06 \text{ (грн./год.)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,18+1,27)/2) \cdot 38,06 = 46,63 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 46,63 \cdot 1900 = 159486,65 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

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

$$\Phi_p = T_{\text{пр}} \cdot t_{\text{гр}}, \quad (4.19)$$

$$t_{\text{гр}} = ((K4+K5)/2) \cdot C_I, \quad (4.20)$$

де К4, К5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [21].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{гр} = ((1,27+1,36)/2) \cdot 38,06 = 50,06 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 503 \cdot 50,06 = 25210,04 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1+0.05+0.01+\alpha), \text{ (грн./рік)}, \quad (4.21)$$

де  $\Phi$  – тарифний фонд  $\Phi_e$  експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати  $\Phi_p$  ремонтного персоналу, грн./рік;

0,01 - частка доплат за роботу у святкові дні;

0,05 - частка доплат за роботу в нічний час;

$\alpha$  – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 159486,65 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 200953,17 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 25210,04 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 33025,16 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік:

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

$$\Phi_{оед} = 200953,17 \cdot 1,15 = 231096,15 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{орд} = 33025,16 \cdot 1,15 = 37978,93 \text{ (грн./рік)}.$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування

й організацію відпочинку працівників, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ( $C_{зп}$ ) розраховуються так, грн./рік:

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

де  $\beta_{п}$  - нарахування в пенсійний фонд,  $\beta_{п} = 33\%$ ;

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

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

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 231096,15 \cdot \left( 1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 311979,81 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 37978,93 \cdot \left( 1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 51271,56 \text{ (грн./рік)}.$$

#### 4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Вартість матеріалу	Грн
ТМ-1600	15000
Трансформатор струму	2000
Конденсаторна установка	2000
Кабельна лінія	5000

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_{м} = 0,01 \cdot \left( \sum_{i=1}^n C_{oi} \cdot T_i + L \cdot C_{лo} \right), \quad (4.26)$$

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

$T_i$  – трудомісткість обслуговування  $i$ -го виду трансформаторів,

$L$  – сумарна довжина кабелів,

$C_{\text{лю}}$  – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів на ремонт:  $C_{\text{мпр}} = 29231,60$  (грн/рік);

і вартість матеріалів на технічне обслуговування:  $C_{\text{мто}} = 116797,44$  (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{\text{обс}} = C_{\text{зпе}} + C_{\text{мто}}, \quad (4.27)$$

$$C_{\text{обс}} = 311979,806 + 116797,44 = 428777,25 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зпр}} + C_{\text{мпр}}, \quad (4.28)$$

$$C_{\text{пр}} = 51271,56 + 29231,60 = 80503,16 \text{ (грн/рік).}$$

#### 4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.29)$$

де  $a$  – норма амортизації, %

$K$  – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 4308400 = 258,50 \text{ (грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

$$C_{\text{іпр}} = \beta_{\text{іпр}} (C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a); \quad (4.30)$$

де  $\beta_{\text{іпр}}$  - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{\text{іпр}} = 0,25 \cdot (428777,25 + 80503,16 + 258504) = 191946,10 \text{ (грн/рік).}$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустановки і мереж	428777,25	44,68
Витрати на поточний ремонт	80503,16	8,39
Витрати на амортизацію	258504,00	26,94
Інші витрати	191946,10	20,00
Разом	959730,50	100,00

#### 4.4. Розрахунок собівартості електроенергії

4.4.1 Розрахунок річного споживання і витрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію

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

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi} = K_{\pi} \cdot P_{\text{ном}} \cdot T_{mi}, \quad (4.31)$$

де  $P_p$  – розрахункова потужність і-го цеху, кВт;

$T_{mi}$  – річна тривалість використання максимуму активного навантаження і-ого цеху, год.;

$K_{\pi}$  – коефіцієнт попиту.

Визначаємо річні витрати активної електроенергії (табл. 4.9).



Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії

Назва цеху	К-сть змін	Тм, год.	cos φ	Рр, кВт	Еа, кВт·год./рік
Корпус №1	2	4000	469	0,74	1876000
Корпус №2	2	4000	234	0,7	936000
Корпус №4	2	4000	430	0,7	1720000
Механічний цех	2	4000	87	0,65	348000
Гараж	2	4000	123	0,7	492000
Котельня	2	4000	46	0,7	184000
Погрузочний цех	2	4000	122	0,75	488000
Разом					6044000

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.32)$$

де  $I_{\text{м}}$  – максимальний струм у лінії, А;

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

$R$  – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

$$R = r_0 \cdot L; \quad (4.33)$$

де  $r_0$  – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км [22].

Струм лінії живлення, А:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}}}. \quad (4.34)$$

Виконуємо розрахунок втрат електроенергії в лініях і результати заносимо до табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	$I_{\text{м}}$ , А	$R$ , Ом	$\tau$ , год./рік	$\Delta E_{\text{л}}$ , кВт·год.
ЕС-ТП	АСБ 6 3x95	2	0,8	122	0,0768	2405,29	8248,38

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

$$\Delta E_{\text{Т}} = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{р}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left( \frac{S_{\text{ф}}}{S_{\text{н}}} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.35)$$

де  $n$  - кількість трансформаторів;

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

$T_p$  - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

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

$S_n$  - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Проводимо розрахунок і результати зводимо у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип	шт	$\Delta P_x$ , кВт	$\Delta P_{кз}$ , кВт	$S_p$ , кВА	$S_n$ , кВА	$\Delta E_T$ , кВт·год./рік
ТП	ТМ-1600	2	2,5	10,7	2121	1600	66413,19011

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год./рік:

$$E = E_a + \Delta E_{л} + \Delta E_T; \quad (4.36)$$

$$E = 6044000 + 8248,38 + 66413,19 = 6118661,57 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$\Pi = 5,5 \cdot 6118661,57 = 33652638,65 \text{ (грн.)}; \quad (4.37)$$

#### 4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВтг:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.38)$$

де  $C_{\text{сум}}$  – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;

$E_a$  – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\pi}, \quad (4.39)$$

де  $\Pi$  – оплата за спожиту електроенергію;

$C_{\Pi}$  – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\Pi} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{а}} + C_{\text{іпр}}, \quad (4.40)$$

де  $C_{\text{обс}}$  – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$  – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

$C_{\text{а}}$  – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\Pi} = 428777,25 + 80503,16 + 258504 + 191946,10 = 959730,50 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати:

$$C_{\text{сум}} = 33652638,65 + 959730,50 = 34612369,16 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{34612369,16 \cdot 100}{6044000} = 5,72 \text{ (грн./кВт·год.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	$E_a$	6044000,00	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	$E$	6118661,57	кВт·год
Плата за електроенергію	$\Pi$	33652638,65	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	$C_{\Pi}$	959730,50	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	34612369,16	грн
Собівартість електроенергії	$S$	572,67	коп/кВт·год

## Висновки

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП Турбівського гранітного кар'єру та розраховано собівартість електричної енергії, яка склала 572,67 коп/кВт·год.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі магістерської дипломної роботи розроблені заходи з охорони праці під час оптимізації системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру. На електротехнічний оперативно-ремонтний персонал, який здійснює обслуговування обладнання системи електропостачання кар'єру, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [27-41]:

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

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

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

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

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

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

Живлення силового обладнання, яке використовується на підприємстві, та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 x

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.

Під час ремонту та монтажу обладнання системи електропостачання кар'єру необхідно вживати заходів із запобігання впливу на працівників визначених вище небезпечних і шкідливих виробничих факторів. За наявності цих факторів, безпека праці під час монтажу та ремонту обладнання системи електропостачання кар'єру повинна відповідати вимогам та заходам безпеки, що зазначені в нормативно-правовій документації з охорони праці, зокрема під час виконання робіт: в діючих електроустановках; на висоті; з застосуванням електроінструменту; зварюванні тощо.

Особливу увагу потрібно приділяти убезпеченню працівників під час виконання робіт в діючих електроустановках. Найбільш ефективним засобом захисту працівників є встановлення заземлень. Встановлювати заземлення на струмопровідні частини необхідно безпосередньо після перевірки відсутності напруги.

Переносні заземлення спочатку треба приєднати до заземлювального пристрою, а потім, після перевірки відсутності напруги, встановити на струмопровідні частини. Знімати переносне заземлення необхідно в зворотній послідовності: спочатку зняти його зі струмопровідних частин, а потім від заземлювального пристрою.

Встановлення та зняття переносних заземлень слід виконувати в діелектричних рукавичках із застосуванням в електроустановках понад 1000 В ізолювальної штанги. Закріплювати затискачі переносних заземлень слід цією ж штангою або безпосередньо руками в діелектричних рукавичках. Забороняється користуватися для заземлення провідниками, не призначеними для цього, а також приєднувати заземлення за допомогою скручування.

В електроустановках понад 1000 В (підстанції 10/0,4 кВ) заземлювати слід струмопровідні частини всіх фаз (полюсів) відключеної для робіт дільниці з усіх боків, з яких може бути подана напруга, за винятком відключених для робіт збірних шин, на які достатньо встановити одне заземлення. Під час робіт на відключеному

лінійному роз'єднувачі на проводи спусків з боку ПЛ, незалежно від наявності заземлювальних ножів, має бути встановлене таке додаткове заземлення, яке не порушується під час виконання операцій з роз'єднувачем.

Заземлені струмопровідні частини мають бути відокремлені від струмопровідних частин, що перебувають під напругою, видимим розривом (вимкненими вимикачами, роз'єднувачами, відокремлювачами або вимикачами навантаження, знятими запобіжниками, демонтованими шинами або проводами). Безпосередньо на робочому місці заземлення додатково встановлюється в тих випадках, коли ці частини можуть опинитися під наведеною напругою (потенціалом), яка може викликати ураження струмом, або коли на них може бути подана напруга понад 42 В змінного і 110 В постійного струму від стороннього джерела.

В електроустановках, конструкція яких така, що встановлення заземлень небезпечне (наприклад, в деяких розподільчих шафах, КРУ окремих типів, збірках з вертикальним розташуванням фаз), під час підготовки робочого місця слід вжити додаткових заходів безпеки, що перешкоджають помилковому поданню напруги до місця роботи: приводи і вимкнені апарати замикаються на замок; на ножі або верхні контакти роз'єднувачів рубильників, автоматів тощо встановлюються гумові ковпаки або спеціальні накладки з ізоляційних матеріалів; запобіжники, ввімкнені послідовно з комутаційними апаратами, знімаються. Ці технічні заходи мають бути вказані в місцевій інструкції з експлуатації. В разі неможливості вжиття зазначених додаткових заходів мають бути від'єднані кінці лінії живлення – в РУ, на щиті, збірці або безпосередньо на місці роботи. Список таких електроустановок визначається і затверджується особою, відповідальною за електрогосподарство.

Встановлення заземлення не потрібне під час роботи на електроустановці, якщо від нього з усіх боків від'єднані шини, проводи та кабелі, якими може бути подана напруга; якщо на нього не може бути подана напруга зворотною трансформацією або від стороннього джерела і за умови, що на цьому устаткуванні не наводиться напруга. Кінці від'єднаних кабелів в цьому разі мають бути замкнені накоротко і заземлені.

Під час робіт в РУ встановлювати заземлення на протилежних кінцях ліній, що живлять це РУ, не потрібно, крім випадків, коли під час проведення робіт необхідно знімати заземлення з виводів ліній.

В електроустановках до 1000 В під час робіт на збірних шинах РУ, щитів, збірок напруга з шин має бути знята і шини (за винятком шин, що виконані ізольованим проводом) мають бути заземленими. Необхідність і можливість встановлення заземлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок і підключеного до них устаткування визначає особа, яка видає наряд (розпорядження). В електроустановках напругою до 1000 В всі операції зі встановлення і зняття заземлень дозволяється виконувати одній особі з групою III з числа оперативних чи оперативно-ремонтних працівників. Встановлення переносних заземлень у цьому випадку проводиться з землі за умови застосування спеціальної ізолювальної штанги, якою можна не тільки встановлювати, але і закріплювати ці заземлення.

Допускається тимчасове зняття заземлень, встановлених під час підготовки робочого місця, якщо це вимагається характером робіт, що виконуються. Тимчасове зняття і повторне встановлення заземлень виконується оперативним працівником чи (під його наглядом) членом бригади з групою III. Дозвіл на тимчасове зняття заземлень, а також на виконання цих операцій керівником робіт, слід обумовлювати в рядку наряду «Окремі вказівки» з записом про те, де і з якою метою мають бути зняті заземлення.

### 5.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [31]:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його



використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

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

### 3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

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

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

## 5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [32] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення. Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні наведено в таблиці 5.1.

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 [35]:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинна перевищувати 2°C.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м.

3. Для забезпечення нормованих значень швидкості руху повітря проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

#### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м<sup>3</sup> [6]. Нормовані параметри забруднення повітря в робочій зоні наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середньодобова	
Оксид вуглецю		20	4
Пил нетоксичний	4	4	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця [37]. Нагромадження пилу глибиною в 1/8" у будь-якій області вказує на необхідність у вживанні заходів з очищення забруднених поверхонь. Потрібно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (менша зернистість), тим вище небезпека.

Тому необхідно здійснювати наступні заходи: очищувати металевий пил якнайчастіше, щодня протирати гарячі поверхні, при високих концентраціях пилу обробляти запилені поверхні по частинам. Низька вологість збільшує потенційну небезпеку, це повинне прийматися в увагу під час прибирання.

Планувати прибирання потрібно на час, коли устаткування вимкнене, зокрема в другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

### 5.2.3 Виробниче освітлення

При поганому освітленні зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків: 5% травм можна пояснити недостатнім освітленням, а у 20% випадків воно сприяло їх появі. Погане освітлення може призвести до професійних захворювань: погіршують загальне самопочуття, зменшують фізичну і розумову працездатність.

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в таблиці 5.3.

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

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

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

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

#### 5.2.4 Виробничий шум

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

Нормовані параметри виробничого шуму в робочій зоні наведено в таблиці 5.4.

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

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

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. Нормовані параметри виробничої вібрації в робочій зоні наведено в таблиці 5.5.

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.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

\* В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації,  $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$ , в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

### 5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [1]. Робота монтажника технологічного обладнання системи забезпечення мікроклімату потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кГ/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кГ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 13000; при загальному навантаженні ( за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 44000; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кГ – до 30 кГ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук) – до 40000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 20000; статичне навантаження (кГ/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю м'язів тулуба та ніг – до 100 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або

фіксованій позі (неможливість зміни взаємного розташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни; перебування у вимушеній позі до 10%, в позі «стоячи» – до 60% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 51-100 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 8, вертикалі – 4 км.

## 2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності. Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) – більше 75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – більше 300; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25. Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших. Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – одностійна (без нічної зміни).

## 5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП Турбівського гранітного кар'єру в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Всі системи електропостачання мають свої слабкі ланки до і є досить вразливими до дії загрозливих чинників, що виникають у надзвичайних ситуаціях. СЕП є особливо уразливі через велику територію та безліч елементів можливого впливу НС. Електропостачання багатьох об'єктів є стратегічним елементом, тому і важливим є питання забезпечення високої стійкості роботи систем електропостачання, особливо заводів воєнного призначення.

Вплив радіації на матеріали та обладнання залежить в основному від виду випромінювання, дози опромінення, умов навколишнього середовища тощо.

Найбільш чутливе до дії іонізуючого випромінювання є електронне обладнання систем електропостачання. Серед елементів є напівпровідники, блок живлення, блок керування та силові елементи, транзистори, діоди. Через впливи на ізоляцію в трансформаторах можливі замикання обмоток, а відповідно і вигорання обмоток чи загорання трансформаторів.

Після опромінення системи електропостачання в елементах змінюється струм і коефіцієнти підсилення; в конденсаторах понизиться напруга пробною і опір витоку, зміниться провідність і внутрішнє нагрівання. В ізоляційних і діелектричних матеріалах зміняться такі параметри: електрична провідність та діелектрична провідність.

Особливо велику загрозу для систем управління СЕП заводів, особливо військового спрямування виробництва має вплив електромагнітного імпульсу, який може призвести до загорання чутливих електричних та електронних елементів, а також внести серйозні порушення в роботу цифрових і контрольних пристроїв. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Ці наслідки в подальшому призводять до пожеж на підприємстві та вибухів. Ці вторинні фактори надто небезпечні при виникненні на воєнному заводі. Саме тому є необхідність запобіганню дії цього фактору на електричне та електронне обладнання СЕП.

5.3.1 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру в умовах дії іонізуючих випромінювань

Для визначення граничного значення дози опромінення  $D_{\text{грі}}$ , для елементів системи, при яких виникають незворотні зміни [35]. Отримані дані заносимо в таблицю 5.6.



Таблиця 5.6 – Граничні значення експозиційних доз елементів СЕП кар'єру

№пп блоку	Блоки (елементи) СЕП	$D_{грi}, P$	$D_{гр}, P$
1	Блок живлення	$10^5$	10 <sup>4</sup>
2	Блок керування (МПК)	$5 \times 10^5$	
3	Мікросхеми PIC16F877	$10^4$	
4	Транзистори КТ3102В	$10^4$	
5	Конденсатори Modulo 10	$10^7$	
6	Резистори SMD1206 0,125 - 10кОм	$10^7$	

Проаналізувавши дані таблиці 5.6, визначили, що самим уразливими елементами системи електропостачання з мінімальною дозою  $D_{грi} = 10^4 P$  є такі мікросхеми та діоди. Визначаємо можливу дозу опромінення за формулою:

$$D_m = \frac{2 \cdot P_1 (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_{п}})}{K_{осл}}, \quad (5.1)$$

де  $P_1$  – максимальне значення рівня радіації ( $P_1 = 6,27$  Р/год);

$t_k$  – час кінця опромінення ( $t_k = 131400$  год (5 років));

$t_{п}$  – час початку опромінення ( $t_{п} = 1$  год).

$K_{осл}$  – коефіцієнт послаблення радіації ( $K_{осл} = 2$ ).

$$D_m = \frac{2 \cdot 6,27 (\sqrt{131400} - \sqrt{1})}{2} = 2266,55 \text{ (Р)}.$$

Оскільки  $D_{грi} > D_m$ , то дана система електропостачання може вважатися стійка до дії радіації. Визначимо допустимий час роботи РЕА в заданих умовах за формулою:

$$t_d = \frac{D_{гр} \cdot K_{осл} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot P_1}, \quad (5.2)$$

$$t_d = \frac{10^4 \cdot 2 + 2 \cdot 6,27 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 6,27} = 1595,89 \text{ (год)}.$$

Отже, можливо доза опромінення елементної бази  $D_m = 2266,55 \text{ Р}$ , а допустима -  $10^4 \text{ Р}$ . Отже, система електропостачання є стійкою в умовах дії іонізуючого випромінювання. Допустимий час роботи системи в заданих умовах становить 1595,89 год. при рівні радіації 6,27 Р/год, це більше ніж час морального елементів СЕП.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початкові дані:  $E_B = 9,24 \text{ кВ/м}$ .  $U_{ж} = 220\text{В}$ ; 5В.

Оцінка стійкості роботи системи електропостачання ведеться в послідовності:

1. Визначається горизонтальна складова напруженості електричного поля

$$E_{Г} = 10^{-3} \cdot E_B = 10^{-3} \cdot 9,24 \cdot 10^3 = 9,24 \text{ (В/м)};$$

2. Система електропостачання ПАТ «Маяк» розподіляється на окремі функціональні вузли, зокрема: система живлення, мікропроцесорний блок.

На кожній ділянці визначається максимальна довжина вертикальної і горизонтальної струмопровідної частини  $l_B$  і  $l_{Г}$

На ділянці системи живлення максимальна довжина вертикальної і горизонтальної струмопровідної частини  $l_{B.ж} = 0,13 \text{ м}$ ,  $l_{Г.ж} = 0,11 \text{ м}$ . На ділянці мікропроцесорного блоку  $l_{B.м} = 0,017 \text{ м}$ ,  $l_{Г.м} = 0,021 \text{ м}$ .

3. Для кожної ділянці визначаються наведені напруги у струмопровідних частинах.

На ділянці системи живлення:

$$U_{B.ж} = E_{Г} \cdot l_{B.ж} = 9,24 \cdot 0,13 = 1,08 \text{ (В)};$$

$$U_{Г.ж} = E_B \cdot l_{Г.ж} = 92,4 \cdot 0,11 = 1760 \text{ (В)}.$$

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{B.м} = E_{Г} \cdot l_{B.м} = 9,24 \cdot 0,017 = 0,272 \text{ (В)};$$

$$U_{Г.м} = E_B \cdot l_{Г.м} = 92,4 \cdot 0,021 = 336 \text{ (В)}.$$

На ділянці системи живлення:

$$U_{B.ж} = E_{Г} \cdot l_{B.ж} = 9,24 \cdot 0,13 = 1,08 \text{ (В)};$$

$$U_{Г.ж} = E_B \cdot l_{Г.ж} = 92,4 \cdot 0,11 = 1760 \text{ (В)}.$$

На ділянці мікропроцесорного блоку:

$$U_{B,M} = E_{\Gamma} \cdot I_{B,M} = 9,24 \cdot 0,017 = 0,272 \text{ (В)};$$

$$U_{\Gamma,M} = E_B \cdot I_{\Gamma,M} = 9,24 \cdot 10^3 \cdot 0,021 = 336 \text{ (В)}.$$

4. Визначається допустиме коливання напруги живлення

$$U_{Д} = U_{Ж} + \frac{U_{Ж} \cdot N}{100} \text{ (В)},$$

На дільниці системи живлення:

$$U_{ДЖ} = U_{Ж} + \frac{U_{Ж} \cdot N}{100} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 5 = 231 \text{ (В)}.$$

На дільниці мікропроцесорного блоку:

$$U_{ДМ} = U_{М} + \frac{U_{М} \cdot N}{100} = 5 + \frac{5}{100} \cdot 5 = 5,2 \text{ (В)}.$$

5. Визначаються коефіцієнти безпеки

$$K_{БВ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{Д}}{U_{В}}, K_{БГ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{Д}}{U_{Г}}.$$

Для дільниці живлення

$$K_{БВЖ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДЖ}}{U_{ВЖ}} = 20 \cdot \lg \frac{231}{1,08} = 46,63 \geq 40 \text{ (дБ)};$$

$$K_{БГЖ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДЖ}}{U_{ГЖ}} = 20 \cdot \lg \frac{231}{1760} = -17,63 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

Для дільниці мікропроцесорного блоку

$$K_{БВМ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДМ}}{U_{ВМ}} = 20 \cdot \lg \frac{5,2}{0,272} = 33,31 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

$$K_{БГМ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{ДМ}}{U_{ГМ}} = 20 \cdot \lg \frac{5,2}{336} = -28,6 \leq 40 \text{ (дБ)};$$

6. Результати розрахунків заносимо в таблицю 5.7

7. Дані таблиці аналізуємо і робимо висновки.

Коефіцієнти безпеки менше 40 дБ, тому дільниці вважаються нестійкими і необхідно застосовувати екранування.

Табл. 5.7 Результати розрахунків коефіцієнтів безпеки елементів СЕП.

Дільниця СЕП	U <sub>д</sub> , В	E <sub>в</sub> , В/м	E <sub>г</sub> , В/м	U <sub>в</sub> , В	U <sub>г</sub> , В	K <sub>БВ</sub> , дБ	K <sub>БГ</sub> , дБ
Блок живлення	231	11400	11,4	1,08	1760	46,63	-17,63
Мікропроцесорний блок	5,2	11400	11,4	0,272	336	33,31	-28,6

### 5.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру в умовах дії електромагнітного імпульсу

Визначається перехідне гасіння енергії електричного поля екраном (А, дБ).

Для сталевих екранів визначається за допомогою формули

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f} \text{ , (дБ)}$$

де  $t$  - товщина стінки екрану, см;

$f$  – частота  $f = 15000$  Гц.

Для дільниці живлення

$$A_{ГЖ} = 40 - (-17,63) = 47,63 \text{ (дБ)},$$

$$t = \frac{A_{ГЖ}}{5,2\sqrt{f}} = \frac{47,63}{5,2\sqrt{15000}} = 0,074 \text{ (см)} .$$

Для дільниці мікропроцесорного блоку

$$A_{ГМ} = 40 - (-28,6) = 68,6 \text{ (дБ)},$$

$$t = \frac{A_{ГМ}}{5,2\sqrt{f}} = \frac{68,6}{5,2\sqrt{15000}} = 0,11 \text{ (см)} .$$

В умовах дії електромагнітного імпульсу коефіцієнт безпеки СЕП для вертикальних струмопровідних частин дільниці живлення системи був більший за 40 дБ, в цьому випадку СЕП стійка. Для горизонтальних струмопровідних частин коефіцієнт безпеки був менший за 40 дБ. Після застосування сталевих екранів коефіцієнт безпеки став не менше 40 дБ, а тому система електропостачання є стійкою до ЕМІ і може працювати без суттєвих збоїв.

Отже, при екрануванні блоку живлення та блоку керування з використанням екрану товщиною 0,140 см зі сталі, система керування буде стійкою в умовах дії електромагнітного випромінювання, при екрануванні силових елементів з

використанням екрану товщиною 0,102 см, силові елементи будуть стійкими в умовах дії електромагнітного випромінювання.

Отже, після проведених розрахунків визначено, що робота системи електропостачання заводу при заданому рівні радіації 6,27 Р/год буде досить стійка. До дії ЕМІ система керування виявилась нестійкою. Застосування екранування блоків СЕП суттєво підвищує її стійкість в умовах дії електромагнітного імпульсу.

В результаті застосування екранів система буде працювати стійко аж до значення напруженості вертикальної складової 9,24 кВ/м. Крім цього необхідно екранувати кабелі живлення, а також застосувати прилади, які б вимикали радіотехнічні схеми на період впливу ЕМІ.

## ВИСНОВОК

Магістерська кваліфікаційна робота була присвячена вирішенню основних питань синтезу системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру та її оптимізації. В рамках цього були вирішені питання щодо визначення величин розрахункових навантажень всього кар'єру та окремих його складових, що забезпечують якісне виконання технологічного процесу видобутку граніту.

Запропонована оптимальна система живлення електроприймачів кар'єру та обґрунтовано її схемна реалізація у вигляді радіальної електричної мережі.

Обґрунтована методика визначення центру електричних навантажень з оптимальним визначенням місця встановлення трансформаторної підстанції. Запропонована математична модель, яка у разі її формалізації дозволить визначити оптимальне місце встановлення ТП.

В процесі вирішення технічних моментів синтезу системи електропостачання було обрано електротехнічне обладнання та комутаційно-захисна апаратура українського виробництва. Розрахунки показали, що для забезпечення надійності електропостачання кар'єру доцільним є встановлення на трансформаторній підстанції двох трансформаторів марки ТМ потужністю 1600 кВА кожен. Якісна комутація та захист ліній запропоновано виконувати на базі автоматів серії ВА на відповідні струми та з комбінованими розчеплювачами.

Для забезпечення надійної роботи високовольтної частини підстанції було обрано наступне електрообладнання: вимикачі навантаження типу ВНПу-6/400-10зПУЗ, роз'єднувачі серії SL 400 типу SL2- 3X3/A, автоматичні вимикачі на шинах 0,4 кВ ТП, серії Тем Power 2 типу AR440S, пристрої обліку активної і реактивної енергії типу CE300 та LZQM відповідно та ін..

В одному з розділів магістерської кваліфікаційної роботи досліджено актуальні питання, що складають основу безпечної та надійної експлуатації електричних мереж та захисту експлуатаційного персоналу підстанції, а саме синтезовано заземлюючі пристрої живлячої підстанції. Вибраний матеріал та конфігурація пристроїв заземлення, приведені числові аналітичні розрахунки

комплексної системи заземлення, яка гарантує безпечну експлуатацію обладнання підстанції. Поряд з цим виявлено та враховано негативний вплив блукаючих струмів на роботу обладнання задіяного у виконанні технологічного процесу видобування граніту. Описана природа виникнення блукаючих струмів та подані стислі рекомендації про способи та методи їх усунення. Показані типові схеми та конструкції катодного захисту.

## Список використаних джерел

1. Визначення класу наслідків (відповідальності) будівель і споруд (ДБН 8855-2019).
2. Правила улаштування електроустановок, 2017р., 617 с
3. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник з дисципліни «Електропостачання». – Вінниця: ВДТУ. 2005. – 140с.
4. В.В. Бондарець, О.М. Кравець. Оптимізація проектування систем електропостачання гранітних кар'єрів. Матеріали ЛІІ науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2024). Збірник наукових праць [Електронний ресурс], Вінниця: ВНТУ, 2023. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2024/paper/view/19612/16233>.
5. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, ІДТ) Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання.
6. Підтримка MS Office [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://office.microsoft.com/uk-ua/support>
7. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник з дисципліни «Електропостачання». – Вінниця: ВДТУ. 2005. – 140с.
8. Конспект лекції з дисципліни САПР СЕП.
9. Руководство Mathcad [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.exponenta.ru/soft/Mathcad>
10. Каталог автоматичних вимикачів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php>
11. Кабельно-провідникова продукція [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189>
13. Експлуатація освітлювальних установок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://life-prog.ru/ukr/1\\_954\\_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html](http://life-prog.ru/ukr/1_954_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html)



14. Bhim Singh, Sabha Raj Arya, „Design and control of a DSTATCOM for power quality improvement using cross correlation function approach”, *International Journal of Engineering, Science and Technology*, Vol. 4, No.1, p. 74–86, 2012.
15. Nguyen Van Minh; Bach Quoc Khanh; Pham Viet Phuong, „Comparative simulation results of DVR and D-STATCOM to improve voltage quality in distributed power system”, in *2017 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)*. IEEE Conference Publications, 2017, p.196 – 199.
16. Dinh-Nhon Truong; Van-Thuyen Ngo; Mi-Sa Nguyen Thi, „Voltage stability enhancement of the Bac Lieu wind power system connected to power grid using a STATCOM”, in *2017 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)*. IEEE Conference Publications, 2017, p. 160 – 164.
17. Daorong Lu; Jiangfeng Wang; Jianhui Yao; Sen Wang; Jianxin Zhu; Haibing Hu; Li Zhang, „Clustered Voltage Balancing Mechanism and Its Control Strategy for Star-Connected Cascaded H-Bridge STATCOM”, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. IEEE Journals & Magazines, Vol. 64, Iss. 10, p. 7623 – 7633, 2017.
18. Yonglei Zhang; XiaoJie Wu; Xibo Yuan, „A Simplified Branch and Bound Approach for Model Predictive Control of Multilevel Cascaded HBridge STATCOM”, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 64, Iss. 10, p. 7634 – 7644, 2017.
19. Nguyen Huu Vinh; Le Kim Hung; Nguyen Hung, „Hybrid damping controller for STATCOM to enhance power quality in multi-machine system”, in *2017 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)*. IEEE Conference Publication, 2017, p. 140 – 143.
20. Saleh Ziaeinejad; Ali Mehrizi-Sani, „Design Tradeoffs in Selection of the DC-Side Voltage for a D-STATCOM”, *IEEE Transactions on Power Delivery*. IEEE Early Access Articles, Vol. PP, Iss. 99, p. 1, 2017.
21. Xuefeng Ge; Feng Gao, „Flexible Third Harmonic Voltage Control of Low Capacitance Cascaded H-Bridge STATCOM”, *IEEE Transactions on Power Electronics*. IEEE Early Access Articles, Vol. PP, Iss. 99, p. 1 – 1, 2017.
22. Arvind R. Singh; Nita R. Patne; Vijay S. Kale; Piyush Khadke, „Digital impedance pilot relaying scheme for STATCOM compensated TL for fault phase classification with

- fault location”, IET Generation, Transmission & Distribution, Vol. 11, Iss. 10, p. 2586 – 2598, 2017.
23. Abayomi A. Adebiji; K. T. Akindeji, „Investigating the effect of Static Synchronous Compensator (STATCOM) for voltage enhancement and transmission line losses mitigation”, in 2017 IEEE PES PowerAfrica. IEEE Conference Publications, 2017.
24. М. П. Охорона праці : Лабораторний практикум / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець – К. : Основа, 1998. – 224 с.
25. Єдина тарифна сітка розрядів і коефіцієнтів з оплати праці працівників установ та організацій окремих галузей бюджетної сфери. Режим доступу: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/ST000596.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/ST000596.html)
26. Закон України «Про Державний бюджет України на 2014 рік» та зміни до додатка № 3 до Закону України "Про Державний бюджет України на 2016 рік" щодо державної підтримки державних вугледобувних підприємств. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1063-19#n2>
27. ДБН А.2.5-23:2010, Проектування електрообладнання об’єктів цивільного призначення
28. Закон України «Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії» Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0311874-18#Text>
29. Методичні вказівки до виконання розділу з охорони праці в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього ступеня магістра за спеціальностями 153, 163, 171 і 172 / Уклад.: С. В. Дембіцька, І. М. Кобилянська, О. В. Кобилянський. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 51 с.
30. Кобилянський О. В., Кобилянська І.М., Яблочников С.Л. Основи охорони праці. – Вінниця: Планер, 2007. – 171 с.
31. Кобилянський О. В. Охорона праці при експлуатації електроустановок. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 125 с.
32. Кобилянський О. В. Охорона праці у галузі. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 139 с.
33. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 1. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 183 с.
34. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 2. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 171 с.

35. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=58073](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073).
36. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.
37. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.
38. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
39. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
40. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
41. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
42. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
43. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

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

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

## Додатки

Додаток А – Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕМ

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

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТУРБІВСЬКОГО  
ГРАНІТНОГО КАР'ЄРУ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Кравець О.М.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ-22м

Бондарець В.В.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Вінниця 2023 р.

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

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 247 від 18.09.2023р.

Дата початку роботи 19.09.2023р.

Дата закінчення роботи 04.12.2023р.

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

а) мета: оптимізувати систему електропостачання Турбівського гранітного кар'єру.

б) призначення розробки: виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР: генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення.

## 3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Терешкевич Л.Б., Демов О.Д., Шулле Ю.А. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Вінниця: ВНТУ, 2016 р.

3.2 Лисенко Г.Л., Буда А.Г., Обертюх Р.Р. Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті. Вінниця: ВНТУ, 2006 р.

3.3. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Вінниця: ВНТУ, 2005 р.

3.4 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. X : Міненерговугілля України, 2017 р.

#### 4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для проектування	1.09.23	17.09.23
4.2 Проведення необхідних розрахунків	17.09.23	20.10.23
4.3 Розробка робочих креслень	20.10.23	17.11.23
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	17.11.23	4.12.23

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

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

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

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

#### 7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

##### 7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

#### 8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається



## Додаток Б – Вихідні дані

## 1.2 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика

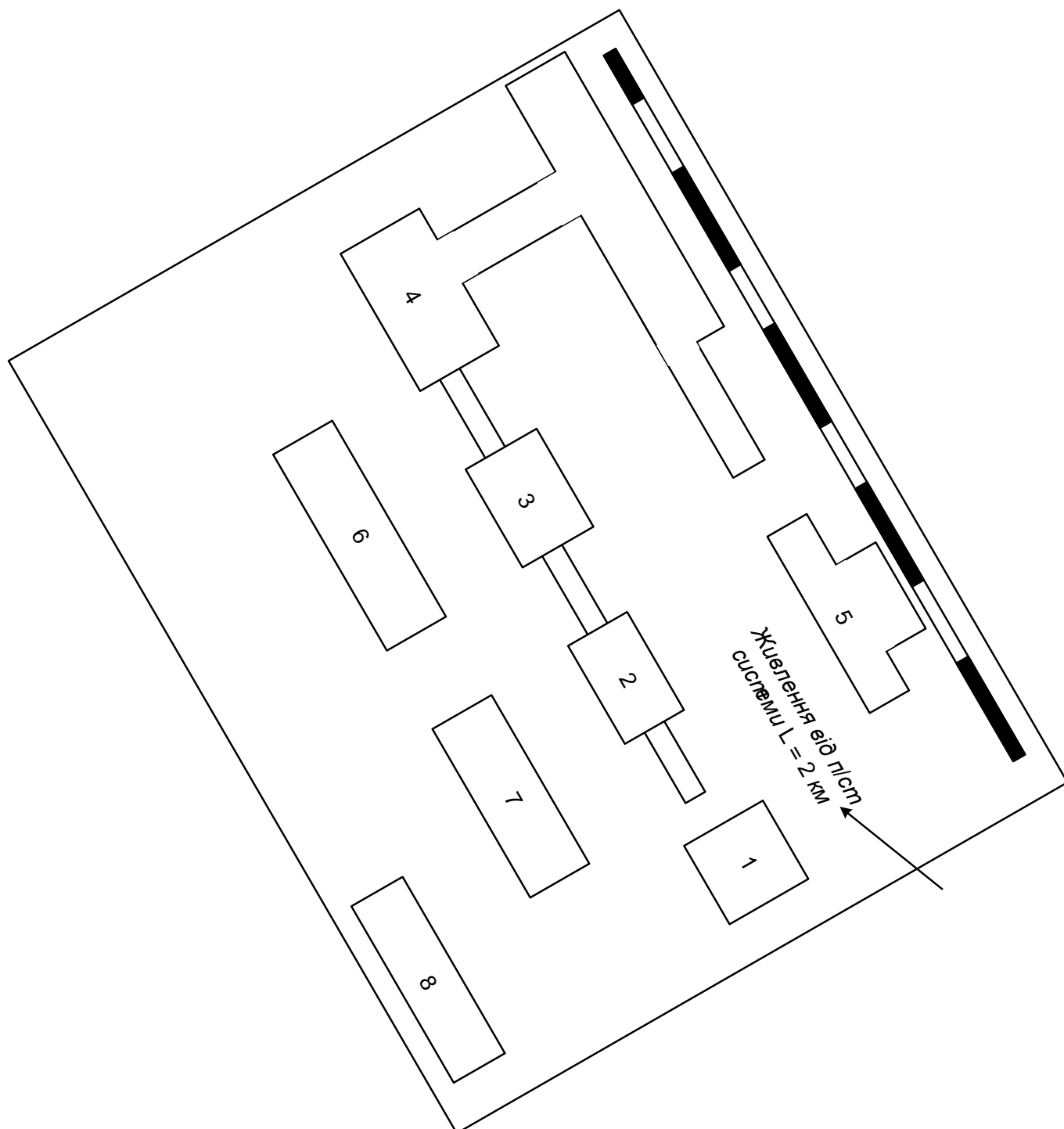


Рисунок 1.3– Генплан Турбівського гранітного кар'єру.

Таблиця 1.1 – Інформація про потужності навантаження кар'єру.

Вузли живлення ЕП	$P_n$
1. Корпус №1	565
2. Корпус №2	275
3. Корпус №3	226
4. Корпус №4	510
5. Механічний цех	85
6. Гараж	145
7. Котельня	40
8. Погрузочний цех	156

Данні для розрахунку виробничого корпусу №3, Турбівського гранітного кар'єру:

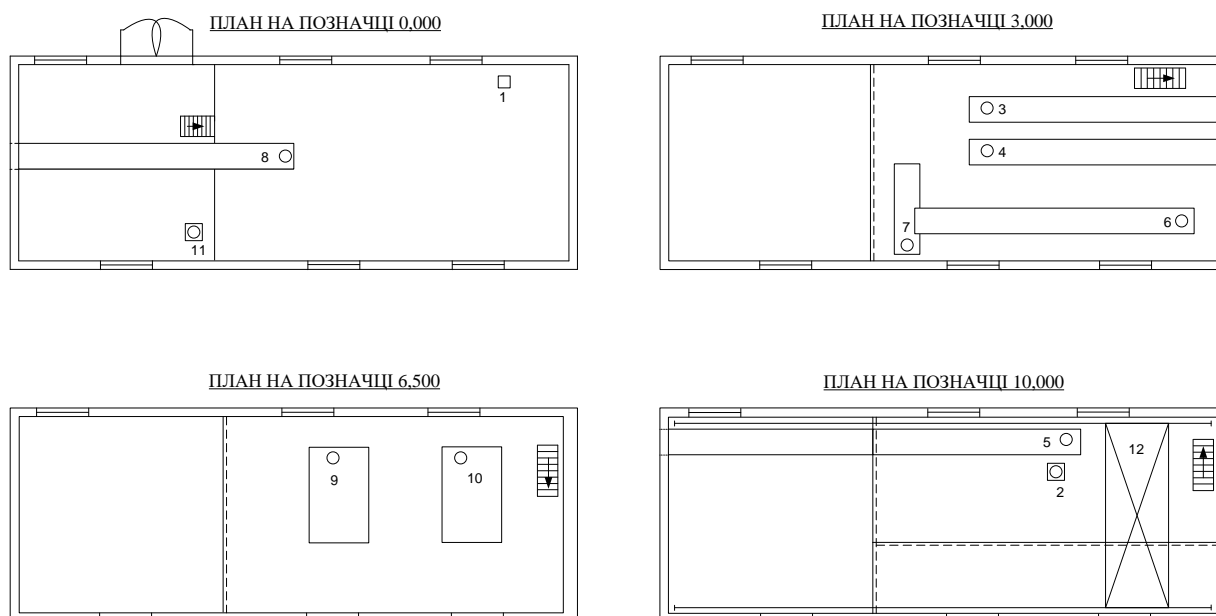


Рисунок 1.4 - План виробничого корпусу

Таблиця 1.2 - Відомості про електричні навантаження виробничого корпусу

№3

№ на плані	Назва цеху	$P_n$ , кВт
1	Зварювальний апарат	5
3, 4-8, 10	Конвеєр	117
3	Вентиляційна установка	30
9, 10	Грохот	40,5
2	Гідротолкач	1,5
12	Мостовий кран	32

Додаток В – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: оптимізація системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

факультет електроенергетики та електромеханіки  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unicheck**

Оригінальність 95,12% Схожість 4,88%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку \_\_\_\_\_  
(підпис)

Лобода Ю.В.  
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Бондарець В.В.  
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Кравець О.М.  
(прізвище, ініціали)

Додаток Г – Ілюстративна частина

# Оптимізація системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру

Виконав: студент 2-го курсу , групи ЕСЕ-22м

Освітня програма:

“ Електротехнічні системи електроспоживання»

Спеціальність 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханік

\_\_\_\_\_ Бондарець В.В. \_\_\_\_\_

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

\_\_\_\_\_ Кравець О.М. \_\_\_\_\_

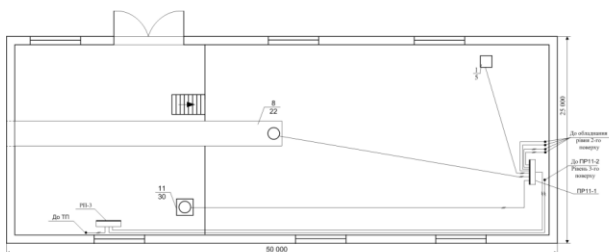
## Додаток Г – Ілюстративна частина (продовження)

- **Актуальність теми:** проектування та впровадження сучасних систем електропостачання промислових підприємств повинно базуватися на прийнятті оптимальних рішень, що стосуються практично всіх елементів, які є складовими будь-яких енергетичних систем. Цим актуальним питанням присвячена дана магістерська кваліфікаційна робота, що передбачає оптимізаційні заходи для підвищення ефективності функціонування систем електропостачання на початку створення енергоефективного технологічного процесу підприємств.
- **Мета роботи:** оптимізація процесу прийняття проектних рішень при створенні сучасної системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру.
- **Об'єкт дослідження:** система електропостачання Турбівського гранітного кар'єру.
- **Предмет дослідження:** техніко-економічні характеристики системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру та їх оптимізація.
- **Задача дослідження:** головними задачами магістерської кваліфікаційної роботи є використання та впровадження оптимізаційних рішень, що сприяють підвищенню енергоефективності технологічного процесу видобутку гранітів та складають основу системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру.
- **Наукова новизна:** полягає у використанні сучасних методів проектування систем електропостачання підприємств видобувної галузі та їх оптимізації з метою підвищення експлуатаційних та безпечних характеристик функціонування основних елементів електротехнічного обладнання, що складають основу забезпечення надійності та безперебійності електропостачання.

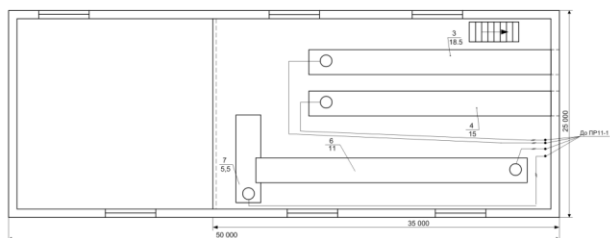
## Додаток Г – Ілюстративна частина (продовження)

План розміщення електрообладнання цеху №3

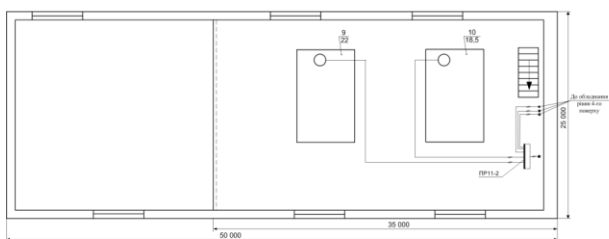
ПЛАН НА ПОЗНАЧЦІ 0,000



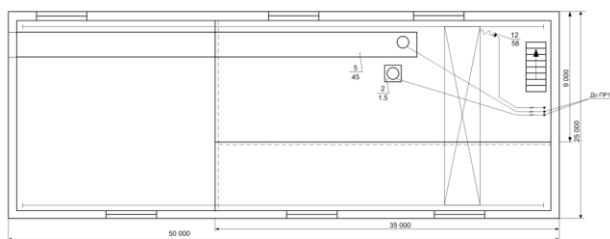
ПЛАН НА ПОЗНАЧЦІ 3,000



ПЛАН НА ПОЗНАЧЦІ 6,500



ПЛАН НА ПОЗНАЧЦІ 10,000



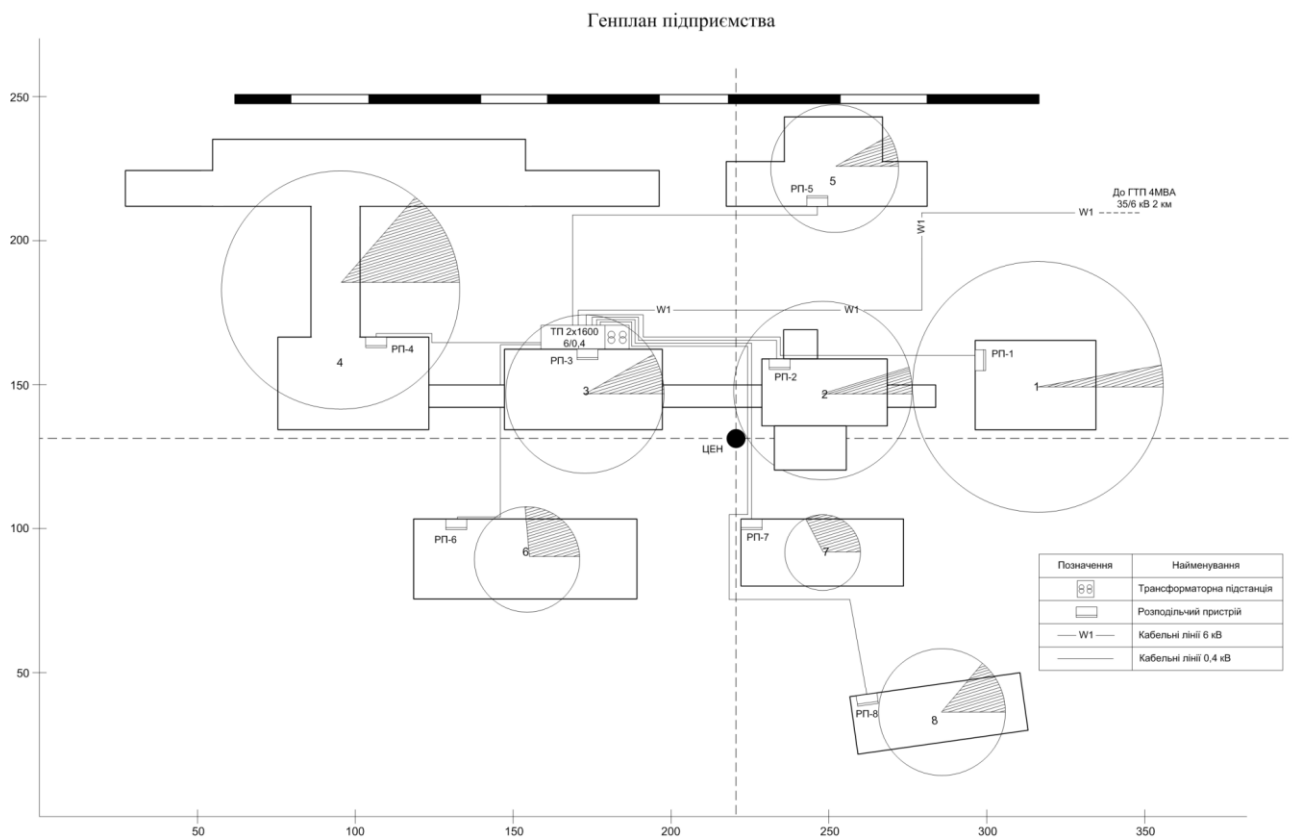
Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1	Електрокабельний апарат	1	
2	Гарячоточка	1	
3 - 6	Конвертери	6	
9, 10	Гарячки	2	
11	Кабельна установка	1	
12	Мостовий кран	1	

## Додаток Г – Ілюстративна частина (продовження)

Розрахунково – монтажна таблиця

РП - 3	Тип вимикача	$I_{н. А}$	$I_{н. роз. А}$	$I_{ср. А}$	$I_{н. А}$	L, м	Кабель	$I_{доп. А}$	ПР-11	Тип вимикача	$I_{н. А}$	$I_{н. роз. А}$	$I_{ср. А}$	$I_{н. А}$	$I_{н. А}$	L, м	Кабель	Спосіб прокладання	$I_{доп. А}$	Споживач	№	К - сть	Назва споживача	
	ВА 51-35	250	200	1400	107	55	АВВГ 3х95+1х50	204	ПР-11-1	ВА 51-25	25	10	70	7,6	38	13	АПВ 3х2,5+1х1,5	В стальных рукавах	16	○	1	1	Зварювальний апарат	
										ВА 51-31	100	40	280	28,1	140,7	60	АПВ 3х10+1х6	В стальных рукавах	40	○	3	1	Конвеєр	
										ВА 51-31	100	31,5	220,5	22,8	114,1	53	АПВ 3х10+1х6	В стальных рукавах	40	○	4	1	Конвеєр	
										ВА 51-25	25	20	140	16,7	83,7	42	АПВ 3х4+1х2,5	В стальных рукавах	20	○	6	1	Конвеєр	
										ВА 51-25	25	10	70	8,4	41,8	48	АПВ 3х2+1х1,5	В стальных рукавах	12	○	7	1	Конвеєр	
										ВА 51-31	100	40	280	33,5	167,3	32	АПВ 3х10+1х6	В стальных рукавах	40	○	8	1	Конвеєр	
										ВА 51-31	100	63	441	45,6	228,2	54	АВВГ 3х16+1х10	В стальных рукавах	59	○	11	1	Вентиляційна установка	
										ПР-11-2	ВА 51-31	100	40	280	33,5	167,3	34	АПВ 3х10+1х6	В стальных рукавах	40	○	9	1	Грохот
										ВА 51-31	100	40	280	28,1	140,7	32	АПВ 3х10+1х6	В стальных рукавах	40	○	10	1	Грохот	
										ВА 51-31	100	80	560	68,5	342,3	36	АВВГ 3х25+1х16	В стальных рукавах	88	○	5	1	Конвеєр	
										ВА 51-25	25	6,3	44,1	2,3	11,4	34	АПВ 3х2+1х1,5	В стальных рукавах	12	○	2	1	Гідротоліач	
										ВА 51-25	100	63	441	48,7	243,4	29	АВВГ 3х16+1х10	В стальных рукавах	67	○	12	1	Мостовий кран	

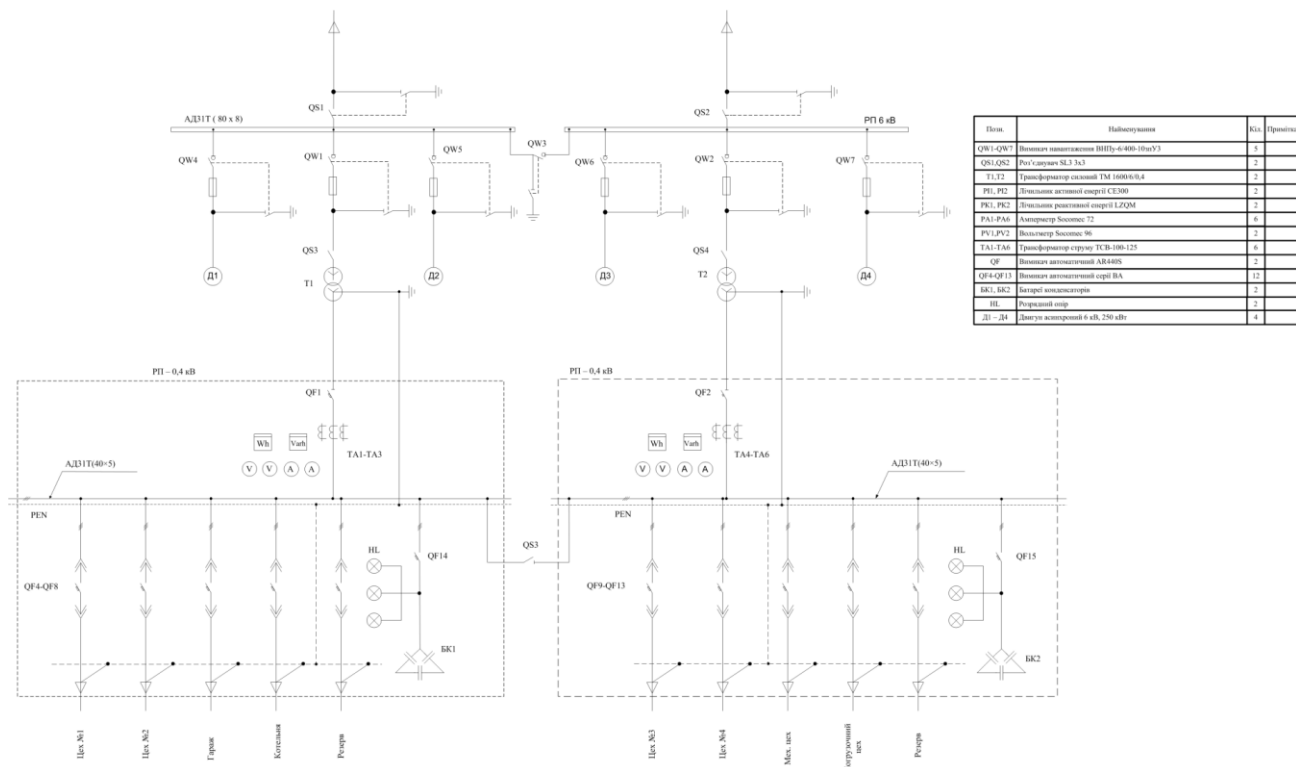
## Додаток Г – Ілюстративна частина (продовження)





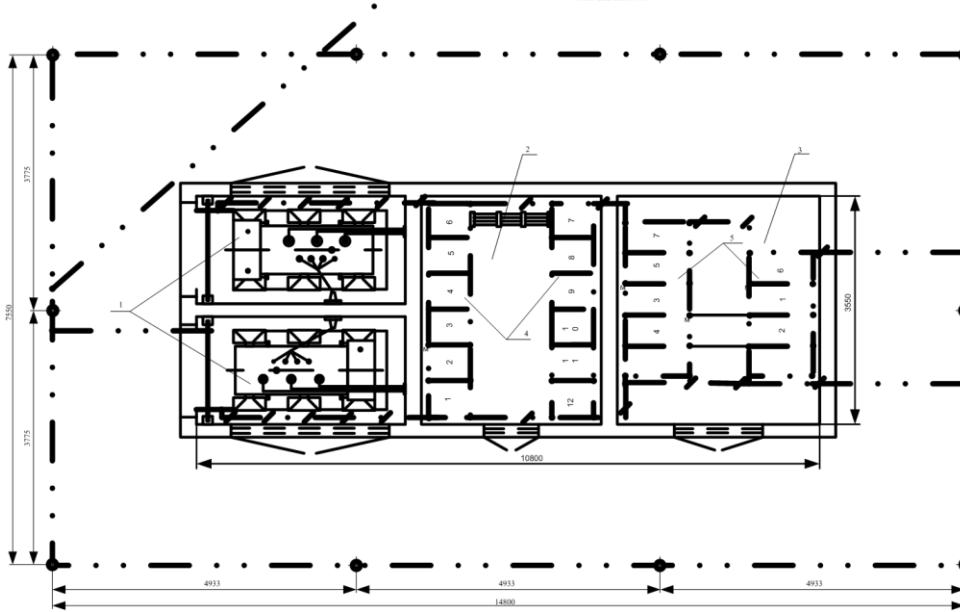
## Додаток Г – Ілюстративна частина (продовження)

Однолінійна схема електричних з'єднань



## Додаток Г – Ілюстративна частина (продовження)

План заземлення ПП



- Указні позначення**
- Вертикальний заземлювач (сталевої сталі діаметром  $\varnothing 12 \text{ мм}$ ;  $l = 5 \text{ м}$ )
  - Внутрішній контур заземлення
  - Металоконструкції, котрі заземлюються
  - Зовнішній контур заземлення

- Пояснення:**
1. Заземлювачі пристрої виконують у відповідності з п. 6.6 ПЗ.
  2. Зовнішній опір заземлювального контуру не повинен перевищувати 4 Ом; цей опір має бути забезпечений у будь-яку пору року.
  3. Заземлення металоконструкцій під електроустановку здійснюється відлученнями від основних металопанелей і виконується сталюю перемізом 25x4 мм.
  4. В ПП та у приміщенні щитової у місцях металопанелей заземлення виконуються за допомогою кутників для встановлення квант РСО та панелей ЩО-70М щита 0,4 кВ.

**Специфікація на матеріал**

№	Назва	Мат. код				Примітка
		г	д	ж	з	
<b>I Внутрішній контур заземлення</b>						
1	Сталь стрічкова	24	М	0	28	А. Т.С.С.Т. 103-57
<b>II Зовнішній контур заземлення</b>						
2	Електрокабель	4	Т	8	1	А. Т.С.С.Т. 103-57
3	Сталь стрічкова	24	М	0	28	А. Т.С.С.Т. 103-57

№	Позначення типу виробу	Найменування	к-ть	Примітка
1	ТМ-1600/6	Силовий трансформатор	2	
2		Розподільний пристрій 0,4 кВ	1	
3		Розподільний пристрій 6 кВ	1	
4	ЩО-70М	Панель 0,4 кВ	2	
5	КСО-272	Панель 6 кВ	1	

## Додаток Г – Ілюстративна частина (продовження)

## Техніко-економічні показники підприємства

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	$E_a$	6044000,00	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	$E$	6118661,57	кВт·год
Плата за електроенергію	$\Pi$	33652638,65	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	$C_{\Pi}$	959730,50	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	34612369,16	грн
Собівартість електроенергії	$S$	572,67	коп/кВт·год

## Додаток Г – Ілюстративна частина (продовження)

- 
- Магістерська кваліфікаційна робота була присвячена вирішенню основних питань синтезу системи електропостачання Турбівського гранітного кар'єру та її оптимізації. В рамках цього були вирішені питання щодо визначення величин розрахункових навантажень всього кар'єру та окремих його складових, що забезпечують якісне виконання технологічного процесу видобутку граніту.
- Запропонована оптимальна система живлення електроприймачів кар'єру та обґрунтовано її схемна реалізація у вигляді радіальної електричної мережі.
- Обґрунтована методика визначення центру електричних навантажень з оптимальним визначенням місця встановлення трансформаторної підстанції. Запропонована математична модель, яка у разі її формалізації дозволить визначити оптимальне місце встановлення ТП.
- В процесі вирішення технічних моментів синтезу системи електропостачання було обрано електротехнічне обладнання та комутаційно-захисна апаратура українського виробництва. Розрахунки показали, що для забезпечення надійності електропостачання кар'єру доцільним є встановлення на трансформаторній підстанції двох трансформаторів марки ТМ потужністю 1600 кВА кожен. Якісна комутація та захист ліній запропоновано виконувати на базі автоматів серії ВА на відповідні струми та з комбінованими розчеплювачами.
- Для забезпечення надійної роботи високовольтної частини підстанції було обрано наступне електрообладнання: вимикачі навантаження типу ВНПу-6/400-10зпУЗ, роз'єднувачі серії SL 400 типу SL2- 3X3/A, автоматичні вимикачі на шинах 0,4 кВ ТП, серії Tem Power 2 типу AR440S, пристрої обліку активної і реактивної енергії типу СЕ300 та LZQM відповідно та ін..
- В одному з розділів магістерської кваліфікаційної роботи досліджено актуальні питання, що складають основу безпечної та надійної експлуатації електричних мереж та захисту експлуатаційного персоналу підстанції, а саме синтезовано заземлюючі пристрої живлячої підстанції. Вибраний матеріал та конфігурація пристроїв заземлення, приведені числові аналітичні розрахунки комплексної системи заземлення, яка гарантує безпечну експлуатацію обладнання підстанції. Поряд з цим виявлено та враховано негативний вплив блукаючих струмів на роботу обладнання задіяного у виконанні технологічного процесу видобування граніту. Описана природа виникнення блукаючих струмів та подані стислі рекомендації про способи та методи їх усунення. Показані типові схеми та конструкції катодного захисту.