

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:

«Підвищення якості електропостачання «Спеціалізованого будівельно-монтажного управління №8» шляхом впровадження сучасних методів електромонтажних робіт»

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)

Саліонович О.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Войтюк Ю.П.

(прізвище та ініціали)

« 20 » 06 2024 р.

Опонент

доц. каф. ЕСЕ

доц. каф. ЕСЕ

Лосако В.О.

(прізвище та ініціали)

« 20 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« » 2024 р.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

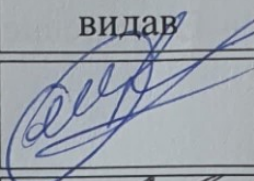
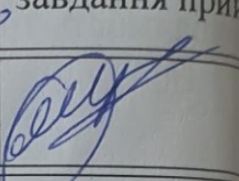
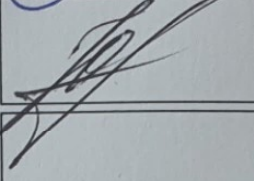
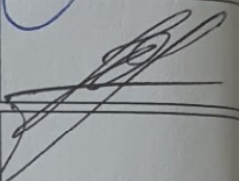
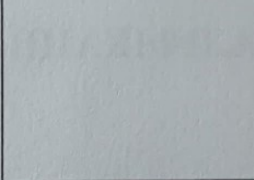
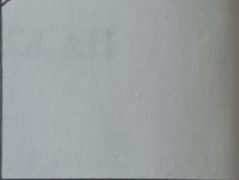
д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

«18» березня 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Саліонович Олег Миколайович

1. Тема роботи підвищення якості електропостачання «Спеціалізоване будівельно-монтажне управління №8» шляхом впровадження сучасних методів електромонтажних робіт, керівник Войтюк Юрій Петрович, к.т.н., доц., затверджені наказом по ВНТУ від «15» березня 2024 року, №81
2. Строк подання студентом роботи «15» червня 2024 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
 3. Підвищення якості електропостачання за рахунок впровадження сучасних технологій електромонтажних робіт.
 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

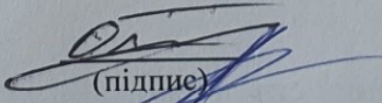
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання приймав
Спеціальний розділ роботи	Кравець О.М. доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н. доцент		
Економічна частина	Шулє Ю.А., доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., зав. кафедри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

7. Дата видачі завдання «18» вересня 2023 року

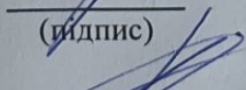
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Загальні відомості про підприємство	до 6.05.24	
2	Підвищення ефективності енерговикористання	до 10.05.24	
3	Вибір системи освітлення	до 15.05.24	
4	Інноваційні рішення та їх економічний розрахунок	до 25.05.24	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	до 15.05.24	

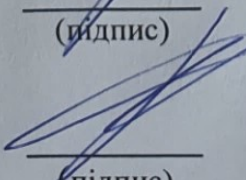
Студент


(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Саліонович О.М.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю. П.
(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:
« Підвищення якості електропостачання «Спеціалізованого будівельно-монтажного управління №8» шляхом впровадження сучасних методів електромонтажних робіт»

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)

Саліонович О.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Войтюк Ю.П.

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

Опонент _____

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

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.

«18» березня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ Саліонович Олег Миколайович

1. Тема роботи підвищення якості електропостачання «Спеціалізоване будівельно-монтажне управління №8» шляхом впровадження сучасних методів електромонтажних робіт, керівник Войтюк Юрій Петрович, к.т.н., доц., затверджені наказом по ВНТУ від «15» березня 2024 року, №81
2. Строк подання студентом роботи «15» червня 2024 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
 - 3. Підвищення якості електропостачання за рахунок впровадження сучасних технологій електромонтажних робіт.
 - 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	Шулє 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	до 6.05.24	
2	Підвищення ефективності енерговикористання	до 10.05.24	
3	Вибір системи освітлення	до 15.05.24	
4	Інноваційні рішення та їх економічний розрахунок	до 25.05.24	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	до 15.05.24	

Студент

(підпис)

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Нормоконтроль

(підпис)

Саліонович О.М.
(прізвище та ініціали)Войтюк Ю. П.
(прізвище та ініціали)Войтюк Ю. П.
(прізвище та ініціали)

УДК 621.311

АНОТАЦІЯ

Саліонович О.М. Підвищення якості електропостачання «Спеціалізоване будівельно-монтажне управління №8» шляхом впровадження сучасних методів електромонтажних робіт. Магістерська кваліфікаційна робота. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ФЕЕЕМ. Кафедра ЕСЕЕМ – Вінниця: ВНТУ, 2024 – 99с.

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

В магістерській кваліфікаційній роботі розглядаються питання підвищення якості електропостачання «Спеціалізоване будівельно-монтажне управління №8» шляхом впровадження сучасних методів та засобів ведення електромонтажних робіт, що впливає на надійне функціонування підприємства і підвищує «культуру» експлуатації системи електропостачання.

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

Рисунків: 38 Таблиць: 15 Бібліографій: 26

UDC 621.311

ANNOTATION

Salionovych O.M. Improving the quality of electricity supply "Specialized construction and installation management No. 8" by implementing modern methods of electrical installation works. Master's qualification work. Specialty 141 – Electrical engineering, electrical engineering and electrical mechanics. FEEEM. ECEEM Department - Vinnytsia: VNTU, 2024 - 99p.

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

The master's qualification work examines the issue of improving the quality of electricity supply "Specialized construction and installation management No. 8" through the implementation of modern methods and means of conducting electrical installation works, which affects the reliable functioning of the enterprise and improves the "culture" of operation of the electricity supply system.

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

Figures: 38

Tables: 15

Bibliography: 26

Зміст

Вступ	7
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО.....	9
1.1 Короткий опис технологічного процесу.....	9
1.2 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика.....	10
2. ОПТИМІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	12
2.1 Розрахунок електричних навантажень будівельно-монтажного управління №8.....	12
2.2 Оптимізаційні розрахунки щодо вибору та розміщенню ТП	17
2.3 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення	23
2.4 Визначення струму короткого замикання	26
2.5 Визначення оптимальних перерізів кабельних ліній 10 кВ	28
2.6 Визначення оптимальних координат розташування ЦРП на базі математичної моделі.....	30
2.7. Оптимальна компенсація реактивної потужності та вибір компенсувальних пристроїв 0,38 кВ.....	34
3. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ РОБІТ.....	39
3.1 Загальні відомості щодо виконання монтажних робіт при використанні кабелів з зшитого поліетилену.....	39
3.2 Розрахунок механічних зусиль живлячої лінії 10 кВ будівельно-монтажного управління №8.....	42
3.3 Покращення якості електропостачання споживачів підприємства за рахунок використання сучасних методів електромонтажних робіт в мережах 0,4 кВ.....	45
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ....	53
4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи.....	53
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання.....	56
4.3 Розрахунок поточних витрат.....	58
4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі.....	58

4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі.....	60
4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат	64
4.4. Розрахунок собівартості електроенергії.....	65
4.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію.....	65
4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії.....	67
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	70
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	70
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	70
5.1.2 Електробезпека	74
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	75
5.2.1 Мікроклімат.....	75
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	76
5.2.3 Виробниче освітлення.....	76
5.2.4 Виробничий шум.....	77
5.2.5 Фактори умов праці	78
5.3. Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	80
ВИСНОВКИ	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	87
ДОДАТКИ	90
ДОДАТОК А - ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	91
ДОДАТОК Б – ВИХІДНІ ДАНІ.....	94
ДОДАТОК В – ПРОТОКОЛ	95
ДОДАТОК Г – ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	96

ВСТУП

Актуальність теми: важливу роль в підвищенні якості електропостачання сучасних будівельно-монтажних управлінь займає підготовка електромонтажних засобів, що використовуються для індустріалізації електромонтажних робіт. Актуальність теми магістерської роботи полягає в розробці, удосконаленню та наданні рекомендацій, що стосуються пристосуванню технологічного процесу будівельно-монтажного управління до нового рівня використання сучасних електромонтажних технологій.

Мета роботи: підвищення якості електропостачання підприємства за рахунок використання сучасних методів та засобів ведення електромонтажних робіт, які задовольняють вимогам надійного та безперебійного електропостачання споживачів.

Об'єкт дослідження: система електропостачання спеціалізованого будівельно-монтажного управління №8.

Предмет дослідження: є використання індустріальних методів ведення електромонтажних робіт, що дозволять підвищити якість електропостачання технологічного процесу виготовлення різних металевих конструкцій.

Задача дослідження: основною задачею підвищення якості електропостачання є впровадження в процес проектування системи електропостачання та розподілу електричної енергії серед споживачів будівельно-монтажного управління сучасних технологій та методів монтажу окремих важливих елементів системи електропостачання з метою покращення її роботоздатності та ефективності, що приведе до підвищення економічних показників роботи підприємства.

Наукова новизна: полягає у використанні сучасних методів та оригінальних засобів ведення електромонтажних робіт, що обумовлюють підвищення якості електропостачання технологічних процесів з підготовки виробництва будівельно-монтажних організацій.

Практичне значення одержаних результатів: рішення, що прийняті в магістерській кваліфікаційній роботі дозволять підвищити якість

електропостачання, знизити витрати електричної енергії та створити конкурентоздатну систему електропостачання підприємства, основним напрямком якого є підготовка металевих конструкцій для електромонтажних робіт.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Короткий опис технологічного процесу.

Підприємство розташоване фактично на межі міста, поруч з промисловими об'єктами та цивільними спорудами, що обумовило оригінальність системи електропостачання, яка задовольняє потреби в електроенергії споживачів практично різних груп.

Основним видом продукції, яка виготовляється будівельно-монтажним управлінням є різноманітні металеві конструкції, що використовуються для електромонтажних робіт в інженерних спорудах та об'єктах цивільного призначення. До цих конструкцій відносяться різного типу електричні шафи для розподільчих пристроїв, елементи кріплень електротехнічного обладнання та джерел світла, а також пристосування з різного роду металу, що використовуються практично у всіх сферах промислового, сільськогосподарського та цивільного будівництва.

Металеві конструкції можуть бути виготовлені з різних металів та їх сплавів, мати різну геометричну форму.

В технологічному процесі виготовлення конструкцій використовуються різні способи обробки металів: зварювання, штамповка, клепання та їх комбінація.

За конструктивною формою готові металеві конструкції поділяють на: стаціонарні металоконструкції - статичні, які монтуються для тривалого використання у сталій формі; збірно-розбірні металоконструкції, що складаються із з'єднаних окремих елементів та трансформовані (універсальні) металоконструкції, чиї розмір та форма можуть бути змінені.

Технологічний процес будівельно-монтажного управління побудований таким чином, що може забезпечити виготовлення метало конструкцій різної класифікації за функціональним призначенням:

будівельні (каркасні) металоконструкції - елементи каркасу та даху споруд (колони, ферми, стійки, балки, ригелі, зв'язки, прогони тощо);

легкі сталеві тонкостінні металоконструкції в тому числі холодно гнуті

оцинковані профілі для зведення швидкомонтованих споруд;

антенно-щоголові металоконструкції для зведення щогл блискавки захисту та його елементів, опор ліній електропередач тощо;

нестандартні металоконструкції — виготовляються за індивідуальним замовленням, призначені для конкретного використання, визначеного замовником.

В окремих випадках по замовленню підприємство виконує проектування металоконструкцій, що є важливим етапом досягнення якості подальшого монтажу та зменшення вартості кошторису споруд.

Фахівці будівельно-монтажного управління №8 мають необхідну кваліфікацію та досвід роботи з розробки проектів споруд різного типу на основі металевих каркасів.

Вся продукція, яка виготовляється на підприємстві відповідає будівельним нормам та нормативним документам, що забезпечує повне виконання технічного завдання замовника.

Проектування металоконструкцій виконується на сучасному комп'ютерному обладнанні з використанням систем автоматизованого проектування та 3D-моделювання, що дає можливість перевірити надійність майбутньої споруди до початку будівництва і уникнути завищення матеріаломісткості та вартості виробу.

1.2 Відомості про електроспоживачів та їх характеристика

Вихідними даними для створення якісної системи електропостачання за основу прийнято генеральний план управління, що наведений на рисунку 1.1.

Відомості про електричні навантаження управління наведені в таблиці 1.1.

Зовнішнє живлення управління відбувається від підстанції «Північна» Вінницьаобленерго, що знаходиться на відстані 0,350 км.

Потужність короткого замикання зі сторони 10 кВ підстанції «Північна» - $S_{кз}=50$ МВА.

Вхідна реактивна потужність - $Q_{вх}=345$ квар.

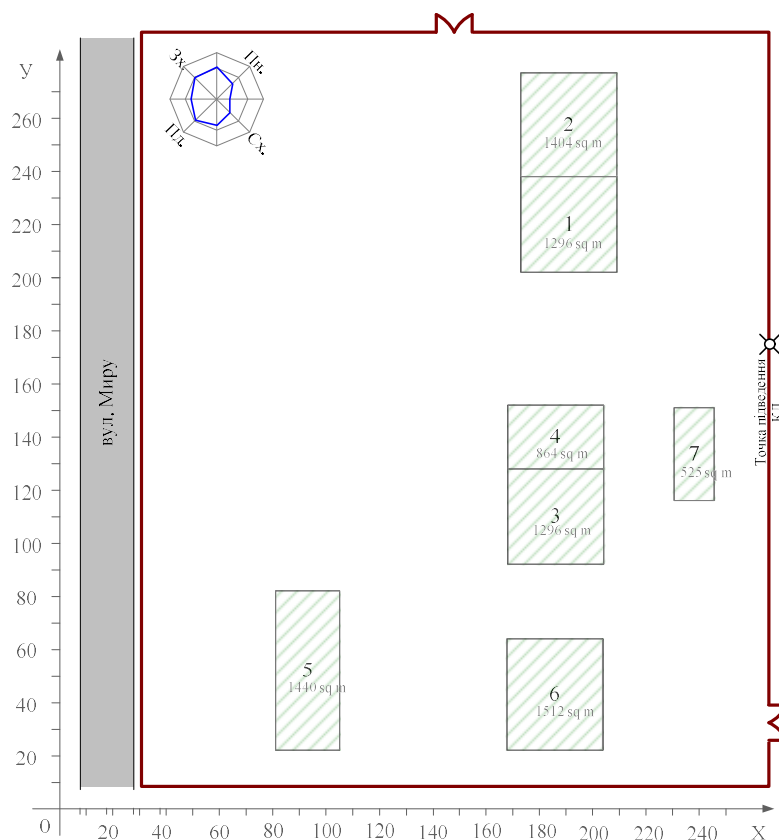


Рисунок 1.1 - Генплан «Спеціалізоване будівельно-монтажне управління №8»

Таблиця 1.1 - Відомості про електричні навантаження управління

№	Найменування	P_n , кВт
1	Заготівельний цех	500
2	Виробничий цех №1	360
3	Зварювальний цех	400
4	Цех підготовки виробництва	210
5	Виробничий цех №2	130
6	Цех готової продукції	250
7	Котельня	240

2. ОПТИМІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розрахунок електричних навантажень будівельно-монтажного управління №8

Розрахунок та оптимізація системи електропостачання підприємства передбачає в першу чергу визначення електричних навантажень підприємства. Сучасні методики, що забезпечують визначення розрахункових навантажень, базуються на використанні елементів систем автоматизованого проектування (САПР). Такий підхід, на нашу думку, дозволяє забезпечити створення систем електропостачання відповідної якості та пришвидшити виконання необхідних розрахунків, які виконуються на базі адекватних математичних моделей та отримати принципово ефективні рішення. Методики, які покладені в основу САПР описанні та доведені до проектного рівня у [3].

Створення оптимальної системи електропостачання, що забезпечить якісне живлення споживачів відповідальних за технологічний процес підприємства в значній мірі залежить від коректного визначення розрахункових навантажень всього будівельно-монтажного управління. При розрахунках потрібно мати на увазі, що розрахункові навантаження повинні враховувати як силове навантаження підприємства так і навантаження освітлення. У зв'язку з цим представимо необхідні розрахункові формули, які врахують вище зроблене зауваження. Акцентуємо увагу на тому, що представлені формули будуть відображати наближений спосіб визначення електричних навантажень, які прийняті в загальній проектній практиці.

Наведемо деякі розрахункові формули, які покладено в основу алгоритму визначення розрахункових навантажень з використанням електронних таблиць Excel, що входять в складову САПР.

Активної потужності електричного освітлення i -того цеху визначається за:

$$P_{poi} = K_{noi} \cdot F_i \cdot p_{numi} \cdot k_{nра}, \quad (2.1)$$

Відповідна реактивна складова потужності освітлення визначиться за:

$$Q_{poi} = K_{noi} \cdot F_i \cdot p_{numi} \cdot k_{nра} \cdot tg_o, \quad (2.2)$$

де K_{noi} - коефіцієнт попиту освітлення;

F_i - площа певного цеху, м²;

p_{numi} - питома густина освітлення, кВт/м²;

$k_{nра}$ - коефіцієнт, що відповідає втратам потужності в апаратурі пуску;

tg_o - коефіцієнт реактивної потужності освітлення.

Силове середнє активне навантаження і-того цеху визначається за:

$$P_{ci} = K_{vi} \cdot P_{номi} + P_{poi}, \quad (2.3)$$

де $P_{номi}$ - сумарна номінальна потужність споживачів, що встановленні в і-тому цеху, кВт;

K_{vi} - коефіцієнт використання навантаження і-того цеху.

Середнє реактивне навантаження цеху враховується за виразом:

$$Q_{ci} = P_{ci} \cdot tg\varphi_i, \quad (2.4)$$

де $tg\varphi_i$ - коефіцієнт реактивної потужності певного цеху.

З (2.3 та 2.1) визначається повне середнє змінне навантаження і-того цеху:

$$S_{ci} = \sqrt{P_{cmi}^2 + Q_{cmi}^2}. \quad (2.5)$$

Враховуючи навантаження освітлення, повне активне розрахункове навантаження визначиться за:

$$P_{pi} = K_{ni} \cdot P_{номi} + P_{poi}, \quad (2.6)$$

де K_{ni} - коефіцієнт попиту використання навантаження і-того цеху

Повне реактивне розрахункове навантаження з урахуванням освітлювальних установок визначиться як:

$$Q_{pi} = K_{ni} \cdot P_{номi} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + Q_{poi}. \quad (2.7)$$

Використовуючи (2.6, 2.7) визначається повне розрахункове навантаження конкретного цеху:

$$S_{pi} = \sqrt{P_{pi}^2 + Q_{pi}^2}. \quad (2.8)$$

Базуючись на (2.8) значення розрахункового струму і-того цеху буде:

$$I_{pi} = \frac{S_{pi}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (2.9)$$

де $U_{ном}$ - номінальна напруга, кВ.

На базі наведених виразів визначаються розрахункові навантаження всіх цехів, що знаходяться на території будівельно-монтажного управління:

$$P_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^N P_{ci}; \quad (2.10)$$

$$Q_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^N Q_{ci}; \quad (2.11)$$

$$P_{p\Sigma} = \left(\sum_{i=1}^N P_{номi} \cdot k_m \right) \cdot K_o + P_{po\Sigma}; \quad (2.12)$$

$$Q_{p\Sigma} = \left(\sum_{i=1}^N P_{номі} \cdot k_{Pi} \cdot tg_{\varphi i} \right) \cdot K_o + Q_{ро\Sigma} ; \quad (2.13)$$

де $P_{c\Sigma}$, $P_{p\Sigma}$ - значення сумарної середньої та розрахункової активної потужності підприємства, кВт;

$Q_{c\Sigma}$, $Q_{p\Sigma}$ - значення сумарна середня та розрахункової реактивної потужності підприємства, квар;

K_o - коефіцієнт одночасності, що характеризує максимуми навантаження.

Повне сумарне навантаження:

$$S_{c\Sigma} = \sqrt{P_{c\Sigma}^2 + Q_{c\Sigma}^2} ; \quad (2.14)$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} , \quad (2.15)$$

де $S_{c\Sigma}$, $S_{p\Sigma}$ - повне середнє та розрахункове навантаження підприємства;

Загальний струм, що відповідає (2.15):

$$I_{p\Sigma} = \frac{S_{p\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} . \quad (2.16)$$

Результати розрахунків електричного навантаження будівельно-монтажного управління, які відповідають наведеному алгоритму, представленні в таблиці 2.1, з якої видно, що повна середня потужність підприємства складає $S_{сум} = 1485,49$ кВА, а повна розрахункова потужність складає $S_{рсум} = 1567,4$ кВА.

Таблиця 2.1 - Розрахунок навантаження управління №8

№	Цех	Pн, кВт	cos	tg	Кп	Кв	Світло							Середні нав-ня			Розрах. нав-ня			Ко=	0,95
							Площа, м^2	Кп0	Рпит, Вт/м^2	Кпра	tg0	Qm0, квар	Pr0, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	Pr, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Ip, А	p0, кВА/м^2
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Заготівельний цех	500	0,8	0,75	0,52	0,46	1296	0,9	0,02	1,3	0,43	13,04	30,33	260,33	185,54	319,68	290,33	208,04	357,17	542,66	0,28
2	Виробничий цех №1	360	0,65	1,169	0,46	0,41	1404	0,8	0,016	1,1	0,43	8,50	19,77	167,37	181,06	246,57	185,37	202,11	274,24	416,67	0,20
3	Зварювальний цех	400	0,8	0,75	0,54	0,49	1296	0,6	0,01	1,2	0,43	4,01	9,33	205,33	151,01	254,88	225,33	166,01	279,88	425,24	0,22
4	Цех підготовки виробництва	210	0,65	1,169	0,53	0,48	864	1	0,01	1,2	0,43	4,46	10,37	111,17	122,31	165,28	121,67	134,58	181,43	275,65	0,21
5	Виробничий цех №2	130	0,6	1,333	0,51	0,45	1440	0,6	0,01	1,2	0,43	4,46	10,37	68,87	82,46	107,43	76,67	92,86	120,42	182,96	0,08
6	Цех готової продукції	250	0,65	1,169	0,56	0,5	1512	0,85	0,016	1,1	0,43	9,73	22,62	147,62	155,87	214,68	162,62	173,40	237,73	361,19	0,16
7	Котельня	240	0,7	1,02	0,57	0,52	525	0,75	0,012	1,2	0,43	2,44	5,67	130,47	129,76	184,01	142,47	142,00	201,15	305,62	0,38
	Всього по підприємству	2090					8337					46,63	108,45	1091,15	1008,01	1485,49	1149,65	1065,39	1567,40	2381,42	0,19

2.2 Оптимізаційні розрахунки щодо вибору та розміщенню ТП

Прийняття оптимальних рішень буде базуватися на використанні наступної математичної моделі, яка відображає досягнення оптимального пошукового значення за визначеним критерієм та з забезпеченням виконання всіх необхідних для цього обмежень.

$$\left\{ \begin{array}{l} K(x^*) \rightarrow opt \\ x^* \in X \end{array} \right\}, \quad (2.17)$$

де K – прийнятий критерій оптимальності

x^* - оптимальне рішення;

X – допустимі значення можливих рішень;

З наведеної математичної моделі видно, що визначення оптимального рішення залежить від обраного критерію оптимальності та необхідних обмежень, які в комплексі адекватно опишуть процес вибору та розміщення трансформаторних підстанцій.

Сформулюємо основні вимоги, які потрібно врахувати при розв'язку поставленої оптимізаційної задачі.

В якості критерію ефективності при виборі трансформаторів ТП доцільно використати річні приведені затрати в підстанцію, а також врахувати, що кількість стандартних значень потужностей трансформаторів не повинна перевищувати дві. Оптимальна ступінь потужності трансформаторів, що будуть встановлені на підстанціях визначається за значенням питомої густини навантаження.

Основне виробництво будівельно-монтажного управління відноситься до споживачів другої категорії електропостачання. У зв'язку з цим, для забезпечення надійності роботи системи електропостачання трансформаторні підстанції повинні комплектуватися двома трансформаторами.

Питома густина навантаження складає $\Sigma p_0 = 0,19$ кВА/м². Це свідчить про те, що потужність трансформаторів, які живлять споживачів цеху повинно бути не більше 1000 кВА.

Виходячи з аналізу технологічного процесу та споживачів підприємства можна зробити попередній висновок про те, що з урахуванням значної території підприємства доцільно встановити дві цехові трансформаторні підстанції (ЦТП) з двома трансформаторами. Таке рішення дасть можливість забезпечити надійне електропостачання споживачів II та III категорії.

Виконаємо розподілення цехів, які будуть отримувати живлення від тієї чи іншої ЦТП. Приймемо, що від ЦТП1 живляться цехи, які позначені на генплані номерами 1,2,4, а від ЦТП2 - 3,5,6,7.

Такий розподіл дасть змогу використати оптимальний, на наш розсуд, довжини кабельних ліній.

В електронній таблиці Excel представлено прийнятий розподіл та відповідні навантаження на кожну ЦТП (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 - Розподіл та відповідні навантаження на ЦТП

№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Розрахункова активна потужність P_p , кВт	Розрахункова реактивна потужність Q_p , кВАр	Повна розрахункова потужність S_p , кВА	Середня активна потужність P_c , кВт	Середня реактивна потужність Q_c , кВАр	Повна середня потужність S_c , кВА
ТП1	1	Заготівельний цех	290,326	208,040	357,170	260,326	185,540	319,680
	2	Виробничий цех №1	185,368	202,108	274,243	167,368	181,064	246,569
	4	Цех підготовки виробництва	121,668	134,582	181,426	111,168	122,306	165,279
		Всього по ТП1	597,363	544,731	808,439	538,863	488,911	727,603
	3	Зварювальний цех	225,331	166,012	279,883	205,331	151,012	254,884
	5	Виробничий цех №2	76,668	92,858	120,419	68,868	82,458	107,434
	6	Цех готової продукції	162,620	173,405	237,727	147,620	155,868	214,677
	7	Котельня	142,470	142,002	201,152	130,470	129,760	184,011
		Всього по ТП2	607,089	574,277	835,674	552,289	519,098	757,948

Попередньо для використання автоматизованого розв'язку поставленої задачі визначимо основні критерії, а саме: тип та кількість трансформаторів, величину повної середньої та розрахункової потужності по трансформаторах S_p , S_c , кВА, значення нормативного коефіцієнта ефективності капіталовкладень E_e (приймаємо 0,1), відрахування на амортизацію (для ТП складає 3,6 %), величина питомої вартості втрат B_0 , грн./кВт, коефіцієнт навантаження трансформаторів k_n , який має

бути визначений з нормативних документів, що враховують місце встановлення обладнання (м. Вінниця, $\Theta=10,7^0\text{C}$) та систему його охолодження (ONAN).

Тепер переходимо до створення математичної моделі, яка необхідна для визначення потужності трансформаторів. Керованою змінною доцільно обрати S_T - потужність трансформатора, а критерієм ефективності - річні приведені затрати в ТП – $З(S_T)$.

$$З(S_T) = B_{ТП}(S_T) + B_B(S_T) \rightarrow \min_{S_T \in S_{CT}}, \quad (2.18)$$

де $B_{ТП}(S_T)$ - річні приведені затрати в ТП потужністю S_T , що визначаються:

$$B_{ТП}(S_T) = (E_e + E_a)K_{ТП}(S_T, K_T), \quad (2.19)$$

де E_e - коефіцієнт ефективності капіталовкладень в ТП;

E_a - коефіцієнт відрахувань на амортизацію ТП;

$K_{ТП}(S_T, K_T)$ - капіталовкладення в ТП.

$B_B(S_T)$ - вартість річних втрат електроенергії:

$$B_B(S_T) = (\Delta P_{xx}(S_T) + \Delta P_{кз}(S_T) \cdot K_3^2) \cdot k_T \cdot t \cdot \tau, \quad (2.20)$$

де $\Delta P_{xx}(S_T)$ - втрати х.х трансформатора;

$\Delta P_{кз}(S_T)$ - втрати к.з. трансформатора;

k_T K_3 - кількість трансформаторів та їх коефіцієнт завантаження відповідно;

S_{CT} - стандартний ряд потужностей трансформаторів, МВА;

τ - число годин максимальних втрат.

Коефіцієнт завантаження трансформатора визначається як:

$$K_3 = \frac{S_{ТП}}{S_{ТП} \cdot k_T}. \quad (2.21)$$

Втрати активної потужності в ТП:

$$\Delta P_{зм} = \Delta P_{кз} \left(\frac{S_p^2}{S_T^2 \cdot k_T} \right), \quad (2.21)$$

$\Delta P_{кз}$ - втрати к.з. трансформатора;

Постійні втрати активної потужності:

$$\Delta P_{nc} = \Delta P_{xx} \cdot k_T. \quad (2.22)$$

Сумарні втрати активної потужності:

$$\Delta P = \Delta P_{nc} + \Delta P_{зм}. \quad (2.23)$$

Сформулюємо обмеження, які необхідно врахувати при вирішенні поставленої задачі:

$$S_T \cdot k_T \cdot k_n \geq S_{ТПсм}, \quad (2.24)$$

де $S_{ТПсм}$ - середньо змінне значення потужності ТП.

$$k_T \geq 1 \Rightarrow k_{na} \cdot S_T \geq k_{нна} \cdot S_{ТП}, \quad (2.25)$$

де k_{na} - допустимий коефіцієнт завантаження трансформатора в післяаварійному режимі ($k_{na}=1,3$) при умові, що перевантаження буде на протязі 24 год при температурі до 30⁰С на добу.

$k_{нна}$ - коефіцієнт, що враховує частину навантаження підстанції, яке залишається в роботі в післяаварійному режимі;

Проведемо автоматизовані розрахунки оптимальної потужності цехових підстанцій та скористаємося для цього електронною таблицею, що входить в склад

САПР. Прийmemo коефіцієнт $k_{\text{нпа}} = 0,8$. Результати розрахунку наведені в таблицях 2.2 і 2.3.

Таблиця 2.2 - Вибір потужності ЦТП1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Вибір оптимальної потужності ТП1 за мінімумом затрат														
2	Дані нормального режиму														
3	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	808,44			
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	727,6			
5	Кількість трансформаторів										kt=	2			
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1			
7	Дані післяаварійного режиму														
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі										kпа=	1,3			
9	Доля навантаження в п.а. режимі										kнпа=	0,8			
10	Економічні характеристики														
11	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	15875			
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1			
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036			
14															
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPкх, кВт	Kтп, тис. грн.	E*K, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Bв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2
16		63	1,28	0,24	209,28	28,462	105,39	0,48	105,87	1680,7	---				
17		100	1,97	0,33	259,42	35,281	64,377	0,66	65,037	1032,5	---				
18		160	3,1	0,51	297,13	40,41	39,572	1,02	40,592	644,39	---				
19		250	4,2	0,74	376,16	51,158	21,96	1,48	23,44	372,11	---				
20		400	5,9	0,95	496,39	67,508	12,05	1,9	13,95	221,46	---				
21	V	630	8,5	1,31	636,89	86,617	6,9985	2,62	9,6185	152,69	239,31	V	+	+	+
22		1000	10,5	2,1	936,35	127,34	3,4313	4,2	7,6313	121,15	248,49		+	+	+
23		1600	18	2,8	1377,5	187,35	2,2977	5,6	7,8977	125,38	312,72		+	+	+
24		2500	23,5	3,85	1493,5	203,12	1,2287	7,7	8,9287	141,74	344,86		+	+	+
25										Змін=	239,31				
26										Опт. Пот. Трансформатора	St*=	630			

Таблиця 2.3 - Вибір потужності ЦТП2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Вибір оптимальної потужності ТП2 за мінімумом затрат														
2	Дані нормального режиму														
3	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	835,67			
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	757,95			
5	Кількість трансформаторів										kt=	2			
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1			
7	Дані післяаварійного режиму														
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі										kпа=	1,3			
9	Доля навантаження в п.а. режимі										kнпа=	0,8			
10	Економічні характеристики														
11	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	15875			
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1			
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036			
14															
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPкх, кВт	Kтп, тис. грн.	E*K, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Bв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2
16		63	1,28	0,24	209,28	28,462	112,61	0,48	113,09	1795,3	---				
17		100	1,97	0,33	259,42	35,281	68,788	0,66	69,448	1102,5	---				
18		160	3,1	0,51	297,13	40,41	42,283	1,02	43,303	687,43	---				
19		250	4,2	0,74	376,16	51,158	23,465	1,48	24,945	395,99	---				
20		400	5,9	0,95	496,39	67,508	12,876	1,9	14,776	234,56	---				
21	V	630	8,5	1,31	636,89	86,617	7,4779	2,62	10,098	160,3	246,92	V	+	+	+
22		1000	10,5	2,1	936,35	127,34	3,6663	4,2	7,8663	124,88	252,22		+	+	+
23		1600	18	2,8	1377,5	187,35	2,4551	5,6	8,0551	127,87	315,22		+	+	+
24		2500	23,5	3,85	1493,5	203,12	1,3129	7,7	9,0129	143,08	346,2		+	+	+
25										Змін=	246,92				
26										Опт. Пот. Трансформатора	St*=	630			

Результати розрахунків свідчать про те, що оптимальною потужністю трансформаторів, які будуть встановлені на ЦТП1 і ЦТП2, буде 630 кВА. Приведені затрати при цьому наведені у відповідних комірках розрахункових таблиць.

Проведемо розрахунки величини розрахункових втрат потужності в обраних цехових підстанціях.

Це потрібно для того, щоб врахувати повну потужність, яка буде протікати по лінії живлення до відповідної трансформаторної підстанції. В іншому випадку, тобто не врахування втрат, може призвести до прийняття хибних рішень, які стосуються перерізу ліній живлення.

Величина втрат активної потужності в ЦТП визначається за виразом:

$$\Delta P_{TP} = n \cdot \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{kз} \cdot \left(\frac{S_p}{S_{ном.тр}} \right)^2, \quad (2.26)$$

Величини, що входять у вираз (2.26) були описані раніше.

Величини втрат реактивної потужності в ЦТП можуть бути знайдені за виразом:

$$\Delta Q_{TP} = n \cdot \frac{I_{xx}}{100} \cdot S_{ном.тр} + \frac{1}{n} \cdot \frac{U_{кз}}{100} \cdot \frac{S_p^2}{S_{ном.тр}}, \quad (2.27)$$

де ΔQ_{TP} - значення втрат реактивної потужності в ЦТП, квар;

I_{xx} - струм холостого ходу трансформатора, А;

$U_{кз}$ - напруга к.з., трансформатора.

Користуючись засобами системи САПР знайдемо відповідні величини втрат та представимо їх в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Інформація про втрати потужності в цехових ТП

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	№ ТП	Sном_т, кВА	кт	dPxx, кВт	dPкз, кВт	Ixx, %	Uк, %	Pp, кВт	Qp, кВАр	Sp, кВА	dPтр, кВт	dQтр, кВАр	dСтр, кВА	P, кВт	Q, кВАр	R, Ом
2	1	630	2	1,31	8,5	2	5,5	597,363	544,731	808,439	9,61846	53,729025	54,5832	606,981	598,46	2,1416
3	2	630	2	1,31	8,5	2	5,5	607,089	574,277	835,674	10,0979	55,683576	56,5918	617,187	629,961	2,1416
4	Всього							1149,65	1065,39		19,7164	109,4126	111,175	1169,37	1174,8	

2.3 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення

Будівельно-монтажне управління №8 планується заживити від підстанції 110/35/10 кВ, що належить енергопостачальній організації «Вінницяобленерго» і знаходиться на відстані 1,7 км. В такому випадку для живлення підприємства доцільно обрати кабельну лінію відповідного перерізу, визначення якого здійснимо в електронній таблиці Excel, що входить до складу САПР. Вихідними даними оберемо стандартні значення перерізу з відповідними допустимим струмами. В електронній таблиці реалізована математична модель, яка дозволяє визначити переріз кабелю за мінімум річних приведених затрат з використанням значення перерізу в якості керованої змінної.

Математична модель вибору оптимального перерізу живлячої лінії 10 кВ має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} 3(F) = \left[(E_e + E_a) \cdot K_0(F) + 3 \cdot I_l^2 \cdot r_0(F) \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \cdot k_l \rightarrow \min_{F \in X} \\ k_{don} \cdot I_{don}(F) \geq I_l \\ k_{na} \cdot I_{don}(F) \geq I_l \cdot k_l \cdot k_{nna} \\ \Delta U_n(F) \leq \Delta U_{don} \\ \Delta U_{na}(F) \leq \Delta U_{don} \\ F \geq F_{кз} \\ F \in X \end{array} \right. \quad (2.28)$$

де $K_0(F)$ – значення питомої вартості кабельної лінії;

I_l – струм лінії;

$I_{don}(F)$ – допустимий струм відповідного перерізу кабелю [3];

$K_{don}(F)$ – коефіцієнт допустимого навантаження [3];

$\Delta U_H(F)$ – величина втрат напруги в живлячій лінії;

$\Delta U_{na}F$ – та сама величина, але в післяаварійному режимі;

ΔU_{don} – значення втрат напруги, що допускаються [2];

$k_{доп}$ – коефіцієнт, яки визначається $k_{доп} = k_{п} \cdot k_{с} \cdot k_{зр}$;

$I_{кз}$ – струм к. з. в лінії;

t_n – приведений час короткого замикання (с) $\approx 1,5$ с;

C – тепловий коефіцієнт $\frac{A \cdot \sqrt{c}}{мм^2}$.

Перерахуємо обмеження на керовану зміну, які безпосередньо можуть впливати на вибір перерізу КЛ.

1. Переріз кабелю за допустимим нагріванням в усталеному режимі визначається за виразом:

$$k_{don} \cdot I_{don}(x) \geq I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot k_{л}}, \quad (2.29)$$

де k_{don} - поправочний коефіцієнт на умови прокладання кабелю;

$I_{don}(x)$ - величина допустимого струм лінії, А;

S_p - повна розрахункова потужність навантаження, кВА;

Коефіцієнт k_{don} визначається згідно формули:

$$k_{don} = k_{сер} \cdot k_{зр} \cdot k_{нр}, \quad (2.30)$$

де $k_{сер} = 0,94$ - коефіцієнт, який характеризує зовнішнє середовища[1];

$k_{нр} = 0,92$ - коефіцієнт, що враховує спосіб прокладки кабелю, при умові, що в одній траншеї прокладенні два кабелі [1];

$k_{зр} = 0,75$ – поправочний коефіцієнт на склад ґрунту [1];

$$k_{don} = 0,94 \cdot 0,92 \cdot 0,75 = 0,6486.$$

2. В післяаварійному режимі переріз кабелю повинен вибиратися згідно виразу:

$$k_{na} \cdot k_{don} \cdot I_{don}(x) \geq k_l \cdot I_l \cdot k_{n.la}, \quad (2.32)$$

де k_{na} - коефіцієнт, що відображає перевантаження перевантаження в післяаварійному режимі кабельної лінії;

$k_{n.la}$ - характеристика навантаження, що залишається працювати в післяаварійному режимі;

3. Перевірка втрат напруги, що відповідає обраному перерізу кабелю:

$$\Delta U_{don} \geq \Delta U_l(F) = \frac{P_p \cdot r_0(F) + Q_p \cdot x_0(F)}{k_l \cdot U_{ном}^2 \cdot 1000} \cdot L \cdot 100\% \quad (2.33)$$

де $\Delta U_l(F)$ - величина фактичних втрат напруги в функції від перерізу, %;

P_p, Q_p - активна та реактивна потужності навантаження відповідно, кВт, квар;

$x_0(F)$ - величина реактивного опору проводу кабелю у функції від перерізу, Ом/км.

4. Допустимість втрат напруги в післяаварійному режимі визначається як:

$$\Delta U_{na.don} \geq \Delta U_{na.l}(F), \quad (2.34)$$

де $\Delta U_{na.don}, \Delta U_{na.l}(F)$ - допустима та фактична втрата напруги в кабелі в післяаварійному режимі, %;

5. У зв'язку з тим, що живлячий фідер обладнаний автоматичним повторним ввімкненням, [1] виконати перевірку термічної стійкості лінії на дію струмів короткого замикання:

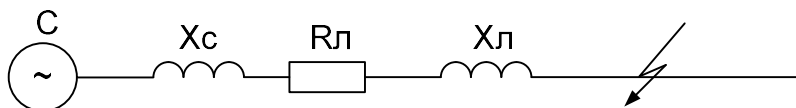


Рисунок 2.1 - Схема заміщення живлячої мережі.

Струм короткого замикання, що може протікати по зовнішній лінії живлення, знаходиться за виразом:

$$I_{кз} = \frac{1,05 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot X_c} \quad (2.37)$$

де U - напруга мережі живлення, кВ;

X_c - величина опору системи, Ом.

Величина опору системи визначається за виразом:

$$X_c = \frac{(0,95 \cdot U)^2}{S_{кз}}, \quad (2.38)$$

де $S_{кз}$ - величина потужності короткого замикання на напрузі 10 кВ, МВА.

Величина струму короткого замикання для ліній визначається за виразом:

$$I_{кз} = \frac{1,05 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_{кз}} \quad (2.39)$$

де $Z_{кз}$ - повний опір лінії живлення та системи, Ом.

$$Z = \sqrt{R_{л}^2 + (X_{л} + X_c)^2}, \quad (2.40)$$

де $R_{л}$, $X_{л}$ - величина активного та реактивного опору лінії живлення відповідно, Ом;

Автоматизований розрахунок струмів короткого замикання наведено в таблиці

2.6.

Таблиця 2.6. – Результати розрахунку струмів короткого замикання

Дані системи	
Напруга, кВ	U= 10
Потужність коротко замикання, МВА	S _{кз} = 50
Опір системи, Ом	X _с = 1,805
Струм КЗ для ЗЛЖ, кА	I _{кз} = 3,359
Довжина КЛ, км	L= 0,350
Переріз КЛ, мм ²	F= 120
Активний опір КЛ, Ом	R _л = 0,448
Реактивний опір КЛ, Ом	X _л = 0,141
Результат	
Сумарний повний опір, Ом	Z= 1,996
Струм КЗ для розподільчих ліній, кА	I _{кз} = 3,0365

2.5 Визначення оптимальних перерізів кабельних ліній 10 кВ ЦРП-ТП

Розрахунок перерізів кабельних ліній, які прокладенні від ЦРП -10 кВ до трансформаторних підстанцій виконується приблизно по алгоритму, що описаний у параграфі 2.4. При цьому, використовується всі коефіцієнти, які описують характер прокладання кабелю, зовнішнє середовища, стан та склад ґрунту та інше.

Також, як було відмічено вище, необхідно при виборі врахувати стан кабелю в післяаварійному режимі, тобто згідно ПУЕ [1] використовуються наступні значення коефіцієнтів $k_{па}=1,25$, коефіцієнт попереднього навантаження 0,6, трималість допустимого перевантаження кабелю 6 год. у випадку прокладання його в землі.

Результати автоматизованого вибору перерізу кабелю з використанням елементів САПР наведені в таблицях 2.7 та 2.8 в яких наведена інформація про переріз кабелів, що живлять ТП1 та ТП2.

Таблиця 2.7 – Результати вибору КЛ-10 кВ до ТП1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1	Початкові дані								Коефіцієнт середовища				Назви комірок, діапазонів та опорні формули							
2	Нормальний режим								Коефіцієнт прокладки				0,92							
3	Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режим								Коефіцієнт ґрунту				0,75							
4	Напруга, кВ								κ _{доп} = 0,6486				B26:B36=F*Kl1							
5	Довжина КЛ, км								κ _{доп} = 0,6486				D26:D36=W0k1l							
6	Активна розрахункова потужність, кВт												Ikl1=КОРЕНЬ(Pkl1^2+Qkl1^2)/(κ _{доп} Кл1)							
7	Реактивна потужність, квар												D26:D36=W0k1l							
8	Розрахунковий струм окремого кабелю, А												R0k1l=ВІПР(F,Kl1,2,0)							
9	Кількість кабелів												W0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,К0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,2,0))							
10	Допустима втрата напруги в КЛ, %								ΔU _{доп} = 5				D0k1l=(Pkl1+Qkl1)*K0k1l)*dUk1l=dUk1l)*κ _{нап} *κ _{кл}							
11	Аварійний режим												D0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,2,0))							
12	Струм КЗ на початку лінії, кА								I _{кз} = 3,0365				D0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,2,0))							
13	Приведений час КЗ, с								t _{пр} = 0,75				D0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,2,0))							
14	Тепловий коефіцієнт С, (А*с ^{0,5} /(1,2)) мм ²								C = 90				D0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,2,0))							
15	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм ²								F _{кз} = 29,22				D0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,2,0))							
16	Післяаварійний режим												D0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,2,0))							
17	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження								κ _{ма} = 1,25				D0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,2,0))							
18	Доля навантаження в післяаварійному режимі								κ _{ма} = 0,6486				D0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,2,0))							
19	Допустима втрата напруги в КЛ, %								ΔU _{доп} = 5				D0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,2,0))							
20	Економічні характеристики												D0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,2,0))							
21	Питома вартість втрат								В ₀ = 15874,89				D0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,2,0))							
22	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень								Е ₀ = 10,00%				D0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,2,0))							
23	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію								Е ₀ = 4,00%				D0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,2,0))							
24													D0k1l=ЕС.ПІ(Ukl1=10,ВІПР(F,Kl1,2,0))							
25	F, мм ²	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	I _{доп} , А	K ₀ , т. грн/км	dU _{ма} , %	dP, кВт	K, т. грн.	E*K, т. грн.	В _в , т. грн.	З, т. грн.	Доп.	κ _{доп} *I _{доп} >= I _р	κ _{ма} *I _р *κ _{кл}	ΔU _н <= ΔU _{доп}	ΔU _н <= ΔU _{доп}	F >= F _{кз}	V		
26	10	3,1	0,122	50	43,186	0,084904	0,1358	0,978369	7,503400189	1,0505	15,531492	—	НЕДОП	+	+	+	+	—		
27	16	1,94	0,113	75	67,645	0,054086	0,0865	0,612269	11,75318061	1,6454	9,7197082	—	НЕДОП	+	+	+	+	—		
28	25	1,24	0,099	90	98,798	0,035266	0,0564	0,391348	17,16577974	2,4032	6,212597	—	НЕДОП	+	+	+	+	—		
29	35	0,89	0,095	115	126,59	0,025935	0,0415	0,280887	21,99507567	3,0793	4,4590414	7,5384	ДОП	+	+	+	+	+		
30	50	0,62	0,09	140	173,43	0,018686	0,0299	0,195674	30,13291277	4,2186	3,1062985	7,3249	ДОП	+	+	+	+	V		
31	70	0,443	0,086	165	237,78	0,013915	0,0223	0,139812	41,31415324	5,784	2,2195004	8,0035	ДОП	+	+	+	+	+		
32	95	0,326	0,083	205	326,36	0,010753	0,0172	0,102887	56,70335323	7,9385	1,6333118	9,5718	ДОП	+	+	+	+	+		
33	120	0,258	0,081	240	373	0,008908	0,0143	0,081426	64,8068232	9,073	1,292621	10,366	ДОП	+	+	+	+	+		
34	150	0,206	0,079	275	461,28	0,007485	0,012	0,065014	80,14601883	11,22	1,0320927	12,253	ДОП	+	+	+	+	+		
35	185	0,167	0,077	310	575,73	0,006405	0,0102	0,052706	100,0317373	14,004	0,8366965	14,841	ДОП	+	+	+	+	+		
36	240	0,129	0,075	355	735,56	0,005351	0,0086	0,040713	127,8007014	17,892	0,6463105	18,538	ДОП	+	+	+	+	+		
37									Мінімальні затрати на КЛ1				7,3249							
38									Оптимальний переріз КЛ1				50							

Таблиця 2.8 – Результати вибору КЛ-10 кВ до ТП2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1	Початкові дані									Коефіцієнт середовища		0,94								
2	Нормальний режим									Коефіцієнт прокладки		0,92								
3	Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режим									Кдоп=		0,6486	Коефіцієнт ґрунту		0,75					
4	Напруга, кВ									U=		10	κдоп=		0,6486					
5	Довжина КЛ, км									l=		0,0868735								
6	Активна розрахункова потужність, кВт									P=		617								
7	Реактивна потужність, квар									Q=		630								
8	Розрахунковий струм окремого кабелю, А									Iл=		25,46								
9	Кількість кабелів									k=		2								
10	Допустима втрата напруги в КЛ, %									ΔUдоп =		5								
11	Аварійний режим																			
12	Струм КЗ на початку лінії, кА									Ikз =		3,04								
13	Приведений час КЗ, с									tm =		0,75								
14	Тепловий коефіцієнт C, (A*c^(1/2)) мм^2									C =		90								
15	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм^2									Fкз =		29,22								
16	Післяаварійний режим																			
17	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження									Kла =		1,25								
18	Доля навантаження в післяаварійному режимі									Kппа =		0,8								
19	Допустима втрата напруги в КЛ, %									ΔUпадоп =		5								
20	Економічні характеристики																			
21	Питома вартість втрат									Bo =		15874,89								
22	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень									Be =		10,00%								
23	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію									Ea =		4,00%								
24																				
25	F, мм^2	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ko, т. грн/км	dUm, %	dUp, %	dP, кВт	K, т. грн.	E*K, т. грн.	Вв, т. Грн.	З, т. грн	Доп	Kдоп*Iдоп >= Iр	Kла*Kдоп op*Iдоп >= Kппа*Iр*Kкл	ΔUn <= ΔUдоп	ΔUpa <= ΔUпадоп	F >= Fкз	V	
26	10	3,1	0,122	50	43,186	0,0864	0,1383	1,0472973	7,5034	1,0505	16,62573	—	НЕДОП	+	+	+	+	—		
27	16	1,94	0,113	75	67,645	0,0551	0,0882	0,6554054	11,753	1,6454	10,40449	—	НЕДОП	+	+	+	+	—		
28	25	1,24	0,099	90	98,798	0,036	0,0575	0,4189189	17,166	2,4032	6,65029	—	НЕДОП	+	+	+	+	—		
29	35	0,89	0,095	115	126,59	0,0265	0,0423	0,3006757	21,995	3,0793	4,773192	7,8525	ДОП	+	+	+	+	+		
30	50	0,62	0,09	140	173,43	0,0191	0,0305	0,2094595	30,133	4,2186	3,325145	7,5438	ДОП	+	+	+	+	+	V	
31	70	0,443	0,086	165	237,78	0,0142	0,0228	0,1496622	41,314	5,784	2,37587	8,1599	ДОП	+	+	+	+	+		
32	95	0,326	0,083	205	326,36	0,011	0,0176	0,1101351	56,703	7,9385	1,748383	9,6869	ДОП	+	+	+	+	+		
33	120	0,258	0,081	240	373	0,0091	0,0146	0,0871622	64,807	9,073	1,383689	10,457	ДОП	+	+	+	+	+		
34	150	0,206	0,079	275	461,28	0,0077	0,0123	0,0695946	80,146	11,22	1,104806	12,325	ДОП	+	+	+	+	+		
35	185	0,167	0,077	310	575,73	0,0066	0,0105	0,0564189	100,03	14,004	0,895644	14,9	ДОП	+	+	+	+	+		
36	240	0,129	0,075	355	735,56	0,0055	0,0088	0,0435811	127,8	17,892	0,691845	18,584	ДОП	+	+	+	+	+		
37	Мінімальні затрати на КЛІ											7,5438								
38	Оптимальний переріз КЛІ											50								

2.6 Визначення оптимальних координат розташування ЦРП на базі математичного моделювання.

Одним із важливих питань при створенні оптимальної системи електропостачання будівельно-монтажного управління №8 є визначення місця розташування центрального розподільчого пункту 10 кВ.

Згідно з існуючими рекомендаціями та нормами це питання вирішується за рахунок побудови картограми електричних навантажень. Картограма електричних навантажень, зазвичай, будується на генеральному плані підприємства, враховує потужності всіх його цехів разом з потужністю освітлення.

В магістерській кваліфікаційній роботі пропонується для визначення місця розташування ЦРП використати математичну модель, що адекватно описує процес розрахунку координат центру електричних навантажень. При чому передбачено, що така модель буде вирішуватися за допомогою спеціальної функції Excel «Пошук рішення».

Такий підхід дозволить побудувати оптимальну систему електропостачання будівельно-монтажного управління в якій будуть розміщені трансформаторні підстанції таким чином, що дозволить зменшити довжини кабельних ліній, знизити втрати потужності та підвищити ефективність прийнятих рішень.

Таким чином, зрозуміло, що керованими змінними в математичній моделі повинні бути координати центру електричних навантажень, а критеріальною функцією – приведенні затрати на спорудження системи електропостачання.

Математична модель буде мати наступний вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} Z(x_0, y_0) = \left[(E_e + E_{a_{жс}}) \cdot (a_{жс} + K_0(F_{жс})) + 3 \cdot I_{жс}^2 \cdot r_0(F_{жс}) \cdot k_{жс} \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{жс}, y_{жс})) + \\ \sum_{i=1}^n \left[(E_e + E_{a_i}) \cdot (a_i + K_0(F_i) \cdot k_i) + 3 \cdot I_i^2 \cdot r_0(F_i) \cdot k_i \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{жс}, y_{жс})) \rightarrow \min_{x_0, y_0}; \\ \min_{i=1}^n(x_i) \leq x_0 \leq \max_{i=1}^n(x_i); \\ \min_{i=1}^n(y_i) \leq y_0 \leq \max_{i=1}^n(y_i). \end{array} \right\}, \quad (2.41)$$

де $3(x_0, y_0)$ - річні приведені затрати в систему електропостачання у функції координат центру навантажень;

E_e, E_a - коефіцієнт ефективності капіталовкладень в систему електропостачання та відрахувань на амортизацію відповідно;

$K_0(F_i)$ - питома вартість кабельної лінії, що відповідає перерізу F_i ;

I_i - струм лінії від ЦРП до певної цехової підстанції;

$r_0(F_i)$ - питомий опір кабелю;

B_0 - величина питомої вартості втрат потужності в лінії;

$I_{жс}$ - величина струму в кабелі;

k_l - кількість провідників кабелю;

$a_{жс}$ - складова питомої вартості кабельної лінії живлення;

k_i - кількість кабелів в траншеї від ЦРП до певної ЦТП;

F_i - переріз кабелю;

$F_{жс}$ - переріз кабелю до ЦРП;

a - складова питомої вартості ліній від ЦРП до ЦТП;

n - кількість цехових підстанцій;

x_0, y_0 - координати центру навантажень (ЦРП);

x_i, y_i - координати розташування цехових підстанцій ЦТП;

$x_{жс}, y_{жс}$ - координати зовнішнього джерела живлення.

Довжина кабелів живлення визначається згідно знайдених координат з урахуванням того, що прокладка виконується по прямій лінії з використанням формули:

$$L = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2} \quad (2.42)$$

У зв'язку з тим, що в дійсності кабелі можуть прокладатися не тільки по прямій лінії, а враховуючи архітектурні особливості будівель та території підприємства, формула (2.42) повинна прийняти вигляд (2.43), що дозволяє визначити довжини лінії, коли вони прокладені під прямими кутами.

$$L = |x_0 - x_i| + |y_0 - y_i| \quad (2.43)$$

В таблиці 2.9 наведенні результати розрахунків оптимальних координат розміщення центру електричних навантажень, в якому в подальшому буде розташовано ЦРП-10 кВ. розрахунки виконанні на базі математичної моделі (2.41) та реалізовані в електронній таблиці EXCEL.

Таблиця 2.9 – Результати визначення центру електричних навантажень

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Технічні характеристики мережі														
2	Напруга зовнішньої лінії живлення, кВ										Uж=	10	L3:=Uj		
3	Метрика зовнішньої лінії (Е чи НЕ)								МетрикаЖ =		Е	L4:=MetrZL			
4	Метрика розподільної мережі (Е чи НЕ)								МетрикаР =		Е	L5:=metrR			
5															
6	Економічні характеристики мережі														
7	Питомі втрати, які не залежать від перерізу КЛ 10кВ, тис.грн/км										a=	10	L8:=aCEM		
8	Питомі втрати, які не залежать від перерізу зовнішньої КЛ тис.грн/км										аж=	8	L9:=ajCEM		
9	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	15874,89	L10:=BoCEM		
10	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1	L11:=EeCEM		
11	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	4,00%	L12:=EaCEM		
12	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію живлячої лінії										Eaj=	5,00%	L13:=EajCEM		
13															
14															
15	Ліній живлення	X, м	Y, м	F, мм^2	k	P, кВт	Q, кВт	I, А	Ro, Ом/км	Ko, т.грн/км	L, м	З, тис. грн			
16	ЖЛ	266	175	120	2	1169,37	1174,80	47,85	0,258	372,9955	35,37	4,011			
17	ТП1	168	208	50	2	606,98	598,46	24,61	0,62	173,4299	86,87	7,447			
18	ТП2	208	98	50	2	617,19	629,96	25,46	0,62	173,4299	63,88	5,636			

Зробимо зауваження, що визначення оптимальних координат було виконано за допомогою вбудованою в EXCEL підпрограми «Пошук рішення», діалогове вікно якого представлено на рисунку 2.2.

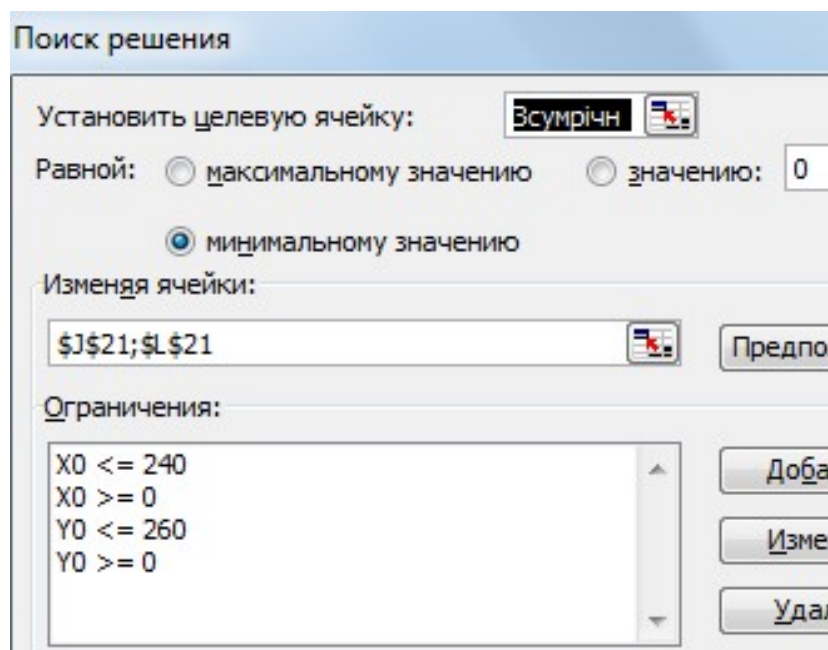


Рисунок 2.2 – Фрагмент діалогового вікна «Пошук рішення»

В результаті проведених розрахунків отримані оптимальні координати центру електричних навантажень, які знаходяться $X_0=237$, $Y_0=165$.

Враховуючи архітектурні особливості підприємства, до впровадження прийняте рішення про спорудження ЦРП-10 кВ за наступними координатами $X_0=237$, $Y_0=165$, що дозволить наблизити ЦРП ближче до джерела зовнішнього живлення.

Генеральний план підприємства з розміщеними центральним розподільчим пунктом 10 кВ та цеховими трансформаторними підстанціями зображено на рисунку 2.3

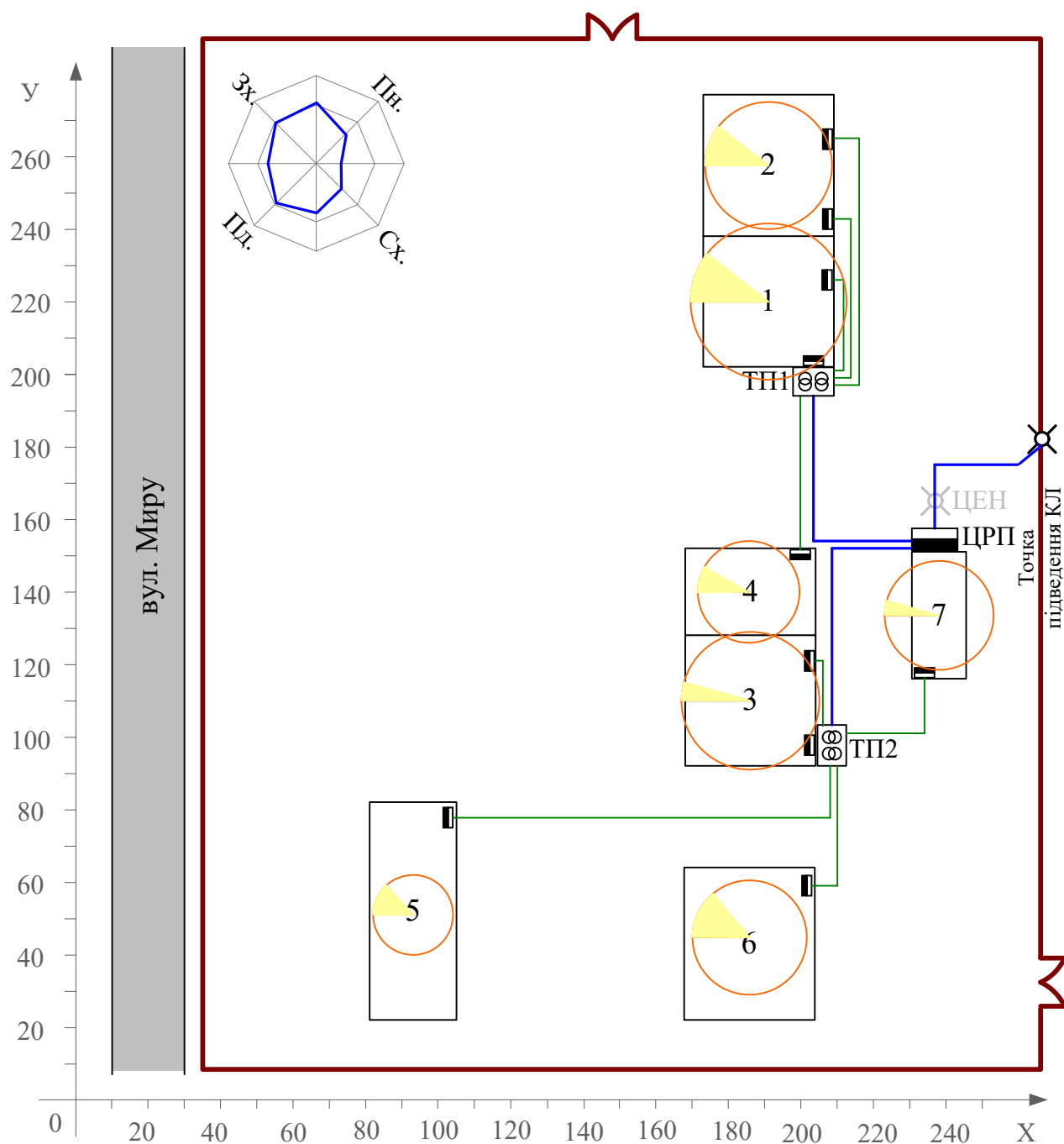


Рисунок 2.3 - Генплан будівельно-монтажного управління №8

2.7. Оптимальна компенсація реактивної потужності та вибір компенсувальних пристроїв 0,38 кВ

Для зменшення втрат потужності в живлячих лініях 0,4 кВ рекомендовано встановлювати у вузлах низьковольтного навантаження компенсуючих пристроїв, виконаних на базі батарей статичних конденсаторів (БК).

Виконаємо розрахунки з визначення потужності БК користуючись можливостям прикладної програми MathCad зі створенням відповідної математичної моделі.

Для спрощення розрахунків введемо наступні припущення, які не вплинуть на адекватність математичної моделі. Серед припущень відмітимо наступні:

1. Компенсація реактивної потужності не впливає на вибір силового електрообладнання.
2. Постійна складова затрат в БК не враховується.
3. Напруга у вузлах електричної мережі рівна номінальній.

На рисунку 2.4 представлена однолінійна схема електропостачання підприємства, яка приймається за основу при створенні математичної моделі та виконанні розрахунків.

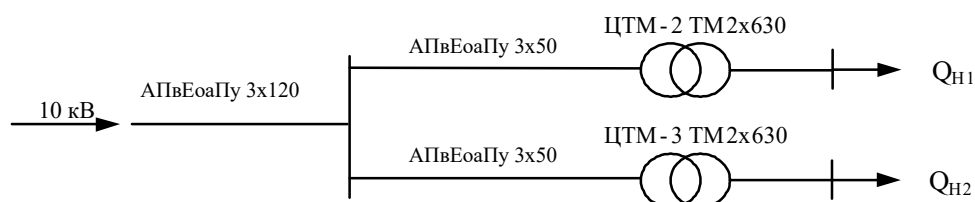


Рисунок 2.4 – Однолінійна схема електропостачання

Відповідно схема заміщення показана на рисунку 5.5

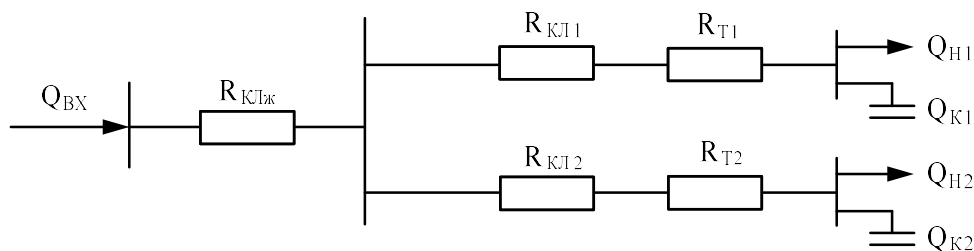


Рисунок 2.5 – Схема заміщення мережі електропостачання

Сформуємо математичну модель оптимальної компенсації реактивної потужності, прийемо в якості керованих змінних потужність батарей конденсаторів, що встановлюються у вузлах навантаження $q_k = (q_{k1}, q_{k2}, \dots, q_{kn})$. Критерієм оптимальності прийнято річні затрати в компенсаційні установки.

Модель має вигляд:

$$\begin{cases} 3(Q_K) = \frac{B_0}{U^2} \times \sum_{i=1}^n \left[(Q_{Hi} - Q_{Ki})^2 (R_{KLi} + R_{Ti}) \right] + \\ + [(E_e + E_a) \cdot B_{k0} + B_0 \cdot \Delta P_k] \times \sum_{i=1}^n Q_{Ki} \rightarrow \min_{Q_K}; \\ Q_{Ki} \geq 0, i=1, 2..n; \\ \sum_{i=1}^n Q_{Hi} - \sum_{i=1}^n Q_{Ki} = Q_{BX} \end{cases} \quad (2.44)$$

де B_0 – величина питомої вартості втрат потужності;

U – номінальна напруга;

n – загальна кількість цехових ТП;

Q_{Hi} реактивні навантаження, i -тої вітки мережі, квар;

Q_{Ki} потужності БК i -тої вітки мережі, квар;

R_{KLi}, R_{Ti} – активний опір лінії та трансформатора;

ΔP_k – значення втрат потужності в БК, кВт/квар;

B_{k0} – величина питомої вартості БК;

E_e, E_a – коефіцієнт ефективності капіталовкладень та відрахувань на амортизацію, %;

Q_{BX} – вхідна реактивна потужність підприємства, задається енергосистемою.

Розрахунок математичної моделі (2.44) проведений двома способами, що виконанні в середовищі MathCad та EXCEL з використанням підпрограми «Пошук рішення». Це дало можливість довести, що математична модель сформована вірно та отримати результати, які збігаються.

Проведені розрахунки по цим двом способам представлені на рисунках 2.6, 2.7.

Вхідні дані для розрахунку

Напруга, кВ:

$$U := 10$$

Вхідна реактивна потужність, квар:

$$q_{вх} := 345$$

Коефіцієнт ефективності капіталовкладень

$$E_e := 0.1$$

Коефіцієнт відрахувань на амортизацію

$$E_a := 0.04$$

Питома вартість КУ

$$B_{к0} := 100$$

Питомі втрати реактивної потужності в КУ, кВт/Мвар

$$\Delta P_k := 4.5$$

Питома вартість втрат активної потужності, грн/кВт

$$B_o := 15874.9$$

Питомі активні опори ліній живлення, Ом/км

$$r_{01} := 0.62 \quad r_{02} := 0.62$$

Довжини ліній від ЦРП до ЦТП, км

$$L_{кл1} := 0.087 \quad L_{кл2} := 0.064$$

Опори трансформаторів, Ом

$$r_{т1} := 2.142 \quad r_{т2} := 2.142$$

Реактивна потужність у вузлах навантаження, квар:

$$q_{н1} := 598.46 \quad q_{н2} := 629.961$$

Довільні початкові потужності БК у вузлах навантаження, квар:

$$q_{к1} := 100 \quad q_{к2} := 100$$

Довжина та питомий опір ліній живлення:

$$l_{ж} := 1.7 + 0.035 = 1.735 \quad r_{ж0} := 0.258$$

Опір зовнішньої лінії живлення, Ом

$$r_{ж} := l_{ж} \cdot r_{ж0} = 0.448$$

Опір розподільних ліній живлення, Ом

$$r_{л1} := r_{01} \cdot L_{кл1} = 0.054 \quad r_{л2} := r_{02} \cdot L_{кл2} = 0.04$$

Модель балансової задачі компенсації реактивних навантажень

$$3(q_{к1}, q_{к2}) := \frac{B_o}{U^2 \cdot 1000} \left[\begin{aligned} & (q_{н1} - q_{к1})^2 \cdot \left(\frac{r_{т1} + r_{л1}}{2} \right) \dots \\ & + (q_{н2} - q_{к2})^2 \cdot \left(\frac{r_{т2} + r_{л2}}{2} \right) \dots \\ & + (q_{н1} + q_{н2} - q_{к1} - q_{к2})^2 \cdot \frac{r_{ж}}{2} \end{aligned} \right] + [(E_e + E_a) \cdot B_{к0} + B_o \cdot \Delta P_k] (q_{к1} + q_{к2})$$

Given

обмеження

$$q_{к1} \geq 0 \quad q_{к2} \geq 0$$

$$(q_{н1} + q_{н2}) - (q_{к1} + q_{к2}) = q_{вх}$$

Визначаємо оптимальне проектне рішення:

$$q_k := \text{Minimize}(3, q_{к1}, q_{к2}) = \begin{pmatrix} 426.522 \\ 456.899 \end{pmatrix}$$

Річні приведені затрати, грн

$$3(q_{к1}, q_{к2}) = 1.442 \times 10^7$$

Перевірка, квар

$$(q_{н1} + q_{н2}) - (q_{к1} + q_{к2}) = 345.001 \quad q_{вх} = 345$$

Рисунок 2.6 – Розрахунок компенсації реактивної потужності в MathCad

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Компенсація реактивної потужності											
2												
3	Вхідні дані:											
4	Вхідна реактивна потужність					Q _{вх} =	345	квар	F4:=Q _{вх}			
5	Напруга					U=	10	кВ	F5:=U			
6	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень						0,1					
7	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію						0,04					
8	Питома вартість КУ						100					
9	Питомі РП втрат КУ						4,5	кВт/Мвар				
10	Питома вартість втрат АП						15874,9	грн/кВт	F10:=Bo			
11						Bo/(U^2*1000)=	0,15875		F11:=F10/(F5^2*1000)			
12												
13	ЛЖ	Питомі активні опори ліній		Довжини ліній		Реактивні нав., квар		Опір ТП	Повні актив. опір		Пот. КУ,	ПЕР h(Qk)
14	ЖЛ	0,258		1735,37					0,448			26629,04
15	ТП1	0,62		86,87		598,460		2,142	2,195		426,2	32572,18
16	ТП2	0,62		63,88		629,961		2,142	2,181		457,32	32504,464
17		Разом				1228,421					883,53	63143314
18												
19												
20		Перевірка:										
21		Q _n -Q _k =		344,895								
22		Q _{вх} =		345								
23												
24	B15:=ЦМ/L17				F16:=втрати/O3		H15:=B15*D15/1000					
25	B16:=ЦМ/L18				F17:=втрати/O4		H16:=B16*D16/1000					
26	B17:=ЦМ/L19				F18:=F16+F17		H17:=B17*D17/1000					
27	D15:=ЦМ/L17*БД/K5*1000				H16:=втрати/P3		L15:=(F16+F17-K16)*					
28	D16:=ЦМ/L18				H167:=втрати/P4		L16:=((F16-K16)^2)*					
29	D17:=ЦМ/L19						L17:=((F17-K17)^2)*I					
30							L18:=F11*(СУММ(L					
31												
32												
33												
34												
35												

Поиск решения

Установить целевую ячейку: **\$L\$18**

Равной: ☐ максимальному значению ☒ минимальному значению

Изменяя ячейки:

\$K\$16:\$K\$17

Ограничения:

\$F\$16 >= \$K\$16
\$F\$17 >= \$K\$17
\$K\$16 >= 0
\$K\$17 >= 0
ПЕР = \$F\$4

Рисунок 2.7 Розрахунок компенсації реактивної потужності в EXCEL

Виходячи з проведених розрахунків приймаємо до встановлення в системі електропостачання підприємства конденсаторні установки з автоматичним регулюванням ступенів:

для ТП1: дві КУ типу УКР 0,4-200/50.

для ТП2: дві КУ типу УКР 0,4-250/50,

які встановлюються на шинах 0,4 кВ трансформаторних підстанцій.

3. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ РОБІТ

Якість функціонування системи електропостачання та її надійна роботи в багатьох випадках залежить від ефективного та раціонального виконання електромонтажних робіт. Це стосується як електрообладнання, що встановлене на живлячих підстанціях так і способів монтажу живлячих ліній 10 та 0,4 кВ. У зв'язку з цим в магістерській кваліфікаційній роботі розроблені та надані рекомендації по способах виконання основних елементів системи електропостачання.

Особливе місце серед електромонтажних робіт, що стосуються створення системи електропостачання будівельно-монтажного управління займає проектування живлячої кабельної лінії 10 кВ, підготовка траси та роботи по прокладанню кабелю. Ці роботи повинні виконуватися відповідно до ПУЕ [1] та згідно проекту виконання робіт.

У зв'язку з тим, що в магістерській роботі прийнято виконання живлячої лінії кабелем з зшитого поліетилену, який прокладено в землі (в траншеї), умови та способи електромонтажних робіт повинні відповідати особливим умовам, що висуваються для кабельних ліній такого типу.

3.1 Загальні відомості щодо виконання монтажних робіт при використанні кабелів з зшитого поліетилену.

Розглянемо деякі особливості, що рекомендуються використовувати при монтажу кабелів з зшитого поліетилену.

Однією з основних вимог є дотримання мінімального радіусу вигину при прокладанні кабелю. Він повинен бути не менше $15D_n$ для трьохжильних кабелів або не менше $12D_n$ для трьох скручених разом одножильних кабелів, де D_n зовнішній діаметр кабелю або діаметр по скручуванню трьох кабелів. У випадку, коли при виконанні вигину використовується спеціальний шаблон допускається зменшення вигину кабелю до $8D_n$ з попереднім підігрівом місця вигину кабелю до температури 20°C .

Наступним відповідальним моментом є дотримання всіх правил, що стосуються безпосередньо прокладання кабелю з зшитого поліетилену і відносяться до дотримання допустимих зусиль, які повинні прикладатися до кабелю під час укладання його в траншею.

В нашому випадку зусилля тяжіння кабелю з багато дрітчастою алюмінієвою жилою не повинно перевищувати 30 Н/мм^2 номінального перерізу жили. При розрахунку допустимого зусилля тяжіння за оболонку трижильного кабелю необхідно враховувати переріз трьох жил. При проектуванні кабельної лінії траса та будівельні довжини кабелів повинні бути вибрані таким чином, щоб при протягуванні кабелю не було перевищено допустиме зусилля протягування.

В процесі проектування потрібно розрахувати необхідне зусилля протягування, що виконується наступним чином.

Зусилля, що виникає в кінці прямої траси розраховується:

1. Для траси без різниці рівнів

$$F = 9,81 \cdot M \cdot L \cdot \mu \quad (3.1)$$

де M – вага кабелю, кг/м;

L – довжина кабелю, м;

μ - коефіцієнт тертя.

2. Для похилої траси

$$F = 9,81 \cdot M \cdot L \cdot (\mu \cos\beta \pm \sin\beta) \quad (3.2)$$

де β - кут нахилу траси;

«+» при протягуванні кабелю знизу в верх;

«-» при протягуванні кабелю зверху в низ.

Вигини траси підвищують зусилля протягування на коефіцієнт, який залежить від кута вигину та коефіцієнту тертя. Зусилля на виході вигину розраховується як:

$$F_E = F_A \cdot e^{\mu\alpha} \quad (3.3)$$

де F_E - зусилля на виході вигину, (Н);

F_A - зусилля на вході вигину, (Н);

e – основа натурального логарифма $e = 2,718$;

α – кут вигину, радіан;

μ – коефіцієнт тертя.

Орієнтовна величина коефіцієнта тертя μ складає:

- При натягуванні по роliках: 0,20 – 0,30;
- При протягуванні в бетонні блоки: 0,40 – 0,60;
- При протягуванні в пластмасових трубах:
 - З використанням мастила: 0,10 – 0,20;
 - За допомогою проливання води: 0,15 – 0,25;
 - За допомогою мастила і води: 0,10 – 0,15.

Протягом часу при протягуванні кабелю по вигинах виникає радіально направлене зусилля, величина якого залежить від зусилля протягування, радіуса та кута вигину. Радіальний тиск на одиницю довжини (рисунок 3.1) розраховується як:

$$F_r = \frac{F \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{r \cdot \pi \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}} \quad (3.4)$$

де F – зусилля протягування кабелю, Н;

α – кут вигину, град;

r – радіус вигину, м;

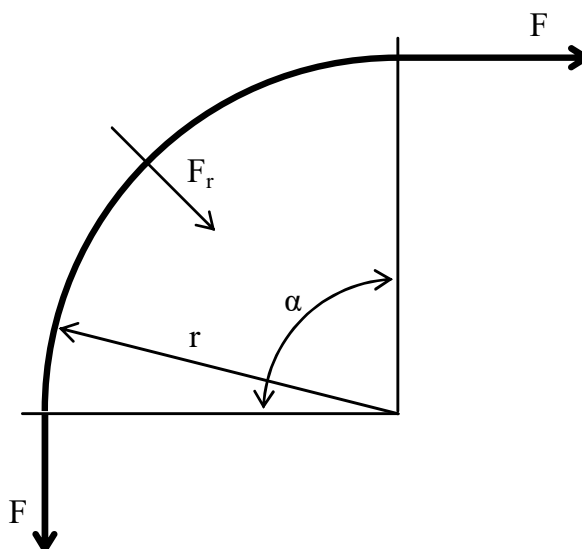


Рисунок 3.1 – Радіальний тиск на одиницю довжини

У випадку коли $\alpha = 0 \dots 90^\circ$ можна користуватися спрощеною формулою:

$$F_r = \frac{F}{r} \quad (3.5)$$

Максимально допустимий радіальний тиск для неброньованого кабелю складає:

- 10000 Н/м – при протягуванні в трубах;
- 1500 Н/м – при протягуванні через кутовий ролик;
- при використанні системи роликів 7500 Н/м при встановлені 5 роликів на 1 м довжини і 4500 Н/м при встановлені 3 роликів на 1 м довжини.

У випадку використання броньованих кабелів максимально допустимий радіальний тиск складає:

- 15000 Н/м – при протягуванні в трубах;
- 2500 Н/м – при протягуванні через кутовий ролик;
- при використанні системи роликів 12500 Н/м при встановлені 5 роликів на 1 м довжини і 7500 Н/м при встановлені 3 роликів на 1 м довжини.

3.2 Розрахунок механічних зусиль живлячої лінії 10 кВ будівельно-монтажного управління №8.

Кабель АПвЕоаПу 3х120 протягується по роликах. Довжина траси 0,350 км. Траса має два вигина на кут 45° та 90° (рисунок 3.2), радіус вигину 0,9 м, довжина ділянок складає 200 м та 150 м (див. рисунок 2.3). На деяких ділянках прокладання кабелю різниця рівнів складає +15м.

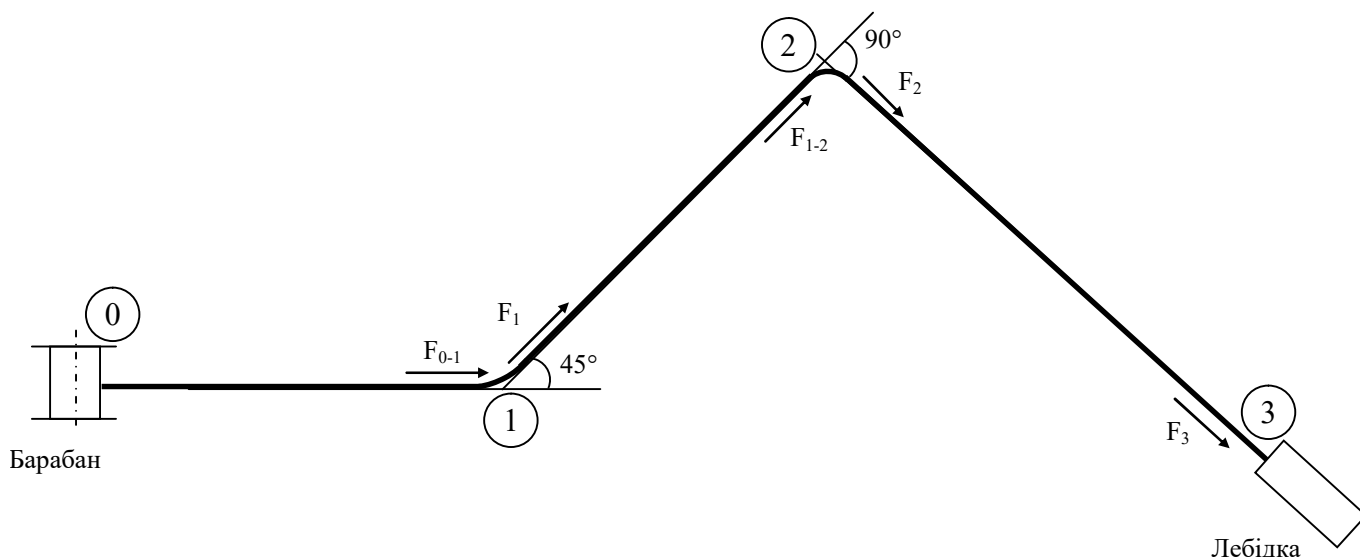


Рисунок 3.2 – Схема вигинів кабельної траси

Згідно технічних характеристик кабелів з зшитого поліетилену зовнішній діаметр кабелю становить 44 мм, маса $2585 \text{ кг/км} = 2,59 \text{ кг/м}$.

Мінімальний радіус вигину для обраного кабелю складає $15 \cdot 44 = 660 \text{ мм}$, відповідно радіус вигину $0,9 \text{ м}$ є допустимим.

Зусилля натягу в кінці ділянки 0-1:

$$F_{0-1} = 9,81 \cdot 2,59 \cdot 0,30 \cdot 100 = 762,2 \text{ Н}$$

Зусилля натягу на виході з вигину 1:

$$F_1 = F_{0-1} \cdot e^{0,30 \cdot (45 \cdot \pi / 180)} = 762,2 \cdot 1,26 = 960,4 \text{ Н}$$

Зусилля натягу в кінці ділянки 1-2:

$$F_{1-2} = F_1 + 9,81 \cdot 2,59 \cdot 0,30 \cdot 100 = 960,4 + 762,2 = 1722,6 \text{ Н}$$

Зусилля натягу на виході з вигину 2:

$$F_2 = F_{1-2} \cdot e^{0,30 \cdot (90 \cdot \pi / 180)} = 1722,6 \cdot 1,60 = 2756,2 \text{ Н}$$

Кут нахилу ділянки 2-3:

$$\arcsin 15/150 = 5,7^\circ$$

Зусилля натягу в кінці ділянки 2-3:

$$F_{2-3} = 2756,2 + 9,81 \cdot 2,59 \cdot 150 (0,30 \cos 5,7 + \sin 5,7) = 4272,4 \text{ Н}$$

Допустиме зусилля натягу дорівнює $30 \cdot 500 = 15000 \text{ Н}$. Таким чином обрана траса і метод протягування забезпечують зусилля натягу у межах допустимого.

Радіальний тиск на вигині 1 складає:

$$F_{r1} = \frac{960,4 \times \sin \frac{135^\circ}{2}}{0,9 \times \pi \times \frac{135^\circ}{360^\circ}} = 836,8 \text{ Н / м}$$

На вигині 2:

$$F_{r2} = \frac{2756,2 \times \sin \frac{90^\circ}{2}}{0,9 \times \pi \times \frac{90^\circ}{360^\circ}} = 2757,2 \text{ Н / м}$$

Отриманні дані радіального тиску показують, що на першому вигині достатньо встановлення одного кутового ролику (допустимий радіальний тиск 1500 Н/м), а на другому необхідно встановити систему роликів (допустимий радіальний тиск 4500 Н/м при встановленні трьох роликів на один метр довжини).

Виходячи з проведених розрахунків та прийнятої марки кабелю в магістерській кваліфікаційній роботі приймаємо спосіб прокладання кабелю в землі (в траншеї). Цей висновок підтверджується також рекомендаціями ПУЕ [1] для кабелів 10 кВ.

Умовний вигляд кабельної траншеї з кабелем зображено на рисунку 3.3

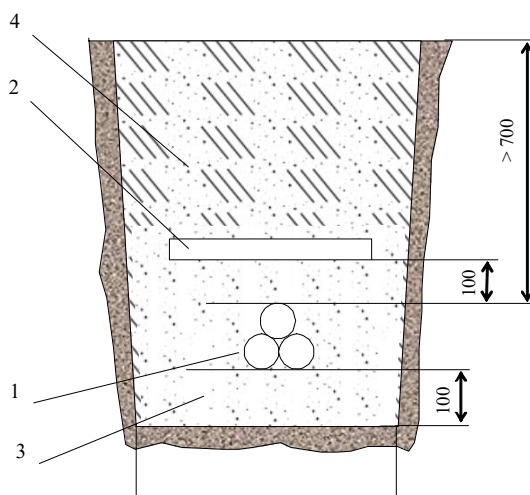


Рисунок 3.3 – Вигляд кабельної траншеї з кабелем

1 – кабель 10 кВ, 2 – залізобетонна плита, 3 - піщано-гравійна суміш,
4 – засипний ґрунт.

3.3 Покращення якості електропостачання споживачів підприємства за рахунок використання сучасних методів електромонтажних робіт в мережах 0,4 кВ.

Сучасний розвиток технологій в електротехнічній галузі та поява нових споживачів електричної енергії вимагає на стадії проектування любых систем електропостачання враховувати ці особливості та заздалегідь планувати використання новітніх принципів, інсталяційних матеріалів та специфічних принципів введення електромонтажних робіт.

У зв'язку з цим у магістерській кваліфікаційній роботі був розглянутий підхід до особливостей монтажу кабелів з зшитого поліетилену. Для забезпечення якості електропостачання споживачів, окрім цього необхідно врахувати та запровадити організаційно-практичні заходи з монтажу низьковольтних електричних мереж та обладнання, використання сучасних кабеленесучих систем та установочного обладнання, що дозволять підняти на абсолютно новий рівень умови надійного постачання електроенергії споживачам будівельно-монтажного управління.

Організація надійного електропостачання споживачів технологічного процесу будівельно-монтажного управління потребує використання деяких сучасних електромонтажних конструкцій та обладнання, які будуть представлені в якості

рекомендацій для побудови системи електропостачання, що запропонована в даній роботі.

Аналізуючи цехові споживачі підприємства та порядок їх роботи в загальному технологічному циклі наведемо необхідні принципи та матеріали, що повинні бути використанні в монтажних роботах для реалізації проектних рішень.

Одним із основних питань серед монтажних робіт займає влаштування електричного освітлення, яке повинно задовольняти діючим вимогам та забезпечувати освітлення як окремих робочих місць, так і всього приміщення цеху, де розташовано обладнання та виробничі проходи. В роботі рекомендовано прийняти наступну схему монтажу освітлення (рисунок 3.4).

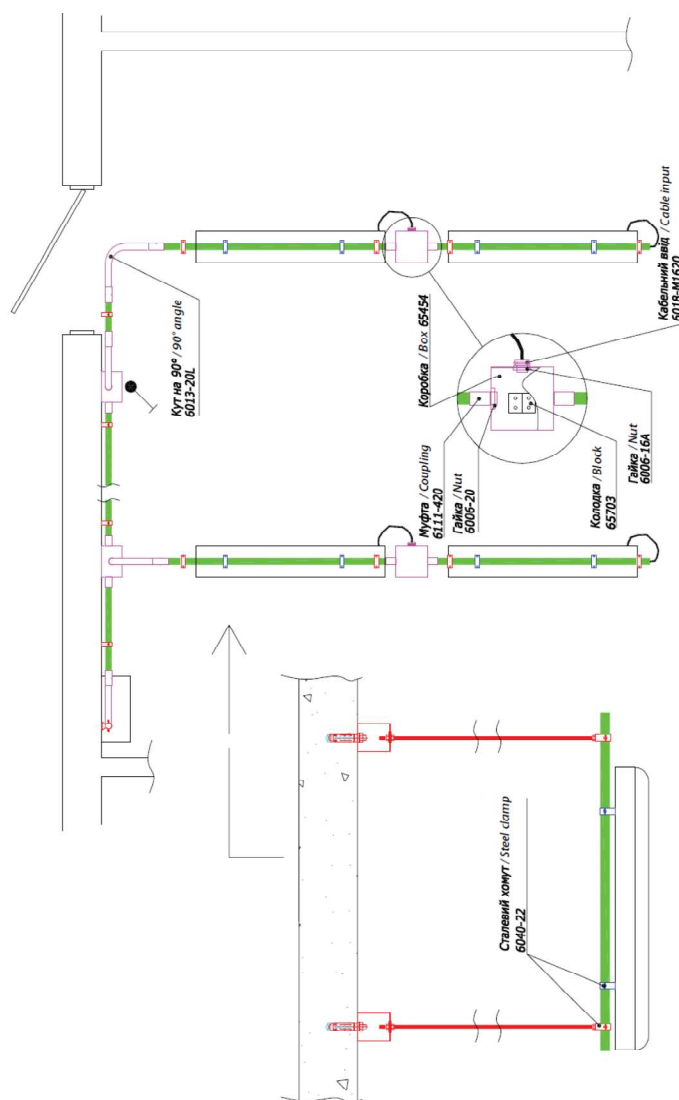


Рисунок 3.4 – Фрагмент виконання електромонтажних робіт освітлювальної мережі

Наступним питанням, що потребує уваги при виконанні електромонтажних робіт цехових електричних мереж 0,4 кВ є організація монтажу міжповерхових шахт в металевих тубах (рисунок 3.5).

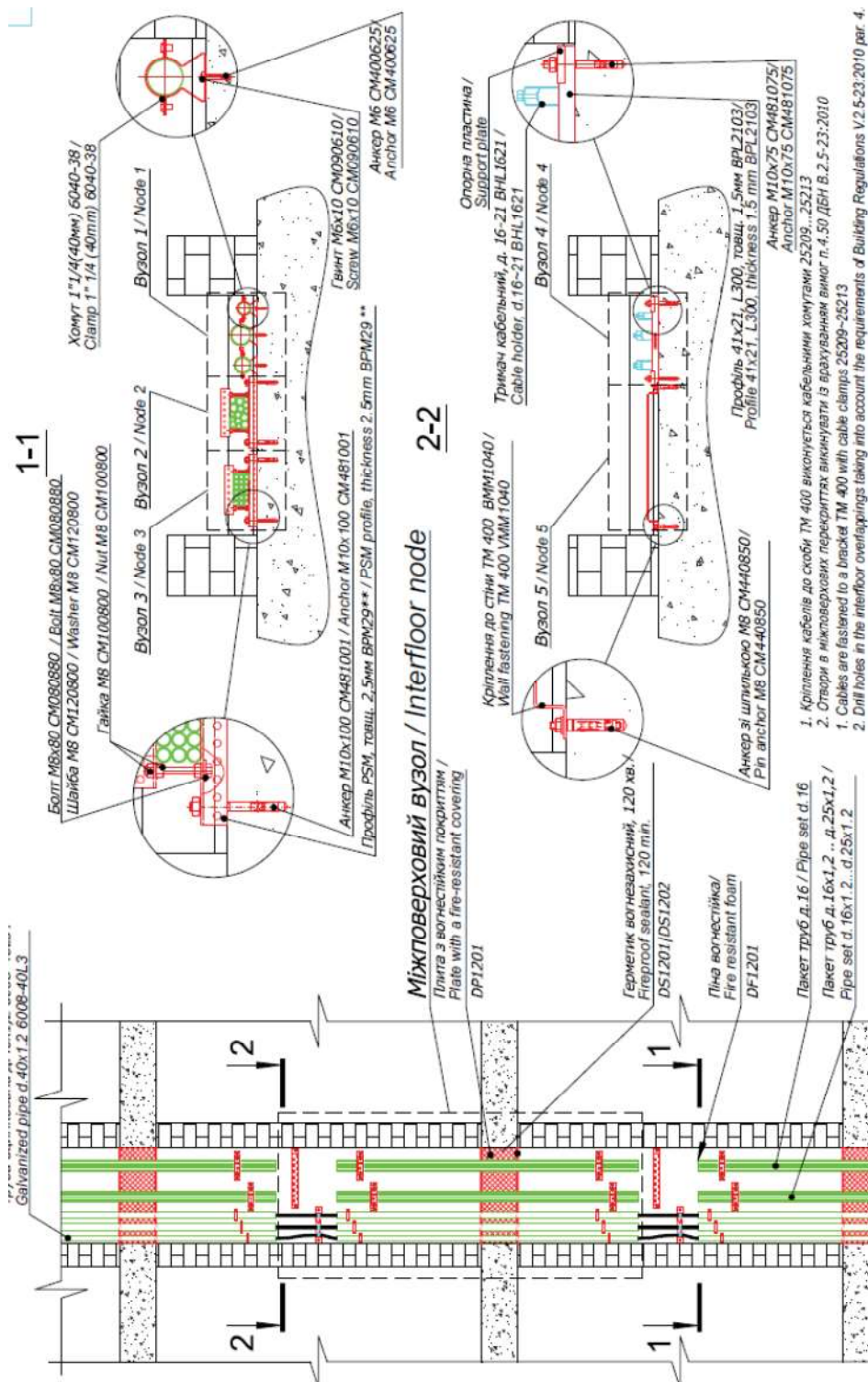


Рисунок 3.5 – Монтаж міжповерхової силової мережі 0,4 кВ

На рисунку 3.5 показано конструктивне виконання електропроводок в металевих трубах з використанням необхідних елементів кріплення, як самих труб до стін так і з'єднання необхідних металоконструкцій.

Прогресивним методом виконання цехових електропроводок є застосування кабеленесучих систем, що виконують функцію кріплення кабелів, що живлять певні електроустановки.

Важливою умовою при побудові кабеленесучої системи, є степінь її наповненості кабелями. По нормативним документам допускається, щоб сумарний перетин кабелів разом з ізоляцією не перевищував 50% поперечного перетину кабеленесучої системи. Завдяки цій умові кабель легко можна замінити.

При проектуванні була передбачена можливість нарощування (протягування додаткових кабелів) в кабеленесучій системі.

Для забезпечення надійного з'єднання проводів жил кабелю використовують відгалуджувальні коробки, в яких монтуються клемні колодки. Саме клемні колодки з гвинтовими контактами дають змогу зробити належне кріплення відгалужень кабельної лінії.

Відгалуджувальні або протяжні коробки установлюються на відстані не більше ніж 5-10 м одна від одної.

Згідно з [2] доступні металеві або композитні складові частини кабелепроводу повинні бути надійно заземлені.». Для цього їх елементи з'єднуються с корпусами заземленого обладнання (двигун, станок), або приєднуються до заземлюючого провідника за допомогою спеціальних хомутів (рисунок 3.6). Якість заземлення системи перевіряється за допомогою мегомметра. Електричний опір не повинен перевищувати 0,05 Ом.

хомут урівнювання потенціалів



Рисунок 3.6 - Хомут заземлення для труб 20мм (1/2"), оцинкована сталь

При розрізанні труб на відрізки необхідної довжини, обов'язково обробляються їх кінці. На кінцях труби знімаються фаски та залишки металу від різання. Торець труби повинен бути перпендикулярним до її осі.

Для полегшення з'єднання труби з муфтою рекомендується змастити кінець труби рідиною чи мастилом, а з'єднання проводити з одночасним прокручуванням труби. При такому монтажі труба не пошкоджує внутрішній ущільнювач, та легко з'єднується з муфтою.

В залежності від умов в яких буде експлуатуватись кабеленесуча система, та вимог захисту обладнання, можна зібрати систему з різними ступенями захисту (IP) від навколишнього середовища.

Важливим фактором системи є її вогнестійкість. Це здатність системи забезпечувати функціонування кабельної лінії (проводити струм до обладнання) в умовах високих температур та відкритого вогню (пожежа).

Вогнестійкість системи досягається завдяки особливому методу монтажу, та конструктиву комплектуючих (металорукав має товщину 0,25мм. та посилений з'єднувальний замок, тощо). В таких системах, разом з сертифікованими комплектуючими, використовується спеціальний вогнестійкий кабель. Для з'єднання вогнестійких кабелів використовують гвинтові колодки в керамічному корпусі.

Монтаж силової електричної мережі 0,4 кВ, що живить відповідні споживачі пропонується здійснювати за допомогою різних видів кабеленесучих систем в залежності від розташування приймачів, архітектурних особливостей цехів і інших факторів, які впливають на конфігурацію кабельної траси та досягнення надійного електропостачання.

Нижче наведені можливі способи використання кабеленесучих систем (рисунок 3.7 – 3.

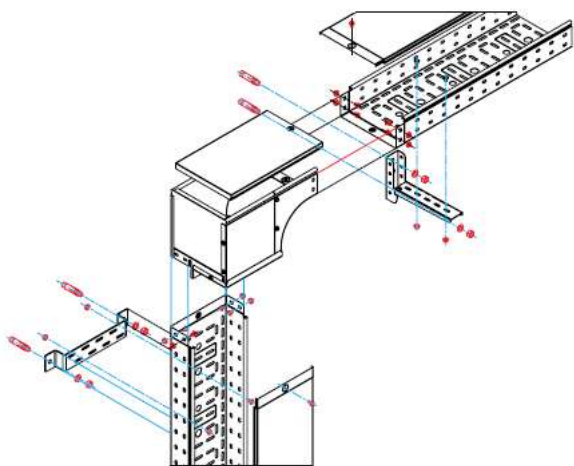


Рисунок 3.7 - Поворот траси лотків

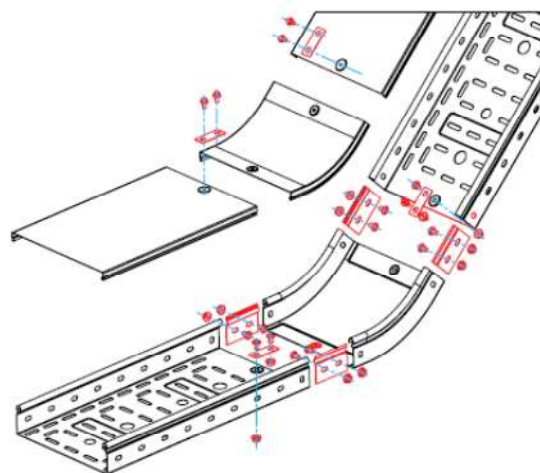


Рисунок 3.8 - Поворот траси вгору на 45°

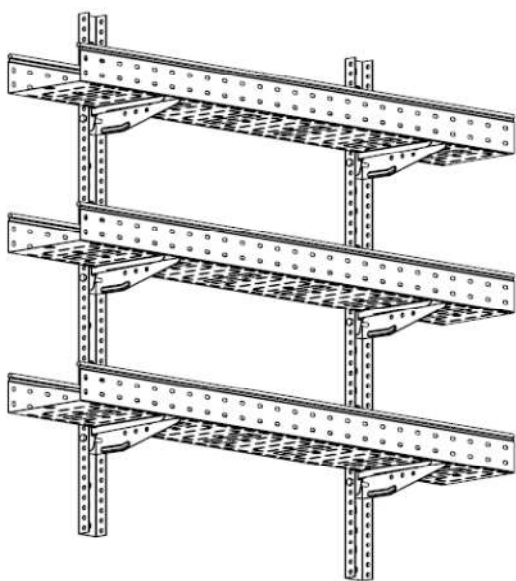


Рисунок 3.9 – Для багаторядного кріплення

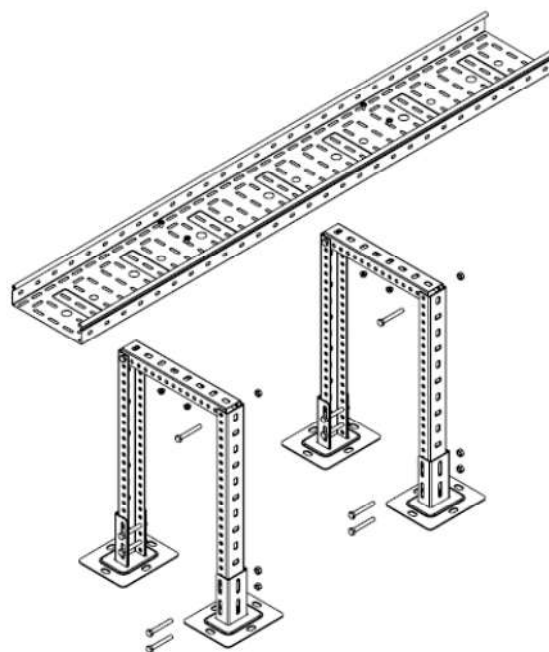


Рисунок 3.10 – Для кріплення на підлозі

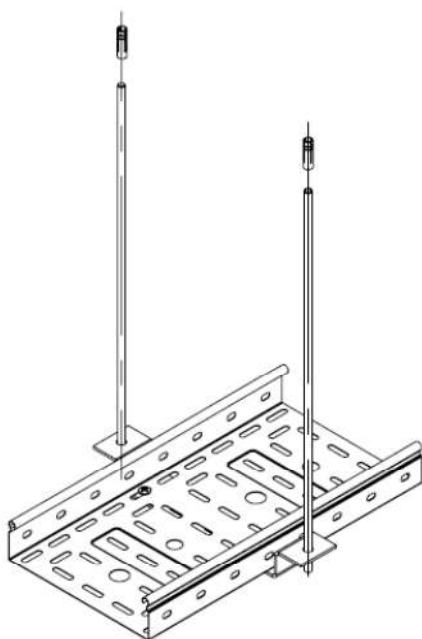


Рисунок 3.11 – Кріплення на підвісах

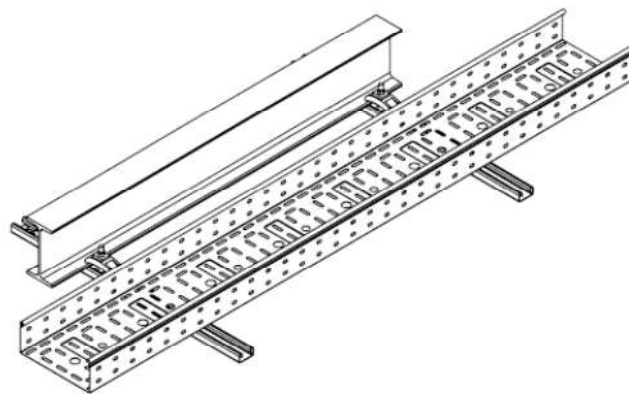


Рисунок 3.12 – Кріплення за допомогою струбцина

Таким чином використання перерахованих способів виконання електромонтажних робіт та елементів інсталяції дасть можливість забезпечити не тільки якісну та надійну роботу системи електропостачання споживачів будівельно-монтажного управління, але і досягти належного естетичного вигляду розміщення кабельно-провідникової продукції по площі цехів.

Окрім того такі засоби монтажу дозволяють в процесі експлуатації кабельних мереж 0,4 кВ слідкувати за станом останніх, виконувати при необхідності заміну кабелів без зайвих капіталовкладень. Зовнішнє розташування кабельних ліній та відповідних з'єднань дозволяє перевіряти за допомогою пірометра температуру мережі в цілому.

Слід зауважити, що перераховані способи монтажу як високовольтної, так і низьковольтної мережі вимагають спеціальних супроводжувальних документів. Наведемо приклади деяких з них, які обов'язково повинні бути у організації, яка експлуатує кабельні мережі, в даному випадку у будівельно-монтажному управлінні.

Найважливішими з них є: акт приймання траншеї під монтаж кабелю, журнал прокладки кабелів та протокол вимірювання опору ізоляції. Зразки приведені в додатку Д магістерської кваліфікаційної роботи.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Суть техніко-економічного обґрунтування роботи полягає у проведенні попередніх техніко економічних розрахунків, які підтверджуються доцільність капіталовкладень в даний енергетичний об'єкт [22].

Доцільність реалізації проекту обґрунтовується:

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

Вихідні дані для розрахунку:

- виручка від реалізації продукції $B = 1550$ (млн. грн./рік);
- середньооблікова чисельність персоналу $Ч = 250$;
- 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 $\Phi = 3500$ млн грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень: $E_H = 0,1$;
- нормований термін окупності, років: $T_{ок} = 10$.
- середньомісячна зарплата одного працівника $З = 6500$ грн./міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$З_{пл} = 3 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 6500 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,078 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$C = \frac{1,38 \cdot Ч \cdot З_{пл}}{d} = \frac{1,38 \cdot 250 \cdot 0,078}{0,12} = 224,25 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$\Pi = B - C = 1550 - 224,25 = 1325,75 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{\text{ор}} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{3500}{1325,75} = 2,6 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{\text{ор}} = 2,6 < T_{\text{ок}} = 10 \text{ (років)}.$$

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

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства, показаної на рис. 4.1 та вихідних даних у табл. 4.1, 4.2 і 1.1, 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	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП 1	ТМ-630	2	808
ТП 2	ТМ-630	2	835

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ЦРП до ТП, м	Марка кабелю	К-сть
ЦРП - ТП1	593	АПвЕоаПу 3х50	2
ЦРП – ТП2	118	АПвЕоаПу 3х50	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%.

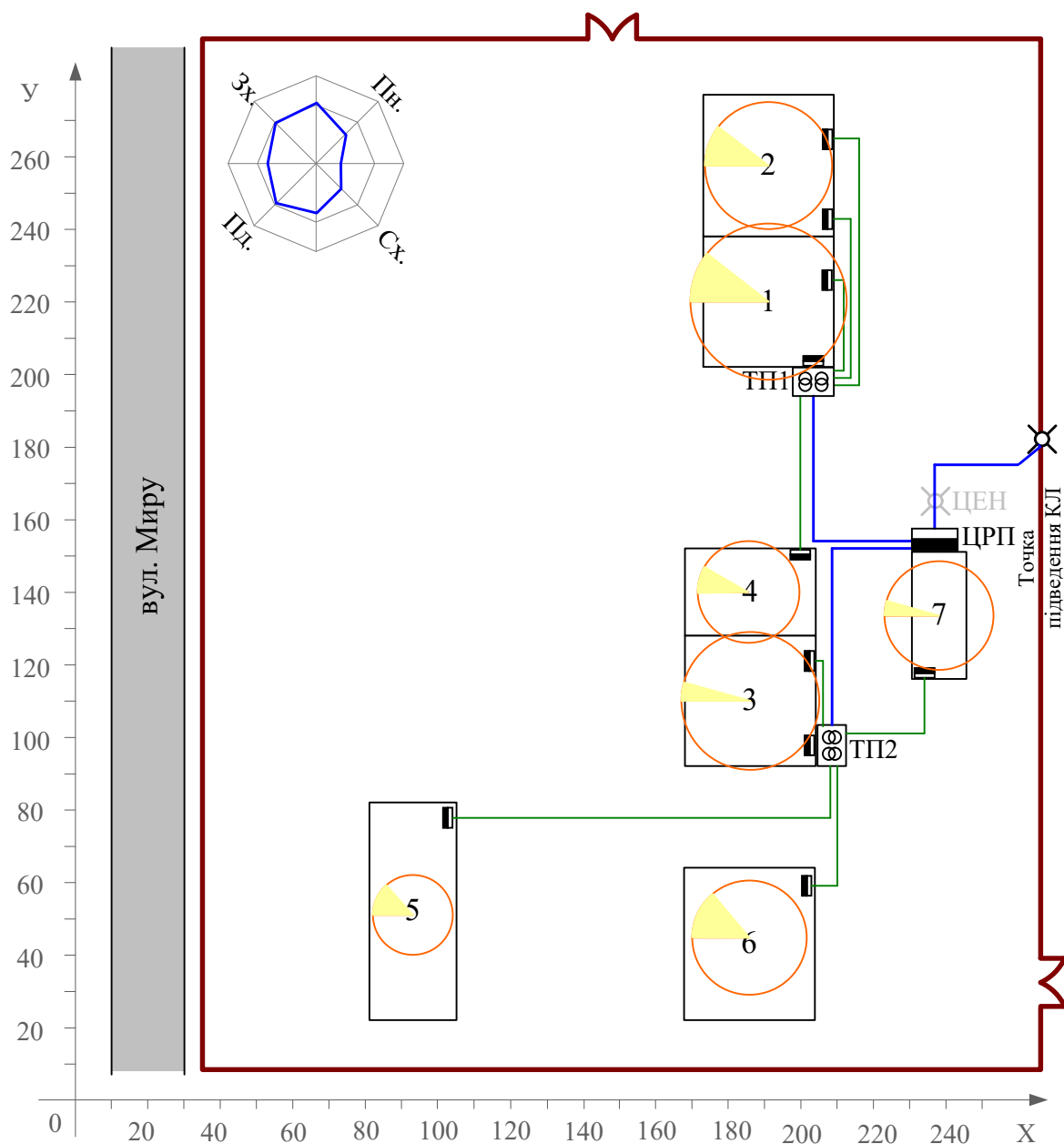


Рисунок 4.1 – Схема електропостачання підприємства

4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та вартістю їх прокладання [22].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

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

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

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

L – довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ЦРП до ТП1 (АПвЕоаПу 3х50) в ґрунті II категорії без врахування переходів:

$$K_{\text{л1}} = (K_{\text{пит}} + K_{\text{прок}}) L = (83,08 \cdot 2 + 4,22) \cdot 0,593 = 101,04 \text{ тис.грн.}$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	$K_{\text{пит}}$, тис.грн	$K_{\text{прок}}$, тис.грн	$K_{\text{л}}$, тис.грн
ЦРП-ТП1	АПвЕоаПу 3х50	2	0,593	83,08	4,22	101,04
ЦРП-ТП2	АПвЕоаПу 3х50	2	0,118	83,08	4,22	20,11
Разом						121,15

Капітальні вкладення для електричних підстанцій [22]:

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

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.

Визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій, наприклад, для ТП-1:

$$K_{псі} = 561,9 + 112,38 = 674,28 \text{ тис.грн.}$$

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-1	ТМ-630	2	561,90	112,38	674,28
ТП-2	ТМ-630	2	561,90	112,38	674,28
Разом:					1348,56

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис. 4.1, кількість вимикачів 10 кВ – 7 шт. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною 40 – 50 тис. грн. Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 7 \cdot 50 = 350 \text{ (тис. грн.)}, \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{пс} = 1348,56 + 350 = 1698,56 \text{ (тис. грн.)}, \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 121,15 + 1698,56 = 1819,71 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.9)$$

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 Π – 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 [22];

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

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.
Вимикач 10кВ	7	1	16	112	12	1	108
ТМ-630	4	0,33	120	158,4	12	20	1440
Кабельна лінія 50 мм ² , км	1,696	1	46	78,016	1	11,5	19,504
Разом				348,46			1567,504

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна
		Змінність роботи	Коеф. складності і	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	трудомісткість обслуговування люд.год.
Вимикач 10кВ	7	2	0,1	12	345,6	453,6
ТМ-630	4	2	0,1	12	1728	3168
Кабельна лінія 50 мм ² , км	1,696	2	0,1	12	187,2384	206,742
Разом					2260,8384	3828,342

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{\text{обс}} = \frac{3828,3424}{1900 \cdot 1,05} = 1,92. \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{\text{тр}} = \frac{348,46}{1900 \cdot 1,1} = 0,21. \quad (4.13)$$

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

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

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, [22];

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

$$C_i = \frac{Z_{\text{min}} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.16)$$

$$C_I = 6500 \cdot 1/176 = 36,95 \text{ (грн./год.)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,18 + 1,27)/2) \cdot 36,95 = 45,26 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 45,26 \cdot 1900 = 154802,025 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

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 K4, K5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [22].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{гр}} = ((1,27 + 1,36)/2) \cdot 26,84 = 48,59 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 348,46 \cdot 48,59 = 16923,08 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

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

де Φ – тарифний фонд Φ_e експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати Φ_p ремонтного персоналу, грн./рік;

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

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

α – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 154802,025 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 195050,545 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 16923,08 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 22169,23 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

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:

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

$$\Phi_{оед} = 195050,545 \cdot 1,15 = 224308,13 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{орд} = 22169,23 \cdot 1,15 = 25494,62 \text{ (грн./рік)}.$$

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:

$$C_{зпе} = 224308,13 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 305059,06 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 25494,62 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 34417,73 \text{ (грн./рік)}.$$

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

Матеріал	Ціна матеріалу, грн.	Норми витрат матер. На 100 люд.-год. Трудомісткості ремонту і тех. Обслуговування				Вартість матеріалу, грн.			
Силові трансформатори		630	1000	1600	2500	630	1000	1600	2500
Сталь сортова, кг	7,5	6	7	7	10	44,95	52,44	52,44	74,91
Провід установлюваний, м	3,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,55	1,55	1,55	1,55
Мідь-алюміній (гола), кг	69,8	62	73	73	79	4324,5	5091,75	5091,75	5510,25
Картон електроізоляційний, кг	33,6	1,4	1,6	1,6	1,7	47,08	53,81	53,81	57,17
Лакотканина (ширина 700мм), м	93,3	0,2	0,21	0,21	0,3	18,65	19,59	19,59	27,98
Кабельний папір, кг	27,5	0,6	0,6	0,6	0,6	16,5	16,5	16,5	16,5
Стрічка кіперна, кг	336,3	40	41	41	42	13452	13788,3	13788,3	14124,6
Стрічка тафтяна, кг	249,8	18	24	24	28	4497,12	5996,16	5996,16	6995,52
Стрічка азбестова, м	7,4	0,05	0,08	0,08	0,09	0,37	0,59	0,59	0,66
Лаки ізоляційні, кг	40,2	1,5	1,6	1,6	1,8	60,35	64,37	64,37	72,41
Емалі ґрунтові, кг	44,1	2,5	3,1	3,1	3,2	110,33	136,8	136,8	141,22
Масло трансформаторне, кг	13,6	0,58	1,2	1,2	1,3	7,91	16,36	16,36	17,73
Бензин, кг	6,9	0,7	0,9	0,9	1	4,84	6,23	6,23	6,92
Розчинники кг	19,5	0,8	1	1	1,2	15,6	19,5	19,5	23,4
Маслостійка гума, кг	50	0,4	0,5	0,5	0,6	20	25,01	25,01	30,01
Гума профільна, кг	50	0,13	0,09	0,09	0,09	6,5	4,5	4,5	4,5
Припій олов'яно-свинцевий, кг	476,1	0,02	0,02	0,02	-	9,52	9,52	9,52	-
Припій мідно-фосфорний, кг	88,5	0,03	0,03	0,03	-	2,66	2,66	2,66	-
Електроди, кг	16,4	0,15	0,2	0,2	0,3	2,47	3,29	3,29	4,93
Засоби кріплення, кг	20,9	2	2,5	2,5	3	41,88	52,35	52,35	62,82
Дріт кручений,	2,7	0,3	0,3	0,3	0,37	0,82	0,82	0,82	1,01
Матеріали обтиску, кг	27,3	0,4	0,5	0,5	0,5	10,91	13,64	13,64	13,64
Разом:						22696	25376	25376	27188
Кабельні лінії									
Сталь сортова, кг	7,5	2				15			
Електроди, кг	16,5	0,1				1,6			
Разом:						16,6			

Вартість матеріалу на технічну операцію:

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

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,

$C_{л0}$ – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів на ремонт: $C_{мпр} = 53938,65$ (грн/рік);

і вартість матеріалів на технічне обслуговування: $C_{мто} = 719043,6$ (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

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

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

$$C_{обс} = 305059,06 + 719043,6 = 1024102,66 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

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

$$C_{пр} = 34417,73 + 53938,65 = 88356,38 \text{ (грн/рік).}$$

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.

$$C_a = 0,06 \cdot 1819710 = 109182,6 \text{ (грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

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

де β_{ip} - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{ip}=0,25 \cdot (1024102,66 + 88356,38 + 109182,6) = 305410,41 \text{ (грн/рік)}.$$

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 енергоустаткування і мереж	1024102,66	67,06
Витрати на поточний ремонт	88356,38	5,79
Витрати на амортизацію	109182,6	7,15
Інші витрати	305410,41	20,00
Разом	1527052,05	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_{Π} – коефіцієнт попиту.

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Сумарні витрати активної електроенергії становлять 5237920,080 кВт·год./рік

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;

τ – 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].

Для лінії ЦРП –ТП1. Струм лінії живлення:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}}} = \frac{877,77}{\sqrt{3} \cdot 10} = 25,34 \text{ (А)}. \quad (4.34)$$

Активний опір однієї фази кабелю від ЦРП до ТП1.:

$$R = 0,593 \cdot 0,62 = 0,368 \text{ Ом.}$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ЦРП-ТП1:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot 2 \cdot 25,34^2 \cdot 0,368 \cdot 1968,2 \cdot 10^{-3} = 2787,7 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Аналогічно виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	$I_{\text{м}}$, А	R , Ом	τ , год./рік	$R_{\text{пит}}$, Ом/км	$\Delta E_{\text{л}}$, кВт·год.
ЦРП-ТП-1	АПвЕоаПу 3х50	2	0,593	25,34	0,368	1968,16	0,62	2787,65
ЦРП-ТП-2	АПвЕоаПу 3х50	2	0,118	27,53	0,073	1968,16	0,62	654,939
Разом								3442,59

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;

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

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

S_{ϕ} - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

S_n - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Відповідно втрати енергії в трансформаторах ТП-1:

$$\Delta E_T = 2 \cdot 1,31 \cdot 8760 + (1/2) \cdot 8,5 \cdot \left(\frac{877,77}{1000} \right)^2 \cdot 1968,2 = 39189,11 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}.$$

Для інших ТП проводимо аналогічні розрахунки і їх результати зводимо у табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип	шт	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	S_p , кВА	S_n , кВА	ΔE_T , кВт·год./рік
КТП-1	ТМ-630	2	1,31	8,5	808,4	630	39189,11
КТП-2	ТМ-630	2	1,31	8,5	835,67	630	42123,10
Разом							81312,21

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

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

$$E = 5237920,08 + 3442,59 + 81312,21 = 5322674,88 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$\Pi = 5,5 \cdot 5322674,88 = 29274711,84 \text{ (грн.)}; \quad (4.37)$$

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:

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

де P – оплата за спожиту електроенергію;

C_{π} – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

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

$$C_{\pi} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.40)$$

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_a – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\pi} = 1024102,66 + 88356,38 + 109182,6 + 305410,41 = 1527052,05 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати:

$$C_{\text{сум}} = 29274711,84 + 1527052,05 = 30801763,89 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{30801763,89 \cdot 100}{5237920,080} = 5,88 \text{ (грн./кВт·год.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в табл. 4.11.

Таблиця 4.11 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	5237920,080	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	E	5322674,88	кВт·год
Плата за електроенергію	P	29274711,84	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C_{π}	1527052,05	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	30801763,89	грн
Собівартість електроенергії	S	588	коп/кВт·год

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП підприємства та розраховано собівартість електричної енергії, яка склала 588 коп/кВт·год.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі магістерської роботи розробляються заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час запровадження заходів із підвищення якості електропостачання «СБМУ № 8» шляхом застосування сучасних методів електромонтажних робіт. На електротехнічний персонал підприємства, що виконує ці роботи з модернізації системи електропостачання та її подальшу експлуатацію, впливає комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Тому важливо розглянути питання з охорони праці, що передбачають заходи щодо їхнього виявлення, розроблення заходів зі зниження їхнього впливу, з промислової безпеки, з безпеки в надзвичайних ситуаціях, а також зі створення безпечних та нешкідливих умов праці робітників. Отже, на оперативно-ремонтний електротехнічний персонал впливають наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори [1, 2].

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

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (нетоксичний пил).

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

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання

5.1.1 Вимоги до організації робочих місць оперативно-ремонтного персоналу, який здійснює монтаж електрообладнання системи електропостачання [4, 5].

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

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах струмопровідної підлоги.

Оперативно-ремонтний персонал, який здійснює монтаж системи електропостачання, під час виконання робіт на висоті з використання електрифікованого інструменту повинен дотримуватися таких правил з охорони праці. До робіт на висоті і верхолазних робіт допускаються навчені особи, стан здоров'я яких має відповідати медичним вимогам, встановленим для даних видів робіт («Положення про медичний огляд працівників певних категорій»). Працівники, які виконують верхолазні роботи, повинні мати відповідний запис в посвідченні про перевірку знань.

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

Драбини, риштування, помости, кігті, лази та інші пристосування, що застосовуються для виконання робіт на висоті і верхолазних робіт, повинні бути сертифіковані. Під час виконання робіт, коли немає можливості закріпити строп запобіжного поясу за конструкцію або опору, слід користуватися страхувальним канатом. В цьому разі строп запобіжного паска заводиться за конструкцію, деталь опори тощо. Виконувати цю роботу повинні дві особи, друга особа в міру необхідності попускає чи натягує канат.

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

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

Працівники, які виконують роботи на висоті або верхолазні роботи, повинні бути в спецодязі, що не заважає рухам. Особистий інструмент слід зберігати в сумці. Працівники, що здійснюють нагляд за членами бригади, які виконують верхолазні роботи або роботи на висоті, можуть розташовуватися на землі.

Електрифікований інструмент, що використовується при монтажі системи освітлення, за умовами безпеки поділяється на такі класи:

I – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, ізолювані і штепсельна вилка має заземлювальний контакт. У електроінструмента класу I всі деталі, що перебувають під напругою, можуть бути з основною, а окремі деталі – з подвійною або посиленою ізоляцією;

II – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, мають подвійну або посилену ізоляцію, Цей електроінструмент не має пристроїв для заземлення. Номінальна напруга для електроінструмента класів I і II має бути не більше 220 В для електроінструмента постійного струму; 380 В – для електроінструмента змінного струму;

III – електроінструмент на номінальну напругу не вище 42 В, у якого ні внутрішні, ні зовнішні кола не перебувають під іншою напругою. Електроінструмент класу III призначений для живлення від безпечної наднизької напруги.

Якщо безпечну наднизьку напругу одержують перетворенням вищої напруги, то це слід здійснювати за допомогою безпечного ізолювального трансформатора, далі за текстом – "розподільчий трансформатор безпеки", або перетворювача з окремими обмотками. Електроінструмент, який живиться від електромережі, слід обладнувати незнімним гнучким кабелем (шнуром) зі штепсельною вилкою. Незнімний гнучкий кабель електроінструмента класу I повинен мати жилу, яка з'єднує заземлювальний затискач електроінструмента із заземлювальним контактом штепсельної вилки.

Кабель в місці введення до електроінструмента класу I слід захищати від стирань і перегинів еластичною трубкою з ізоляційного матеріалу. Трубку слід закріплювати в корпусних деталях електроінструмента, вона повинна виступати з них на довжину не менше п'яти діаметрів кабелю. Закріплення трубки на кабелі поза інструментом забороняється.

Для приєднання однофазного електроінструмента шланговий кабель повинен мати три жили: дві – для живлення, одну – для заземлення. Для приєднання трифазного електроінструмента застосовується чотирижильний кабель, одна жила якого слугує для заземлення. Ці вимоги стосуються тільки електроінструмента із таким корпусом, який слід заземлювати.

Доступні для доторкання металеві деталі електроінструмента класу I, які можуть опинитись під напругою, у випадку пошкодження ізоляції, повинні бути з'єднані із заземлювальним затискачем. Електроінструмент класів II і III не заземлюють.

Заземлення корпусу електроінструмента слід здійснювати спеціальною жилою живильного кабелю, яка не може одночасно бути провідником робочого струму. Використовувати з цією метою нульовий робочий провід забороняється. Штепсельна вилка повинна мати відповідну кількість робочих і один заземлювальний контакт. Конструкція вилки повинна забезпечувати випереджальне замикання заземлювального контакту під час ввімкнення та більш запізнене розмикання його під час вимикання. Конструкція штепсельних вилок електроінструмента класу III повинна унеможлилювати з'єднання їх з розетками на напругу понад 42 В.

Працівники, допущені до роботи з електроінструментом, повинні спочатку пройти навчання і перевірку знань щодо безпечного виконання робіт з застосуванням електроінструменту. До роботи з електроінструментом класу I в приміщеннях з підвищеною небезпекою та поза приміщеннями допускаються працівники з II групою електробезпеки. До роботи з електроінструментом II і III класу достатньо I групи з електробезпеки.

Забороняється видавати для роботи електроінструмент, який не відповідає хоча б одній із перелічених вимог або електроінструмент з протермінованою датою періодичної чергової перевірки.

5.1.2 Електробезпека

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

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

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

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;
- підвід кабелів до споживачів здійснювати в 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.

Обладнання повинно бути надійно заземлене. Справність і опір контуру заземлення один раз на рік перевіряється.

Всі обертові частини механізму повинні мати добре закріплену огорожу. Забороняється виконувати всі види ремонту під час роботи установки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт) [6]. Параметри мікроклімату під час виконання персоналом електромонтажних робіт наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	ІІб	15-29	70 при 25°С	0,2-0,5
Холодний	ІІб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочих місцях оперативно-ремонтного персоналу передбачається [7]: в холодну пору року – використання калорифера; в літню пору – застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м^3 [6]. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони оперативного персоналу

Назва речовини	ГДК, мг/м^3		Клас
	Максимально разова	Середньо добова	
Вуглецю оксид (СО)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації шкідливих речовин необхідно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціювання повітря [7].

5.2.3 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [8], роботи з монтажу електрообладнання СЕС, потребують освітлення, яке характеризується розрядом зорової роботи ІІІ, підрозряд «в». Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Високої точності	Від 0,3 до 0,5 включно	III	в	малий середній великий	світлий середній темний	600	200	-	1,2

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

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

5.2.4 Виробничий шум

Устаткування, що є джерелом шуму: вентилятори, електроінструмент, технологічне обладнання. Шум у приміщенні широкосмуговий. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях мають відповідати вимогам [9] і наведені в табл. 5.4.

Для забезпечення допустимих рівнів шуму на робочих місцях слід застосовувати засоби звукопоглинання, вибір яких має обґрунтовуватись спеціальними інженерно-акустичними розрахунками.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Виконання усіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Акустична обробка приміщень – це облицювання частини внутрішніх поверхонь огорожень звукопоглинаючими матеріалами, а також розміщення в приміщенні штучних звукопоглиначів, які представляють собою вільно підвішені об'ємні поглинаючі тіла довільної форми.

Найбільший ефект при акустичній обробці можливо отримати в точках, які розташовані в зоні відбитого звуку; в зоні прямого звуку акустичний ефект від застосування облицювання набагато менший.

Звукопоглинаючі облицювання розміщують на стелі і в верхніх частинах стін при висоті приміщення не більше 6-8 м таким чином, щоб акустично оброблена поверхня складала не менше 60 % від загальної площі обмежуючих приміщення поверхонь. У вузьких і дуже високих приміщеннях доцільно облицювання розміщувати на стінах, залишаючи нижні частини стін (до 2 м висотою) не облицюваними, або проектувати конструкцію звукопоглинаючої підвісної стелі.

5.2.5 Фактори умов праці

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [1]. Робота електротехнічного персоналу потребує значних фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кГ/м) – 291-348; зовнішнє фізичне

динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 18000; при загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 61600; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кг – до 35 кг; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 60000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30000; статичне навантаження (кг/с): двома руками (чоловіки) – до 140000; за участю м'язів тулуба та ніг – до 200 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі від 25% до 50% часу зміни; перебування у вимушеній позі (навпочіпки, на колінах тощо) від 10 % до 25 % часу зміни; перебування в позі «стоячи» від 60% до 80% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 101-300 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 12, вертикалі – 8 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, виконання завдання та його перевірка; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності.

Сенсорні навантаження: зосередження (% за зміну) – 51-75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – 151-300; навантаження на голосовий апарат: сумарна кількість годин, з напруженням голосового апарату протягом тижня – до 16.

Навантаження на зоровий аналізатор: розмір об'єкта розрізнення (при відстані від очей працівника до об'єкта розрізнення не більше 0,5 м), мм, % часу зміни – 5,0–1,1 мм більше 50% часу; 1,0–0,3 мм до 50 % часу; менше 0,3 мм до 25% часу.

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) – розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за виконання окремих елементів завдання; 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 – двозмінна (без нічної зміни).

5.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності СЕП «Спеціалізоване будівельно-монтажне управління №8» в умовах дії загрозливих чинників НС.

Надзвичайна ситуація є наслідком сукупності виняткових обставин, що склалися у відповідній зоні в результаті надзвичайної події техногенного, природного, антропогенного та воєнного характеру, а також під впливом можливих надзвичайних умов.

Надзвичайні ситуації, які можуть виникати на території України і здійснювати негативний вплив на функціонування об'єктів економіки та життєдіяльність населення, поділяються за такими основними ознаками: за сферою виникнення; за галузевою ознакою; за масштабами можливих наслідків.

Проникаюча радіація - це гамма-випромінювання і потік нейтронів. Ступінь тяжкості променевого ураження головним чином залежить від поглиненої дози. При дії проникаючої радіації на людей може виникнути променева хвороба різного ступеня. Матеріали, що володіють захисними властивостями, активно використовуються в будівництві захисних споруд.

Радіоактивне забруднення є четвертим фактором, на який припадає близько 10 % енергії ядерного вибуху. Під час ядерного вибуху утворюється велика кількість радіоактивних речовин, які, осідаючи з димової хмари на поверхню землі, забруднюють повітря, місцевість, воду, а також всі предмети, що знаходяться на ній,

споруди, лісові насадження, сільськогосподарські культури, урожай, незахищених людей і тварин.

При проходженні потоку гамма-опромінення через елементи РЕА, в них виникають вільні носії електричних зарядів, внаслідок переміщення яких виникає хибний імпульс, який може призвести до збою в роботі СЕП.

Особливо чутливими до радіації елементами є елементи з високим вмістом металів, яким в свою чергу властива висока концентрація вільних носіїв зарядів.

Таким чином радіація в РЕА викликає зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можлива зміна майже всіх електричних та експлуатаційних характеристик, що залежать від проходження процесів іонізації, порушення структури матеріалів, що призводить до пошкодження апаратури [37].

Під час дії електромагнітного імпульсу (ЕМІ) у тілах, що проводять електричний струм на частку секунди (час дії ЕМІ) виникає імпульс електричного струму і з'являється різниця потенціалів відносно землі. Під дією цих напруг може відбутись пошкодження РЕА, ліній зв'язку, вихід з ладу запобіжників і т.д.

5.5.1 Визначення області працездатності СЕП «Спеціалізоване будівельно-монтажне управління №8» в умовах дії іонізуючого випромінювання

В РЕА використовуються елементи, до складу яких входять матеріали: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та різні органічні сполуки (діелектрики, смоли та інші). Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до радіації, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

Визначаємо потужність експозиційної дози для кожного елемента і знаходимо елемент, який найбільш чуттєвий до дії іонізуючого випромінювання.

Таблиця 5.5- Стійкість елементів до впливу іонізуючих випромінювань.

№	Блоки елементів	Елементи РЕА	Найменування	$P_{гр.i},$ р/год	$P_{гр},$ р/год
1	Основний пристрій	Конденсатори	K50-35, K10-17	10^5	10^4
		Резистори	C2-23	10^6	
		Транзистори	КТ3102А	10^5	
		Мікросхеми	FT232RL, AT24C512	10^4	
2	Система керування	Діоди	АЛ307	10^5	10^5
		Сенсорна панель	SBL6	10^5	

Аналізуючи дані таблиці 5.5, визначаємо, що найбільшого впливу зазнають мікросхеми та діелектричні матеріали. В них незворотні дії виникають при рівні p_i , яка для СЕП в цілому є граничною, отже, $p_{гран}=10^4$ Рад/с.

В якості критерію стійкості роботи РЕА використовують значення рівня радіації гамма-випромінювання, яке розраховується за формулою [10]:

$$p'_{гран} = p_{гран} \cdot K_H \cdot K_{посл} [P / год], \quad (5.1)$$

де $p_{гран}$ – межа стійкості роботи СЕП, Рад/с;

K_H – коефіцієнт надійності елементної бази, $K_H = 0,9 \dots 0,95$,

приймаємо $K_H = 0,92$;

$K_{посл}$ – коефіцієнт послаблення радіації, із завдання: $K_{посл} = 2$.

Тоді:

$$p'_{гран} = 10^4 \cdot 0,92 \cdot 2 = 1,84 \cdot 10^4 (P / год).$$

Визначимо допустимий час роботи РЕА в заданих умовах:

$$t_{доп} = \frac{D_{зр} \cdot K_{посл} + 2P_1 \cdot \sqrt{t_n}}{2P_1} \quad (5.2)$$

$$t_{доп} = \frac{10^4 \cdot 7 + 2 \cdot 17,8 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 17,8} = 1967,2921 \text{ год}$$

5.5.2 Визначення області працездатності СЕП «Спеціалізоване будівельно-монтажне управління №8» в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій стійкості роботи СЕП в умовах дії електромагнітних випромінювань можна прийняти коефіцієнт безпеки [38], який визначається за формулою:

$$K_B = 20 \cdot \lg \frac{U_\partial}{U_\Gamma} \geq 40 \text{ дБ}, \quad (5.3)$$

де U_Γ – напруга наведення за рахунок електромагнітних випромінювань горизонтальних струмопровідних частин плати, В;
 U_∂ – допустиме коливання напруги живлення, В.

Визначаємо допустиме коливання напруги живлення

$$U_\partial = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot \Delta \quad (5.4)$$

де $U_{\text{ж}}$ – напруга живлення СЕП «Спеціалізоване будівельно-монтажне управління №8» ($U_{\text{ж}} = 30\text{В}$);

N – допустиме коливання напруги живлення ($N \pm 5\%$).

$$U_\partial = 30 + \frac{30}{100} \cdot 5 = 31,5 \text{ (В)}.$$

Плата пристрою СЕП розташована в горизонтальній площині. Визначимо максимальну очікувану напругу в горизонтальних лініях з рівності:

$$20 \cdot \lg \frac{U_\partial}{U_\Gamma} = 40 \quad (5.5)$$

$$U_\Gamma = \frac{U_\partial}{100} [\text{кВ}], \quad (5.6)$$

$$U_\Gamma = \frac{31,5}{100} = 0,315 \text{ (кВ)}.$$

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається як:

$$U_\Gamma = E_B \cdot l_\Gamma, \quad (5.7)$$

звідки

$$E_B = \frac{U_\Gamma}{l_\Gamma} [\text{кВ} / \text{м}], \quad (5.8)$$

де l_Γ – максимальна довжина горизонтального контуру електричної схеми, м ($l_\Gamma = 0,1\text{м}$).

$$E_B = \frac{0,315}{0,1} = 3,15 \text{ (кВ / м)}.$$

Згідно з розрахунками СЕП здатна працювати в умовах дії електромагнітного імпульсу при напруженості вертикальної складової електричного поля $E_B \leq 3,15$ кВ/м.

На підставі виконаних розрахунків можна зробити висновок про те, що дана СЕП здатна стійко працювати при коефіцієнті послаблення радіації 2, в умовах дії іонізуючого випромінювання при потужності дози випромінювання до $1,84 \cdot 10^4$ Р /год.

Також в даному розділі було визначено область працездатності СЕП «Спеціалізоване будівельно-монтажне управління №8» в умовах дії загрозливих чинників НС та в умовах дії іонізуючого випромінювання. Визначено потужність експозиційної дози для кожного елементу, яка в цілому для СЕП є граничною і складає: $p_{\text{гран}} = 10^4$ Р/год.

ВИСНОВОК

Магістерські кваліфікаційні роботи розроблені питання забезпечення якості електропостачання будівельно-монтажного управління №8. В рамках цього поряд з розробкою проектної частини, яка виконана з використанням елементів САПР та побудові математичних моделей в середовищі MathCad і EXCEL запропоновані до впровадження сучасні технології виконання електромонтажних робіт та використання передових засобів монтажу, що в комплексі дає безумовне підвищення якості живлення споживачів підприємства.

В першому розділі магістерської роботи детально проаналізований технологічний процес підприємства.

В другому розділі розроблені питання проектування з визначення розрахункових навантажень підприємства, місця встановлення та кількість трансформаторних підстанцій, розрахована мережа високовольтного живлення підприємства, компенсація реактивної потужності. Всі ці питання були трансформовані таким чином, щоб з'явилася можливість для їх розробки використати елементи системи САПР та побудувати відповідні математичні моделі.

Третій розділ роботи передбачав аналіз та впровадження сучасних методів виконання електромонтажних робіт, які органічно вписувалися б в можливість впровадження прийнятих проектних рішень. Тобто розроблені рекомендації з елементів електромонтажних робіт живлячої лінії 10 кВ з використанням кабелю з зшитого поліетилену АПвЕоаПу 3х120, що передбачає визначення механічних зусиль, які можуть бути прикладені до кабелю при його прокладанні в траншеї. Також запропоновані сучасні устаткування, що використовуються для організації живлення низьковольтних електричних мереж, які є невід'ємною частиною загальної системи електропостачання підприємства.

Комплексне вирішення всіх цих питань дало можливість розробити систему електропостачання підприємства, що забезпечує надійне та безперебійне електропостачання основних споживачів технологічного процесу.

В економічній частині розроблені основні питання, які стосуються функціонування системи електропостачання, а саме капіталовкладення в неї, собівартість електричної енергії та інших техніко-економічних показників підприємства.

В розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях розроблені всі рекомендовані нормами питання, що забезпечують безпечну експлуатацію електрообладнання та інших складових системи електропостачання.

Список використаних джерел

1. Визначення класу наслідків (відповідальності) будівель і споруд (ДБН 8855-2019).
2. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ, Київ. 2017.- 617 с.
3. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник з дисципліни «Електропостачання». – Вінниця: ВДТУ. 2005. – 140с.
4. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT) Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання.
5. Підтримка MS Office [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://office.microsoft.com/uk-ua/support>
6. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник з дисципліни «Електропостачання». – Вінниця: ВДТУ. 2005. – 140с.
7. Конспект лекції з дисципліни САПР СЕП.
8. Руководство Mathcad [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.exponenta.ru/soft/Mathcad>
9. Каталог автоматичних вимикачів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php>
10. 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
14. М. П. Охорона праці : Лабораторний практикум / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець – К. : Основа, 1998. – 224 с.
15. 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

16. 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>
17. ДБН А.2.5-23:2010, Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення
18. Закон України «Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії» Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0311874-18#Text>
19. 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.
20. Кобилянський О. В., Кобилянська І.М., Яблочников С.Л. Основи охорони праці. – Вінниця: Планер, 2007. – 171 с.
21. Кобилянський О. В. Охорона праці при експлуатації електроустановок. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 125 с.
22. Кобилянський О. В. Охорона праці у галузі. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 139 с.
23. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 1. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 183 с.
24. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 2. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 171 с.
25. 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.
26. 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->.

27. 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.
28. 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.
29. 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>.
30. 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>.
31. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
32. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
33. 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>.
34. 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>.
35. 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

“ ____ ” _____ 2024р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

“ ____ ” _____ 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ «СПЕЦІАЛІЗОВАНЕ БУДІВЕЛЬНО-
МОНТАЖНЕ УПРАВЛІННЯ №8» ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ
ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ РОБІТ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Войтюк Ю.П.

(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ-22м

Саліонович О.М.

(підпис)

Вінниця 2024 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ від «15» березня 2024 року, №81

Дата початку роботи 24.05.2024р.

Дата закінчення роботи 13.06.2024р.

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

а) мета: підвищення якості електропостачання будівельно-монтажного управління.

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., Шулле Ю.А. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Вінниця: ВНТУ, 2024 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. Х : Міненерговугілля України, 2017 р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для проектування	24.05.24	29.05.24
4.2 Проведення необхідних розрахунків	30.05.24	4.06.24
4.3 Розробка робочих креслень	5.06.24	7.06.24
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	8.06.24	15.06.24

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

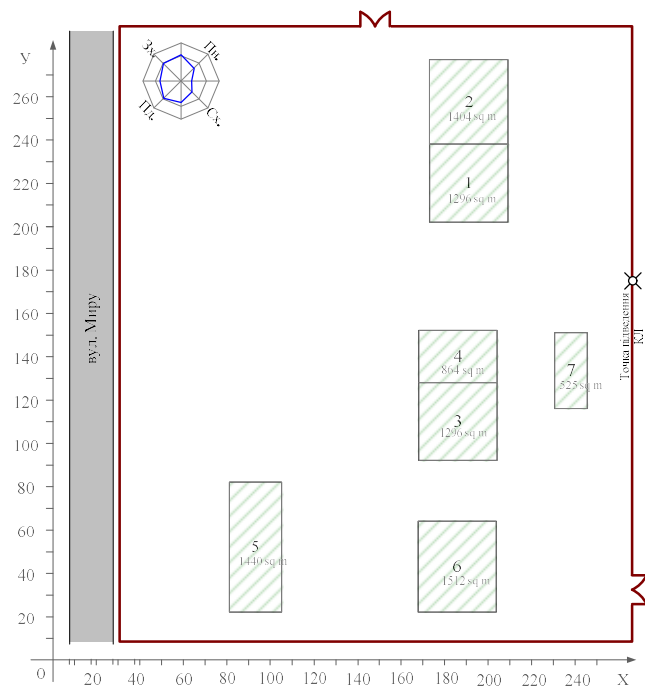


Рисунок Б.1 - Генплан «Спеціалізоване будівельно-монтажне управління №8»

Таблиця Б.1 - Відомості про електричні навантаження управління

№	Найменування	Р _н , кВт
1	Заготівельний цех	500
2	Виробничий цех №1	360
3	Зварювальний цех	400
4	Цех підготовки виробництва	210
5	Виробничий цех №2	130
6	Цех готової продукції	250
7	Котельня	240

Додаток В – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення якості електропостачання «Спеціалізоване будівельно-монтажне управління №8» шляхом впровадження сучасних методів електромонтажних робіт

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 83% Схожість 17%

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 _____ Лобода Ю.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи	_____	_____
	(підпис)	(прізвище, ініціали)
Керівник роботи	_____	_____
	(підпис)	(прізвище, ініціали)

Додаток Г – Ілюстративна частина

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
« Підвищення якості електропостачання «Спеціалізованого будівельно-монтажного управління №8» шляхом впровадження сучасних методів електромонтажних робіт»

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)

Саліонович О.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ
Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

Продовження Додаток Г – Ілюстративна частина

Актуальність теми: важливу роль в підвищенні якості електропостачання сучасних будівельно-монтажних управлінь займає підготовка електромонтажних засобів, що використовуються для індустріалізації електромонтажних робіт. Актуальність теми магістерської роботи полягає в розробці, удосконаленню та наданням рекомендацій, що стосуються пристосуванню технологічного процесу будівельно-монтажного управління до нового рівня використання сучасних електромонтажних технологій.

Мета роботи: підвищення якості електропостачання підприємства за рахунок використання сучасних методів та засобів ведення електромонтажних робіт, які задовольняють вимогам надійного та безперебійного електропостачання споживачів.

Об'єкт дослідження: система електропостачання спеціалізованого будівельно-монтажного управління №8.

Предмет дослідження: є використання індустріальних методів ведення електромонтажних робіт, що дозволять підвищити якість електропостачання технологічного процесу виготовлення різних металевих конструкцій.

Задача дослідження: основною задачею підвищення якості електропостачання є впровадження в процес проектування системи електропостачання та розподілу електричної енергії серед споживачів будівельно-монтажного управління сучасних технологій та методів монтажу окремих важливих елементів системи електропостачання з метою покращення її роботоздатності та ефективності, що приведе до підвищення економічних показників роботи підприємства.

Наукова новизна: полягає у використанні сучасних методів та оригінальних засобів ведення електромонтажних робіт, що обумовлюють підвищення якості електропостачання технологічних процесів з підготовки виробництва будівельно-монтажних організацій.

Продовження Додаток Г – Ілюстративна частина

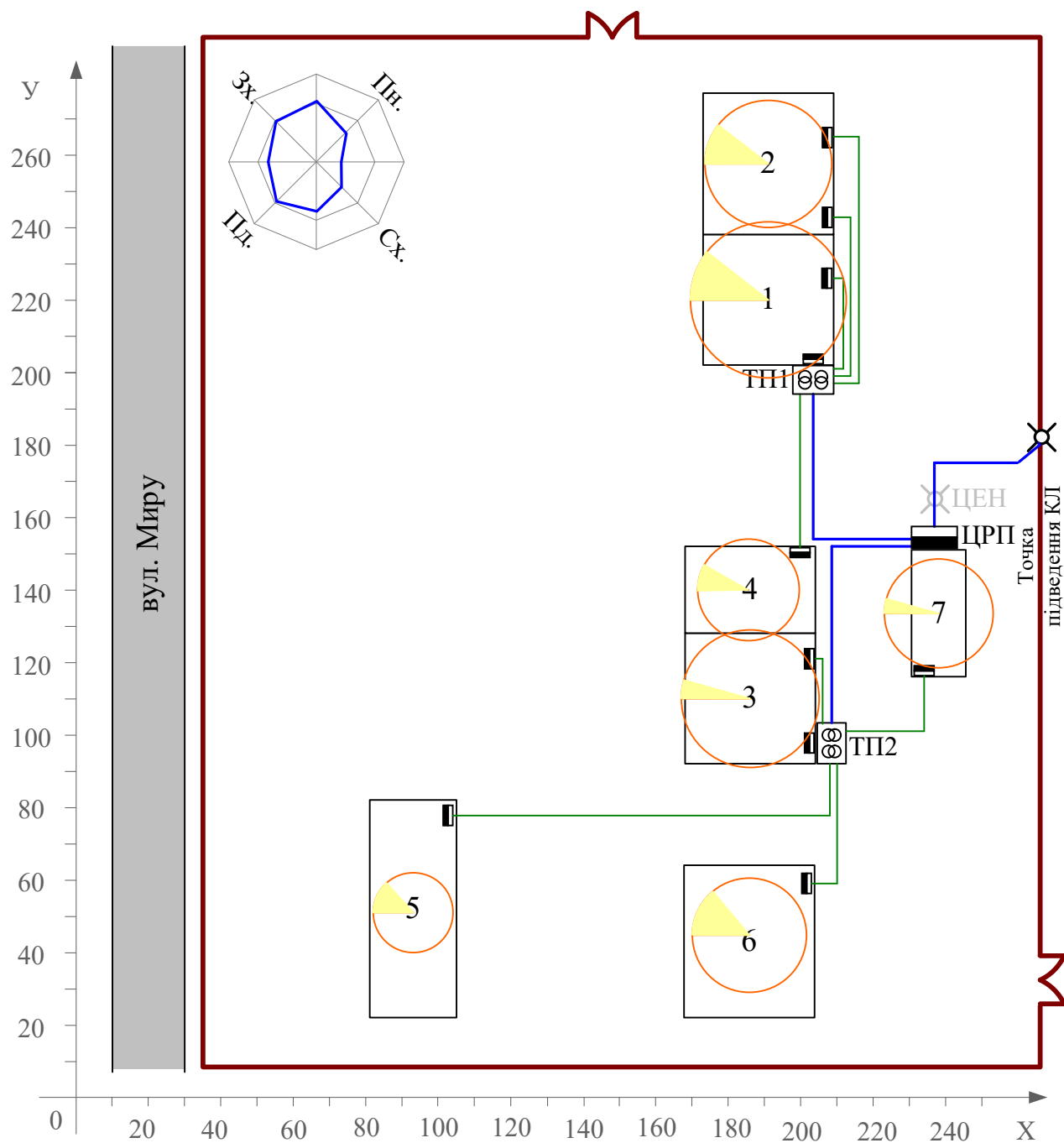


Рисунок Г1 - Генеральний план підприємства

Продовження Додаток Г – Ілюстративна частина

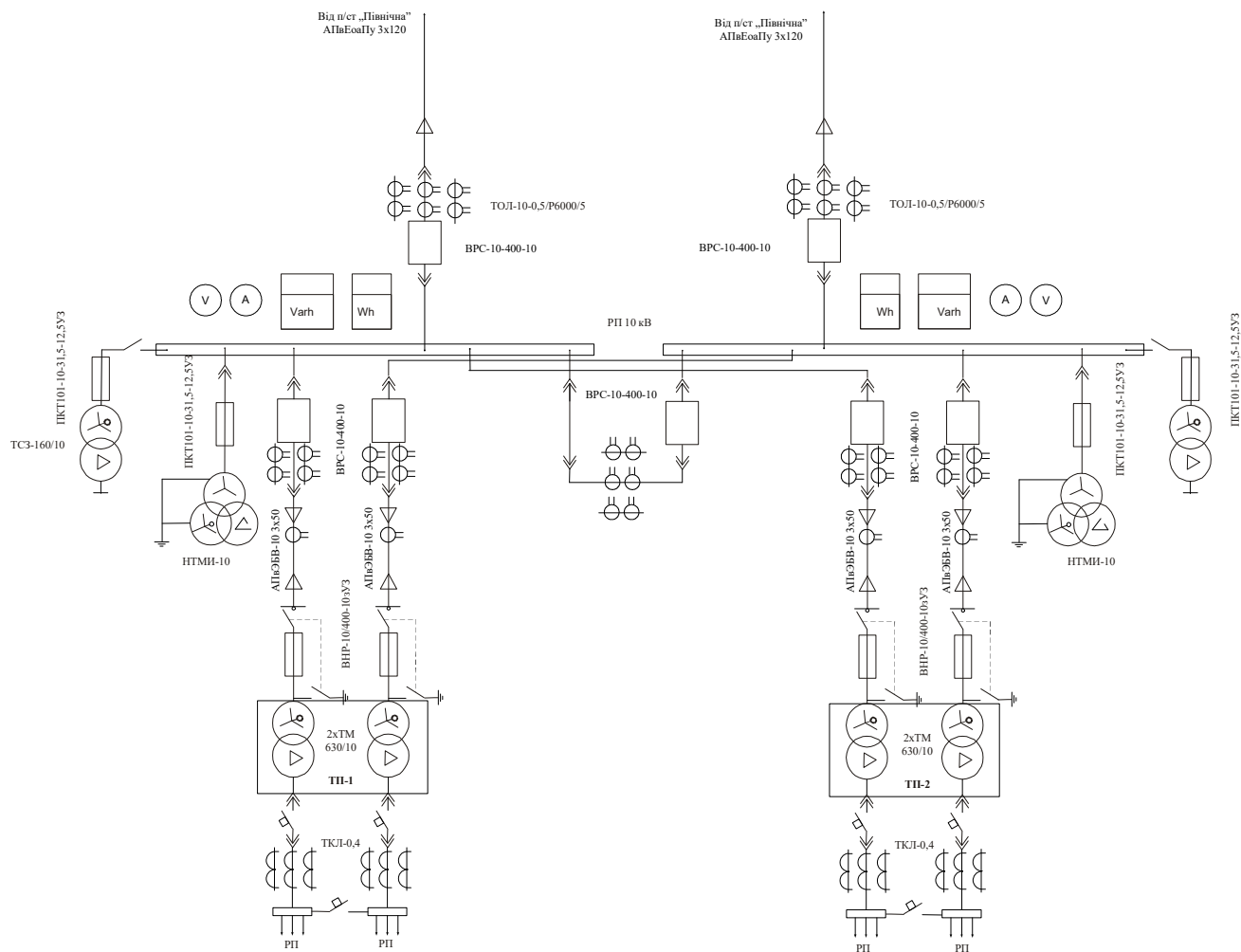


Рисунок Г 2- Однолінійна схема живлення

Продовження Додаток Г – Ілюстративна частина

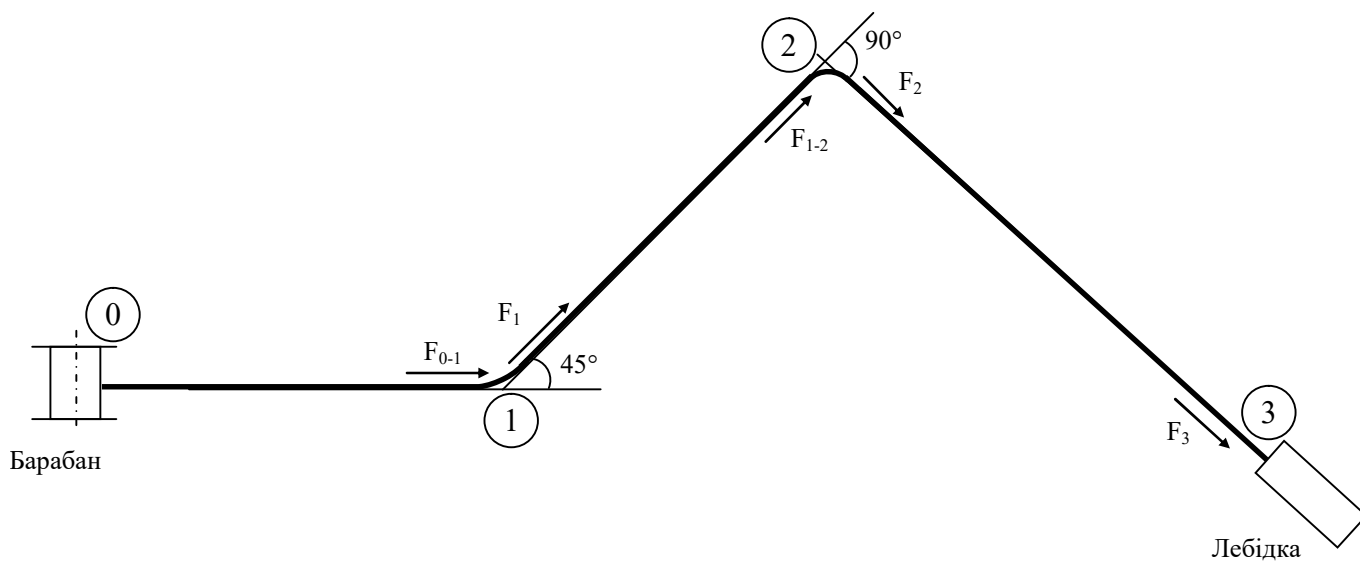


Рисунок Г3- Схема вигинів кабельної траси

Радіальний тиск на одиницю довжини:

$$F_r = \frac{F \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{r \cdot \pi \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}}$$

де F – зусилля протягування кабелю, Н;

α – кут вигину, град;

r – радіус вигину, м;

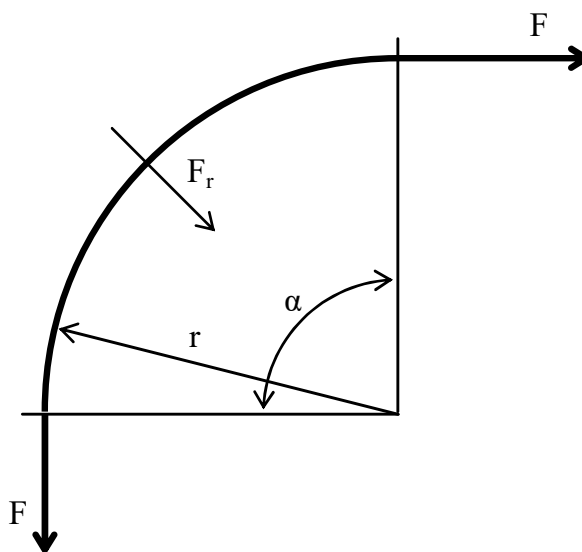


Рисунок Г4 - Радіальний тиск на одиницю довжини:

Продовження Додаток Г – Ілюстративна частина

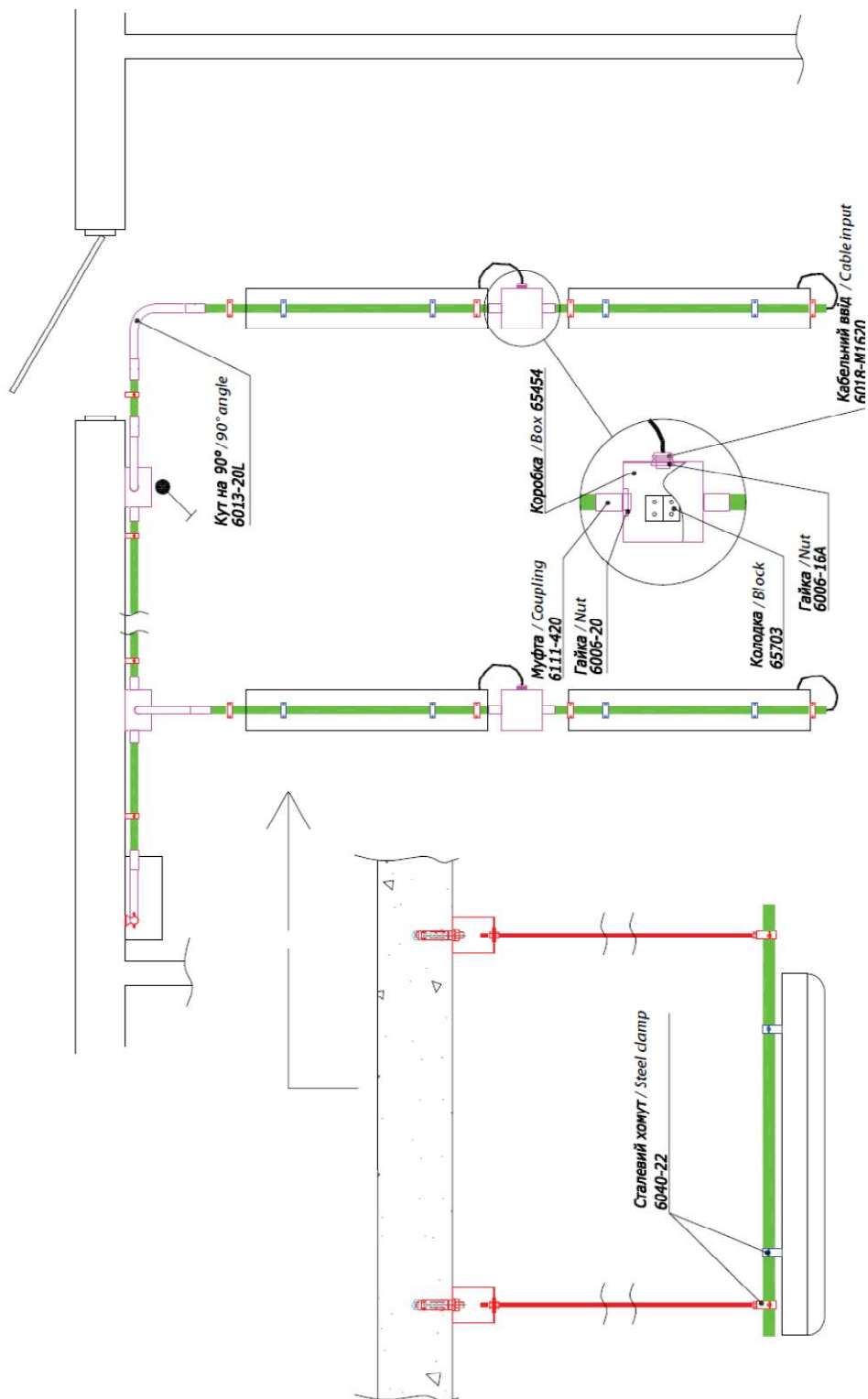


Рисунок Г5 - Фрагмент виконання електромонтажних робіт освітлювальної мережі



Продовження Додаток Г – Ілюстративна частина

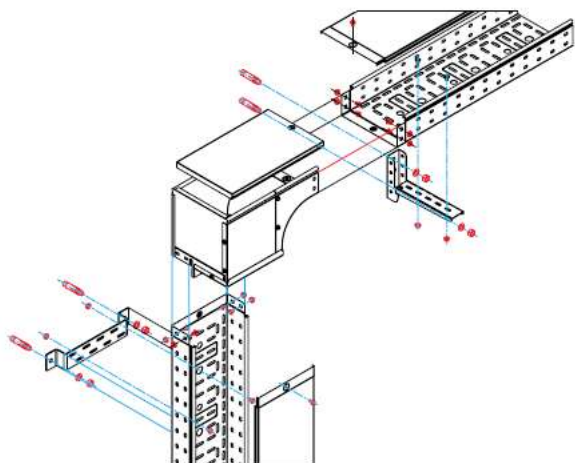


Рисунок Г.7 - Поворот траси лотків

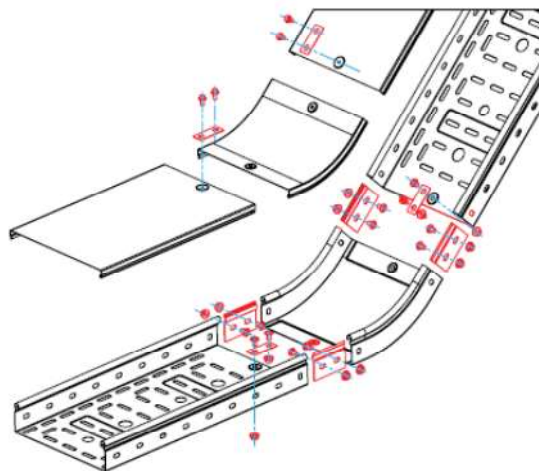


Рисунок Г.8 - Поворот траси вгору на 45°

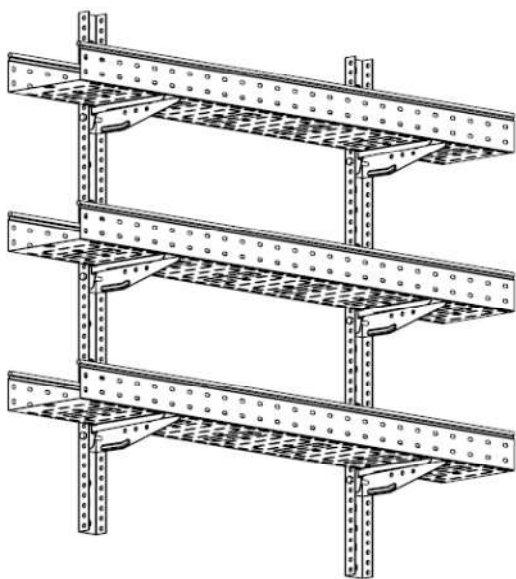


Рисунок Г.9 – Для багаторядного кріплення

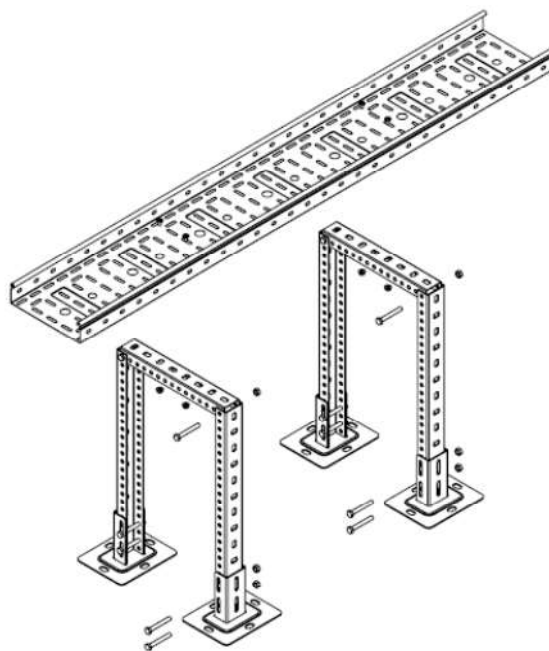


Рисунок Г.10 – Для кріплення на підлозі

Продовження Додаток Г – Ілюстративна частина

Висновки

Магістерські кваліфікаційні роботі розроблені питання забезпечення якості електропостачання будівельно-монтажного управління №8. В рамках цього поряд з розробкою проектною частиною, яка виконана з використанням елементів САПР та побудові математичних моделей в середовищі MathCad і EXCEL запропоновані до впровадження сучасні технології виконання електромонтажних робіт та використання передових засобів монтажу, що в комплексі дає безумовне підвищення якості живлення споживачів підприємства.

В першому розділі магістерської роботи детально проаналізований технологічний процес підприємства.

В другому розділі розроблені питання проектування з визначення розрахункових навантажень підприємства, місця встановлення та кількість трансформаторних підстанцій, розрахована мережа високовольтного живлення підприємства, компенсація реактивної потужності. Всі ці питання були трансформовані таким чином, щоб з'явилася можливість для їх розробки використати елементи системи САПР та побудувати відповідні математичні моделі.

Третій розділ роботи передбачав аналіз та впровадження сучасних методів виконання електромонтажних робіт, які органічно вписувалися б в можливість впровадження прийнятих проектних рішень. Тобто розроблені рекомендації з елементів електромонтажних робіт живлячої лінії 10 кВ з використанням кабелю з зшитого поліетилену АПвЕоаПу 3х120, що передбачає визначення механічних зусиль, які можуть бути прикладені до кабелю при його прокладанні в траншеї. Також запропоновані сучасні устаткування, що використовуються для організації живлення низьковольтних електричних мереж, які є невід'ємною частиною загальної системи електропостачання підприємства.

Комплексне вирішення всіх цих питань дало можливість розробити систему електропостачання підприємства, що забезпечує надійне та безперебійне електропостачання основних споживачів технологічного процесу.

В економічній частині розроблені основні питання, які стосуються функціонування системи електропостачання, а саме капіталовкладення в неї, собівартість електричної енергії та інших техніко-економічних показників підприємства.

В розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях розроблені всі рекомендовані нормами питання, що забезпечують безпечну експлуатацію електрообладнання та інших складових системи електропостачання.

Додаток Д – Зразки актів на виконання електромонтажних робіт

ЖУРНАЛ

прокладки кабелів

[illegible]

Додаток Д – Зразки актів на виконання електромонтажних робіт

ПРОТОКОЛ №_____
вимірів опорів ізоляції проводів і кабелів

ЗАМОВНИК

об'єкт

Micto

”

”

M.

Електромонтажні роботи виконані ділянкою ном.

1. Виміри проведено мегаометром типу _____ на _____
 фабричний номер _____

2. Прізвище і, по-батькові і посада особи, яка проводила виміри

3. Дані вимірів

[illegible]

Додаток Д – Зразки актів на виконання електромонтажних робіт

АКТ № 1

приймання траншей під монтаж кабелів

Комісія в складі: від електромонтажної організації

_____ (посада, п., і., по- батькові)

від замовника

_____ (посада, п., і., по- батькові)

від будівельної організації

_____ (посада, п., і., по- батькові)

провели огляд і перевірку
виконаних _____

(назва генпідрядної організації)

_____ траншеї під монтаж кабельної
лінії _____

споруджень для прокладки кабелів.

1. До здачі-приймання пред'явлені слідууючі об'єкти: траншеї під кабельні лінії

2. Спорудження виконані у відповідності до проекту, розробленого

3. Відхилення від проекту

_____ узгоджені з _____

4. Розбивка траси траншей і її виконання у відповідності з проектом і узгоджені
зміни перевірені _____

(організація, посада, п., і., по- батькові)

5.Ширина и відмітка дна траншеї відповідають проекту, виконана
постіль із піску

_____ товщиною шару 150-200 мм, перетин
доріг виконано в трубах _____ азбестоцементних на глибині 750-850
мм , з'єднання і фарбування труб _____

(спосіб виконання)

Траншея підготовлена до прокладання кабелю

6. Діаметр отворів блоків і правильність з'єднання блоків перевірені, кришки на люках криниць установлені.

7. Обрамлення і перекриття на кабельних каналах виконані _____

8. Люки і входи в тунелі виконані по проекту _____

9. Дренаж виконаний _____

10. Особливі зауваження _____

Заключення комісії:

11. Об'єкти, перераховані в п. 1 даного акту, вважати прийнятими під монтаж кабелів.

Додаток: Схема прив'язки зовнішніх кабельних трас на місцевості з приведенням горизонтальних і вертикальних відміток трас.

Представник монтажно
організації

(підпис)

Представник замовника

(підпис)

Представник будівельної
організації