

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого  
Кафедра Електропостачання і енергоменеджменту

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту (декан факультету)

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Сергій БЛАЖЕНКО  
(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Сергій БАЛЮТА  
(ім'я та прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми «Електротехніка та інформаційні технології»

на тему: Підвищення ефективності електричних мереж шляхом реалізації  
концепції Smart grid  
Інформаційна система енергоменеджменту комунального об'єкта

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ЕЛ-4-3

Кордан Микола Станіславович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник Бориченко Олена Володимирівна  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультанти

Аліна СІРИК  
(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Я, як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2024 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого  
Кафедра Електропостачання і енергоменеджменту  
Освітній ступінь бакалавр  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Освітньо-професійна програма Електротехніка та інформаційні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕПЕМ

/Сергій БАЛЮТА/

«   »     2024 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Кордан Микола Станіславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності електричних мереж шляхом реалізації концепції Smart grid. Інформаційна система енергоменеджменту комунального об'єкта

керівник роботи к.т.н., доцент Бориченко Олена Володимирівна

затверджені наказом закладу вищої освіти від «05» 04. 2024 р. № 256-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 25 травня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи Схема розміщення споживачів системи електропостачання міста, характеристики комунально-побутових та громадських споживачів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ;

1. Загальні відомості про інтелектуалізацію міських електричних мереж

2. Розробка загальної схеми електропостачання району міста

3. Вирішення прикладних питань інтелектуалізації міських електричних мереж

4. Охорона праці та пожежної безпеки при експлуатації міської підстанції 10/0,4 кВ

5. Перелік графічного матеріалу

1. Однолінійна схема електропостачання району міста

2. Схема внутрішньобудинкової мережі багатопверхового будинку

3. Генплан розміщення об'єктів району міста

4. Однолінійна схема підключення і габаритні розміри КТП з трансформатором

ТМЗ-630

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
ОП	Сірик А.О., доцент		

7. Дата видачі завдання 05 квітня 2024 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	При-мітка
1	<i>Вступ</i>	<i>06.04.2024 р</i>	
2	<i>Короткий опис технологічного процесу</i>	<i>08.04.2024 р</i>	
3	<i>Розробка загальної схеми електропостачання району</i>	<i>10.04.2024 р</i>	
4	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>		
5	<i>Вибір зовнішнього електропостачання</i>	<i>12.04.2024 р</i>	
6	<i>Розрахунок електричної мережі багатопверхового житлового будинку</i>	<i>16.04.2024 р</i>	
7	<i>Вибір комутаційної апаратури</i>		
8	<i>Розрахунок струмів короткого замикання</i>	<i>18.04.2024 р</i>	
9	<i>Релейний захист та автоматика</i>		
10	<i>Підвищення ефективності електричних мереж шляхом реалізації Smart grid</i>	<i>24.04.2024 р</i>	
11	<i>Індивідуальне завдання. Інформаційна система електроменеджменту</i>	<i>25.04.2024 р</i>	
12	<i>Охорона праці</i>	<i>27.04.2024 р</i>	
13	<i>Висновок</i>	<i>22.05.2024 р</i>	
14	<i>Список література</i>	<i>23.05.2024 р</i>	
14	<i>Оформлення пояснювальної записки проекту</i>	<i>24.05.2024 р</i>	
16	<i>Здача проекту на перевірку</i>	<i>25.05.2024 р</i>	

Здобувач

\_\_\_\_\_

(підпис)

Кордвн М.С.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Бориченко О.В..

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## Анотація

Кордан Микола Станіславович. Дипломний проєкт на тему: «Підвищення ефективності електричних мереж шляхом реалізації концепції Smart grid»

Національний Університет Харчових Технологій

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Тема дипломного проєкту «Інтелектуалізація міських електричних мереж» складається з 114 сторінки основного матеріалу, налічує 23 рисунки, 44 таблиці, 44 бібліографічних найменувань за переліком посилань, 4 креслення.

Під час виконання дипломного проєкту було проведено розрахунок навантажень комунально-побутових та громадських споживачів. Вибрано параметри живильних мереж напругою до 1 кВ та вище 1 кВ, силових трансформаторів, апаратів релейного захисту та автоматики. Проведено розрахунок струмів короткого замикання.

У якості спеціального питання було проведено аналіз питання інтелектуалізації міських електричних мереж і розглянуто можливості модернізації трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ.

Ключові слова: електропостачання, споживачі електричної енергії, трансформаторна підстанція, інтелектуалізація, smart grid, модернізація електричних мереж.

## **Abstract**

KordanMykola. Diploma project on the topic: "Increasing the efficiency of electrical networks through the implementation of the Smart grid concept"

National University of Food Technologies

141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

The theme of the diploma project "Intellectualization of urban electrical networks" consists of 114 pages of basic material, has 23 figures, 44 tables, 44 bibliographic titles on the list of references, 4 drawings.

During the creation of this work, I carried out the calculation of loads of communal and public consumers. The parameters of power supply networks with voltage up to 1 kV and above 1 kV, power transformers, relay protection and automatic equipment are selected. The calculation of short-circuit currents is carried out.

As a special issue, an analysis of the intellectualization of urban electrical networks and the possibilities of modernization of transformer substations were made.

Keywords: electricity supply, electricity consumers, transformer substation, intellectualization, smart grid, modernization of electric networks.

## Зміст

ВСТУП.....	10
1 РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ РАЙОНУ МІСТА .....	11
1 Умови проектування .....	11
1.1 Загальні характеристики об'єкта .....	11
1.2 Загальна характеристика споживачів .....	12
1.3 Характеристика джерел живлення .....	13
2 Розрахунок електричних навантажень.....	15
2.1 Вихідні дані для розрахунку навантажень для об'єктів цивільних призначень .....	15
2.2 Розрахунок навантажень житлового будинку .....	18
2.3 Розрахунок навантажень громадських об'єктів .....	20
2.4 Визначення загальних навантажень на Трансформаторних підстанцій района .....	23
3 Вибір зовнішнього електропостачання.....	28
3.1 Вибір схеми трансформаторної підстанції і засобів компенсації реактивної потужності .....	28
3.2 оберемо трансформатори.....	28
3.3 Вибір схеми розподільної мережі.....	31
3.4 Перевірка електричних мереж.....	41
4 Розрахунок електричної мережі багатоповерхового житлового будинку .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5 Вибір комутаційної апаратури .....	48
5.1 Вибір комутаційної апаратури.....	49
5.2 Вибір трансформаторів струму і напруги .....	49
6 Розрахунок струмів короткого замикання .....	52
6.1 розрахунок струмів короткого замикання .....	52
7 Релейний захист та автоматика .....	76
7.1 Загальні вимоги до релейного захисту і автоматики в мережах 10/0,4 кВ. ....	77
7.2 Вибір елементів релейного захисту і автоматики .....	78

						ДП 2024		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.	Кордан М.С.				Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.					6			
Керівн.	Бориченко О.В				Зміст			
Затвердив.	Балюта С.М.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ-4-3			

8.Підвищення ефективності електричних мереж шляхом реалізації концепції Smart grid .....	84
8.1 Аналіз можливості використання концепцій електричних мереж .....	84
9 Інформаційна система електро менеджменту .....	89
комунального об'єкта .....	89
9.1 Інформаційні технології в енергетичному менеджменті комунальних підприємств .....	89
9.2 Управління операціями та диспетчеризація .....	90
10. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	98
Технічна характеристика та умови безпечної експлуатації міської підстанції 10/0.4 кВ.....	98
Список робіт, які необхідно виконати для забезпечення безпеки праці.....	99
Виявлення шкідливих і небезпечних факторів при експлуатації міської станції 10/0.4 кВ для працівників .....	101
Ми визначаємо НШВЧ, який впливає на наших співробітників, і проводимо оцінку умов праці відповідно до [40], [41]. Інформація наведена в таблиці 10.5. ....	101
Визначення технічних, організаційних заходів та засобів індивідуального захисту, щодо забезпечення безпеки праці.....	102
Розрахунок пристрою захисного заземлення для трансформаторної підстанції .....	104
ДОДАТКИ .....	114

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- КЗ - Коротке замикання  
ТП - Трансформаторна підстанція  
ГПП - Головна понижувальна підстанція  
ЦЖ - Центр живлення  
ДБН - Державні будівельні норми  
ЕП - Електроприймачі  
КТП - Комплектна трансформаторна підстанція  
ПКРП - Пристрій компенсації реактивної потужності  
ВРП - Ввідно-розподільний пристрій  
РП - Розподільний пункт  
КЛ - Кабельна лінія  
ПЛ - Повітряна лінія  
ПУЕ - Правила улаштування електроустановок  
СКЗ - Струм короткого замикання  
ЗІЗ - Засоби індивідуального захисту  
ГДК - Гранично допустима концентрація  
ЕЗЗ - Енергозахисні засоби  
ЗП - Заземлюючий пристрій  
ВЗ - Вертикальний заземлювач  
ГЗ - Горизонтальний заземлювач  
ТП - Трансформаторна підстанція  
ЕУ - Електрична установка  
НШВЧ - Небезпечні і шкідливі виробничі чинники  
ОСР – Оператор системи розподілу

					ДП 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

## ВСТУП

Електромережа є важливою частиною інфраструктури, що підтримує індустріальне суспільство. Частка електроенергії, оброблюваної електронними пристроями, постійно зростає. Зростаюча тенденція до переходу від централізованого енергопостачання до розподіленого виробництва енергії на основі відновлюваних джерел енергії значно прискорює цей процес. Удосконалена електронна система живлення є ключем до підвищення енергоефективності забезпечити максимальну доступність і стабільність мережі.

Можливість відстежувати та контролювати потужність у системі робить можливим безліч функцій та можливостей, які неможливі за допомогою традиційних топологій та методологій. Ми можемо говорити про справді інтелектуальне управління енергією, яке забезпечує енергоефективність.

Цифрова інфраструктура заклала основу для того, що в кінцевому підсумку послужило поштовхом до створення реальної енергетичної мережі, заснованої на Internet of Things (IOT). IOT вже ефективно використовує пристрій, пропонуючи розширені можливості бездротового зв'язку. Таким чином, з кожним роком у міру вдосконалення технологій і зниження цін більші системи починають відповідати вимогам IOT.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ДП 2024			
Розроб.		Кордан М.С.			Вступ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.							9	
Керівн.		Бориченко О.В				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,		
Затвердив.		Балюта С.М.				ЕЛ-4-3		

# 1 РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ РАЙОНУ МІСТА

## 1 Умови проектування

### 1.1 Загальні характеристики об'єкта

Проект враховує енергосистему в північній частині житлового району "Русанівка", який є частиною міста Києва. Населення проекту становить 45 000 чоловік.

Територія масиву забудована рівномірно.

Житлові райони, що розглядаються в проекті, відносяться до III кліматичній зоні. Максимальна температура становить плюс 55 ° С, а мінімальна-мінус 44 ° С. Річна кількість опадів становить 358 мм.. Середня товщина снігового покриву становить 26 см, Глибина промерзання 1,8-2 м.у цьому регіоні переважають чорноземні і сірі підзолисті лісові ґрунти [7].

Інтенсивність грозової активності в цьому регіоні становить 60-80 годин, і всі будинки і споруди регіону, призначені для блискавкозахисту, а також необхідність їх застосування відносяться до категорії блискавкозахисту між захисними зонами b і III [8].

Оптимальна система напруги в міських районах становить 110 (35) / 10 / 0,38 кВ. Розподільно-розподільна мережа 10 кВ використовується для спільного постачання міських муніципальних і промислових споживачів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ДП 2024			
Розроб.		Кордан М.С.			Розборка загальної схеми електропостачання району міста	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.							10	
Керівн.		Бориченко О.В				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ-4-3		
Затвердив.		Балюта С.М.						

Продовження таблиці 1.1

Адреса	Плити	Поверхів.	Секцій	Всього житл	Категорія
Ентузіастів 35	Газ	9	3	162	II
Ентузіастів 35/1	Газ	9	3	108	II
Ентузіастів 37	Газ	9	3	96	II
Ігоря Шамо 12	Електричні	23	2	210	I
Ігоря Шамо 14	Електричні	16	3	384	II
Ігоря Шамо 16	Газ	9	1	63	II
Ігоря Шамо 20	Газ	9	3	162	II
Ігоря Шамо 20/1	Газ	9	3	162	II

Таблиця 1.2 – Рівень надійності об'єктів громадського призначення

Адреса	Тип	Назва	Параметр (м <sup>2</sup> /місць)	Категорія
Ентузіастів 37	Супермаркет	Фора	300	II
Ентузіастів 37	Магазин	М'ясна лавка	100	III
Ентузіастів 37	Салон-перукарня	Русанівський	5	III
Ентузіастів 29	Бібліотека	Маяковського	400	III
Ігоря Шамо 14	Салон-перукарня	Стриж	5	III
Ігоря Шамо 12	Кафе	Coffee Hunter	5	III
Ігоря Шамо 29/3	Школа	Гімназія №136	750	II
Ігоря Шамо 35/2	Дитячий садок	№404	220	II
Ігоря Шамо 18	Школа	Школа №330	316	II

Більшість споживачів відносяться до II і III категорій: житло, дитячі та освітні установи, супермаркети. Одна 23-поверхова будівля належить споживачеві I категорії. При цьому серед споживачів представленого об'єкта може бути окрема система, що відноситься до категорії більш високої надійності, ніж загальний об'єкт.

### 1.3 Характеристика джерел живлення

									Арк.
									12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 2024

## 1.2 Загальна характеристика споживачів

Основними споживачами електроенергії є будинки, громадські будівлі та установи. У цьому районі є 16-та 23-поверхові будинки з електричними плитами та 9-поверхові будинки з газовими плитами. Основними споживачами електричної енергії є електроплити, пральні машини, опалювальні котли та інші побутові прилади, електропривод ліфтового обладнання та інше електрообладнання загального користування.

На території району розташовано кілька громадських і громадських будівель, в тому числі дошкільні установи, навчальні заклади, підприємства громадського харчування, пункти громадського харчування, продовольчі та промислові магазини. Основними споживачами є холодильні установки, варильні печі і т. д.

Житлові будинки (багатоквартирні будинки), розташовані в районі, відносяться до першого типу [7].

Довжина вулиці - 2 кілометри.

Більшість споживачів отримують живлення напругою 0,38 кВ, а решта 0,22 кВ.

Рівень надійності досліджуваного об'єкта визначався відповідно до таблиць 1.1 і 1.2, [7].

Таблиця 1.1 – Рівень надійності житлових будинків

Адреса	Плити	Поверхів.	Секцій	Всього житл	Категорія
Ентузіастів 27	Електричні	16	1	126	II
Ентузіастів 29	Газ	9	3	96	II
Ентузіастів 29/1	Газ	9	3	162	II
Ентузіастів 29/2	Газ	9	4	216	II
Ентузіастів 31	Газ	9	3	162	II
Ентузіастів 31/1	Газ	9	3	108	II
Ентузіастів 33	Газ	9	3	162	II

									Арк.
									11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2024				

Електропостачання споживачів в окрузі може здійснюватися по шині електростанції, на якій встановлені 2 трансформатора ТМН-6300 6,3 МВт35 / 10 кВ, а рівень напруги становить 10 кВ.

Система центрального опалення міського округу розташована на території житлових районів і живиться від головної понижуючої підстанції (ГПП) міського округу, яка належить оператору розподільної системи ДТЕК "Київські електричні мережі". На ГПП встановлено 2 трансформатори ТДТН-25000/110 (110/35/10), він живиться від шин підстанції Центральної ЕС ДП НЕК "Укренерго" 330/110 кВ, розташованої на відстані 8 км.

ЦЖ району міста знаходиться на відстані 2-х кілометрів від ГПП району ( $S_{кз}$  на шинах 110 кВ складає 1000 МВ·А).

Генеральний план проекрованої частини житлового району із зазначенням серійного номера об'єкта, розташованого на території, представлений в розділі 3 графічної частини. Він вказаний в масштабі 1:1000.

За даними ДБН, немає необхідності регулювати реактивну потужність у житлових районах. А для інших цивільних об'єктів було встановлено пристрій компенсації реактивної потужності, засоби обліку споживаної реактивної енергії зі стопором зворотного ходу і засоби обліку генерованої реактивної електроенергії.

					ДП 2024	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Розрахунок електричних навантажень

### 2.1 Вихідні дані для розрахунку навантажень для об'єктів цивільних призначень

Визначення проектного навантаження на громадські об'єкти відповідно до [7]:

$$P_{ж/б} = P_{кв} + 0,9P_{сил}, \quad (2.1)$$

де  $P_{кв}$  – розрахункове навантаження квартир:

$$P_{кв} = P_{пит} N_{кв}, \quad (2.3)$$

де  $P_{пит}$  – питоме розрахункове електричне навантаження житла [7].  
Значення  $P_{пит}$  для кількості квартир не визначених в таблиці питомих розрахункових навантажень жител 1-го та 2-го видів [7] обчислення за допомогою інтерполяції:

$$P_{пит}(N_{кв}) = P_{пит}(N_{кв.0}) + \frac{P_{пит}(N_{кв.1}) - P_{пит}(N_{кв.0})}{N_{кв.1} - N_{кв.0}}(N_{кв} - N_{кв.0}), \quad (2.4)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ДП 2024			
Розроб.		Кордан М.С.			Розрахунок електричних навантажень	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.							14	
Керівн.		Бориченко О.В				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ-4-3		
Затвердив.		Балюта С.М.						

$N_{\text{кв}}$  – поточна кількість квартир;

$N_{\text{кв.0}}$  – попереднє найближче значення кількості квартир з таблиці питомих розрахункових навантажень жител 1-го та 2-го видів;

$N_{\text{кв.1}}$  – наступне найближче значення кількості квартир з таблиці питомих розрахункових навантажень жител 1-го та 2-го видів;

$P_{\text{сил}}$  – розрахункове навантаження силових ЕП:

$$P_{\text{сил}} = P_{\text{р.л}} + P_{\text{р.сан}}, \quad (2.5)$$

де  $P_{\text{р.л}}$  – потужність ліфтових установок будинку

$P_{\text{р.сан}}$  – потужність санітарно-гігієнічного обладнання будинку

Місткість ліфтового обладнання та санітарно-гігієнічного обладнання розраховується за формулами:

$$P_{\text{р.л}} = K_{\text{поп.л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot \sum P_{\text{л.і}} \quad (2.6)$$

$$Q_{\text{р.л}} = K_{\text{поп.л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot \text{tg}\varphi \cdot \sum P_{\text{л.і}} \quad (2.7)$$

де  $K_{\text{поп.л}}$  – коефіцієнт попиту для ліфтових установок. Приймається згідно [7];

$P_{\text{л.і}}$  – потужність ліфтової установки;

$N_{\text{л}}$  – кількість ліфтів

$$P_{\text{р.л}} = K_{\text{поп.л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot \sum P_{\text{л.і}} \quad (2.8)$$

$$Q_{\text{р.л}} = K_{\text{поп.л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot \text{tg}\varphi \cdot \sum P_{\text{л.і}} \quad (2.9)$$

									Арк.
									15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				ДП 2024	

де  $K_{\text{поп.сан}}$  – коефіцієнт попиту для санітарно-гігієнічного обладнання.

Приймається згідно [7];

$P_{\text{сан.і}}$  – потужність санітарно-гігієнічного обладнання.

$N_{\text{сан}}$  – кількість санітарно-гігієнічного обладнання.

При проведенні розрахунків всі будинки з однаковим характером приготування їжі вважаються 1 житловим будинком із загальною кількістю квартир і загальною кількістю ліфтових установок.

Визначення проектного навантаження на громадські та адміністративні будівлі було встановлено наступним чином: [7]:

$$P_p = P_{\text{пит}} N, \quad (2.10)$$

$$Q_p = P_{\text{пит}} \cdot N \cdot \text{tg}\varphi_{\text{пит}}. \quad (2.11)$$

де  $P_{\text{пит}}$  – питоме розрахункове електричне навантаження громадської або адміністративної будівлі [7].

$N$  – особливий параметр громадської або адміністративної будівлі;

Визначення розрахункового навантаження лінії живлення на ТП згідно [7]:

$$P_{\text{ТП}} = P_{\text{max}} + K_1 \cdot P_1 + K_2 \cdot P_2 + \dots + K_i \cdot P_i, \quad (2.12)$$

$$Q_{\text{ТП}} = Q_{\text{max}} + K_1 \cdot Q_1 + K_2 \cdot Q_2 + \dots + K_i \cdot Q_i, \quad (2.13)$$

$$S_{\text{ТП}} = \sqrt{P_{\text{ТП}}^2 + Q_{\text{ТП}}^2}, \quad (2.14)$$

де  $P_{\text{max}}, Q_{\text{max}}$  – найбільше з навантажень (активне), що живить лінія, кВт;

									Арк.
									16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				ДП 2024	

$K_1 \dots K_i$  – коефіцієнти, що враховують частку електричних навантажень будівель (приміщень) громадського призначення і житлових будинків у найбільшому розрахунковому навантаженні  $P_{\max}$ , прийняти за [7];

$P_1, Q_1 \dots P_i, Q_i$  – розрахункові навантаження всіх інших будівель (приміщень), крім будинку, що має найбільше навантаження, які живляться лінією ТП, кВт;

## 2.2 Розрахунок навантажень житлового будинку

Вихідні дані для розрахунку навантаження на житлові райони наведені в таблицях 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 – Дані по житлового будинку

Літера	№	Кількість	Плити	Поверхів	Секцій	Житл
А	1	2	Газ	9	3	96
	2	1	Газ	9	4	216
	3	6	Газ	9	3	162
	4	2	Газ	9	3	108
	5	1	Газ	9	1	63
Б	1	1	Електричні	16	1	126
	2	1	Електричні	23	2	210
	3	1	Електричні	16	3	384

Значення коефіцієнта реактивного навантаження  $\text{tg}\phi$ , розрахованого для житлових будинків, слід приймати відповідно до [7]. Всі дані наведені в таблиці 2.5

Таблиця 2.2 – Дані об'єктів цивільного призначення

Літера	№	Кількість	Тип	Параметр ( $\text{m}^2/\text{місце}$ )
--------	---	-----------	-----	---

В	1	1	Магазин	100
	2	1	Супермаркет	300
Г	1	2	Салон-перукарня	5
Д	1	1	Бібліотека	400
Е	1	1	Кафе	5
Ж	1	1	Школа	750
	2	1	Школа	316
	3	1	Дитячий садок	220

Таблиця 2.3-Значення tg φ для різних типів житлових та цивільних будівель

Лінія живлення	tgφ
Квартири з електричними плитами та без побутових кондиціонерів повітря	0,2
Квартири з електричними плитами і побутовими кондиціонерами повітря	0,4
Квартири з плитами на природному, зрідженому газі, на твердому паливі	0,29
Квартири з плитами на природному, зрідженому газі, твердому паливі та з побутовими кондиціонерами повітря	0,43
Господарські насоси, вентиляційні установки та інші санітарно-технічні пристрої	0,75
Ліфти	1,17
Підприємства роздрібної торгівлі продовольчі з кондиціонуванням повітря	0,75
Загальноосвітні школи з електрифікованими їдальнями та спортзалами	0,33
Дошкільні навчальні заклади з електрифікованими харчоблоками	0,2
Перукарні	0,25
Підприємства громадського харчування повністю електрифіковані з кількістю посадочних місць до 500 включно	0,2

Всі 9-поверхові будівлі оснащені одним пасажирським ліфтом на секцію (під'їздом) з настановною потужністю електродвигуна  $P_{лі} = 6,5$  кВт

Усі будинки з 16 поверхами і більше – по 2 ліфта на секцію:

- пасажирський  $P_{лі} = 6,5$  кВт

					ДП 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

- вантажний  $P_{ли} = 9$  кВт.

Кожна секція будинку обладнана 2 насосами по  $P_{сані} = 5$  кВт

### 2.3 Розрахунок навантажень громадських об'єктів

Розраховуємо вихідне навантаження для кожного об'єкта окремо.

#### Розрахунок навантаження житлових будинків.

Розраховуємо електричну, потужність 16-поверхового будинку(Об'єкт Б.1).

Навантаження квартир будинку з електроплитами розраховуємо згідно з формулою (2.3):

$$P_{кв.Б.1} = 126 \cdot 1,64 = 206,64 \text{ кВт}$$

де питомий показник 1,64 визначається за 2.4:

$$P_{пит}(126) = 1,73 + \frac{1,38 - 1,73}{200 - 100}(126 - 100) = 1,64$$

Розраховуємо навантаження ліфта в будинку з електричною плитою за формулою (2.6) та (2.7):

$$P_{л.ел} = 0,9 \cdot 2 \cdot (6,5 + 9) = 27,9 \text{ кВт}$$

$$Q_{л.ел} = 27,9 \cdot 1,17 = 32,64 \text{ квар}$$

Навантаження санітарно-гігієнічного обладнання будинку з електроплитами розраховуємо згідно з формулою (2.8) та (2.9):

					ДП 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$P_{\text{сан.ел}} = 0,95 \cdot 2 \cdot 5 = 9,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{сан.ел}} = 9,5 \cdot 0,75 = 7,13 \text{ квар}$$

Силове навантаження будинку з електричною плитою розраховується за формулою: (2.5):

$$P_{\text{сил.ел}} = 27,9 + 9,5 = 37,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{сил.ел}} = 32,64 + 7,13 = 39,77 \text{ квар}$$

Розрахункове навантаження будинку з електроплитами згідно з формулою (2.1) та (2.2):

$$P_{\text{ж/б(ел)}} = 206,64 + 0,9 \cdot 37,4 = 240,3 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ж/б(ел)}} = 206,64 \cdot 0,40 + 0,9 \cdot 39,77 = 118,45 \text{ квар}$$

Решта будівлі розраховуються таким же чином. Всі дані будуть введені в таблицю 2.6.

### **Розрахунок навантаження громадських об'єктів.**

Розрахункове навантаження бібліотеки, площею 400 м<sup>2</sup> (Об'єкт Д.1) розраховуємо згідно з формулою (2.10) та (2.11):

$$P_{\text{р.біб}} = 400 \cdot 0,15 = 60 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{р.біб}} = 60 \cdot 0,48 = 28,8 \text{ квар}$$

Інші громадські будівлі розраховані таким же чином. Всі дані будуть введені в таблицю 2.5.

					ДП 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20





житловий будинок з газовими плитами, 9 поверхів, 4 секції, 216 помешкань – 1 шт., школа на 750 місць – 1 шт., бібліотека на 400 місць.

Навантаження будинку електричною плитою в квартиру розраховується за формулою (2.3). Питому потужність визначаємо за допомогою інтерполяції згідно з формулою (2.4).

$$P_{\text{кв.ел}} = \frac{126}{2} \cdot 2,1 = 132,3 \text{ кВт}$$

Навантаження ліфтів будинку з електроплитами розраховуємо згідно з формулою (2.6) та (2.7):

$$P_{\text{л.ел}} = 0,9 \cdot 2 \cdot (6,5 + 9) = 27,9 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{л.ел}} = 27,9 \cdot 1,17 = 32,64 \text{ квар}$$

Навантаження санітарно-гігієнічного обладнання будинку з електроплитами розраховуємо згідно з формулою (2.8) та (2.9):

$$P_{\text{сан.ел}} = 0,95 \cdot 2 \cdot 5 = 9,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{сан.ел}} = 9,5 \cdot 0,75 = 7,13 \text{ квар}$$

Силове навантаження будинку з електроплитами розраховуємо згідно з формулою (2.5):

$$P_{\text{сил.ел}} = 27,9 + 9,5 = 37,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{сил.ел}} = 32,64 + 7,13 = 39,77 \text{ квар}$$

Розрахункове навантаження будинку з електроплитами згідно з формулою (2.1) та (2.2):

					ДП 2024	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{ж/б(ел)} = 132,3 + 0,9 \cdot 37,4 = 165,96 \text{ кВт}$$

$$Q_{ж/б(ел)} = 132,3 \cdot 0,40 + 0,9 \cdot 39,77 = 88,71 \text{ квар}$$

Навантаження квартир будинку з газовими плитами розраховуємо згідно з формулою (2.3):

$$P_{кв.газ} = \frac{96 + 162 + 216}{2} \cdot 0,85 = 201,45 \text{ кВт}$$

Навантаження ліфтів будинку з газовими плитами розраховуємо згідно з формулою (2.6) та (2.7):

$$P_{л.газ} = 0,7 \cdot 5 \cdot 6,5 = 22,75 \text{ кВт}$$

$$Q_{л.газ} = 22,75 \cdot 1,17 = 26,62 \text{ квар}$$

Навантаження санітарно-гігієнічного обладнання будинку з газовими плитами розраховуємо згідно з формулою (2.8) та (2.9):

$$P_{сан.газ} = 0,95 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 5 = 47,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{сан.газ} = 47,5 \cdot 0,75 = 35,63 \text{ квар}$$

Силове навантаження будинку з газовими плитами розраховуємо згідно з формулою (2.5):

$$P_{сил.газ} = 22,75 + 47,5 = 70,25 \text{ кВт}$$

$$Q_{сил.газ} = 26,62 + 36,63 = 62,25 \text{ квар}$$

					<i>ДП 2024</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункове навантаження будинку з газовими плитами згідно з формулою (2.1) та (2.2):

$$P_{ж/б(газ)} = 201,45 + 0,9 \cdot 70,25 = 264,68 \text{ кВт}$$

$$Q_{ж/б(газ)} = 201,45 \cdot 0,43 + 0,9 \cdot 62,24 = 142,64 \text{ квар}$$

Розрахункове навантаження школи на 750 учнів:

$$P_{шк} = 750 \cdot 0,25 = 187,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{шк} = 187,5 \cdot 0,33 = 61,88 \text{ квар}$$

Дана школа має II категорію надійності. Таким чином, розподіліть навантаження на 2 трансформатора одного і того ж ТП:

$$P_{шк.ТП1.1} = \frac{187,5}{2} = 93,75 \text{ кВт}$$

$$Q_{шк.ТП1.1} = \frac{61,88}{2} = 30,94 \text{ квар}$$

Крім того, бібліотека площею 400 м<sup>2</sup> оснащена першою трансформаторною підстанцією ТП1.

Навантаження першого трансформатора ТП1, розрахована за рівнянням формулою (2.12), (2.13) та (2.14):

$$P_{ТП1.1} = 264,68 + 0,9 \cdot 165,96 + 0,3 \cdot 93,75 + 0,4 \cdot 60 = 466,16 \text{ кВт}$$

$$Q_{ТП1.1} = 142,64 + 0,9 \cdot 88,71 + 0,3 \cdot 30,94 + 0,4 \cdot 28,8 = 243,28 \text{ квар}$$

$$S_{ТП1.1} = \sqrt{466,16^2 + 243,28^2} = 525,83 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

					ДП 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Аналогічно розраховуємо навантаження для другого трансформатора на ТП1 та всіх інших трансформаторів на ТП2, ТП3, ТП4. Дані про режим роботи після надзвичайної ситуації були отримані з таблиці 2.6. Результати розрахунків звели в таблицю 2.7

Таблиця 2.7 – Розрахункові навантаження в нормальному та післяаварійному режимі

ТП	ТР	Нормальний режим			Післяаварійний режим		
		$P$ , кВт	$Q$ , квар	$S$ , кВА	$P$ , кВт	$Q$ , квар	$S$ , кВА
1	1	466,16	243,28	525,83	747,81	379,74	838,70
	2	442,16	231,76	499,22			
2	1	386,55	204,33	437,23	663,64	346,52	748,66
	2	386,55	204,33	437,23			
3	1	309,94	171,07	354,02	558,87	314,81	641,44
	2	324,14	184,62	373,03			
4	1	495,18	254,51	556,75	828,80	398,59	919,67
	2	493,02	253,79	554,50			

## 3 Вибір зовнішнього електропостачання

### 3.1 Вибір схеми трансформаторної підстанції і засобів компенсації реактивної потужності

З каталогу [9] беремо 4 комплектні двотрансформаторні підстанції на рівні 10/0,4. Вибирайте модель відповідно до рекомендацій виробника щодо міської електромережі КТП-630/10/0,4. Показана типова електрична схема рисунку 3.1.

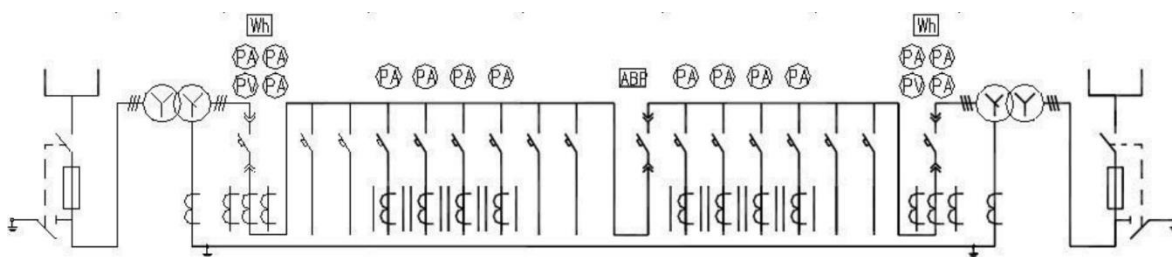


Рисунок 3.1 – Типова однолінійна електрична схема КТП-630/10/0,4

### 3.2 оберемо трансформатори

у комплект поставки входить силовий трансформатор ТМЗ-630.

Згідно ДБН В.2.5-23:2010 Задовільне значення коефіцієнта потужності має дорівнювати 0,95 ( $\cos \varphi = 0,95$ ). З попередніх розрахунків для навантажень на рівні 10/0,4 кВ ми маємо значення в межах 0,87-0,89. Отже, реактивна потужність повинна бути збалансована при певному рівні напруги.

Для розвантаження мережі пропонується оснастити 4 підстанції (по 1 на кожну шину) компенсаторами реактивної потужності 0,4 кВ з каталогу [10]. Номінальна потужність таких установок може бути регульованою і становити від 1 до 600 квар. Кроки настройки з 6 - 12.

					<b>ДП 2024</b>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Вибір зовнішнього електропостачання  ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ-4-3		
Розроб.		Кордан М.С.					
Перевір.							
Керівн.		Бориченко О.В					
Затвердив.		Балюта С.М.					
					Літ.	Арк.	Аркуші
						27	

Значення реактивної потужності споживача на індивідуальну ТП не перевищує 254,51 кВар. Отже, якщо взяти до уваги ступінь налаштування та діапазон потужності, Ми можемо запропонувати управління коефіцієнтом потужності вище 0,95.

КТП Призначений для електропостачання об'єктів в регіонах з помірним кліматом (від -25°C до +40°C). На стороні НН встановлені автоматичні вимикачі.

Також в комплект входять шафи УВН, РУНН та силовий трансформатор ТМЗ-630.

Під'єднання 2-х та більше споживачів до одного виходу здійснюється за допомогою магістрального шинопровода.

Розподіл споживачів та розрахунковий струм на кожен вихід ТП представлений у таблиці 3.8.

Лінії до кожного з об'єктів Б.2 вони були розділені на 2 окремі частини ВРП, а Б.3 на три окремі ВРП. Потужність рівномірно розподіляється на коже ВРП.

Таблиця 3.8 - Розподіл споживачів на кожен вихід ТП

ТП	Вихід	Об'єкт	$P$ , кВт	$Q$ , квар	$P_{\text{вихід}}$ , кВт	$Q_{\text{вихід}}$ , квар	$S_{\text{вихід}}$ , кВА	$I_{\text{вихід}}$ , А
1	1	Б.1	240,3	118,5	240,3	118,5	267,9	407,0
	2	А.3.1	188,7	99,8	188,7	99,8	213,5	324,3
	3	А.1.1	136,7	77,4	154,7	86,0	177,0	268,9
		Д.1	60	28,8	-	-	-	-
	4	А.2	236,3	124,7	236,3	124,7	267,2	406,0
	5	Ж.1	187,5	61,9	187,5	61,9	197,4	300,0
6	ПКРП.1	-	-	-	-	-	-	
2	1	А.3.2	188,7	99,8	188,7	99,8	213,5	324,3
	2	А.3.3	188,7	99,8	188,7	99,8	213,5	324,3
	3	А.3.4	188,7	99,8	188,7	99,8	213,5	324,3
	4	А.4.1	146,6	81,6	146,6	81,6	167,8	255,0
		А.4.2	146,6	81,6	186,2	89,6	206,6	313,9
	5	Ж.3	99	19,8	-	-	-	-
6	ПКРП.2	-	-	-	-	-	-	

3	1	А.3.5	188,7	99,8	188,7	99,8	213,5	324,3
	2	А.3.6	188,7	99,8	188,7	99,8	213,5	324,3
	3	Ж.2	53,7	25,8	139,3	69,7	155,8	236,6
		А.5	85,59	43,87	-	-	-	-
	4	А.1.2	136,7	77,4	214,2	133,0	252,2	383,1
		В.1	25	18,75	-	-	-	-
		В.2	75	56,25	-	-	-	-
		Г.1.1	7,25	1,8	-	-	-	-
	5	ПКРП.3	-	-	-	-	-	-
	6	Вуличне освітлення	8	1,6	8	1,6	8,2	11,8
4	1	Б.2	175,8	90,5	185,2	92,7	207,1	314,7
		Г.1.2	7,3	1,8	-	-	-	-
		Е.1	5,2	1,0	-	-	-	-
	2	Б.3	198,4	98,5	198,4	98,5	221,5	336,6
	3	ПКРП.4	-	-	-	-	-	-

Згідно даних таблиці 3.8 обираємо кількість шаф РУНН для кожної КТП [9].

Параметри трансформатора [11] і конфігурація ТП наведені в таблиці 3.9 та 3.10.

Таблиця 3.9 – Кількість шаф РУНН

ТП	Тип шаф	Кількість виходів	Тип вимикача	$I_n, A$
1	ШНЛ-32/5 УЗ	5	ВА51-39	630
2	ШНЛ-49 УЗ	4	ВА51-39	630
		2	ВА04-36	250
3	ШНЛ-49 УЗ	4	ВА51-39	630
		2	ВА04-36	250
4	ШНЛ-32/5 УЗ	5	ВА51-39	630

Таблиця 3.10 – Паспортні дані трансформаторів

Тип	Потужність $S_{T,ном}, кВА$	Номинальна напруга, кВТ			$\Delta P_{xx}, кВТ$	$\Delta P_k, кВТ$	$U_{кз}, \%$			$I_{xx}, \%$
		ВН	СН	НН			ВН-СН	ВН-НН	СН-НН	

ТМЗ	630	10	-	0,4	1,25	8,5	-	5,5	-	1,7
ТМН	6300	35	-	11	8	46,5	-	7,5	-	0,8
ТДТН	25000	115	38,5	11	21	130	10,5	17,5	6,5	0,31

### 3.3 Вибір схеми розподільної мережі

У нас є 2-рівнева розподільна мережа.. Спрощена однолінійна схема розподільної мережі показана на рисунку 3.2. Вона складається з 4-х основних рівнів: напруги 110 кВ, 35 кВ, 10 кВ та 0,4 кВ.

На даній схемі (Рис. 2.2) маємо КЛ1 (на рівні напруги 35 кВ), КЛ2 (на рівні напруги 10 кВ) та ПЛ1 (на рівні напруги 110 кВ). У цьому підрозділі необхідно розрахувати навантаження на КЛ2, вибрати ділянку лінії відповідно до розрахунковим струмом і перевірити якість електричної енергії. Лінії ПЛ1 та КЛ1 живлять трансформаторні підстанції 110/35/10 кВ та 35/10 кВ відповідно. На рівні 0,4 кВ кожна лінія живить певні групи об'єктів, які показана в таблиці 3.15.

										ДП 2024	Арк.
											30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							



Технічні вимоги до вибору мінімально допустимого перерізу в мережах з напругою від 1000 В і більше

1 Струмове навантаження будь-якої ділянки при нормальній експлуатації не повинна перевищувати допустимих значень, встановлених з урахуванням умов прокладки лінії:

$$I_p \leq I_{\text{доп}} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (2.15)$$

де  $I_{\text{доп}}$  - допустима тривала струмовий навантаження і визначається за довідковими даними з урахуванням марки кабелю (дроту) і способу його прокладки (у землі, в повітрі, в трубах і т. д.);

$K_1$  – коефіцієнти, що враховують фактичні умови робочої температури кабелю або повітряної лінії;

$K_2$  – поправочний коефіцієнт з урахуванням кількості прокладаються і йдуть паралельно кабелів.

Для магістральних ліній, створених на 1 ділянці, зазначений контроль виконується на ділянках, що працюють в найважчих умовах.

2 Струмове навантаження в поставарійному режимі не повинна перевищувати фактичне допустиме значення, яке визначається з урахуванням відповідного допустимого коефіцієнта перевантаження.:

$$I_p^{п/а} \leq I_{\text{доп}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_{\text{пер}} \quad (2.16)$$

де  $K_{\text{пер}}$  – Допустимий коефіцієнт перевантаження визначається з урахуванням умов укладання, часу перевантаження і попереднього навантаження КЛ. Для ПЛ коефіцієнт допустимого перевантаження приймаємо

					ДП 2024	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 3.11 - Розрахунок втрат в трансформаторах ТП

Номер ТП	$\Delta P_{p.ТПi}$ , кВт	$\Delta Q_{p.ТПi}$ , квар	$\Delta S_{p.ТПi}$ , кВт·А
1	16,3	72,1	73,9
2	13,3	59,6	61,1
3	10,1	46,6	47,7
4	19,4	84,6	86,7

Відповідно до формул (2.18) і (2.19) розраховуємо навантаження на ділянку розподільної мережі КЛІ2 в режимі після аварійної мережі:

$$P_{\text{КЛІ2}} = 0,85 \cdot (747,81 + 663,64 + 558,87 + 828,8 + 16,31 + 13,25 + 10,06 + 19,36) = \text{кВт} = 2429,40$$

$$Q_{\text{КЛІ2}} = 0,85 \cdot (379,74 + 346,52 + 314,81 + 398,59 + 72,12 + 59,64 + 46,63 + 84,55) = \text{квар} = 1447,21$$

$$S_{\text{КЛІ2}} = \sqrt{P_{\text{КЛІ2}}^2 + Q_{\text{КЛІ2}}^2} = \sqrt{2429,40^2 + 1447,21^2} = 2827,79 \text{ кВт} \cdot \text{А}$$

Розраховуємо струм ділянки розподільної мережі КЛІ2 в післяаварійному режимі згідно з формулою (2.17):

$$I_{p.КЛІ2} = \frac{S_{\text{КЛІ2}}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2827,79}{\sqrt{3} \cdot 10} = 163,26 \text{ А}$$

Для ділянки КЛІ2 вибираємо кабель за допустимим струмом марки АПВВ 3×50 [13].  $I_{\text{доп}} = 140$  А. Приймаємо  $K_1 = 1$  [12], а  $K_2 = 1$  (Поряд прокладених КЛ немає).

Виконуємо перевірку за допустимим струмом згідно з умовою (2.16):

$$163,26 \leq 140 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35$$

$$163,26 \leq 189$$

					ДП 2024	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Для ділянки КЛ1 виберіть кабель відповідно до допустимого струму для марки АПВВ 3×70 [13].  $I_{\text{доп}} = 171$  А. Приймаємо  $K_1 = 1$  [12], а  $K_2 = 1$  (Поряд прокладених КЛ немає).

Виконуємо перевірку за допустимим струмом згідно з умовою (2.16):

$$166,26 \leq 171 \cdot 1 \cdot 1$$

$$166,26 \leq 171$$

Таким чином, фактична площа поперечного перерізу КЛ1 на рівні 35 кВ становить 70 мм<sup>2</sup>.

Цей кабель АПВВ має технічні та експлуатаційні характеристики, подібні до кабелю АПВВ, вибраного для КЛ2.

Виконуємо аналогічний розрахунок для ділянки мережі ПЛ1 (110 кВ). Приймаємо  $K_1 = 1$  [12]. Номінальний перетин сердечника вибирається з [12]. Ці дані і попередні розрахунки заносимо в таблицю 3.12.

Як правило, мінімально допустимий ділянку мережі з напругою до 1000 В повинен відповідати наступним вимогам:

1. Струмове навантаження при нормальній експлуатації не повинна перевищувати допустимих значень, встановлених відповідно до умов (2.15) з урахуванням умов прокладки лінії.

2. Струмове навантаження в режимі після аварійної ситуації не повинна перевищувати допустимого значення, визначеного відповідно до умов (2.16), з урахуванням відповідного допустимого коефіцієнта перевантаження.

3. Обраний переріз повинен відповідати параметрам захисного пристрою:

$$I_{\text{доп}} \geq K_3 I_3$$

									Арк.
									36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



$$P_{\text{зов.осв}} = \frac{P_{\text{св}} \cdot S_{\text{вул}}}{S_{\text{проміж}}}$$

де  $P_{\text{св}}$  - потужність світильника,

$S_{\text{вул}}$ ,  $S_{\text{проміж}}$  – Довжина вулиці і довжина проміжку між ліхтарями відповідно, м.

Розраховуємо потужність вуличного освітлення вулиці Ентузіастів за формулою вище:

$$P_{\text{зов.осв}} = \frac{50 \cdot 500}{25} = 1000 \text{ Вт} = 1 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт потужності для світлодіодних джерел світла враховуємо на рівні 0,98. Звідси  $\text{tg } \varphi = 0,2$ .

$$Q_{\text{зов.осв}} = P_{\text{зов.осв}} \cdot \text{tg } \varphi = 1 \cdot 0,2 = 0,2 \text{ кВт}$$

Розраховуємо переріз КЛ для освітлення використовуючи розрахунковий струм згідно з формулою (2.17):

$$I_{\text{р.зов.осв}} = \frac{S_{\text{зов.осв}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{\sqrt{1^2 + 0,2^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1,47 \text{ А}$$

Обираємо кабель марки СИП1 4×16 [13].  $I_{\text{доп}} = 100$  А. Приймаємо  $K_1 = 0,89$  [12] при температурі 30°C, а  $K_2 = 1$  Поряд прокладених кабельних ліній немає. Спосіб прокладання в повітрі.

					ДП 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Виконуємо перевірку за допустимим струмом згідно з умовою 3.16:

$$1,47 \leq 100 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1,3$$

$$1,47 < 115,7$$

Кабельна лінія вуличного освітлення має фактичний поперечний переріз 16 мм<sup>2</sup>. Ця вулиця має найбільшу відстань, а кабель, поперечний переріз якого становить 16 мм<sup>2</sup>, є найменшим, тому цей кабель приймає інші вулиці району.

Давайте підключимо це освітлення до шин корпусу на відповідній вулиці. Результати розрахунку записуємо в таблицю 3.15.

Таблиця 3.12 - Розрахунок кабельних ліній ПЛ1, КЛ1 та КЛ2 для післяаварійного режиму роботи на рівні 110, 35 та 10 кВ відповідно.

Ділянка	$S_i$ , кВА	$I_{р.і}$ А	$I_{доп.і}$ А	Марка кабелю, переріз	$r$ , мОм/м	$x$ , мОм/м
ПЛ1	40000	209	487	АС 240/39	0,405	0,118
КЛ1	10080	166,3	171	АПВВ 3×70	0,549	0,059
КЛ2	2827,8	163,3	140	АПВВ 3×50	0,769	0,06

Таблиця 3.13 – Розрахунок кабельних ліній для післяаварійного режиму роботи на рівні 0,4 кВ.

ТП	Вих.	До об'єкту	$S_{вихід}$ , кВА	$I_{р.КЛЗ.і}$ А	$I_{доп.і}$ А	Марка кабелю	$r$ , мОм/м	$x$ , мОм/м
1	1	Б.1	267,9	407	355	АВВГ 4×240	0,16	0,055
	2	А.3.1	213,5	324,3	308	АВВГ 4×185	0,208	0,056
	3	А.1.1	177,0	268,9	274	АВВГ 4×150	0,256	0,056
		Д.1						
	4	А.2	267,2	406,0	355	АВВГ 4×240	0,16	0,055
	5	Ж.1	197,5	300,0	274	АВВГ 4×150	0,256	0,056
6	ПКРП.1	-	-	-	-	-	-	
2	1	А.3.2	213,5	324,3	308	АВВГ 4×185	0,208	0,056
	2	А.3.3	213,5	324,3	308	АВВГ 4×185	0,208	0,056
	3	А.3.4	213,5	324,3	308	АВВГ 4×185	0,208	0,056
	4	А.4.1	167,8	255,0	241	АВВГ 4×120	0,32	0,057

					ДП 2024		Арк.
							39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

5	А.4.2	206,6	313,9	308	АВВГ 4×185	0,208	0,056
	Ж.3						
6	ПКРП.2	-	-	-	-	-	-

Продовження таблиці 3.13

ТП	Вих.	До об'єкту	$S_{\text{вихід}}$ , кВА	$I_{\text{р.КЛЗ.і}}$ , А	$I_{\text{доп.і}}$ , А	Марка кабелю	$r$ , МОм/м	$x$ , МОм/м	
3	1	А.3.5	213,5	324,3	308	АВВГ 4×185	0,208	0,056	
	2	А.3.6	213,5	324,3	308	АВВГ 4×185	0,208	0,056	
	3	Ж.2	155,8	236,6	212	АВВГ 4×95	0,405	0,057	
		А.5							
	4	4	А.1.2	252,2	383,1	355	АВВГ 4×240	0,16	0,055
			В.1						
			В.2						
		Г.1.1							
5		ПКРП.3	-	-	-	-	-	-	
6		Вуличне освітлення	-	11,8	100	СИП1 4×16	2,4	0,078	
4	1	Б.2 (2 ВРП)	207,1	314,7	212	АВВГ 4×95	0,405	0,057	
		Г.1.2							
		Е.1							
	2	Б.3 (3 ВРП)	221,5	336,6	355	АВВГ 4×240	0,16	0,055	
3		ПКРП.4	-	-	-	-	-	-	

### 3.4 Перевірка електричних мереж

1.Втрати напруги при нормальній роботі не повинні перевищувати допустимого значення:  $\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}$ .

2.Втрати напруги в післяаварійному режимі не повинні перевищувати 5% або більше допустимих значень:  $\Delta U_{\text{п/а}} \leq \Delta U_{\text{доп}} + 5\%$ .

Втрата напруги розраховується за формулою:

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2024				

$$\Delta U = \frac{(P \cdot r + Q \cdot x)L_{\text{кл}}}{10 \cdot U_{\text{н}}^2}, \quad (2.20)$$

де  $r, x$  - погонні активні та реактивні опори кабелю або жили кабелю, мОм/м.

$P, Q$  - розрахункові навантаження на лінію, кВт

$L_{\text{кл}}$  - довжина лінії, км

$U_{\text{н}}$  - номінальна напруга, кВ

Згідно [15] приймаємо допустиму втрату напруги в розмірі 10%.  
 $\Delta U_{\text{доп}} = 10\%$

Розраховуємо втрати напруги на лініях вище 1000 В. Вводимо дані в таблицю 3.16. Аналогічно, згідно з рівнянням 2.20, розраховуємо втрати напруги на лінії вище 1000 В. та вводимо розрахунки в таблицю 3.15.

Таблиця 3.14 – Розрахункові втрати напруги в лініях на рівні вище 1 кВ

Лінія	$P$ , кВт	$Q$ , квар	$r$ , мОм/м	$x$ , мОм/м	$L_{\text{кл}}$ , км	$\Delta U$ , %
ПЛ1	2429,4	1447,2	0,405	0,118	8	0,08
КЛ2	9576	3147,5	0,549	0,059	0,5	0,27
КЛ1	38000	12490	0,769	0,06	2	1,71

Таблиця 3.15 – Розрахункові втрати напруги в лініях на рівні 0,4 кВ

ТП	Вих.	До об'єкту	$P$ , кВт	$Q$ , квар	$r$ , мОм/м	$x$ , мОм/м	$L_{\text{кл}}$ , км	$\Delta U$ , %
1	1	Б.1	240,3	118,5	0,16	0,055	0,06	1,69
	2	А.3.1	188,7	99,8	0,208	0,056	0,09	2,52
	3	А.1.1	154,7	86,0	0,256	0,056	0,12	3,33
		Д.1						
	4	А.2	236,3	124,7	0,16	0,055		
	5	Ж.1	187,5	61,9	0,256	0,056	0,17	5,47
6	ПКРП.1	-	-	-	-	-	-	

2	1	А.3.2	188,7	99,8	0,208	0,056	0,1	2,80
	2	А.3.3	188,7	99,8	0,208	0,056	0,1	2,80
	3	А.3.4	188,7	99,8	0,208	0,056	0,1	2,80
	4	А.4.1	146,6	81,6	0,32	0,057	0,05	1,61
	5	А.4.2	186,2	89,6	0,208	0,056	0,17	4,65
		Ж.3						
6	ПКРП.2	-	-	-	-	-	-	

Продовження таблиці 2.15

ТП	Вих.	До об'єкту	$P$ , кВт	$Q$ , квар	$r$ , мОм/м	$x$ , мОм/м	$L_{кл}$ , км	$\Delta U$ , %	
3	1	А.3.5	188,7	99,8	0,208	0,056	0,07	1,96	
	2	А.3.6	188,7	99,8	0,208	0,056	0,07	1,96	
	3	Ж.2	139,3	69,7	0,405	0,057	0,17	6,42	
		А.5							
	4	4	А.1.2	214,2	133,0	0,16	0,055	0,14	3,64
			В.1						
В.2									
		Г.1.1							
5		ПКРП.3	-	-	-	-	-	-	
6		Вуличне освітлення	1	0,2	2,4	0,078	0,5	0,75	
4	1	Б.2	185,2	92,7	0,405	0,057	0,14	7	
		Г.1.2							
		Е.1							
	2	Б.3	198,4	98,5	0,16	0,055	0,1	2,3	
3		ПКРП.4	-	-	-	-	-	-	

Умова  $\Delta U_{па} \leq \Delta U_{доп} + 5\%$  виконується, тобто для кожної лінії на рівні 0,4 кВ значення падіння напруги не перевищує 15%.

									Арк.
									42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2024				

## 4 Розрахунок електричної мережі багатоповерхового житлового будинку

Розглянемо енергосистему 9-поверхового односекційного житлового будинку, схема групової багатоквартирної мережі наведена на малюнку 2.3.

Кількість розеток в кожній квартирі вважається прийнятним з наступних причин [7]:

у кімнатних апартаментів - 1 розетка на кожні 6 м<sup>2</sup> площі;

у коридорах квартир - 1 розетка розміщується на 10 м<sup>2</sup> площі;

у кухнях до 8 м<sup>2</sup> - 3 розетки повинні бути на 16 А, більш 8 м<sup>2</sup> – 3-4 розетки на 16 А.

Розрахункове навантаження на секцію будинку (стояк) визначається наступним чином. Питоме навантаження на квартиру в стояку  $P_{пит} = 1,13$  кВт/квартир при загальній кількості квартир - 63.

Загальна площа квартири: 47 м<sup>2</sup> < 55 м<sup>2</sup>, Тоді коефіцієнт приросту в 0,5% не враховується, і згідно з формулою(2.10):

$$P_{ст} = 1,13 \cdot 63 = 71,19 \text{ кВт};$$

Захист проводу і підсилювача здійснюється за допомогою автоматичного вимикача в поєднанні з розгалужувачем.

						<b>ДП 2024</b>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Розрахунок електричної мережі багатоповерхового житлового будинку					
Розроб.		Кордан М.С.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.									43	
Керівн.		Бориченко О.В						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ-4-3		
Затвердив.		Балюта С.М.								



Номинальний струми розчеплювача розрізняються за двома ступенями стандартної шкали. Це означає, що робота захисту гарантована в залежності від поточних характеристик пристрою.

Далі попередній вибір відрізка дроту відповідно до допустимих умов нагріву. Згідно ПУЕ, якщо поперечний переріз фазного проводу більше 25 мм<sup>2</sup>, передбачається, що поперечний переріз нульового проводу дорівнює половині поперечного перерізу фази. З огляду на, що провід прокладений в житловому будинку, а температура навколишнього середовища не перевищує 25°C, Вплив температури не враховується.

Провід, що живить навантаження на стояку, приймаємо АПВ 10 (1×10+1×6)  $I_{\text{доп}} = 80 \text{ A}$  [17]. При виборі відрізка дроту необхідно враховувати несучу здатність проводу, щоб відповідати струму захисного пристрою і допустимому струму обраного проводу. Для цього дотримуємось наступних умов:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{за}} \cdot \frac{k_3}{k_n} \quad (2.21)$$

де  $k_3$  - кратність допустимого струму провідника струму захисного апарату;

$k_n$  - Поправочний коефіцієнт з урахуванням температури навколишнього середовища;

$I_{\text{за}}$  - робочий струм пристрою захисту..

Згідно з вищесказаним, ми проведемо перевірку . Для лінії захисту від перевантаження для автоматичного вимикача з розчеплювачем  $k_3 = 1$  . Отже  $I_{\text{доп}} = 63 \text{ A}$  . За умовою (2.21) необхідно обрати провід з  $I_{\text{доп}} \geq 72 \text{ A}$  . Провід АПВ 10 (1×10+1×6)  $I_{\text{доп}} = 80 \text{ A}$  [17].

					ДП 2024	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проводку в квартирі робимо проводом типу ПВ2(1×2,5). Тому вибираємо Автоматичний вимикач для квартири типу АБ25 з  $I_{\text{ном}} = 25 \text{ А}$ . На освітлення та розеточну групу встановлюємо автоматичний вимикач типу АБ25 з  $I_{\text{ном}} = 25 \text{ А}$ .

Експлуатація та аварійне освітлення східні клітки, зовнішнє освітлення входу здійснюється по дротах ПВ 2(1×2,5), живлення ліфтів - АВВГ (3×10+1×6). Потім обчисліть лінію втрати напруги. Індуктивний опір дроту не враховується, тому що  $\cos \varphi = 0,98$ . Залежно від умов мінімальних втрат металу рекомендується розподіляти допустимі втрати напруги між окремими лініями:

$$\Delta U = \frac{P \cdot l}{c \cdot S}; \quad (2.22)$$

$l$  - довжина , м;

$c = 46$  для алюмінію;

$S$  - площа перетину проводу,  $\text{мм}^2$ .

Згідно з формулою 2.22 розраховуємо значення допустимої втрати напруги:

$$\Delta U = \frac{71,19 \cdot 25}{46 \cdot 16} = 2,42\%$$

Перевіряємо лінію на допустиму втрату металу:

$$\Delta U < \Delta U_{\text{доп}}$$

$$2,42\% < 2,5\%$$

Відмінним фактором при виборі перетину дроту є дотримання вимог до співвідношення допустимого струму навантаження до номінального струму

									ДП 2024	Арк.
										46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

захисного пристрою. У нашому випадку роз'єднувач автоматичного вимикача діє як захисний пристрій.

Введення в квартиру джерело живлення електростанції проходить через поверховий щит будинку через автоматичний вимикач. Вимірювання електрики проводиться за допомогою лічильника. Подача електроенергії ВРП з квартири до споживача квартири здійснюється через автоматичний вимикач. Диференціальна захист (УЗО) встановлена в вихідній мережі. У квартирі дрiт укладається під штукатурку або в спеціальний короб.

					ДП 2024	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 Вибір комутаційної апаратури

### 5.1 Вибір комутаційної апаратури

На рівні 110 кВ встановлені вимикачі зі сторони ВН трансформатора 110/35/10. На рівні нижче 110 кВ встановлені вимикачі та ножові вимикачі зі сторони ВН трансформатора 35/10 та 10/0,4. Також, вимикачі встановлені на початках і кінцях кабельних ліній 35 кВ та 10 кВ. На входах ВН трансформатора 10/0,4 встановлені вимикачі навантаження, а на входах НН автоматичні вимикачі. Усі входи у ввідну коробку будинків та споруд обладнані ножовими вимикачами. Кількість обраної комутаційної апаратури зведена в таблицю 2.18.

Таблиця 5.18 Комутаційне обладнання мережі постачання і розподілу.

Рівень	Вид	Тип	Кількість одиниць, шт.
110 кВ	Вимикач	РНДЗ-110	6
	Вимикач	ВЭКТ-110	2
35 кВ	Ножовий вимикач	РНД-35	2
	Вимикач	ВР35	10
10 кВ	Вимикач	ВР1	4
	Ножовий вимикач	РВЗ-10	8
	Вимикач навантаження	ВНВР-10	16
0,4 кВ	Автоматичний вимикач	ВА51-39	18
		ВА04-36	4
	Ножовий вимикач	ВР32	54

### 5.2 Вибір трансформаторів струму і напруги

Всі трансформаторні підстанції використані у даному проекті обладнані трансформаторами струму та напруги на виходах НН. На рівні 110, 35, 10 кВ

					<i>ДП 2024</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	Вимір комутаційної апаратури	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Кордан М.С.</i>					48	
<i>Перевір.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ-4-3</i>		
<i>Керівн.</i>		<i>Бориченко О.В</i>						
<i>Затвердив.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						



Таким чином, при виборі обладнання та провідників відповідно до умов короткого замикання прийнятним є приблизний розрахунок струму короткого замикання, який пов'язаний з великомасштабним кроком струму відключення комутаційного обладнання.. Питання вказівки проектних умов для конкретних технічних завдань є одним з ключових питань відповідної конкретної області проектування і експлуатації систем електропостачання, що не розглядаються в даному проекті.

Виходячи з розробленої схеми, паспорта обраного електрообладнання, метою розрахунку СКЗ є побудова РС з самою схемою, включаючи позначення і вхідні дані, прийняті при виконанні розрахунку СКЗ.

Всі розрахунки для рівнів напруги вище 1000 В виконуються у відносних одиницях на основі приблизної інформації. Тобто значення відносної одиниці зводиться до основної умови. Для рівнів напруги нижче 1000 В розрахунки виконуються в зазначених одиницях для отримання точної інформації.

					ДП 2024	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 Розрахунок струмів короткого замикання

Щоб вибрати вимикач, потрібно знати максимальний струм короткого замикання.. Таким чином, розрахунковий тип КЗ є трифазним, розрахунковою точкою короткого замикання буде шина, до якої підключений вимикач, А розрахунковий час для визначення струму буде рівним нулю.

### 6.1 розрахунок струмів короткого замикання

Виконувати обчислення з точністю до третього знака після коми. Розрахунок струмів зображений на рисунку 6.4.

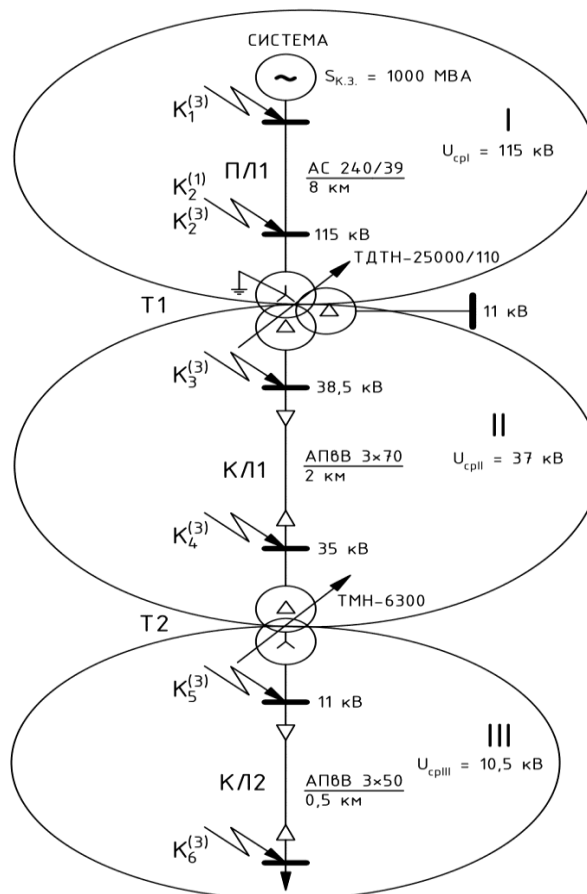


Рисунок 6.4 – Розрахункова схема електричної мережі напругою вище 1 кВ

					ДП 2024		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.		Кордан М.С.			Літ.	Арк.	Архувів
Перевір.						51	
Керівн.		Бориченко О.В			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ-4-3		
Затвердив.		Балюта С.М.					

Всі задані паспортні дані трансформаторів наведено в таблицю 6.12. Питомі опори кабельних та повітряної ліній наведено в таблиці 6.14.

На розрахунковій схемі позначені номінальні напруги трансформаторів Т1 та Т2:  $U_1 = 115$  кВ,  $U_2 = 38,5$  кВ,  $U_3 = 11$  кВ та ступені напруги I, II, III. Середні номінальні напруги ступенів I, II та III відповідно становлять:  $U_{cpl} = 115$  кВ,  $U_{cplI} = 37$  кВ,  $U_{cplII} = 10,5$  кВ. За базисну приймаємо потужність  $S_{\sigma} = 1000$  МВ·А та напругу  $U_{\sigma} = U_{cpl} = 115$  кВ.

Параметри системи задані потужністю короткого замикання  $S_{кз} = 1000$  кВА.

Відповідно до таблиці 6.12 та таблиці 6.14 можемо визначити параметри елементів схеми заміщення.

- енергосистеми:

$$r_{c*\sigma} = 0;$$

$$x_{c*\sigma} = S_{\sigma} / S_{кз} = 1000 / 1000 = 1;$$

$$E''_{c*\sigma} = U_{cpl} \cdot \frac{1}{U_{\sigma}} = 115 \cdot \frac{1}{115} = 1.$$

- повітряної лінії ПЛ1 (8 км.) 110 кВ:

$$x_{ПЛ1*\sigma} = x_{0.ПЛ1} \cdot l_{ПЛ1} \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\sigma}^2} = 0,405 \cdot 8 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,245;$$

$$r_{ПЛ1*\sigma} = r_{0.ПЛ1} \cdot l_{ПЛ1} \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\sigma}^2} = 0,118 \cdot 8 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,071.$$

					ДП 2024	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$x_{T2*\delta} = \frac{U_{кз}}{100} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{T,НОМ}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{1000 \cdot 10^3}{6300} = 11,905$$

Схема заміщення з розрахованими параметрами у ВН наведена на рисунку 6.5.

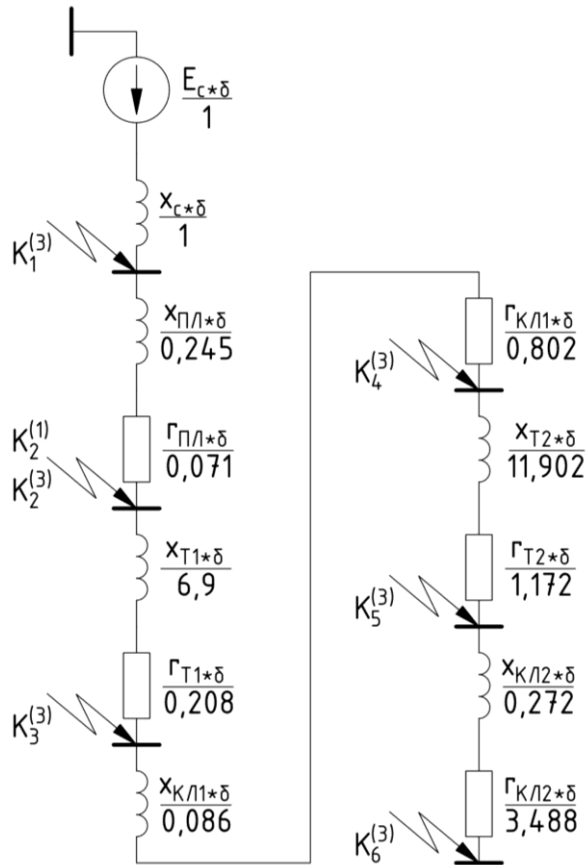


Рисунок 6.5 – Схема заміщення

Розрахунок струму короткого замикання необхідний для вибору і перевірки електрообладнання і струмоведучих частин, вибору засобів обмеження аварійного струму, проектування, налаштування і автоматизації захисних пристроїв. При розрахунку струму короткого замикання визначають:

- надперехідний струм короткого замикання;
- ударний струм короткого замикання для перевірки електрообладнання, шин та ізоляторів на динамічну стабільність;

									Арк.
									54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- найвище ефективне значення загального струму короткого замикання для контролю стабільності електрообладнання протягом першого періоду процесу короткого замикання;

- усталений струм короткого замикання для контролю термічної стабільності електрообладнання, шин, перехідних ізоляторів і кабелів;

- Ефективне значення загального струму короткого замикання в різний час для вибору високовольтного перемикача і регулювання релейного захисту;

- Коротке замикання джерела живлення для управління перемикачем на максимально допустиму потужність відключення.

Щоб отримати ефективне значення надперехідного струму, спочатку виконується еквівалент схеми перемикачання. Для трифазного короткого замикання точки К6:

- знаходимо еквівалентний опір схеми заміщення:

$$x_{\Sigma K6*6} = x_{c*6} + x_{ПЛ*6} + x_{Т1*6} + x_{КЛ1*6} + x_{Т2*6} + x_{КЛ2*6} = \\ = 1 + 0,245 + 6,9 + 0,086 + 11,905 + 0,272 = 20,408$$

$$r_{\Sigma K6*6} = r_{c*6} + r_{ПЛ*6} + r_{Т1*6} + r_{КЛ1*6} + r_{Т2*6} + r_{КЛ2*6} = \\ = 0 + 0,071 + 0,208 + 0,802 + 1,172 + 3,488 = 5,741$$

- побудуємо еквівалентну схему заміщення для точки К6. Схема зображена на рисунку 6.6.

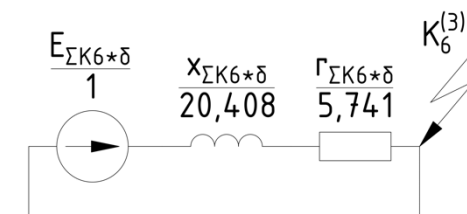


Рисунок 6.6 – Еквівалентна схема заміщення для точки К6

Аналогічно обчислюємо значення еквівалентного опору в інших точках.

Результат вводимої в таблиці 6.20.

					ДП 2024	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



коли  $I_{к6}''$ ,  $I_{п.0к6}$  - це діючі значення відповідно надперехідного струму,

періодичної складової струму КЗ для моменту довільного часу  $t$ , кА;  $I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}$

- базисний струм;  $U_6$  - дорівнює  $U_{срi}$  тієї мережі, де знаходиться даний вузол.

Визначаємо сталу часу затухання аперіодичної складової для системи:

$$T_{ак6} = \frac{x_{\Sigma K6*6}}{\omega \cdot r_{\Sigma K6*6}} = \frac{20,408}{2\pi \cdot 50 \cdot 5,741} = 0,0113 \text{ с}$$

де  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$  - кутова частота,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ;  $f$  - частота системи, Гц.

Коефіцієнт імпульсу визначається з урахуванням значення часу стабільного загасання аперіодической складової і часу виникнення імпульсного струму:

$$k_{ук6} = 1 + e^{-\frac{t}{T_{ак6}}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,0113}} = 1,413$$

Беручи до уваги значення надперехідного струму і коефіцієнт імпульсу, знайдіть значення імпульсу струму і максимальне ефективне значення загального струму короткого замикання:

$$i_{ук6} = \sqrt{2} \cdot k_{ук6} \cdot I_{п.0к6} = \sqrt{2} \cdot 1,413 \cdot 2,594 = 5,184 \text{ кА};$$

$$I_{дк6} = I_{п.0к6} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{ук6} - 1)^2} = 2,594 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,413 - 1)^2} = 3,004 \text{ кА}.$$

									ДП 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						57



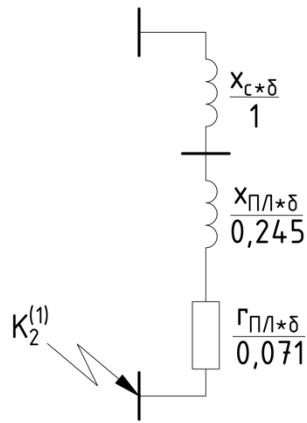


Рисунок 6.7 – Схема заміщення прямої та зворотної послідовності

Схема підключення обмоток трансформатора ГПП" зірка " до заземлення, тому в мережах 35 кВ і 10 кВ немає струму нульової послідовності.

Отримавши результуючі індуктивний і активний опори прямої та зворотної послідовності відповідно, в.о.:

$$x_{рез.1*б} = x_{рез.2*б} = x_{c*б} + x_{ПЛ*б} = 1 + 0,245 = 1,245 ;$$

$$r_{рез.1*б} = r_{рез.2*б} = r_{c*б} + r_{ПЛ*б} = 0 + 0,071 = 0,071 ;$$

Розраховуємо індуктивний та активний опори повітряної лінії нульової послідовності, в.о.:

$$r_{ПЛ.0*б} = n \cdot r_{ПЛ*б} = 3,5 \cdot 0,071 = 0,250 ;$$

$$x_{ПЛ.0*б} = n \cdot x_{ПЛ*б} = 3,5 \cdot 0,245 = 0,857 ;$$

де  $n = 3,5$  [19].

Схема заміщення нульової послідовності зображена на рисунку 6.8.

					ДП 2024	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

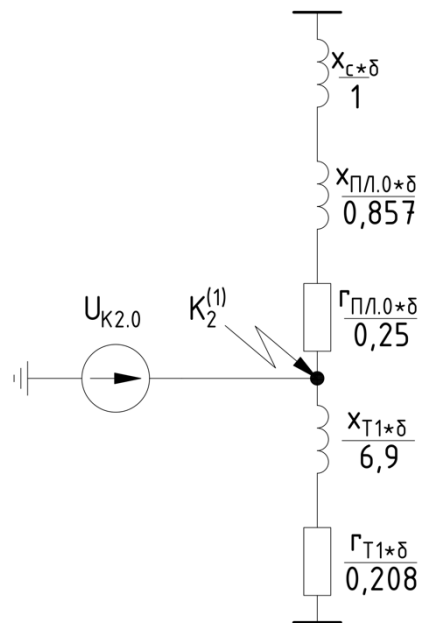


Рисунок 6.8 – Схема заміщення нульової послідовності

Для розрахунку опору нульової послідовності відносно точки K2 еквівалентуємо схему заміщення нульової послідовності до простої зображену на рисунку 6.8:

$$x_{рез.0*δ} = \frac{(x_{c*δ} + x_{ПЛ.0*δ}) \cdot x_{Т1*δ}}{x_{c*δ} + x_{ПЛ.0*δ} + x_{Т1*δ}} = \frac{(1 + 0,857) \cdot 6,9}{1 + 0,857 + 6,9} = 1,463$$

$$r_{рез.0*δ} = \frac{(r_{c*δ} + r_{ПЛ.0*δ}) \cdot r_{Т1*δ}}{r_{c*δ} + r_{ПЛ.0*δ} + r_{Т1*δ}} = \frac{(0 + 0,25) \cdot 0,208}{0 + 0,25 + 0,208} = 0,114$$

Наносимо результати на еквівалентну заміщення нульової послідовності (рисунок 6.9).

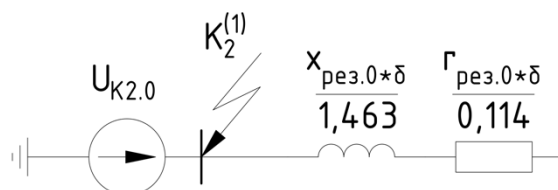


Рисунок 6.9 – Еквівалентна схема заміщення нульової послідовності з розрахованими параметрами

					ДП 2024	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$t_{\text{відімк}} = t_3 + t_{\text{вимик}} = 0,1 + 0,05 = 0,15 \text{ с};$$

$$B_{\text{к.к2}} = I_{\text{п.0к2}}^2 \cdot (t_{\text{відімк}} + T_{\text{ак2}}) = 3,802^2 \cdot (0,15 + 0,049) = 2,878 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Отримані дані вносимо до таблиці 6.21.

Таблиця 6.21 – Значення струму короткого замикання і напруги теплового імпульсу вище 1 кВ

Точка КЗ	$r_{\Sigma i*6}$	$x_{\Sigma i*6}$	$I_i''$ , кА	$i_{yi}$ , кА	$B_{\text{к.і}}$ , кА <sup>2</sup> ·с
К1 <sup>(3)</sup>	0,000	1,000	5,020	7,407	3,861
К2 <sup>(3)</sup>	0,071	1,245	4,026	10,449	3,331
К3 <sup>(3)</sup>	0,279	8,145	1,915	5,139	0,890
К4 <sup>(3)</sup>	1,081	8,231	1,880	4,417	0,616
К5 <sup>(3)</sup>	2,253	20,136	2,714	6,538	1,314
К6 <sup>(3)</sup>	5,741	20,408	2,594	5,184	1,085
К2 <sup>(1)</sup>	0,256	3,953	3,802	9,762	2,878

На підставі розрахункового значення струму короткого замикання можна перевірити термічну і електродинамічну стабільність провідника і комутаційного пристрою.

### Перевірка обраних комутаційних пристроїв

У таблиці 6.22 наведені параметри комутаційного пристрою

Таблиця 6.22 – Дані параметрів комутаційних та розрахованих значень

Напруга, кВ	Вимикач	Дані з каталогу			Дані розрахунку		
		$I_{\text{вимик}}$ , кА	$i_{\text{макс}}$ , кА	$I_{\text{т.с}}^2 \cdot t_{\text{т.с}}$ , кА <sup>2</sup> ·с	$I_i''$ , кА	$i_{yi}$ , кА	$B_{\text{к.і}}$ , кА <sup>2</sup> ·с
110	РНДЗ-110	-	80	31,5·3	4,026	10,449	3,331
	ВЭКТ-110	40	102	40·3	4,026	10,449	3,331
35	РНД-35	-	63	27·3	1,880	4,417	0,616
	ВР35	20	52	20·3	1,915	5,139	0,890

10	ВР1	20	52	20·3	2,714	6,538	1,314
	РВЗ-10	-	40	16·3	2,594	5,184	1,085
	ВНВР-10	20	51	20·1	2,594	5,184	1,085

Перевіряємо вибране комутаційне обладнання за допомогою струму короткого замикання і розрахованих складових теплового імпульсу в таблиці 6.21.

Перевіряємо вимикач ВЭКТ-110 на рівні напруги 110 кВ. Обраний вимикач розташований в місці точки К2, тому для перевірки використаємо розраховані дані для точки К2.

Для цих комутаційних пристроїв повинні дотримуватися наступні умови:

- за струмом електродинамічної стійкості:

$$i_{yi} \leq i_{\text{макс}},$$

$$10,449 \leq 102 \text{ кА}$$

$$I_i'' \leq I_{\text{вимик}}$$

$$4,026 \leq 40 \text{ кА}$$

- за тепловим імпульсом:

$$B_{K,i} \leq I_{\text{т.с}}^2 \cdot t_{\text{т.с}}$$

$$3,331 \leq 40 \cdot 3$$

$$3,331 \leq 120$$

Отже, при перевірці вимикача ВЭКТ-110 на електродинамічну та термічну стійкість, ознак для зміни даного апарату не має. Після аналогічних перевірок всі зазначені в таблиці 6.22 апарати є повністю сумісними з нашою системою.

					ДП 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

## Перевірка вибраних провідників

Для повітряної лінії та КЛ мають бути перевірені вимоги по забезпеченню механічної міцності:

$$F_i \geq F_i^{\min}.$$

Поперечний переріз, обраний для КЛ, не може бути меншим за мінімально допустимий за умови теплового опору струму короткого замикання:

$$F_i^{\min} = \frac{\sqrt{B_{к.і}}}{C_T}, \quad (2.24)$$

$B_k$  – це значення теплового імпульсу, де враховуємо повний час проходження КЗ,  $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$ ;

$C_T$  це термічний коефіцієнт. Цей коефіцієнт підбирається в залежності від сплаву і ізолятора жили кабелю [20].

Розраховуємо значення перерізів для ПЛ, КЛ1 та КЛ2 згідно з формулою (6.21). Зводимо результати в таблицю 6.23.

Таблиця 6.23 – Розрахунковий поперечний переріз живильних провідників

Ділянка	$F_i, \text{мм}^2$	$C_T, \text{А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$	$B_{к.і}, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$F_i^{\min}, \text{мм}^2$
ПЛ1	240	90	3,861	21,833
КЛ1	70	75	0,890	12,579
КЛ2	50	75	1,314	15,284

При порівнянні фактичних перерізів живильних провідників за умовою термічної стійкості з їх мінімально допустимими розрахунковими значеннями,

					ДП 2024	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бачимо, що всі вибрані провідники відповідають зазначеним вимогам. Тому можемо говорити про повну сумісність даних елементів з нашою схемою.

Електроустановки напругою до 1000 В перебувають на ще більшій електричній віддаленості від генераторів системи, що дозволяє вважати напругу у вузлі, що живить їх, незмінним. Для проведення точного розрахунку необхідно врахувати всі опори короткозамкненою ланцюга. Поряд з індуктивними, тут переважають активні опори проводів, кабелів і шин довжиною понад 10 м. Помітний вплив надають такі елементи, як збірні шини, первинні обмотки трансформаторів струму, струмові котушки розчеплювачів автоматичних вимикачів. Істотно позначаються перехідні контактні опору електрично апаратів (автоматичних вимикачів, рубильників); активні перехідні опори нерухомих контактних з'єднань кабелів і шинопроводів як між собою, так і з вимикачами; контакт в точці короткого замикання.

Виконуємо обчислення з точністю до трьох знаків після коми. РС показано на малюнку 6.10.

В якості умови виникнення струму короткого замикання розглянемо ефективні значення періодичних складових струму, отримані з таблиці 6.21.

Згідно [14] визначаємо опори комплектних шинопроводів, трансформаторів струму, автоматичних вимикачів, кабельних ліній, болтових контактних з'єднань і контактів автоматичних вимикачів.

Всі параметри питомих опорів зводимо в таблицю 6.24, а значення опорів в МОм заносимо в таблицю 6.25.

Таблиця 6.24 – Значення погонних опорів комплектних шинопроводів та кабельних ліній

Тип	Позначення на схемі	Номинальний струм, А	$l_i$ , м	$r_0$ , МОм/ /м	$x_0$ , МОм/ /м	$r_1$ , МОм/ /м	$x_1$ , МОм/ м
-----	---------------------	----------------------	-----------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------

					ДП 2024			Арк.
								65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				







Аналогічно розраховуємо опори КЛЗ.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 6.26.

Таблиця 6.26 – Значення опорів всіх елементів схеми заміщення

Позначення на схемі	$r_0$ , МОм/м	$x_0$ , МОм/м	$r_1$ , МОм/м	$x_1$ , МОм/м
Система	0	2,079	0	2,079
ТЗ	3,427	13,542	3,427	13,542
Ш	0,272	0,128	0,054	0,053
КЛЗ	84,5	30,3	10,4	2,8
КЛ4	209,5	30	96	2,05
QF1.КВ	0,65	0,17	0,65	0,17
QF2.КВ	1,1	0,5	1,1	0,5
QS.КВ	1,1	0,5	1,1	0,5
QF3.КВ	3,5	2	3,5	2
ТА	0,17	0,11	0,17	0,11
Д.К7	7	-	7	-
Д.К8	16	-	16	-
Д.К9	18	-	18	-
б.к	0,003	-	0,003	-
і.к	0,4	-	0,4	-

Враховуючи всі опори елементів отримали схему зміщення прямої послідовності з розрахованими параметрами елементів зображено на рисунку 6.11.

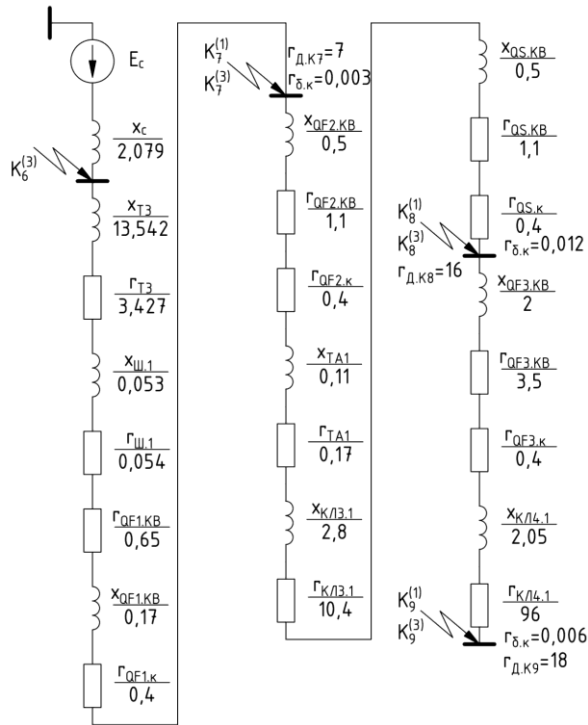


Рисунок 6.11 – Схема заміщення прямої послідовності

Аналогічно отримали схему нульової послідовності зображену на рисунку 6.12.

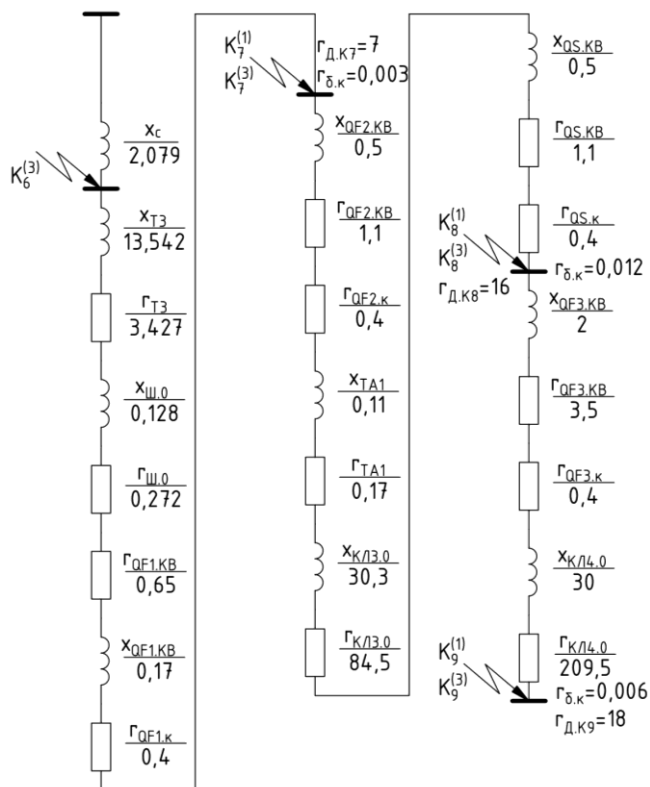


Рисунок 6.12 – Схема заміщення нульової послідовності

					ДП 2024	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо еквівалентний опір схеми заміщення нульової послідовності в точці К7:

$$x_{\Sigma K7.0} = x_c + x_{T3} + x_{Ш.0} + x_{QF1.KB} = 2,079 + 13,542 + 0,128 = 15,919 \text{ мОм}$$

$$\begin{aligned} r_{\Sigma K7.0} &= r_c + r_{T3} + r_{Ш.0} + r_{QF1.KB} + r_{QF1.k} + r_{б.к} = \\ &= 0 + 3,427 + 0,272 + 0,65 + 0,4 + 0,003 = 4,752 \text{ мОм.} \end{aligned}$$

Аналогічно розраховуємо опори прямої та нульової послідовностей для схем заміщення точок К8 і К9. Результати зводимо до таблиці 6.27.

Таблиця 6.27 – Еквівалентні опори прямої та нульової послідовності точок К7, К8 і К9.

Точка	Нульова послідовність		Пряма послідовність	
	$r_{\Sigma i.0}$	$x_{\Sigma i.0}$	$r_{\Sigma i.1}$	$x_{\Sigma i.1}$
К7	4,752	15,919	4,534	15,844
К8	92,434	47,329	18,116	19,754
К9	305,852	79,329	118,034	23,804

Коли електрообладнання подається з енергосистеми через понижуючий трансформатор початкове ефективне значення періодичної складової трифазного струму короткого замикання в точці К7:

$$I_{п.0K7} = \frac{U_{\text{ср.НН}}}{\sqrt{3} \sqrt{r_{\Sigma K7.1}^2 + x_{\Sigma K7.1}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \sqrt{4,534^2 + 15,844^2}} = 14,013 \text{ кА.}$$

Аналогічно розраховуємо періодичну складову струму для точок К8 і К9. Результати заносимо в таблицю 6.30.

Відповідно до методу, описаним в пункті розраховуємо всі складові трифазного струму короткого замикання в точці К7.

					ДП 2024	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		







Перевіряємо вимикач ВА04-36. Оскільки цей вимикач знаходиться в точці К2, він використовує обчислені дані для точки К7 для перевірки. Щоб замінити пристрій, необхідно виконати наступні умови:

- за струмом електродинамічної стійкості:

$$i_{yi} \leq i_{\text{макс}},$$

$$27,883 \leq 36 \text{ кА}$$

$$I_i'' \leq I_{\text{вимик}}$$

$$14,013 \leq 18 \text{ кА}$$

Отже, при перевірці вимикача ВА04-36 на електродинамічну стійкість, приводу для зміни даного апарату не має.

Після аналогічних перевірок всі зазначені в таблиці 2.30 апарати є повністю сумісними з нашою системою.

					ДП 2024	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

## 7 Релейний захист та автоматика

### 7.1 Загальні вимоги до релейного захисту і автоматики в мережах 10/0,4 кВ.

При протіканні струму короткого замикання (КЗ) елементи системи електропостачання піддаються тепловому і динамічному впливу. Щоб зменшити ступінь пошкоджень і запобігти нещасним випадкам, встановлюється ряд автоматичних пристроїв, званих релейним захистом, які дозволяють швидко від'єднувати пошкоджені елементи або ділянки мережі. Якщо це пошкодження становить безпосередню небезпеку для даної квартири, при відсутності такої небезпеки використовується сигнальний пристрій.

Релейний захист повинен відповідати наступним вимогам:

1. селективність;
2. чутливість;
3. швидкодія;
4. надійність

Під селективністю в широкому розумінні цього слова стосується характеристик релейного захисту, які діють лише на відключення, щоб виділити та закрити пошкоджену ділянку. Для релейного захисту, що діє на сигнали, розуміється здатність чітко вказувати, які елементи системи вимагають втручання персоналу.

Під чутливістю релейного захисту розуміється її здатність реагувати на можливі пошкодження системи.

Розглянемо основні вимоги до релейного захисту на підстанціях. На трансформаторних підстанції необхідна наявність:

					ДП 2024		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.		Кордан М.С.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.						76	
Керівн.		Бориченко О.В			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ-4-3		
Затвердив.		Балюта С.М.					



При виборі перемикача на основі номінальної напруги необхідно дотримуватися умов

$$U_{\text{аном}} \geq U_{\text{уном}}$$

$U_{\text{уном}}$  – номінальна напруга установки;  $U_{\text{аном}}$  – номінальна напруга вимикача.

При виборі вимикача відповідно до номінального струму автомата необхідно дотримуватися умов

$$I_{\text{рном}} \geq k_{\text{нр}} \cdot I_{\text{роб max}}$$

де  $I_{\text{рном}}$  – номінальний струм розчіплювача;  $k_{\text{нр}}$  – коефіцієнт надійності розчеплювача;  $I_{\text{роб max}}$  – значення робочого струму.

При виборі вимикача відповідно до умов опору струму короткого замикання граничні значення струму відключення, електродинамічної і термічної стабільності перемикача повинні мати відповідні параметри короткого замикання, принаймні, в місці установки.

Граничний струм відключення  $I_{\text{гр відкл}}$  називається максимальним значенням струму короткого замикання, і перемикач можна включати і вимикати кілька разів, залишаючись при цьому в хорошому стані

$$I_{\text{гр відкл}} \geq I_{\text{кз max}}$$

У той же час вимикач в положенні відключення повинен забезпечувати проходження струму короткого замикання, зберігаючи при цьому струм короткого замикання в хорошому стані

					ДП 2024	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стійким до струмів наскрізного КЗ Ця властивість вимикача характеризується електродинамічною та термічною стабільністю..

Електродинамічна стабільність характеризується амплітудою імпульсного струму КЗ  $i_{\text{дин}}$ , вимикач може проходити без залишкової деформації деталей або неприпустимого відхилення контактів, що може привести до їх зварювання або виходу з ладу. Умови вибору перемикача електродинамічної стійкості полягають в наступному

$$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{розр}}$$

де  $i_{\text{розр}}$  – розрахункове амплітудне значення ударного струму короткого замикання.

Проводимо обчислення та вибираємо автоматичний вимикач на стороні 0,4 кВ. На ділянці, де розглядається мережа, є 5 ліній ТП, які забезпечують частину житлового району міста. Ця схема показана на малюнку 2.13.

Значення розрахункового струму і значення ударного струму короткого замикання описані в розділах 2.4 і 2.6 цього розділу.

Давайте виберемо автоматичний перемикач, який задовольняє вищевказаним умовам.

Розглянемо автоматичний вимикач ВА04-36 з номінальним струмом  $I_{\text{аном}} = 250 \text{ А}$ , номінальна напруга  $U_{\text{аном}} = 690 \text{ В}$ , відключаюча здатність  $I_{\text{гр відкл}} = 20 \text{ кА}$ . Порівнюємо дані розрахунків з даними вимикача.

- за номінальною напругою:

$$U_{\text{аном}} \geq U_{\text{уном}}$$

$$690 \geq 400$$

									Арк.
									79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- за номінальним струмом розчеплювача:

$$I_{\text{р ном}} \geq k_{\text{нр}} \cdot I_{\text{роб max}}$$

$$k_{\text{нр}} = 1,1$$

$$2500 \geq 1,1 \cdot 255,0$$

- за граничним струмом відключення

$$I_{\text{гр відкл}} \geq I_{\text{кз max}}$$

$$20 \geq 14,013$$

Автоматичного вимикача ВА04-36 на 250 А підходить для забезпечення ділянки ТП зі сторони 0,4 кВ.

					ДП 2024	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Інтерфейсний блок включає в себе: дисплей, акумулятор (для резервного живлення), модуль GPS/GLONASS і набір інтерфейсів (RF1 - для обміну даними з мобільним терміналом, два RS-485, модем GSM / GPRS для роботи з складі АС) [22].

Пристрій має меню, розраховане на 8 тарифів, 256 тарифних зон з можливістю перенесення святкових і робочих днів [22].

					ДП 2024	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8. Підвищення ефективності електричних мереж шляхом реалізації концепції Smart grid

### 8.1 Аналіз можливості використання концепцій електричних мереж

Концепція інтелектуалізації пропонує 3 основні етапи розвитку: Smart Grid, Grid Edge і The flexible Grid.

«Smart Grid» характеризується централізованою відповіддю енергосистем і електричних мереж на виклик розподіленої енергетики і відновлювані джерела енергії з новими цифровими технологіями.

Найважливіше, що забезпечують «розумні мережі», на цьому етапі стає надійність електропостачання в ускладнених умовах роботи, що досягається за рахунок спостережливості, цифровізації та зростання числа вимірів.

Головними драйверами змін на цьому етапі залишаються енергопостачальні і мережеві компанії.

«Grid Edge», відрізняється активною інтеграцією розподіленої енергетики в мережі, вибудовуванням локальних екосистем активних споживачів, появою у них можливості робити внесок в управління енергосистемами, апробацією нових регуляторних моделей.

«The flexible Grid» буде відрізнятися тим, що за рахунок переформатування енергетичних ринків і появи національних або навіть регіональних ринків гнучкості розподілені енергетичні ресурси почнуть надавати корисно впливати на енергосистеми в цілому і стануть повноправними учасниками управління цими енергосистемами.

Насьогодні в країнах Європи працює план (Strategic Energy Technology Plan),

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ДП 2024			
Розроб.		Кордан М.С.			Підвищення ефективності електричних мереж шляхом реалізації концепції Smart grid	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.							83	
Керівн.		Бориченко О.В				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ-4-3		
Затвердив.		Балюта С.М.						

як частина стратегії енергетичного союзу, який є основою європейської політики в галузі енергетичних технологій [4]. В одній із ініціатив цього плану всі електричні мережі, через певний період, повинні бути перетворені в інтелектуальні.

В перспективі будинки та підприємства почнуть використовувати сонячні панелі, вітрогенератори та інші альтернативні технології для генерації електричної енергії та її споживання, тому для ефективного управління та вирішення супутніх проблем необхідно прийняти певні рішення для забезпечення.

Для реалізації проектів інтелектуалізації знадобиться мережа підключених датчиків, яка забезпечує видимість у режимі реального часу та контроль електромережі. Мобільний оператор повинен забезпечити конфіденційне рішення зв'язку в інфраструктурі загальнодоступної мережі.

Також, для вирішення проблем автоматизації, варто звернути увагу на цифрові трансформатори. Рішення цифрових трансформаторів мають три блоки: апаратне, програмне забезпечення та сервіси, які працюють безперебійно. Вбудовані компоненти, такі як цифрові датчики, аналізатори розчиненого газу та цифрові пристрої безпеки, збирають дані для моніторингу, діагностики та контролю на місцевому рівні. Ці самі дані також можуть відслідковуватися що дозволяє значно підвищити ефективність управління та сформувати електронні бази даних для подальшого аналізу та покращення прогнозування режимів енергетичних систем.

Якщо розглядати автоматизацію підстанції, то основними компонентами системи автоматизації підстанції можуть бути будь-яка кількість пристроїв, інтегрованих у функціональний масив з метою моніторингу, контролю та можливістю налаштування підстанції.

Компоненти автоматичної підстанції:

1) Інтелектуальні електронні пристрої на базі мікропроцесорів, які надають входи та виходи в систему під час виконання певної послуги управління або

					ДП 2024	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обробки. Вони включають в себе: захисні реле, вимірювач навантаження, прилади обліку, програмовані логічні контролери та контролери силового обладнання [5].

2) Можуть бути присутні пристрої, призначені для конкретних функцій системи автоматизації підстанцій, такі як перетворювачі, датчики положення, кластери внутрішніх реле, дисплей підстанції або станція користувачів, підключена до головного комп'ютера підстанції або до її частини [5].

3) Виділені пристрої часто використовують контролер або інтерфейсне обладнання, як звичайний віддалений термінальний блок, як засіб для підключення до системи автоматизації підстанцій [5].

Під час автоматизації підстанцій операційний центр отримує та обробляє дані з декількох підстанцій та вживає відповідних заходів для дистанційного керування підстанціями.[5]. Система основних станцій може використовувати відкриту та розподілену архітектуру. Оскільки може бути кілька основних станцій, ви можете підключити їх за допомогою різних топологій та синхронізувати операційні дані мережі.

Враховуючи основні цілі реконструкції підстанцій в Україні, перш за все, необхідно провести комплексні зміни всього первинного та вторинного обладнання. На підстанції рекомендовано замінити роз'єднувачі та вимикачі на обладнання нового покоління – вимикачі - роз'єднувачі. Вимикач-роз'єднувач об'єднати функції відключення і розриву в одному пристрої, що дозволить зменшити площу підстанції і збільшити коефіцієнт експлуатаційної готовності. Комплексна заміна обладнання підстанції дозволить досягти наступних результатів:

1. Інтелектуальні мікропроцесорні пристрої, вбудовані в ключове обладнання, дозволяють цифровим методам отримувати доступ, передавати та обробляти інформацію, а також автоматизувати роботу підстанції та їх процеси управління [3].

					ДП 2024	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Однолінійні схеми можуть бути адаптовані до змін конструкції високовольтних пристроїв і можливих змін ролі підстанцій в мережевих конфігураціях, які відбулися з моменту їх створення[3].

3. Час відключення електропостачання можна звести до мінімуму, використовуючи існуюче обладнання для постачання споживачів під час реконструкції.[3]

4. Персонал може зосередитися на кількох великих проектах, але реконструйовані підстанції не потребують уваги протягом багатьох років після реконструкції [3].

Використання вимикачів-роз'єднувачів призводить до скорочення робіт з технічного обслуговування і забезпечує наступні переваги:

1. Практично безперервне електропостачання споживачів (залежно від підстанції та розвитку мережі ремонтні роботи можуть призвести до відключення електропостачання деяких споживачів) [3].

2. Оскільки не все обладнання знаходиться в робочому стані під час технічного обслуговування і немає можливості його резервування, ризик збоїв системи нижче, оскільки ризик аварій в первинному середовищі під час технічного обслуговування (тобто коли люди знаходяться на підстанції) вище, ніж при нормальній роботі[3].

3. Більш низькі експлуатаційні витрати пов'язані зі скороченням зайнятості на технічне обслуговування розподільних пристроїв [3].

4. Всі роботи на підстанції можуть бути викликані ураженням електричним струмом, падінням з висоти і т.д. це пов'язано з потенційними ризиками, такими як, тим самим підвищуючи безпеку персоналу і знижуючи ризик нещасних випадків, [3] підстанції.

Також Міністерством енергетики та вугільної промисловості України 30.01.2018 року видано наказ №77 Про затвердження правил виконання оперативних перемикачів в електроустановках, в якому додані особливості

					ДП 2024	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконання перемикачів на підстанціях, де в повному обсязі впроваджені засоби дистанційного диспетчерського керування.

Крім того, в цьому порядку вказані загальні вимоги до роботи вимикачів, їх функції і показані чудові характеристики підстанцій, підстанцій Rp / електростанцій жовтня наступного покоління [6].

					<i>ДП 2024</i>	Арк.
						87
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 9 Інформаційна система електро менеджменту комунального об'єкта

### 9.1 Інформаційні технології в енергетичному менеджменті комунальних підприємств

Функції муніципальної системи управління енергоспоживанням (MSEM)  
Засновані на використанні великої кількості інформації, включаючи один  
дисплей на лічильник.

Необхідно щодня обробляти цю інформацію за допомогою фахівців  
Програмне забезпечення (ПЗ), яке повинно виконувати наступні основні  
функції:

– Збір інформації та показань лічильників, створення бази даних  
індикаторів

Енергоефективність, якість енергопостачання, нормативні показники і т.  
д.;

– Збір інформації та створення бази даних документів у вигляді форми  
звіту,

накази, рішення тощо;

– моніторинг показників енергоефективності;

– моніторинг викидів CO<sub>2</sub>;

– автоматизація процесу документообігу між всіма ланками MSEM;

106

– автоматизація розрахунків при проведенні енергетичних аудитів;

– візуалізація накопичених результатів;

– інші функції, що виникають в процесі функціонування MSEM.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ДП 2024		
Розроб.		Кордан М.С.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.						88	
Керівн.		Бориченко О.В			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ-4-3		
Затвердив.		Балюта С.М.					















використовуються в моделі; – Юридичний комплект для проектів в області чистої енергії, включаючи зразки нормативних документів. Програмне забезпечення RETScreen було розроблено і обслуговується урядом Канади за допомогою Міністерства природних ресурсів Canmet ENERGY в місті Вареннес, Квебек, і допомогою міжнародною мережею експертів, що працюють в цій індустрії, урядом і науковими організаціями. Головні партнери NASA (Національне управління з аеронавтики і космонавтики), REEEP (Партнерство з відновлюваних джерел енергії та енергетичних ресурсів та енергоефективності), UNEP (Програма ООН із захисту навколишнього середовища) і GEF (Глобальний екологічний фонд).

					<i>ДП 2024</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		96

## 10. ОХОРОНА ПРАЦІ

### Технічна характеристика та умови безпечної експлуатації міської підстанції 10/0.4 кВ

Показники загальних характеристик підстанції 10/0.4 кВ підсумовується в таблиці 10.1. Показники технічних характеристик елементів підстанції отримані з каталогу: [4.1], [35], [11], [10]. Всі дані зводимо в таблиці 10.2

Таблиця 10.1 – Загальна характеристика об'єкту

Найменування ЕУ	Вид розміщення	Розміщення робочого місця	Категорія електроприміщення	Категорія з пожежної безпеки
1	2	3	4	5
Трансформаторна підстанція	Внутрішня ЕУ	Окреме приміщення на поверхні землі, (12x13x4)	Приміщення з підвищеною небезпекою	Категорія Д

Таблиця 10.2 - Показники технічних характеристик об'єкту

Найменування ЕУ	Основні характеристики	Числове значення показника
1	2	3
Трансформатор ТМЗ-630	Напруга	10/0,4 кВ
	Потужність	630 кВА
	Маса	2645 кг
	Габаритні розміри	2012x1160x1825 мм
	Маса масла	85 кг
	Марка масла	ГК

					ДП 2024		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.		Кордан М.С.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сірик А.О				97	
Керівн.		Бориченко О.В			Охорона праці ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ-4-3		
Затвердив.		Балюта С.М.					

Продовження таблиці 10.2

1	2	3
Вакуумний вимикач навантаження ВНВР-10	Номинальний струм	630 А
	Номинальна напруга	10 кВ
	Міжполюсні відстані	200, 165, 130, 100
	Механічна зносостійкість	5000 циклів
Роз'єднувач РВЗ-10	Номинальний струм	630 А
	Номинальна напруга	10 кВ
	Габаритні розміри	530х650х250 мм
	Маса	29 кг
Автоматичний вимикач ВА04-36	Номинальний струм	400 А
	Номинальна напруга	0,4 кВ
	Механічна зносостійкість	1000
	Маса	3 кг
Пристрій компенсації реактивної потужності	Номинальна напруга	0,4 кВ
	Номинальна потужність	(1 – 600) квар
	Номинальна напруга кола регулювання	0,22 кВ
	Ступінь захисту	IP20

**Список робіт, які необхідно виконати для забезпечення безпеки праці**  
Згідно ТП [36], необхідно провести технічний огляд всього

трансформаторного обладнання.

Ми визначаємо обсяг і послідовність робіт відповідно до [37] і кількісну конфігурацію бригади і групи електробезпеки відповідно до [38]. Інформація наведена в таблиці 10.3

[39] відповідно до цього встановить показники умов праці для виду роботи, зазначеного в пункті 10.2. Інформація наведена в таблиці 10.4.

Таблиця 10.3 – Послідовність виконання робіт

Вид робіт	Спосіб доставки і розгрузки	Період виконання	Кількісний склад бригади	Група з електробезпеки
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 2024

Арк.

98



Шум	Рівень шуму	70 дБА
Напруга	Напруга	10000 В
Електричний струм	Струм	55 А
Освітлення	Освітленість	75 лк
Трансформаторне масло	Добавки до масла	Іонол
	Щільність при 20°C	895 кг/м <sup>2</sup>
	Температура спалаху	135 °С
Робота на висоті	Висота	3 м

Можуть проводитися первинні, періодичні (чергові) і ненормальні технічні перевірки. Обладнання підлягає первинному технічному огляду перед введенням в експлуатацію.

Регулярні (чергові) і спеціальні технічні перевірки проводяться в терміни, встановлені нормативними правовими актами виробника з охорони праці та експлуатаційної документації.

### **Виявлення шкідливих і небезпечних факторів при експлуатації міської станції 10/0.4 кВ для працівників**

Ми визначаємо НШВЧ, який впливає на наших співробітників, і проводимо оцінку умов праці відповідно до [40], [41]. Інформація наведена в таблиці 10.5.

Таблиця 10.5 являє собою список небезпечних і шкідливих факторів виробництва

Небезпечні і фактичні чинники	Фактичне значення	Допустиме значення
1	2	3
<b>Електричного походження</b>		
Струм	55 А	0,6 мА
Напруга	10000 В	6 В
Робота на висоті	3 м	2 м
Робота з нафтопродуктами	105 °С	95 °С [42]

Продовження таблиці 10.5

					ДП 2024	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Небезпечні і фактичні чинники	Фактичне значення	Допустиме значення
1	2	3
Напруженість магнітного поля	8 кА/м	4,9 кА/м [43]
Напруженість електричного поля	1,8 кВ/м	12,5 кВ/м [43]
Оцінка умов праці	Шкідливі I категорії	

**Визначення технічних, організаційних заходів та засобів індивідуального захисту, щодо забезпечення безпеки праці**

У таблиці 10.6 та 10.7 наведено список ЗІЗ та заходів щодо забезпечення безпеки праці та зменшення впливу ВГС

Таблиця 10.6 - Технічні і організаційні заходи

Вид заходу	Найменування заходу	Опис, показники і характеристики
1	2	3
<b>Технічні заходи з електробезпеки</b>		
Ізоляція	Струмопровідних частин	Полівінілхлорид. $R = \infty \text{ Ом}^5$ $\text{tg} \delta = 0,02$
Огороджувальний засіб	Огорожа трансформатора	Сітчаста, висота 2 м, механічне блокування входу
Захисне заземлення	Заземлення трансформаторної підстанції	ЗП розміщений у контурі ТП. 3,82 Ом.
<b>Організаційні заходи з електробезпеки</b>		
Категорія робіт щодо заходів безпеки	Роботи без напруги	Наряд-допуск на 10 робочих днів

Таблиця 10.7 - Перелік засобів індивідуального захисту

Вид ЗІЗ	Призначення	Марка або маркування. Модель. Матеріал	Гарантований термін використання	Технічні характеристики
1	2	3	4	5

Захисне взуття	Захист від механічних ушкоджень	МЗ «Електра». Черевики.	6 місяців	Під час переміщення вантажів масою до 15 кг
Захист рук	Захист від механічних ушкоджень	Рукавички, поліестер з бавовною.	5 робочих змін	Під час монтажних робіт
Захист очей	Захист від електричної дуги та ультрафіолетового випромінювання	Закриті подвійні окуляри. Полікарбонат.	2 роки	Під час робіт в ЕУ

Таблиця 10.8 – Електрозахисні засоби захисту

Вид ЕЗЗ	Найменування	Технічні характеристики	Призначення і норми випробувань
1	2	3	4
Електрозахисний засіб індивідуального захисту	Діелектричні рукавички	Для робіт під напругою до 35 кВ	Підключення ЕУ після ремонту. Періодичні випробування - що 6 місяців
Контрольно-сигнальні прилади	Ізолювальні кліщі	Накладання муфт, заміна плавких вставок	0,4-35 кВ Раз у 24 місяці
Захисні пристосування	Захисне переносне заземлення, ізолюючі підставки, плакати безпеки.	Виконання робіт	0,4 – 10 Раз у 24 місяці

Ми приймаємо комплекс заходів щодо запобігання та ліквідації наслідків пожеж і вибухів. [44] відповідно до цього в разі пожежі або вибуху вибираються основні засоби гасіння пожежі (вогнегасники, протипожежне обладнання), а також технічні та організаційні засоби.

Також необхідно підтримувати в хорошому стані стаціонарну готову автоматичну систему пожежогасіння і знежирюючий пристрій. Результати виборів показані в таблиці 10.9.

									Арк.
									102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2024				





$$n' = \frac{R_{В1}}{R_{шт} \eta_e} = \frac{52,4}{4 \cdot 0,33} = 39,3$$

де  $\eta_e \leq 1$  – коефіцієнт використання заземлювачів, який враховує взаємний вплив ВЗ залежно від їх кількості, способу їх розміщення і густини розміщення, яка визначається співвідношенням  $\left(\frac{a}{l_1}\right)$ , де  $a$  – відстань між ВЗ, м.

Отримане число ВЗ округлюється до  $n$  цілих чисел, щоб знайти фактичний коефіцієнт екранування  $\eta_{ef}$ . Обираємо кількість заземлюючих пристроїв на рівні 40 штук. У нас є реальний фактор захисту  $\eta_{ef} = 0,41$ .

Розрахуйте кількість ВЗ з урахуванням фактичного коефіцієнта захисту:

$$n_{\phi} = \frac{52,4}{4 \cdot 0,41} = 31,95 \approx 32 \text{ шт.}$$

Сторони навколо підстанції дорівнюють  $L = 12$  м,  $D = 13$  м.

Визначаємо відстань між ВЗ з співвідношення  $\left(\frac{a}{l_1}\right)$ . З урахуванням коефіцієнту екранування маємо  $a = 0,41 \cdot 3 = 1,23$  м.

Визначаємо довжину ГЗ:

$$l_{\Gamma} = 2(L + D) \approx a \cdot n$$

$$l_{\Gamma} = 2(12 + 13) \approx 1,23 \cdot 40 \text{ м.}$$

$$l_{\Gamma} = 50 \approx 49,2$$

Значення довжини приймаємо на рівні  $l_{\Gamma} = 49,2$  м.

					ДП 2024	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо опір струму розтікання ГЗ  $R_{\Gamma}$ , розміщеного у ґрунті електроду:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{\text{розр.г}}}{2\pi l_{\Gamma}} \cdot \ln\left(\frac{l_{\Gamma}^2}{d_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma}}\right) = \frac{590}{2\pi \cdot 49,2} \cdot \ln\left(\frac{49,2^2}{0,05 \cdot 2,3}\right) = 19 \text{ Ом};$$

де  $t_{\Gamma}$  – відстань від поверхні ґрунту до середини ГЗ, м;  $d_{\Gamma}$  – діаметр ГЗ, м.

Еквівалентний опір поширюваному струму штучного ЗП визначається як опір  $n$  ВЗ і ГЗ, з'єднаних паралельно

$$R_{\text{шт}}' = \frac{R_{\text{ВЗ}} \cdot R_{\Gamma}}{R_{\text{ВЗ}} \cdot \eta_{\text{Геф}} + R_{\Gamma} \cdot n \cdot \eta_{\text{Веф}}} = \frac{52,4 \cdot 19}{52,4 \cdot 0,22 + 19 \cdot 32 \cdot 0,41} = 3,82 \text{ Ом}$$

Де  $\eta_{\text{Веф}}$  – фактичний коефіцієнт екранування ВЗ;

$\eta_{\text{Геф}}$  – коефіцієнт використання ГЗ з урахуванням ВЗ.

Приймаємо  $\eta_{\text{Геф}} = 0,22$ .

Отримане значення опору штучного ЗП не повинно перевищувати значення  $R_{\text{шт}}$ :

$$R_{\text{шт}}' \leq R_{\text{шт}}$$

$$3,82 \leq 4$$

					ДП 2024	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВОК

В рамках цього дипломного проекту була спроектована система електропостачання міського округу, визначена розрахункова навантаження об'єкта проектування і обрана кабельна лінія, по якій споживач отримує напругу від трансформатора. 10/0.4 кВ. Розрахунки короткого замикання були виконані для визначення місць, чутливих до струмів короткого замикання. Була розрахована релейний захист, розрахована вартість підключення підстанції, підготовлені специфікації обладнання.

У спеціальному розділі проекту була досліджена проблема інтелектуалізації підстанції. Аналізуючи проблему старіння підстанцій, можна сказати, що цей фактор сильно впливає на енергосистему і призводить до значних втрат. Тому необхідно поступово впроваджувати інтелектуальні мережі або частково модернізувати старе обладнання новими.

Проаналізувавши вартість обладнання для моніторингу та виявлення проблем на підстанції, можна сказати, що модернізація підстанцій для srs є вигідним вкладенням і призведе до поліпшення її конкурентних позицій на новій неділі відкритої енергетики.

Крім того, в ході експлуатації підстанції 10/0,4 кВ визначаються умови експлуатації, а також небезпечні і шкідливі фактори. Пропонуються варіанти зниження ризиків і створення безпечних умов для працівни

					<i>ДП 2024</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кордан М.С.</i>			<b>Висновок</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>							107	
<i>Керівн.</i>		<i>Бориченко О.В</i>				<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ-4-3</i>		
<i>Затвердив.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ермилов А.А. Электроснабжение промышленных предприятий / Ермилов А.А., Соколов Б.А.. – М: Энергоатомиздат, 1986. – 144 с.
2. План розвитку системи розподілу ПРАТ «ДТЕК Київські електромережі» на 2021 – 2025 роки [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.dtek-kem.com.ua/ru/file/SWj8D9TIMYluM?inline=1>.
3. С. А. Попадченко. Аналіз світових тенденцій модернізації електричних підстанцій на сучасному етапі розвитку / С. А. Попадченко.
4. Strategic Energy Technology Plan (SET Plan) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://etip-pv.eu/set-plan/>.
5. J. D. McDonald, Electric Power Substations Engineering, CRC Press, Boca Raton, Fla, USA, 2012
6. Про затвердження Правил виконання оперативних перемикачів в електроустановках [Електронний ресурс] : Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України №77 від 30.02.2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0211-18>.
7. ДБН В.2.5-23:2010. Інженерне обладнання будинків і споруд. Київ: Державне підприємство «Мінрегіонбуд України», 2010. 165 с.
8. ISO 62305-2:2010. Protection against lightning — Part 2: Risk management. Москва: Стандартиформ, 2011. 71 с.
9. Укрелектроапарат [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.uea.com.ua/>.
10. Elektrosvit. Каталог [Електронний ресурс] : [Пристрої компенсації реактивної потужності ПКРП – 0,4 кВ]. – Івано-Франківськ. – Режим доступу: <https://elektrosvit.com.ua/products/pkrp-04/> (дата звернення 06.06.2020)

						<i>ДП 2024</i>				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	<i>Список використаної літератури</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Кордан М.С.</i>							<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>									108	
<i>Керівн.</i>	<i>Бориченко О.В</i>							<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ-4-3</i>		
<i>Затвердив.</i>	<i>Балюта С.М.</i>									





32. Мератест. Каталог [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [www.meratest.ru](http://www.meratest.ru).

33. Schneider Store. Каталог [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://schneider-store.ru/>.

34. Мінфін. Індекс інфляції [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/index/inflation/2020/>.

35. Элпром. Каталог [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.elprom-st.ru> (дата звернення 06.06.2020).

36. Про затвердження Порядку проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки: Постанова №687 від 26 травня 2004 р./ Кабінет Міністрів України.

37. ГКД 34.20.661-2003. Правила технічного обслуговування та ремонту обладнання, будівель і споруд електростанцій та мереж: Наказ №228 від 14.05.2003 р./Міністерство палива та енергетики України.

38. Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок: Наказ Державного комітету України по нагляду за охороною праці №257 від 06.10.97/.

39. ДБН В.2.5-28:2018. Державні будівельні норми. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення

40. НПАОП 0.00-1.15-07. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті. [Електронний ресурс] : Наказ Державного комітету з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду №62 від 27.03.2007 – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0573-07> (дата звернення 06.06.2020).

41. ГН 3.3.5-8-6.6.1-2014 Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

					ДП 2024	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

42. Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів. [Електронний ресурс] : Наказ Міністерства палива та енергетики України №258 від 25.07.2006. – Режим доступу:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06> (дата звернення 06.06.2020).

43. Про затвердження Державних санітарних норм та правил при роботі з джерелами електромагнітних полів. [Електронний ресурс] : Наказ Міністерства охорони здоров'я України №476 від 18.12.2002. – Режим доступу:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03> (дата звернення 06.06.2020).

44. Про затвердження Правил пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України: Наказ №491 від 26.09.2018/Міністерство палива та енергетики України.

					ДП 2024	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**ДОДАТКИ**  
**ДОДАТОК А**

Таблиця А.1 – Специфікації

Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа.	Ход обладнання, вибору матеріалів	Завод - виготовлювач	Одиниця виміру (грн/од)	Кількість (шт або км)	Маса одиниці (кг)	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Повітряна лінія	АС - 240	-	-	Уточнюється	16	952	-
2	Силовий трансформатор	ТДТН-25000/110	-	Запорожтрансформатор	2320000	2	55500	-
3	Кабельна лінія	АПВВ 3х70	-	Одескабель	212	4	1 810	-
4	Кабельна лінія	АПВВ 3х50	-	Одескабель	171	1	2170	-
5	СИП-1		-	Одескабель	31	2	135	-
6	Силовий трансформатор	ТМН-6300/35/11	-	Запорожтрансформатор	150000	2	13280	-
7	Силовий трансформатор	ТМЗ-630/10	-	«Завод малогабаритных трансформаторов»	143 914	2	2645	-
8	Пристрій компенсації	Elektrosvit ПКРП	-	Elektrosvit	Уточнюється	8	-	-
9	Трансформатор струму	Т-0,66-1 300/5	-	-	380	3	-	-
10	Трансформатор струму	Т-0,66-1 400/5	-	-	420	11	-	-
11	Трансформатор струму	Т-0,66-1 500/5	-	-	450	1	-	-
12	Трансформатор струму	ТПЛ-10	-	Элемарк энергоучет	5600	5	-	-

## Продовження таблиці А.1

Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа.	Ход обладнання, вибору матеріалів	Завод - виготовлювач	Одиниця виміру (грн/од)	Кількість (шт або км)	Маса одиниці (кг)	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	Трансформатор струму	ТПЛ-35	-	Элемарк энергоучет	Уточнюється	5	-	-
14	Трансформатор струму	ТФЗМ 110Б	-	Элемарк энергоучет	Уточнюється	2	-	-
15	Вимикач	ВЭКТ-110	-	ЭТК Оникс	Уточнюється	2	-	-
16	Ножовий вимикач	РНД-35	-	ЭТК Оникс	46000	2	-	-
17	Вимикач	ВР35	-	Концерн «Высоковольтный союз»	380000	10	-	-
18	Вимикач	ВР1	-	Концерн «Высоковольтный союз»	60000	4	-	-
19	Вимикач	РВ3-10	-	ЭТК Оникс	3500	8	-	-
20	Вимикач навантаження	ВНВР-10	-	Завод «Аргон»	15000	16	-	-
21	Автоматичний вимикач	ВА04-36	-	КЭАЗ	1400	4	-	-
22	Автоматичний вимикач	А3776 БР	-	ДЗНВА	1200	18	-	-
23	Ножовий вимикач	ВР32	-	ОАО «НВА»	570	54	-	-
24	Ножовий вимикач	РНД3-110	-	ООО «Запорожский Высоковольтный Альянс»	Уточнюється	6	-	-
25	Лічильник	РиМ 389.01	-	АО «РиМ»	96300	8	-	-