

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ТА СИСТЕМ**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Валерій КИРИК

« ____ » _____ 20__ р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Електричні системи і мережі»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
на тему: «Реконструкція міської підстанції 35/10 кВ»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ЕС-71

Лісовий Євгеній Юрійович

Керівник:

Старший викладач

Янковська Олена Максимівна

Рецензент:

Посада, науковий ступінь, вчене звання

Прізвище, ім'я, по батькові

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент

Київ - 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет електроенерготехніки та автоматики
Кафедра електричних мереж та систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

Освітньо-професійна програма “Електричні системи і мережі”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Валерій КИРИК

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Лісовому Євгенію Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Реконструкція міської підстанції 35/10 кВ»,
керівник проекту Янковська Олена Максимівна, старший викладач,
затверджені наказом по університету від «21» «травня» 2021 р. №1246-с
2. Строк подання студентом проекту 10.06.2021 р.
3. Вихідні дані до проекту: план району міста в масштабі з експлікацією будинків, параметри підстанції 35/10 кВ.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 1. Характеристика існуючої підстанції 35/10 кВ. 2. Обґрунтування реконструкції. 3. Вибір і перевірка електричних апаратів. 4. Релейний захист та автоматика. 5. Розрахунок заземлення.

5. Перелік графічного матеріалу:

5.1. План підстанції після реконструкції з експлікацією приміщень ПС110/10 кВ.

5.2. Схема однолінійна принципова підстанції 110/10 кВ після реконструкції.

5.3. Вибір електрообладнання підстанції 110/10 кВ.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 16 квітня 2021 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Характеристика існуючої підстанції	16.04.2021-21.04.2021	
2	Обґрунтування реконструкції	22.04.2021-26.04.2021	
3	Визначення розрахункового навантаження мікрорайону та сумарного навантаження підстанції	27.04.2021-01.05.2021	
4	Вибір силових трансформаторів 110 кВ	02.05.2021-06.05.2021	
5	Вибір і перевірка електричних апаратів	07.05.2021-12.05.2021	
6	Вибір релейного захисту для силового трансформатору ТРДН – 40000/110	13.05.2021-17.05.2021	
7	Розрахунок заземлення підстанції	18.05.2021-21.05.2021	
8	Оформлення пояснювальної записки	22.05.2021-29.05.2021	
9	Оформлення графічної частини	30.05.2021-07.06.2021	

Студент

(підпис)

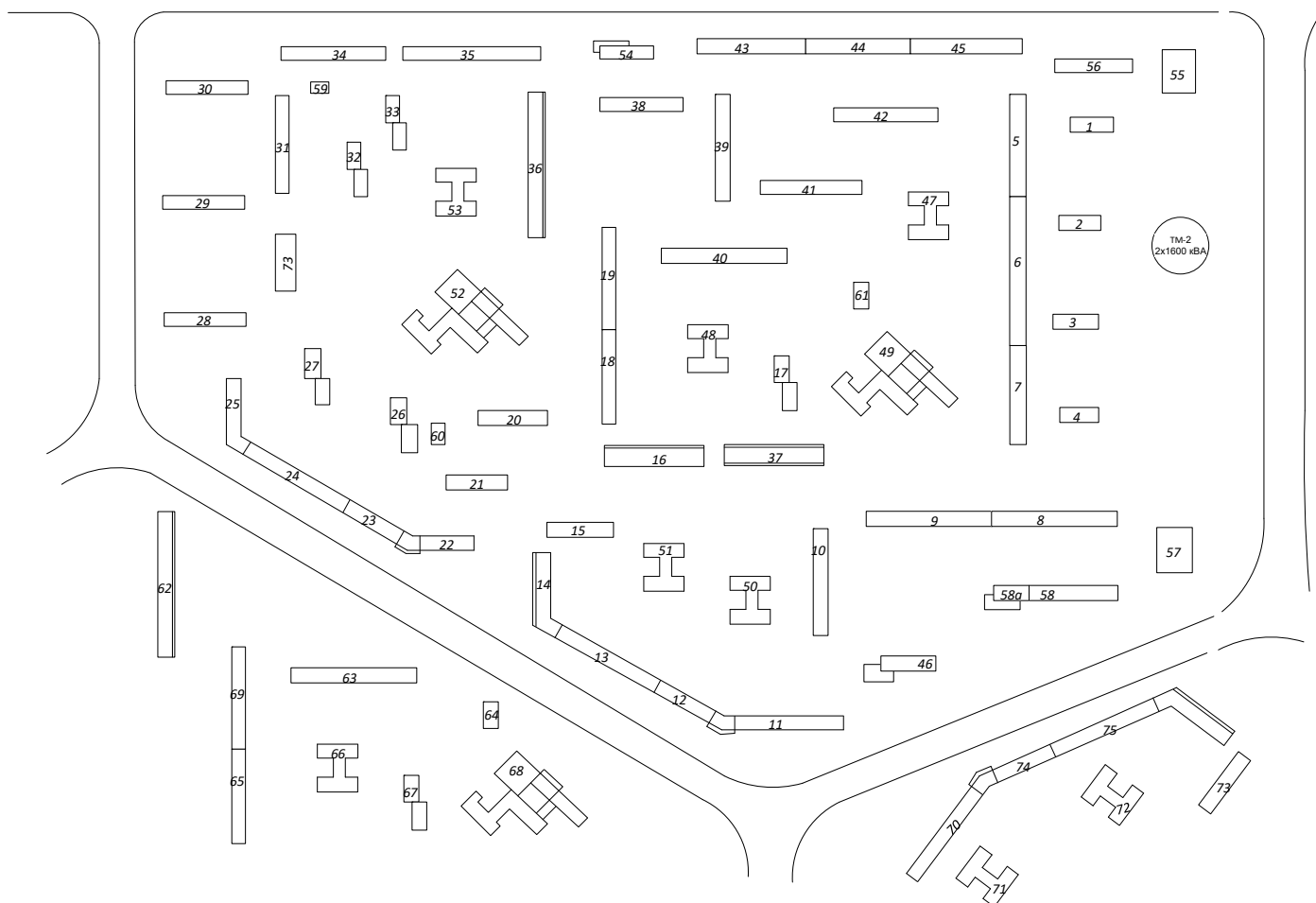
Лісовий Є. Ю.

Керівник проекту

(підпис)

Янковська О. М.

Додаток
до завдання на дипломний проєкт
студента групи ЕС-71 Лісового Є.Ю.
на тему:
«Реконструкція міської підстанції 35/10 кВ»



Експлікація і характеристика громадських будівель району

Номер по плану	Найменування споруди	Характеристика об'єкта	Кількість об'єктів
55, 57	Магазин іграшок	100 м ² торгового залу	2
	Продовольчий магазин	150 м ² торгового залу	
	Перукарня	7 місць	
56, 58, 68	Відділення нової пошти	120 м ² загальної площі	3
	Хлібний	70 м ² торгового залу	
	Канцелярські товари	60 м ² торгового залу	
54	Кінотеатр	750 місць	3
	Пошта	90 м ² загальної площі	
	Аптека	80 м ² загальної площі	
58а	Ресторан	100 місць	1
49, 52, 71	Школа	1600 місць	3
47, 48, 50, 53, 72	Дитячий садок	430 місць	5
51	Поліклініка	600 відвідувань в зміну	1
46	Супермаркет	200 м ² загальної площі	1
73	Дитячий театр	150 місць	1

Експлікація і характеристика житлових будівель району

Номер по плану	Поверховість	Кількість квартир	Кількість секцій	Кількість об'єктів
1, 2, 3, 4, 62	25	489	3	5
28, 29, 30, 38	16	268	2	4
8, 9, 67	16	390	3	3
36	16	288	4	1
10, 39, 69	16	200	2	3
17, 26, 27, 32, 33, 63	16	220	2	6
43, 44, 45, 70	16	384	4	4
20, 21	16	576	10	2
35	16	700	6	1
34, 41, 42	16	320	3	3
5, 7, 18, 19, 31, 64	16	284	4	6
6	16	384	6	1
40	16	370	4	1
15, 73, 74, 75	16	256	2	4
11, 13, 24, 65	16	484	4	4
12, 14, 23, 25, 26	16	181	2	5
22	16	156	2	1
16,37	16	416	6	2

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему:

«Реконструкція міської підстанції 35/10 кВ»

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП 7109.141.008 ПЗ	Пояснювальна записка	70	
3	A1	ДП 7109.141.01.008 ТК	План підстанції після реконструкції з експлікацією приміщень ПС 110/10 кВ	1	
4	A1	ДП 7109.141.02.008 ТК	Схема однолінійна принципова підстанції 110/10 кВ після реконструкції	1	
5	A1	ДП 7109.141.03.008 ТК	Вибір електрообладнання підстанції 110/10 кВ	1	

					ДП 7109.141.008 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лісовий Є. Ю.			Реконструкція міської підстанції 35/10 кВ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Янковська О. М.					7	70
Реценз.						НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», ФЕА гр. ЕС-71		
Консультант		Паненко О. М.						
Затверд.		Кирик В. В.						

РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається з 70 сторінок, 9 рисунків, 18 таблиць, 6 джерел.

Об'єктом реконструкція являється міська підстанція 35/10 кВ.

Ціль роботи – реконструкція міської підстанції 35/10 кВ з переведенням класу напруги на 110 кВ, розрахунок навантаження нового мікрорайону для підстанції 35/10 Кв.

В процесі виконання робіт проведено: обґрунтування реконструкції ПС, розрахунок струмів короткого замикання, вибір та аналіз нового електрообладнання, вибір захисту силового трансформатора, розрахунок навантаження нового мікрорайону.

ПІДСТАНЦІЯ, ТРАНСФОРМАТОР, КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ, СПОЖИВАННЯ, ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ТРАНСФОРМАТОР СТРУМУ, ТРАНСФОРМАТОР НАПРУГИ, ЖИВЛЕННЯ, НАВАНТАЖЕННЯ.

Публікації за темою дипломного проекту:

1. Лісовий Є. Ю. Енергосистема майбутнього: Актуальні наукові досягнення м. Прага, 2021.

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

SUMMARY

The diploma project consists of 70 pages, 9 figures, 18 tables, 6 sources.

The object of reconstruction is the city substation 35/10 kV.

The purpose of the work is the reconstruction of the city substation 35/10 kV with the transfer of the voltage class to 110 kV, the calculation of the load of the new neighborhood for the substation 35/10 KV.

In the course of the works: substantiation of the aircraft reconstruction, calculation of short-circuit currents, selection and analysis of new electrical equipment, selection of power transformer protection, calculation of the load of the new residential district were carried out.

SUBSTATION, TRANSFORMER, SHORT CIRCUIT, CONSUMPTION, ELECTRICAL EQUIPMENT, CURRENT TRANSFORMER, VOLTAGE TRANSFORMER, POWER SUPPLY, LOAD.

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	12
ВСТУП	13
1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ІСНУЮЧОЇ ПІДСТАНЦІЇ 35/10	14
1.1 Загальні данні	14
1.2 Короткий опис діючої підстанції.....	14
1.3 Основні технологічні рішення	16
1.4 Вибір схеми підствнції	17
Висновок до розділу.....	18
2 ОБГРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ	19
2.1 Підстави для реконструкції.....	19
2.2 Розрахунок навантаження підстанції	19
2.3 Вибір типу електрифікації споживачів	28
2.4 Розрахунок навантаження житлових будинків та громадських споруд....	30
2.5 Розрахунок навантаження трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ.....	36
2.6 Розрахунок сумарного навантаження	38
2.7 Вибір силових трансформаторів підстанції 110/10 кВ.....	38
2.8 Розширення підстанції.....	40
Висновок до розділу.....	41
3 ВИБІР І ПЕРЕВІРКА ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ.....	43
3.1 Розрахунок струму КЗ	43
3.2 Вибір кабелю 110 кВ.....	6
3.3 Вибір комплексно розподільчого пристрою елегазового КРУЕ – 110 кВ	47
3.4 Вибір трансформатору струму.....	49

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Вибір вимірювальних трансформаторів напруги	51
3.6 Вибір обмежувача перенапруги.....	52
3.7 Вибір трансформатора власних потреб	53
3.8 Вибір закритого розподільчого пристрою ЗРУ – 10 кВ.....	55
Висновок до розділу.....	57
4 РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИКА.....	58
4.1 Склад комплексу обладнання РЗА	58
4.2 Захист силових трансформаторів ТРДН – 40000/110.....	61
4.3 Контроль трансформатора напруги 110 кВ.....	63
Висновок до розділу.....	63
5 Розрахунок заземлення	64
Висновок до розділу.....	67
ВИСНОВОК.....	68
СПИСОК ВИКОРОСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

КЗ – коротке замикання;

ТН – трансформатор напруги;

ТС – трансформатор струму;

ТВП – трансформатор власних потреб;

ВП – власні потреби;

ПС – підстанція;

ВН – висока напруга;

РПН – регулювання під навантаженням;

ЗРУ – закритий розподільчий пристрій

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Електроенергетика, як сфера промисловості країни, яка об'єднує електричні та теплові мережі електростанцій, споживачів, які зв'язані спільними режимами виробництва, розподіл та споживання електричної енергії та тепла. Частина енергосистеми, що складається з електростанцій, електричних мереж (ліній електропередачі та перетворювальні підстанції) і установок споживачів, створює електричну систему.

Перед експлуатаційними та обслуговуючими організаціями електричної мережі полягає одна взаємна ціль: безперебійне електропостачання споживачів якісною електроенергією.

Для виконання цієї спільної цілі необхідно підходити комплексно, наприклад:

- будувати нові трансформаторні підстанції з установкою більш потужніших трансформаторів.
- проводити заміну дерев'яних опор на залізобетонні.
- проводити заміну кабельних ліній на кабельні лінії з ізоляцією зі зшитого поліетилену, що майже у два рази збільшує термін експлуатації обладнання.

Всі ці заходи допомагають збільшити термін придатності електричних мереж, зменшити втрати в лініях електропередачі й виконати обов'язки перед споживачами.

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ІСНУЮЧОЇ ПІДСТАНЦІЇ 35/10

1.1 Загальні дані

Робочий проект за об'єктом «Реконструкція ПС 35/10 з переведенням ПС на напругу 110 кВ», який розроблений на підставі технічного завдання на проектування.

Розширення ПС передбачено схемою розвитку електричних мереж 35 кВ і більше.

У теперішній час загальним споживачем електроенергії ПС 35/10 є малий бізнес, об'єкти комунально-побутових будівель, держустанови, загально освітні заклади та дошкільні установи. Існуюча підстанція знаходиться в місті, до реконструкції підстанція завантажена на 46.467%.

1.2 Короткий опис діючої підстанції

На діючій ПС 35/10 кВ встановлено два силових трансформатора типу ТДН-16000/35.

На ВРП-35 кВ встановлені: силовий трансформатор ТДНС-16000/35, шинний трансформатор струму ТШЛ-0,5; роз'єднувачі типу РЛВЗ-35/600, РЛНД-35/600, РВЛ-35/600 та інше обладнання.

КРП-10 кВ укомплектоване наступним обладнанням: масляні вимикачі типу ВМП-10 та вакуумні вимикачі типу ВВ/TEL-10, трансформатори струму типу ТВЛМ-10; трансформатори напруги ЗНОЛП-10.

Існуючі лінії 10 кВ, що відходять від ПС 35 кВ – кабельні.

Схема електричних з'єднань існуючого розподільчого пристрою 10 кВ – одиночна, секціонована вимикачем системи шин.

Силові та контрольні кабелі по території ПС прокладені в каналах, кабельних лотках, трубах та в траншеї.

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
						14
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис. 1.1 розміщене обладнання ПС 35/10, яке буде демонтовано з планом реконструкції. Нижче наведено буде третій поверх підстанції з електротехнічним обладнанням. На даний момент на підстанції відсутній другий поверх , але в подальшому проектування він буде наданий , як новий план на відм. +4,870.

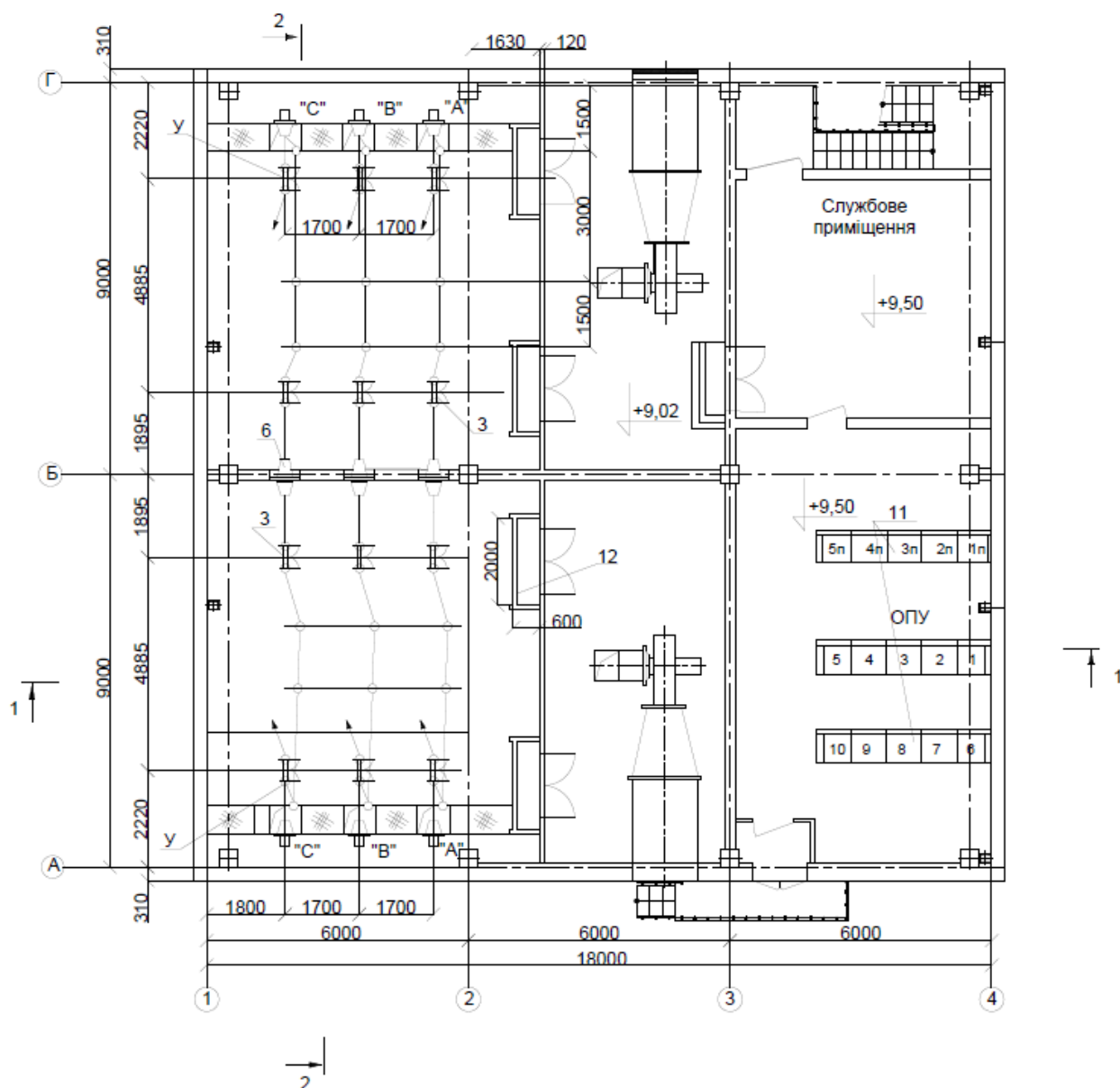


Рисунок 1.2 – Існуючий план на відм +9,020 (третій поверх)

1.3 Основні технологічні рішення

Згідно ДСТУ 8855:2019 Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності) клас наслідків об'єкта ПС 35/10 кВ з переведенням на напругу 110 кВ , за характеристиками можливих наслідків при відмові цього об'єкта становить СС2.

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

1.4 Вибір схеми підстанції

При побудові схеми підстанції слідують наступними принципами:

1. Джерела вищої напруги максимально наближують до центру навантажень споживачів електроенергії, а прийом та розподіл по декілька пунктів на території підприємства.
2. Вибір елементів схеми здійснюються за вимог їх постійних робіт під навантаженням.
3. Включає в себе роздільна робота паралельних схем (ЛЕП, трансформатора, і так далі). При цьому зменшуються струми КЗ, спрощуються комутації та релейний захист ПС.

Надійність системи електропостачання визначає її властивості здійснювати виробництво, перетворення, передачу та розподіл електроенергії з цілю безперебійного електропостачання споживачів якісною електроенергією.

Надійність електропостачання визначається кількістю незалежних джерел живлення і схемою електропостачання.

Незалежним джерелом живлення називається таке джерело живлення, на якому зберігається напруга в межах, які позначені в ПУЕ для післяаварійного режиму, при зміні його на друге джерело живлення цього електроприймача.

Незалежні джерела живлення: дві секції або система шин одній або двох електростанцій та підстанцій при одночасному дотриманні наступних умов:

1. Кожна із секцій чи системи шин в свою чергу має живлення від незалежного джерела живлення;
2. Секції (системи) шин не зв'язані між собою або мають зв'язок, автоматичне відключення при порушенні нормальної роботи одній їх секцій шин.

Висновок до розділу

В даному розділі було розглянуто загальна характеристика ПС 35/10, яка знаходиться в місті. Основним джерелом електроенергії являється міська мережа 35 кВ. Прийом електроенергії відбувався по кабельній лінії 35 кВ. Далі напруга понижалась до 10 кВ , в кінці із ЗРУ – 10 кВ виходять кабельні лінії, через які відбувається електропостачання споживачів. В розділі був проведений аналіз схеми підстанції та вибраний клас наслідків згідно ДСТУ 8855:2019. Розглянуто обладнання яке буде демонтовано та існуючий план покрівлі.

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ОБГРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ

2.1 Підстави для реконструкції

Даним проектом відбувається реконструкція ПС 35/10 кВ.

Реконструкція ПС відбувається з таких причин:

1. Схемою розвитку електричних мереж 35 кВ і більше.
2. Збільшення навантаження існуючих споживачів , та підключення нового мікрорайону.
3. Застарілість ПС , будувалась в 1980 роках, цей фактор теж впливає як амортизація.

2.2 Розрахунок навантаження підстанції

Одним із фактором реконструкції ПС є обумовлене збільшення навантаження ПС. Для цього розраховуємо навантаження нового мікрорайону. У дипломному проекті постає питання про забезпечення надійного та якісного електропостачання мікрорайону міста. Електропостачання цього району буде відбуватись від ПС 110/10 кВ, яка до реконструкції була ПС 35/10 кВ. Район складається з одного мікрорайону на території якого розташовані житлові будинки

У мікрорайоні також розміщені громадські та адміністративні будинки, що забезпечують сприятливі умови для життя та побуту. А саме: школа, поліклініка, аптека, дитячий садок, торгові центри, (характеристика яких наведена у таблиці 2.2), на території району також розміщена кондитерська фабрика.

У ході проектування будуть розраховані трансформаторні підстанції

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 - Характеристика житлових будинків

№ п\п	№ на генеральному плані	Кількість поверхів	Кількість секцій	Кількість квартир
1.	1,2,3,4,62	25	3	489
2.	28,29,30,38	16	2	268
3.	8,9,67	16	3	390
4.	36	16	4	288
5.	10,39,69	16	2	200
6.	17,26,27,32,33,63	16	2	220
7.	43,44,45,70	16	4	384
8.	20,21	16	10	576
9.	35	16	6	700
10.	34,41,42	16	3	320
11.	5,7,18,19,31,64	16	4	284
12.	6	16	6	384
13.	40	16	4	370
14.	15,73,74,75	16	2	256
15.	11,13,24,65	16	4	484
16.	12,14,23,25,66	16	2	181
17.	22	16	2	156
18.	16,37	16	6	416

Таблиця 2.2 - Характеристики громадських споруд

№ п/п	№ по генплану	Кількість	Найменування	Характеристики одного об'єкта
1	55,57	2	Магазин іграшок	100 м2 торгового залу
			Продовольчий магазин	150 м2 торгового залу
			Перукарня	7 місць

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5
2	56,58,68	3	Відділення нової пошти	120 м2 торгового залу
			Хлібний	70 м2 торгового залу
			Канцелярські товари	60 м2 торгового залу
3	54	1	Кінотеатр	750 місць
			Пошта	90 м2 загальної площі
			Аптека	80 м2 загальної площі
4	58a	1	Ресторан	100 місць
5	49,52,71	3	Школа	1600 місць
6	47,48,50,53,72	5	Дитячий садок	430 місць
7	59,60,61	3	Хімчистка	360 кг білизни в зміну
8	51	1	Поліклініка	600 відвідувань за зміну
9	46	1	Супермаркет	200 м2 загальної площі
10	73	1	Дитячий театр	150 місць

Міські споживачі в районах з багатоповерховою забудовою мають певні вимоги до якості електропостачання. Електроприймачі стосовно вимог до надійності електропостачання класифікуються за трьома категоріями: перша, друга та третя.

До першої категорії належать електроприймачі, перерва в електропостачанні яких може становити загрозу для життя людей і викликати порушення функціонування особливо важливих елементів міського господарства. Електропостачання приймачів I категорії надійності електропостачання, як правило здійснюється від двох близько розташованих ТП. За неможливості через місцеві умови здійснити живлення від двох різних ТП допускається живлення від різних трансформаторів однієї ТП. Трансформатори повинні живитись по високій стороні взаєморезервованими лініями, які в свою чергу повинні бути підключені до різних незалежних джерел живлення і мати необхідний резерв пропускної здатності елементів системи залежно від навантаження електроприймачів і категорії надійності електропостачання.

1.Електроприймачі лікарняно-профілактичних закладів, від

безперебійності роботи яких безпосередньо залежить життя хворого.

2. Лікарні та диспансери для дорослих або їх окремі корпуси з кількістю ліжок більше 400 (для дітей більше 250 ліжок), в поліклініках з кількістю відвідувань за зміну понад 600;

3. Житлові будинки і гуртожитки висотою 16 і більше поверхів;

4. Музеї та виставки загальнонаціонального значення;

5. Загальноосвітні школи, професійно-технічні училища, середні та вищі

6. Навчальні заклади з кількістю тих, хто навчається, більше 1000 чоловік;

7. Крамниці з торговою площею понад 2000 м² а також їдальні, кафе і ресторани з кількістю посадкових місць понад 500;

8. Громадські будівлі і готелі висотою 16 поверхів і більше, готелі, будинки відпочинку, пансіонати і туристичні бази з кількістю місць понад 1000;

9. Криті видовищні і спортивні заклади, культові споруди місткістю понад 800 місць; дитячі театри, палаци з глядацькими залами будь-якої місткості.

До другої категорії належать електроприймачі, перерва в електропостачанні яких призводить до порушення нормальної діяльності значної кількості міських жителів.

1. Житлові будинки, оснащені електроплитами, електроводонагрівачами для гарячого водопостачання чи електроопаленням за кількості квартир більше 8;

2. Житлові будинки висотою 6 поверхів і більше з газовими плитами або з плитами на твердому паливі;

3. Гуртожитки місткістю більше 50 мешканців;

4. Установи і заклади до 16 поверхів, а також будівлі з кількістю працівників від 50 до 2000 чоловік;

5. Дитячі заклади;

6. Медичні заклади, аптеки;

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Відкриті спортивні споруди зі штучним освітленням з кількістю місць 5000 і більше або при наявності 20 рядів і більше;

8. Заклади громадського харчування з кількістю посадкових місць від 100 до 500;

9. Крамниці з торговою площею від 250 до 2000 м²;

10. Навчальні заклади з кількістю учнів від 200 до 1000 чоловік.

До електроприймачів третьої категорії належать всі інші електроприймачі, які не відповідають визначенням першої та другої категорії.

Електроприймачі першої категорії повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних джерел живлення і перерва електропостачання допускається лише на час автоматичного вводу резервного живлення.

Для електроспоживачів третьої категорії резервувати живлення не треба, однак перерва в електропостачанні не повинна перевищувати 24 години.

Для визначення категорії споживачів використаємо таблицю документа ДБН В.2.5-23-2003. Надійність громадських споруд вибираємо за цією ж таблицею.

Таблиця 2.3 - Категорії надійності електропостачання

Назва будівлі (будинку, споруди, приміщення) та електроприймачів	Категорія надійності електропостачання
Житлові будинки та гуртожитки заввишки понад 16 поверхів (понад 47 м умовної висоти) до 25 поверхів (до 73,5 м умовної висоти включно): електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, ліфти, аварійне освітлення (освітлення безпеки і евакуаційне), вогні світлової огорожі;	I
комплекс решти електроприймачів	II

Продовження таблиці 2.3

1	2
Житлові будинки заввишки до 16 поверхів включно з електроплитами і електроводонагрівачами для гарячого Водопостачання	II
Будинки гуртожитків заввишки до 16 поверхів включно загальною місткістю: понад 50 осіб;	II
до 50 осіб включно	III
Громадські будинки заввишки понад 16 поверхів (понад 47 м умовної висоти) і до 25 поверхів (до 73,5 м умовної висоти включно): електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, ліфти, аварійне освітлення, вогні світлової огорожі;	I
комплекс решти електроприймачів	II
Будинки установ, організацій, офісів за чисельності працюючих до 50 осіб включно незалежно від кількості поверхів (крім будинків установ органів управління обласного, міського та районного значення, які належать до II категорії)	III
Готелі (мотелі), будинки відпочинку, пансіонати і турбази з кількістю місць понад 1000 або в будинках заввишки понад 16 поверхів незалежно від кількості місць: електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, ліфти, аварійне освітлення, охоронна сигналізація;	I
комплекс решти електроприймачів	II
Готелі (мотелі) будинки відпочинку, пансіонати і турбази з кількістю місць: понад 200 до 1000 включно;	II
до 200 включно	III
Будинки навчальних закладів, в яких навчається понад 1000 осіб: електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація;	I
комплекс решти електроприймачів	II
Будинки навчальних закладів, в яких навчається: понад 200 до 1000 осіб включно;	II

Продовження таблиці 2.3

1	2
до 200 осіб включно	III
Дошкільні навчальні заклади	II
Підприємства торгівлі з торговою площею: понад 250 м ² до 2000 м ² включно;	II
до 250 м ² включно	III
Підприємства громадського харчування за кількості посадкових місць понад 500: електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація;	I
комплекс решти електроприймачів	II
Підприємства громадського харчування за кількості посадкових місць: понад 100 до 500 включно;	II
до 100 включно	III
Лікувально-профілактичні (в т.ч. санаторно-курортні) заклади: електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, лікарняні ліфти, аварійне освітлення, охоронна сигналізація;	I
Електроприймачі операційних і пологових блоків, відділень анестезіології, реанімації й інтенсивної терапії, кабінетів лапароскопії, бронхоскопії й ангіографії та інших, від безперебійної роботи яких безпосередньо залежить життя хворих;	I (Незалежно від наявності взаємореєстрованих трансформаторів в необхідно передбачати ДЕС, АБЖ або акумуляторні батареї)
Комплекс решти електроприймачів	II

Продовження таблиці 2.3

1	2
Підприємства торгівлі з торговою площею: понад 250 м ² до 2000 м ² включно;	II
до 250 м ² включно	III
Підприємства громадського харчування за кількості посадкових місць понад 500: електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація;	I
комплекс решти електроприймачів	II
Підприємства громадського харчування за кількості посадкових місць: понад 100 до 500 включно;	II
до 100 включно	III
Лікувально-профілактичні (в т.ч. санаторно-курортні) заклади: електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, лікарняні ліфти, аварійне освітлення, охоронна сигналізація;	I
Електроприймачі операційних і пологових блоків, відділень анестезіології, реанімації й інтенсивної терапії, кабінетів лапароскопії, бронхоскопії й ангіографії та інших, від безперебійної роботи яких безпосередньо залежить життя хворих;	I (Незалежно від наявності взаєморезер- вованих транс- форматорів необхідно передбачати ДЕС, АБЖ або акумуляторні батареї)
комплекс решти електроприймачів	II

Обрані категорії споживачів зводимо в таблицю 2.4. для житлових будинків, та громадських об'єктів.

Таблиця 2.4 – Категорії надійності електроспоживачів

№ п\п	№ на генеральному плані	Кількість поверхів	Кількість секцій	Кількість квартир	Категорія
1.	1,2,3,4,62	25	3	489	I
2.	28,29,30,38	16	2	268	I
3.	8,9,67	16	3	390	I
4.	36	16	4	288	I
5.	10,39,69	16	2	200	II
6.	17,26,27,32,33,63	16	2	220	II
7.	43,44,45,70	16	4	384	II
8.	20,21	16	10	576	II
9.	35	16	6	700	II
10.	34,41,42	16	3	320	I
11.	5,7,18,19,31,64	16	4	284	II
12.	6	16	6	384	II
13.	40	16	4	370	II
14.	15,73,74,75	16	2	256	II
15.	11,13,24,65	16	4	484	II
16.	12,14,23,25,66	16	2	181	II
17.	22	16	2	156	II
18.	16,37	16	6	416	II

Категорії надійності громадських споруд

№ п/п	№ по генплану	Кількість	Найменування	Характеристики одного об'єкта	
1	55,57	2	Магазин іграшок	100 м2 торгового залу	III
			Продовольчий магазин	150 м2 торгового залу	III
			Перукарня	7 місць	III

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
2	56,58,68	3	Відділення нової пошти	120 м2 торгового залу	ІІІ
			Хлібний	70 м2 торгового залу	ІІІ
			Канцелярські товари	60 м2 торгового залу	ІІІ
3	54	1	Кінотеатр	750 місць	ІІІ
			Пошта	90 м2 загальної площі	ІІІ
			Аптека	80 м2 загальної площі	ІІ
4	58а	1	Ресторан	100 місць	ІІ
5	49,52,71	3	Школа	1600 місць	І
6	47,48,50,53,72	5	Дитячий садок	430 місць	ІІ
7	59,60,61	3	Хімчистка	360 кг білизни в зміну	ІІІ
8	51	1	Поліклініка	600 відвідувань за зміну	ІІ
9	46	1	Супермаркець	200 м2 загальної площі	ІІІ
10	85	1	Дитячий театр	150 місць	ІІ

2.3 Вибір типу електрифікації споживачів

Відповідно до державних будівельних норм ДБН В.2.5-23-2010 житло (квартири) щодо оснащеності побутовими електроприладами і їхніми розрахунковими навантаженнями розподіляється на три види:

Для жител 1-го виду (квартир у багато- та малоквартирних будинках, будинків на одну родину і будиночків на ділянках садівничих товариств)

встановлюються п'ять рівнів електрифікації та відповідні їм нормативні розрахункові питомі навантаження:

I – житла (квартири) з плитами на природному газі;

II – житла (квартири) з плитами на скрапленому газі та на твердому паливі;

III – житла (квартири) з електричними плитами потужністю до 8,5 кВт включно;

IV – житла (квартири) з електричними плитами потужністю до 10,5 кВт включно;

V – будиночки на ділянках садівничих товариств.

Для жител 2-го виду встановлюються два рівні електрифікації та відповідні їм нормативні розрахункові питомі навантаження:

I – житла (квартири) з плитами на природному газі;

II – житла (квартири) з електричними плитами потужністю до 10,5 кВт включно.

Житлові будинки які представлені в нашому районі відносяться до житла 1-виду. Будинки з кількістю поверхів 16 та 19 відносяться до III рівня електрифікації. Зведемо це в таблицю 2.5

Таблиця 2.5 - Рівні електрифікації житлових будинків

№ п\п	№ на генеральному у плані	Кількість поверхів	Кількість секцій	Кількість квартир	Рівні електрофікації
1.	1,2,3,4,62	25	3	489	III
2.	28,29,30,38	16	2	268	III
3.	8,9,67	16	3	390	III
4.	10,39,69	16	2	200	III
5.	17,26,27,32,33,63	16	2	220	III
6.	43,44,45,70	16	4	384	III
7.	20,21	16	10	576	III
8.	35	16	6	700	III

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
9.	34,41,42	16	3	320	III
10.	5,7,18,19,31,6 4	16	4	284	III
11.	6	16	6	384	III
12.	40	16	4	370	III
13.	15,73,74,75	16	2	256	III
14.	11,13,24,65	16	4	484	III
15.	10,39,69	16	2	200	III
16.	12,14,23,25,6 6	16	2	181	III
17.	22	16	2	156	III
18.	16,37	16	6	416	III

2.4 Розрахунок навантаження житлових будинків та громадських споруд

Розрахункове навантаження - це найбільше значення півгодинної тривалості. Максимальне значення навантаження змінюється протягом року. Застосовуючи методи теорії ймовірності та математичної статистики, навантаження більш повно можна охарактеризувати значенням середнього максимуму та середньоквадратичним відхиленням окремих максимумів від середнього значення.

Як було відзначено в попередньому розділі, основну групу споживачів району становлять житлові будинки. Рівень розрахункової потужності залежить від числа квартир, їхнього виду (приймаємо, що квартири в житлових будинках відносяться до одного виду).

Розрахункове активне навантаження житлових будинків з урахуванням силових електроприймачів визначається за формулою:

$$P_{ж.б} = P_{кв} + 0,9 \cdot P_{с.о}$$

$$S_{ж.б} = \frac{P_{кв}}{\cos\varphi_{кв}} + 0,9 \left(\frac{P_{р.л}}{\cos\varphi_{л}} + \frac{P_{р.сан.}}{\cos\varphi_{сан.}} \right)$$

де $P_{кв}$ - розрахункове активне навантаження квартир; $P_{с.л}$ - навантаження силових споживачів; $\cos\varphi_{кв}$ – коефіцієнт потужності квартири; $\cos\varphi_{л}$ - коефіцієнт потужності ліфтів; $\cos\varphi_{сан.}$ - коефіцієнт потужності сантехнічних пристроїв.

Розрахункове активне навантаження квартир на вводах житлових будинків і розподільчих ліній 0,38 кВ, а також на шинах ТП визначається за формулою:

$$P_{кв} = P_{кв.пит} \cdot n_{кв}$$

де $P_{кв.пит}$ - питоме навантаження квартири, кВт на квартиру; $n_{кв}$ - кількість квартир в будинку, які отримують живлення від даного вводу.

Навантаження силових електроприймачів $P_{с.о}$ включає навантаження ліфтових установок $P_{р.л}$ і навантаження електродвигунів насосів водопостачання, вентиляторів та інших сантехнічних пристроїв $P_{р.сан.}$:

$$P_{с.о} = P_{р.л.} \cdot P_{с.сан}$$

Розрахункове електричне навантаження ліфтових установок $P_{р.л.}$ визначається за формулою:

$$P_{р.л.} = k_{поп} \sum_{i=1}^{n_{л}} (P_{д.л} \sqrt{ПВ} + P_{е.г.})$$

де $k_{поп}$ - коефіцієнт попиту, в залежності від кількості поверхів будівель та від загальної кількості ліфтових установок $n_{л}$; $P_{д.л}$ - встановлена потужність електродвигуна ліфтової установки, кВт (для пасажирських ліфтів $P_{д.л} = 4,5 \dots 7$ кВт, для вантажних ліфтів $P_{д.л} = 7$ кВт); $P_{е.г.}$ - електричне навантаження від електромагнітного гальма, апаратів управління та освітлення ліфтової установки ($P_{е.г.} = 1,5 \dots 2,5$ кВт); $ПВ$ - тривалість включення електродвигуна ліфтових установок, при відсутності паспортних даних $ПВ = 0.6$

Розрахункове навантаження електродвигунів сантехнічних пристроїв при відсутності відомостей про електроустаткування житлового будинку

можна визначити виходячи з питомого показника 0,05 кВт на одну квартиру:

$$P_{\text{р.сант}} = 0,05 \cdot n_{\text{кв}}$$

Визначимо питомі навантаження для всіх будинків заданого мікрорайону міста.

Будинок №1

В будинках даного типу 486 квартир, 25 поверхів і 3 секції.

Кількість ліфтових установок становить $n_{\text{л}} = 9$, по три ліфтових установки на одну секцію.

Коефіцієнт попиту ліфтової установки для 25 поверхів і 9 ліфтів $k_{\text{поп}} = 0,64$

Питоме електричне навантаження квартири $P_{\text{пит}} = 1,31$ кВт.

Коефіцієнт потужності для квартир з газовими плитами $\cos\varphi_{\text{кв}} = 0,98$.

Коефіцієнт потужності для ліфтів $\cos\varphi_{\text{л}} = 0,65$.

Для сантехнічних пристроїв коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{\text{сант}} = 0,8$.

Проведемо розрахунок навантаження житлового будинку. Знайдемо розрахункове активне навантаження квартир:

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{пит}} \cdot n_{\text{кв}} = 1,31 \cdot 489 = 640,49 \text{ кВт}$$

Знайдемо електричне навантаження ліфтових установок:

$$P_{\text{р.л}} = 0,64 \sum_{i=1}^9 (15\sqrt{0.6} + 2.0) = 78,445 \text{ кВт}$$

Знайдемо розрахункове навантаження електродвигунів сантехнічних пристроїв:

$$P_{\text{сант.}} = 0,07 \cdot n_{\text{кв}} = 0,05 \cdot 489 = 34,23 \text{ кВт}$$

Знайдемо навантаження силових електроспоживачів, яке включає навантаження ліфтових установок $P_{\text{л}}$ і навантаження електродвигунів насосів водопостачання, вентиляторів та інших сантехнічних пристроїв $P_{\text{сант.}}$:

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$P_{c.o.} = P_{p.l.} \cdot P_{сант.} = 78,445 \cdot 34,23 = 112,675 \text{ кВт.}$$

Знайдемо розрахункове активне навантаження житлового будинку з урахуванням силових електроспоживачів:

$$P_{ж.б.} = P_{кв} + 0,9P_{c.o.} = 640,59 + 0,9 \cdot 112,75 = 742,065 \text{ кВт.}$$

Знайдемо повне розрахункове навантаження житлового будинку:

$$S_{ж.б.} = \frac{P_{кв}}{\cos\varphi_{кв}} + 0,9 \left(\frac{P_{p.l.}}{\cos\varphi_{л}} + \frac{P_{p.сан.}}{\cos\varphi_{сан}} \right) = \frac{640,59}{0,98} + 0,9 \left(\frac{78,44}{0,65} + \frac{34,23}{0,8} \right) = 800,788 \text{ кВт}$$

Розрахунок навантаження всіх інших будинків проводиться аналогічно, тому дані розрахунків навантажень житлових будинків наведено в таблиці 2.7

Для визначення електричних навантажень на вводах у громадські споруди скористаємося усередненими питомими розрахунковими навантаженнями а таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахунок питомих навантажень

№ п/п	№ по генплану	Кількість	Найменування	Характеристики одного об'єкта	$P_{пит}$ кВт	$\cos\varphi$
1	55,57	2	Магазин іграшок	100м ² торгового залу	0,15	0,8
			Продовольчий магазин	150м ² торгового залу	0,4	0,90
			Перукарня	7 місць	0,12	0,93
2	58,68	3	Відділення нової пошти	120 м ² торгового залу	0,15	0,8
			Хлібний	70 м ² торгового залу	0,12	0,8
			Канцелярські товари	60 м ² торгового залу	0,12	0,8
3	54	1	Кінотеатр	750 місць	0,2	0,92
			Пошта	90 м ² загальної площі	0,15	0,8
4	58а	1	Ресторан швидкого харчування	100 місць	1,0	0,98
5	49,52, 71	3	Школа	1600 місць	0,25	0,95
6	47,48, 50,53, 72	5	Дитячий садок	430 місць	0,45	0,98

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7
7	9,60,6 1	3	Хімчистка	360 кг білизни в зміну	1	0,98
8	1	1	Поліклініка	600 відвідувань за зміну	0,12	0,9
9	6	1	Супермаркець	200 м² загальної площі	0,6	0,92
10	5	1	Дитячий театр	150 місць	0,2	0,92

Будинок №49, 52, 71 (Школа)

Електричне навантаження на вводах громадських споруд визначається за формулою:

$$P_{\text{гр.сп}} = P_{\text{пит}} \cdot N = 0,25 \cdot 1600 = 400 \text{ кВт.}$$

де $P_{\text{пит}}$ – усереднене питоме розрахункове значення навантаження громадської споруди;

N- характеристика об'єкту (кількість місць, кількість відвідувань, площа.)

Повна потужність громадських споруд:

$$S_{\text{гр.сп}} = \frac{P_{\text{гр.сп.}}}{\cos\varphi} = \frac{475}{0,95} = 421 \text{ кВА}$$

Навантаження інших громадських споруд розраховується аналогічно, тому результат розрахунку наведемо у таблиці 2.8

Таблиця 2.7 – Розрахунок навантаження житлових будинків

№ п/п	№ на плані	К-сть квар тир	К-сть повер хів	К-сть ліфтів	$P_{\text{кв}}$ кВт	$P_{\text{пит}}$ кВт	$P_{\text{с.о.}}$ кВт	P, кВт	S, кВ·А
1.	1,2,3,4,62	489	25	9	640.59	1.31	112.675	741.998	800.788
2.	28,29,30,38	268	16	4	369.84	1.38	44.111	409.544	433.594
3.	8,9,67	390	16	6	510.9	1.31	62.95	567.555	601.4
4.	36	288	16	8	397.44	1.38	70.862	461.216	498.434
5.	10,39,69	200	16	4	276	1.38	39.351	311.416	332.484

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6.	17,26,27,32,33,63	220	16	4	303,6	1,38	39,167	338,85	360,028
7.	43,44,45,70	384	16	8	503,04	1,31	74,413	570,012	609,361
8.	20,21	576	16	20	685,44	1,19	159,153	828,677	909,326
9.	35	700	16	12	833	1,19	123,152	943,836	1008
11.	5,7,18,19,31,64	284	16	8	391,92	1,38	70,582	455,444	492,486
12.	6	389	16	12	287,86	0,74	103,283	380,815	429,672
13.	40	370	16	12	259	0,7	101,953	350,758	398,727
14.	15,73,74,75	256	16	4	353,28	1,38	43,271	392,224	415,751
15.	11,13,24,65	484	16	8	319,44	0,66	84,582	395,564	434,277
16.	12,14,23,25,66	181	16	4	249,78	1,38	38,021	283,999	304,233
17.	22	156	16	4	215,28	1,31	36,271	247,924	267,06
18.	16,37	416	16	12	544,96	1,31	105,173	639,616	694,146

Навантаження інших громадських споруд розраховується аналогічно, тому результат розрахунку наведемо у таблиці 2.8

Таблиця 2.8 – Розрахунок навантаження громадських споруд

№ п/п	№ по генплану	Кількість	Найменування	Характеристики одного об'єкта	$P_{\text{гр.сп}}$ кВт	$S_{\text{гр.сп}}$ кВА
1	55,57	2	Магазин іграшок	100м ² торгового залу	47	53,547
			Продовольчий магазин	150м ² торгового залу	60	66,667
			Перукарня	7 місць	0,84	0,903
2	56,58,68	3	Відділення нової пошти	120 м ² торгового залу	54	59,423
			Хлібний	70 м ² торгового залу	32	36,78
			Канцелярські товари	60 м ² торгового залу	28	33,48
3	54	1	Кінотеатр	750 місць	150	163,043
			Пошта	90 м ² загальної площі	45	51,954
			Аптека	60 м ² загальної площі	27	32,54

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7
4	58a	1	Ресторан швидкого харчування	100 місць	100	102,041
5	49,52, 71	3	Школа	1600 місць	475	500
6	47,48, 50,53, 72	5	Дитячий садок	430 місць	107,5	109,694
7	59,60, 61	3	Хімчистка	360 кг білизни в зміну	40	51
8	51	1	Поліклініка	600 відвідувань за зміну	72	80
9	46	1	Супермаркет	200 м ² загальної площі	120	130,435
10	85	1	Дитячий театр	150 місць	30	32,609

Сумарне навантаження району :

$$S' = 31407.90 \text{ кВа}$$

Навантаження для освітлення району:

$$S_{oc} = 0.05 \cdot S' = 0.05 \cdot 31407.9 = 1570.395 \text{ кВА}$$

Загальне навантаження району враховуючи навантаження для освітлення району:

$$S_p = S_{oc} + S' = 1570.395 + 31407.9 = 32978.304 \text{ кВА}$$

2.5 Розрахунок навантаження трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ

Визначення найвигіднішої потужності трансформаторної підстанції (ТП) - складне завдання, оскільки число та потужність ТП 10/0,4 кВ впливають на техніко-економічні показники розподільчих мереж середньої і нижчої напруг.

Наприклад, збільшення кількості ТП і, отже, зменшення їхньої потужності приводить до збільшення довжини кабельних ліній 10 кВ і скороченню довжини кабельних ліній 0,38 кв. При зменшенні кількості ТП

скорочується довжина мережі 10 кВ, але зростає довжина лінії 0,38 кВ. Поставлене завдання можна вирішити, розглядаючи варіанти виконання мережі з різною кількістю ТП. Однак такий шлях - досить трудомісткий, тому що розрахунок і вибір всіх параметрів розподільчих мереж вимагають значних витрат часу. Орієнтоване значення потужностей трансформаторів ТП повинні уточнюватись при конкретному проектуванні.

Попередньо приймаємо до встановлення для мікрорайону за умовами надійності електропостачання двотрансформаторні ТП. В таблиці 2.9 наведено розподіл потужностей будинків між ТП.

Таблиця 2.9 – Розрахунок навантаження трансформаторних підстанцій

№ ТП	Кількість та потужність трансформаторів	№ приєднаних споруд	Завантаження, кВ·А	Завантаження, %
ТП-1	2x1000	1,45,55,56	1496,46	74,82
ТП-2	2x1600	2,3,5	2094,062	65,439
ТП-3	2x1600	3,4,6,7,57,58,58a	2068,924	64,654
ТП-4	2x1250	17,40,48,49,61	1735,796	69,432
ТП-5	2x1250	39,43,44	1550,956	62,038
ТП-6	2x1000	41,42,47	1120,908	56,045
ТП-7	2x1250	8,9,10,46	1665,719	66,629
ТП-8	2x1000	70,74,75	1440,863	72,04
ТП-9	2x1000	71,72,73	1025,445	51,272
ТП-10	2x1250	11,12,13,14,50,51	1666,864	66,675
ТП-11	2x1600	15,16,18,37	2296,529	71,767
ТП-12	2x1250	19,36,38,54	1612,36	64,494
ТП-13	2x1250	62,65,69,66	1871,782	74,871
ТП-14	2x1000	63,67,64,68	1431,656	71,583
ТП-15	2x1600	20,21,60	2186	68,31
ТП-16	2x2000	22,23,24,25,26,27,28	2963,453	74,086
ТП-17	2x2000	29,30,31,32,33,53,59,73	2612,354	65,309
ТП-18	2x1250	34,35	1513,607	60,544

2.6 Розрахунок сумарного навантаження

Електричні навантаження є однією із основних причин для реконструкції підстанції та є загально вихідними даними для вирішення сукупного складного комплексу технічних і економічних завдань, яким підкорюються під час реконструкції будь-якої підстанції. На даному етапі вже визначено сумарне навантаження мікрорайону, який подальшому буде потребувати електропостачання від підстанції. У першому етапі проектування системи електропостачання відбувається з метою вибору і перевірки струмоведучих елементів (кабелів, шин), силових трансформаторів та інше обладнання. Рациональність вибору елементів електропостачання залежить від очікуваного електричного навантаження.

Навантаження для ПС 110/10 кВ.

На шинах 10 кВ:

- новий мікрорайон – 32,97 МВА;
- навантаження існуючої ПС 35/10 кВ – 14,03 МВА.

Повна потужність з врахуванням $\cos(\varphi) = 0.85$, становить:

$$S_p = 32,97 + 14,03 = 47 \text{ МВА.}$$

2.7 Вибір силових трансформаторів підстанції 110/10 кВ

Вибір навантаження силових трансформаторів є головною задачею при оптимізації системи електропостачання. Трансформатори слід вибирати з вимоги економічно доцільного режиму їх роботи і відповідного забезпечення живлення споживачів при відключенні одного з трансформаторів. Потужність трансформаторів в нормальних режимах повинна забезпечувати електропостачання всіх споживачів електроенергії.

До приведених навантажень споживачів, якщо враховуючи вимоги надійності електропостачання споживачів I, II та III категорії, так само і до

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

якості електроенергії, необхідно встановити два трансформатора напругою 110/10 кВ.

Номінальна потужність нових трансформаторів вибирається по розрахунковій максимальній потужності споживачів. При двох трансформаторах на підстанції потужність кожного з трансформаторів вибирається з умови:

$$S_m = 0.7 \cdot S_p = 0,7 \cdot 47 = 32,9 \text{ МВА},$$

де S_m - потужність трансформатора, МВА;

S_p - розрахункове навантаження підстанції (повне максимальне навантаження підстанції), МВА.

В аварійному режимі при виході з експлуатації одного трансформатора, інший повинен забезпечити живлення всіх споживачів, при цьому перевантаження не повинно бути більше ніж на 40%

На підстанції рекомендується вибирати бажано однотипні трансформатори. Як подальший крок вибираємо до установки трансформатори з номінальною потужністю 40 МВА типу ТРДН – 40000/110.

Регулювання напруги передбачено за допомогою РПН.

Силові трансформатори перевіряються за коефіцієнтом завантаження.

У нормальному режимі коефіцієнт завантаження визначається за формулою:

$$k_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{\text{ном.тр.}}} = \frac{47}{2 \cdot 40} = 0,587,$$

де n – кількість трансформаторів.

$$k_3 = \frac{S_p}{(n-1) \cdot S_{\text{ном.тр.}}} = \frac{47}{1 \cdot 40} = 1,175,$$

Коли один із трансформаторів відключається інший покриває 100%, при цьому його завантаження збільшується до 117,5% від нормального режиму.

Таблица 4.1 – Параметры трансформатора ТРДН – 40000/110

Параметр трансформатора	Значення параметра
Тип трансформатора	ТРДН – 40000/110
Номінальна потужність трансформатора $S_{ном.тр.}$, МВА	40
Номінальна напруга обмотки ВН U_{BH} , кВ	115
Номінальна напруга обмотки НН U_{HH} , кВ	10,5
Втрати холостого ходу ΔP_{xx} , кВт	36
Втрати короткого замикання $\Delta P_{кз}$, кВт	172
Струм холостого ходу I_0 , %	0,65

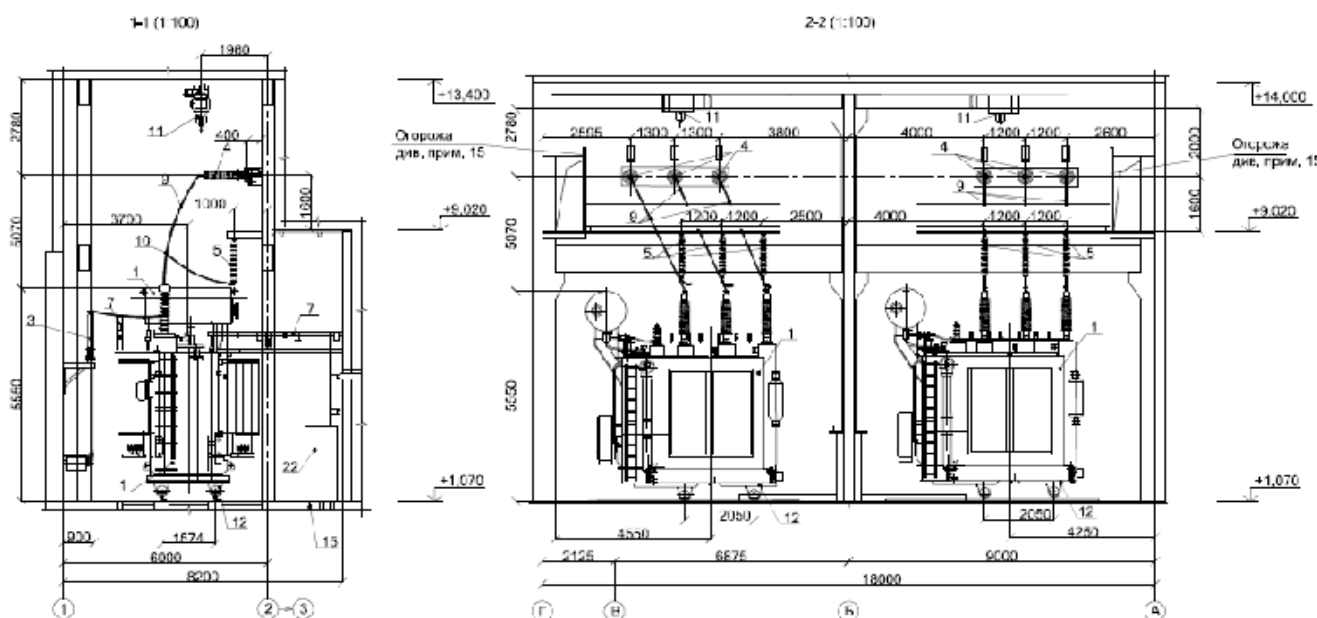


Рисунок 4.3 – Установка трансформаторів ТРДН – 40000/110 , розріз 1-1 та 2-2

2.8 Розширення підстанції

КРУ-10 кВ буде складатись з 4х секційних шин , з'єднаними між собою секційними вимикачами.

В шафах 10 кВ типу E-12S встановлюються вакумні вимикачі марки ВВ/TEL (в чотирьох секціях).

На підстанції встановлюють два трансформатора потужністю 40 МВА з РПН. Трансформатор типу ТРДН – 40000/110/10 -У1 з розщепленою обмоткою.

В зв'язку надання безпечності вирішено встановлювати комплектно розподільчий пристрій елегазовий КРУЕ-110 кВ, фірми АВВ.

На підстанції для забезпечення власного споживання електроенергії встановлюються два трансформатора власних потреб (ТВП) TSR-400/10/0,4 кВ, фірми TESAR. Щит власних потреб (ЩВП) змінного струму комплектується п'ятьма панелями. Щит постійного струму (ШОТ) комплектується двома шафами.

Захист від грозових і комутаційних перенапруги здійснюється за допомогою установки ОПН. Від прямих ударів грози існують грозивідводи. Контур заземлення виконують с заземлюючої полоси 40х4 мм².

Висновок до розділу

Розрахував навантаження житлових та громадських споруд, для цього враховував характеристику кожного об'єкта. Проаналізував всі категорії споживачі. Визначив сумарне навантаження мікрорайону включаючи освітлення. В кінці розділу, в пункті 2.7 розрахував навантаження трансформаторних підстанцій. Таке навантаження ТП зумовлено навантаження споруд мікрорайону та перспективою підключення нових споживачів

.Вибір силового трансформатора зумовлений потужністю мікрорайону. Потужність трансформатора вибиралась так, щоб при відключенні потужності одно із них на час ремонту чи заміни, з врахуванням допустимого перенавантаження, відбувалось живлення споживачів у повному обсязі. До установки прийняв силовий трансформатор ТРДН – 40000/110.

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

Підвищення класу напруги зумовлено зменшенням втратами активної потужності, чим більше клас напруги тим менша величина струму буде протікати в провіднику.

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

3 ВИБІР І ПЕРЕВІРКА ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

3.1 Розрахунок струму КЗ

Найчастіше здійснюють розрахунок максимального струму КЗ, тобто трифазного для вибору електрообладнання та електричних апаратів, їх перевірки на електродинамічну і термічну стійкість, і мінімального струму КЗ. Наприкінці ділянки, що захищає при мінімальному режимі генератора, з цього струму розраховується чутливість релейного захисту.

Основною причиною порушення нормального режиму роботи системи електропостачання є виникнення КЗ в мережі або в елементах електрообладнання внаслідок пошкодження ізоляції або неправильних дій обслуговуючого персоналу. Для зменшення негативного впливу, обумовленого виходом з ладу електрообладнання при протіканні КЗ, а також для швидкого відновлення нормального режиму роботи системи електропостачання необхідно правильно визначити струм КЗ і по ним вибирати електрообладнання, захисну апаратуру в засоби обмеження струму КЗ.

Для розрахунків струмів КЗ необхідно мати наступні дані:

- потужність джерел живлення;
- кількість джерел живлення;
- принципову схему електричних з'єднань ПС;
- параметри елементів електричних мереж, за яким визначається їх опір: перетин КЛ, тип трансформатора і т.д.

При розрахунку струмів КЗ, необхідно виходити з того:

- всі джерела, що беруть участь в живленні точки КЗ працюють одночасно з номінальним навантаженням;
- всі синхронні машини мають автоматичні регулятори напруги і пристрої форсування, збудження;

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- КЗ настає в такий момент часу, при якому струм КЗ матиме найбільше значення;
- електрорушійні сили всіх джерел живлення збігаються по фазі;
- розрахункове напруження кожного ступеня приймається на 5% більше номінальної напруги мережі.

Розрахунок струмів короткого замикання необхідний для вибору апаратури і перевірки елементів електроустановок на електродинамічну і термічну стійкість. Розрахунковим видом короткого замикання для вибору або перевірки параметрів електрообладнання зазвичай вважають трифазне коротке замикання. Розраховуємо струми КЗ в точках зазначених на малюнку 2. Для розрахунку використовуємо схему заміщення (рисунок 4.1).

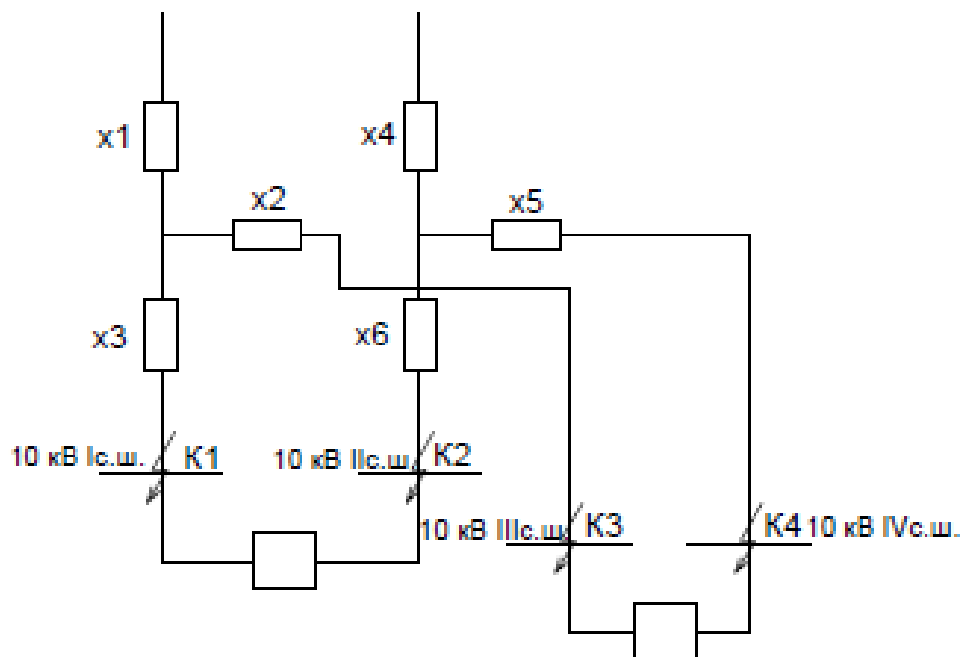


Рисунок 3.1 – Схема заміщення

За основну напругу приймаємо $U_{\phi} = 110 \text{ кВ}$;

Опір трансформатора ТРДН – 40000/110 кВ:

Так як, у двообмоткових трансформаторах $x_{T\%} = U_{K3\%}$, тоді

$$x_1 = x_2 = x_3 = \frac{x_{T\%} \cdot U_{\phi}^2}{100 \cdot S_{\phi}} = \frac{10,5 \cdot 110^2}{100 \cdot 40} = 31,762 \text{ Ом};$$

де, S_{ϕ} - потужність трансформатора.

Визначимо сумарний опір для КЗ в точці К1:

$$x_{\Sigma} = x_1 \cdot 2 = 31,762 \cdot 2 = 63,524 \text{ Ом};$$

Знаючи сумарний опір дізнаємося струм КЗ в точці К1:

$$I_{110}^{(3)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma}} = \frac{110}{\sqrt{3} \cdot 63,524} = 1000 \text{ А};$$

Приводимо до напруги 10 кВ, струм КЗ в точці КЗ:

$$I_{10}^{(3)} = I_{110}^{(3)} \frac{110}{10} = 1000 \cdot \frac{110}{10} = 11 \text{ кА};$$

Визначимо ударний струм КЗ:

Для 110 кВ

$$i_{y\phi} = \sqrt{2} \cdot I_{0(110)} \cdot k_{y\phi} = \sqrt{2} \cdot 20 \cdot 1,82 = 51,477 \text{ кА};$$

Для 10 кВ

$$i_{y\phi} = \sqrt{2} \cdot I_{0(10)} \cdot k_{y\phi} = \sqrt{2} \cdot 11 \cdot 1,82 = 28,313 \text{ кА};$$

Аперіодична складова струму КЗ в момент часу $t = \tau$:

Для 110 кВ

$$\tau = t_{\min} + t_{\text{вл.час}} = 0,01 + 0,038 = 0,048 \text{ с};$$

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot e^{-\tau/T_a} = \sqrt{2} \cdot 20 \cdot e^{-0,048/0,05} = 10,83$$

$t_{\min} = 0,01 \text{ с}$ – мінімальний час дії релейного захисту;

τ - час розмикання ланцюга короткого замикання в камері КРУЕ;

$t_{\text{вл.час}}$ - час власного відключення КРУЕ;

T_a - постійна часу загасання аперіодичної складової струму КЗ,

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$T_a = 0,05 \text{ с.}$$

Для 10 кВ

$$\tau = t_{\min} + t_{\text{вл.час}} = 0,01 + 0,03 = 0,04 \text{ с;}$$

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot e^{-\tau/T_a} = \sqrt{2} \cdot 20 \cdot e^{-0,04/0,05} = 12,709$$

Аналогічно виконуємо розрахунок і для КЗ в точці К2.

3.2 Вибір кабелю 110 кВ

Підстанція 110/10 кВ приєднана до двох ПС 330/110 кВ двома кабельними лініями.

Вибір перерізу жили кабелю 110 кВ «ПС 330/100 – ПС 110/10»

Номінальна напруга – $U_{\text{ном.}} = 110 \text{ кВ;}$

Марка кабелю – ПвЭгаПу;

Тривало допустима температура жили - $90 \text{ }^{\circ}\text{C;}$

КЛ прокладається за схемою "трикутник"

Глибина прокладання в землі – 1,5 м;

Грунт пісок легкий з вологістю 7-11%;

Розрахункова температура ґрунту – $15 \text{ }^{\circ}\text{C;}$

Номінальний розрахунковий струм в аварійному режимі:

$$I_{\text{ав.}} = 524 \text{ А;}$$

Для кабелів прокладених в землі "трикутником" обираємо переріз мідної жили - 800 мм^2 .

$$I_c = 827 \text{ А;}$$

Тривало допустимий струм в амперах для заданих умов прокладки за значень поправних коефіцієнтів за СОУ-Н МЕН 40.1-37471933-49-2011 ($k_2 = 0,91, k_3 = 1,03, k_4 = 1,21, k_6 = 0,93, k_8 = 0,9, k_9 = 1$ (приймаємо, що $m = 1, k_{10} = 0,95$)): $k_2 = 0,91, k_3 = 1,03, k_4 = 1,21, k_6 = 0,93, k_8 = 0,9, k_9 = 1$ (приймаємо, що $m = 1, k_{10} = 0,95$):

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$I_{800} = I_c \cdot k_2 \cdot k_2 \cdot k_2 \cdot k_2 \cdot k_2 \cdot k_2 \cdot k_2 = 827 \cdot 0,91 \cdot 1,03 \cdot 1,21 \cdot 0,93 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,95 = 745,79 \text{ A};$$

Переріз задовольняє вимогам прокладки згідно ПУЕ $745,79 \text{ A} > 524 \text{ A}$.

3.3 Вибір комплексно розподільчого пристрою елегазового КРУЕ – 110 кВ

КРУЕ - це високовольтний розподільчий пристрій з газової ізоляцією, призначене для прийому, розподілу і передачі електричної енергії в мережах трифазного змінного струму частоти 50 Гц номінального напруги 110 кВ. Комірка КРУЕ являє собою комплекс модулів: вимикачів, суміщених роз'єднувачів-заземлювачів, швидко чинного заземлювача, трансформаторів струму, сполучних елементів, введів кабельних або повітряних, струмопроводів і ін., Поміщених в металеву оболонку, заповнену шестифтористой сіркою.

Розподільний пристрій з комірками розроблено для застосування в складі підстанцій і електростанцій на відкритому повітрі при температурі навколишнього повітря до мінус 45 ° С.

Таблиця 3.1– Параметри КРУЕ – 110 кВ

Параметри	Значення
Номінальна напруга та відповідне йому найбільша робоча напруга, кВ	110/126
Випробувальна напруга промислової частоти, кВ:	
• Відносно щодо землі між контактами вимикача	230
• Між контактами роз'єднувача	265
Випробувальна напруга грозового імпульса, кВ:	
• Відносно щодо землі між контактами вимикача	550
• Між контактами роз'єднувача	630

Продовження таблиці 3.1

1	2
Номінальний струм, А:	
• Збірних шин	3150
• Інших модулів	2500
Струм електродинамічної стійкості, кА	100
Номінальний струм відключення, кВ	40
Власний час відключення, с	Не більше 0,038
Повний час відключення, с	0,05+0,005
Власний час включення, с	0,6

Під час вибору КРУЕ , потрібно знати власні параметри приміщення куди збираються його встановлювати. На ввід КРУЕ підходять дві кабельні лінії. На виході з КРУЕ відходять мідні кабелі з перерізом 240 мм², які підходять к сухій муфті яка кріпиться до стіни на 180°. А вже потім на виході з муфти виходить провід АС-240, який кріпить на вхід трансформатора.

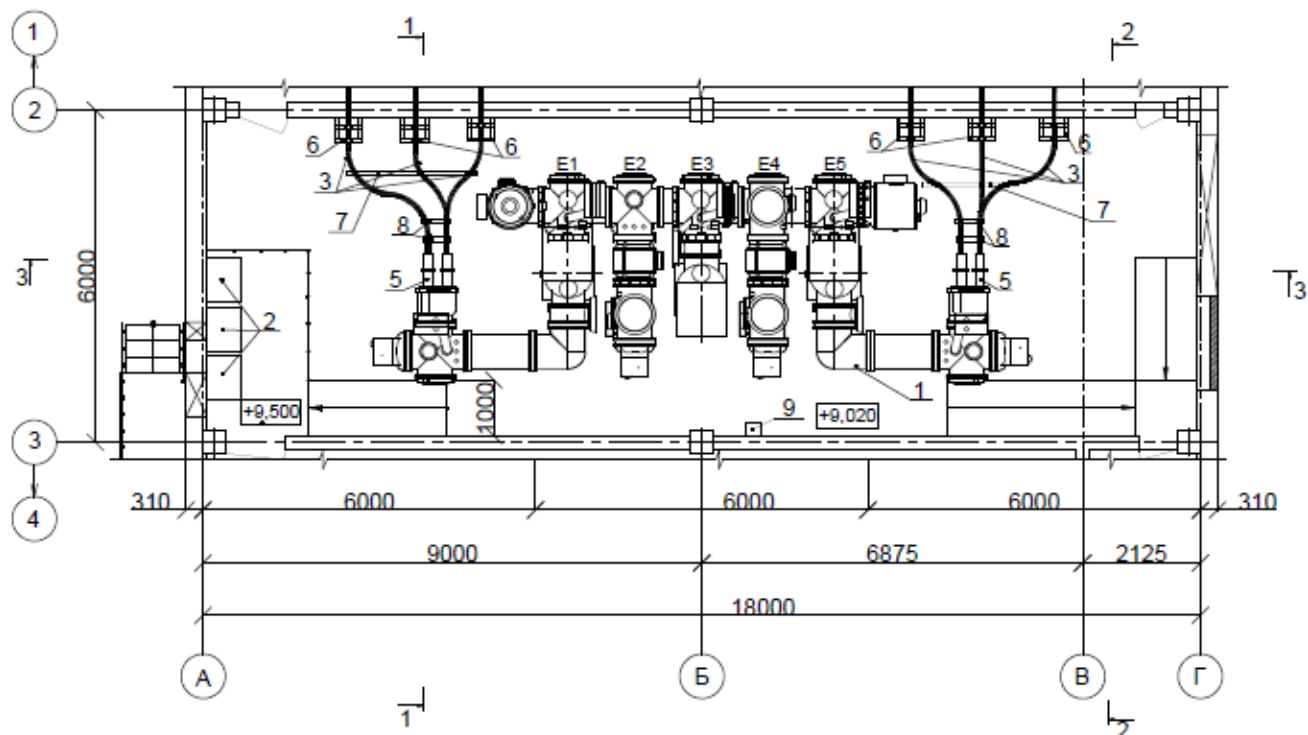


Рисунок 3.2 – План розміщення КРУЕ – 110 кВ в приміщенні

3.4 Вибір трансформатору струму

Потрібно знати для чого призначений трансформатор струму: для вимірювання, чи для використання в приладах захисту. Якщо комерційно, то трансформатор струму для приєднання лічильників, по якому ведуться грошові розрахунки, повинні мати клас точності не нижче 0,5.

Для різних родів технічного обліку допускається застосування ТС класу точності 1, для підключення вказуючих амперметрів – клас точності не нижче 3.

Якщо ТС призначений для роботи в приладах релейного захисту, він повинен мати спеціальний клас точності 10 (Р).

В цьому випадку він призначений для здійснення зменшення струму в первинному колі до значення, яке найбільш зручне для вимірювальних приладів і реле, також призначений для вимірювальних ланцюгів та для первинних ланцюгів високої напруги, щоб функцію вати, як захист.

Вимірювальний ТС вибирають:

- 1) За напругою;
- 2) За струмом;
- 3) За конструкцією і класом точності;
- 4) За електродинамічною стійкістю;
- 5) За термічною стійкістю;
- 6) За вторинним навантаження.

Визначимо навантаження на трансформатору струму:

$$r_{\text{прил.}} = \frac{S_{\text{прил.}}}{I_2^2} = \frac{0.1}{5^2} = 0,004 \text{ Ом};$$

Номінальна потужність вторинного навантаження $S_{\text{ном.}} = 50 \text{ А}$. Тоді:

$$r_{2\text{н.}} = \frac{S_{\text{ном.}}}{I_2^2} = \frac{50}{5^2} = 2 \text{ Ом};$$

Опір з'єднувальних проводів:

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
						49
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{\text{пр.}} = r_{2\text{H.}} - r_{\text{прил.}} - r_{\text{к.}} = 2 - 0,004 - 0,05 = 1,946 \text{ Ом.}$$

Довжину з'єднувальних проводів приймаємо 50 м. Тоді перетин проводів:

$$q = \frac{\rho \cdot l_{\text{роз.}}}{r_{\text{пр.}}} = \frac{50 \cdot 0,0175}{1,946} = 0,45 \text{ мм}^2;$$

Розрахунковий перетин 0.45 мм², за умовами (ПУЕ) є неприпустимим, тоді потрібно вибрати стандартний перетин для міді 2.5 мм².

$$q = \frac{\rho \cdot l_{\text{роз.}}}{r_{\text{пр.}}} = \frac{50 \cdot 0,0175}{2,5} = 0,35 \text{ мм}^2;$$

$$r_{\text{пр.}} = r_{2\text{H.}} - r_{\text{прил.}} - r_{\text{к.}} = 0,35 + 0,004 + 0,05 = 0,404 \text{ Ом.}$$

Таблиця 3.2 – Порівняння паспортних даних ТС 110кВ ТВТ 110-600/5 з розрахунковими даними

Умови вибору і перевірки	Розрахункові величини	Паспортні дані ТС
$U_n \geq U_{\text{уст}}$	110 кВ	126 кВ
$I_n \geq I_{\text{max}}$	294 А	1000 А
$i_{\text{наскр}} \geq i_{\text{уд}}$	61,773 кА	80 кА
$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}}$	47,232 кА ² · с	2977 кА ² · с
$r_2 \leq r_{2\text{H}}$	0,4040 Ом	1,2 Ом

Таблиця 3.3 – Порівняння паспортних даних ТС 10 кВ ТОЛУ 10-300/5 з розрахунковими даними.

Умови вибору і перевірки	Розрахункові величини	Паспортні дані ТС
$U_n \geq U_{\text{уст}}$	10 кВ	10 кВ

Продовження таблиці 3.3

1	2	3
$I_n \geq I_{\max}$	35 А	750 А
$i_{\text{наскр}} \geq i_{\text{уд}}$	8,6 кА	25 кА
$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_k$	4,35 кА ² · с	1000 кА ² · с
$r_2 \leq r_{2H}$	0,273 Ом	1 Ом

3.5 Вибір вимірювальних трансформаторів напруги

Трансформатори напруги вибирають:

- 1) За напругою установки;
- 2) За схемою з'єднання обмоток і конструкцією;
- 3) За класом точності;
- 4) За вторинним навантаженням.

На кожну секцію шин ЗРУ передбачено по комплекту трансформаторів напруги ЗНОЛП4.-10

З – заземлений трансформатор; Н – трансформатор напруги;

О – однофазний; Л – з литої ізоляції; П – зі вбудованим запобіжним пристроєм.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики ТН ЗНОЛП.4-10

Найменування параметрів	Значення
Клас напруги, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальна напруга первинної обмотки, кВ	$10000/\sqrt{3}$
Номінальна напруга першої вторинної обмотки, кВ	$100/\sqrt{3}$

Продовження таблиці 3.4

1	2
Номінальна напруга другої вторинної обмотки, кВ	$100/\sqrt{3}$
Клас точності першої основної вторинної обмотки	0,2
Клас точності першої основної вторинної обмотки	0,5

3.6 Вибір обмежувача перенапруги

Обмежувач перенапруги (ОПН) повинен відповідати наступним вимогам:

- 1) Повинен мати мінімально можливі значення залишкової напруги;
- 2) Повинен витримувати всі можливі експлуатаційні вимоги та при цьому мати мінімальну пропускну здатність.

Якщо брати другу вимогу, такий ОПН буде володіти найкращими захисними функціями при найменшій ціні. Слід підкреслити, що вимоги мінімізації пропускну здатності йде врозріз з інтересами як виробник ОПН, так і проектувальникам. По перше, помилки проектувальників в оцінці впливів на ОПН призводить до погіршення статистики аварійності апаратів. По-друге, ціна проектних робіт тим вище, чим вище ціна обладнання. З цих позицій вигідно «зробити запас більше». Як наслідок, в Україні часто вибирають ОПН з завищеною найбільш тривало допустимої робочої напруги (погіршується захисні функції) та пропускну спроможністю $I_{пр.}$ (збільшується вартість).

На стороні 110 кВ приймаємо до установки ОПН PEXLIM Q108-YN123.

На стороні 10 кВ приймає до установки ОПН MWK-12.

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики ОПН

Характеристики	ОПН РЕХЛІМ Q108- УН123	ОПН MWK-12
Клас напруги в мережі, кВ	110	10
Найбільш тривала допустима робоча напруга ОПН, кВ	78	7
Номінальна напруга обмежувача, кВ	108	12,5

3.7 Вибір трансформатора власних потреб

Склад споживачів власних потреб підстанції (ВП) залежить від потужності трансформаторів, конструкції виконання підстанції, типів електрообладнання, способів обслуговування і вид оперативного струму.

Найменша кількість споживачів ВП на підстанції, виконана по спрощеній схемі, це електродвигуни обдуву трансформатора, опалення приводів шаф КРУ, а також освітлення підстанції.

Навантаження споживачів ВП невелика, тому вони підключаються до мережі 380/220 В, яка отримує споживання від понижуючих трансформаторів.

Навантаження трансформаторів ВП обирається по навантаження ВП с врахування коефіцієнта завантаження та одночасності, при цьому окремо враховується літня і зимове навантаження, а також навантаження в період ремонтних робіт на підстанції. У таблиці 4.5 представлені навантаження ВП. Навантаження ВП підстанції визначається як за встановленою потужністю з застосуванням $\cos \varphi = 0,85$.

Схема підключення ТВП вибирається з умови надійного забезпечення електропостачання споживачів. Трансформатор власних потреб приєднуються до комірки 10 кВ.

Таблиця 3.6 – Навантаження власних потреб

№	Призначення	P, кВт	Q, кВт
1	Опалення та вентиляція	420,5	210,7
2	Антикригова система водостоків	3	0,5
3	Освітлення	10	3,3
4	Система пожежної сигналізації	2	0,2
5	Електротельфер	8	3,5

Навантаження підстанції:

$$S_{расч} = k_c \sqrt{P_{встан}^2 + Q_{встано}^2} = 0,8 \cdot \sqrt{443,5^2 + 218,5^2} = 395,17 \text{ МВА};$$

де, k_c - коефіцієнт попиту, прийняти 0.8.

Потужність трансформатора вибирається:

$$S_m \geq \frac{S_{расч}}{k_n}, \text{ де } k_n - \text{коефіцієнт допустимо аварійного перевантаження,}$$

він дорівнює 1.4

$$400 \geq \frac{395,17}{1,4} = 282,45 \text{ МВА};$$

Як бачимо умова виконується. Приймаємо два ТВП фірми TESAR 400/10/0,4 кВ.

3.8 Вибір закритого розподільчого пристрою ЗРУ – 10 кВ

Комплектно розподільчий пристрій називається пристроєм, яке складається із комірок, а яких вмонтовано комутаційні апарати, пристрої, захист, автоматика, вимірювальні прилади та допоміжні прилади, поставляються на місце встановлення комплектно у зібраному виді і повністю підготовленні для збірки. Комплексно розподільчий пристрій призначен для прийому та розподілу електроенергії змінного струму частотою 50 Гц, напругою 10 кВ.

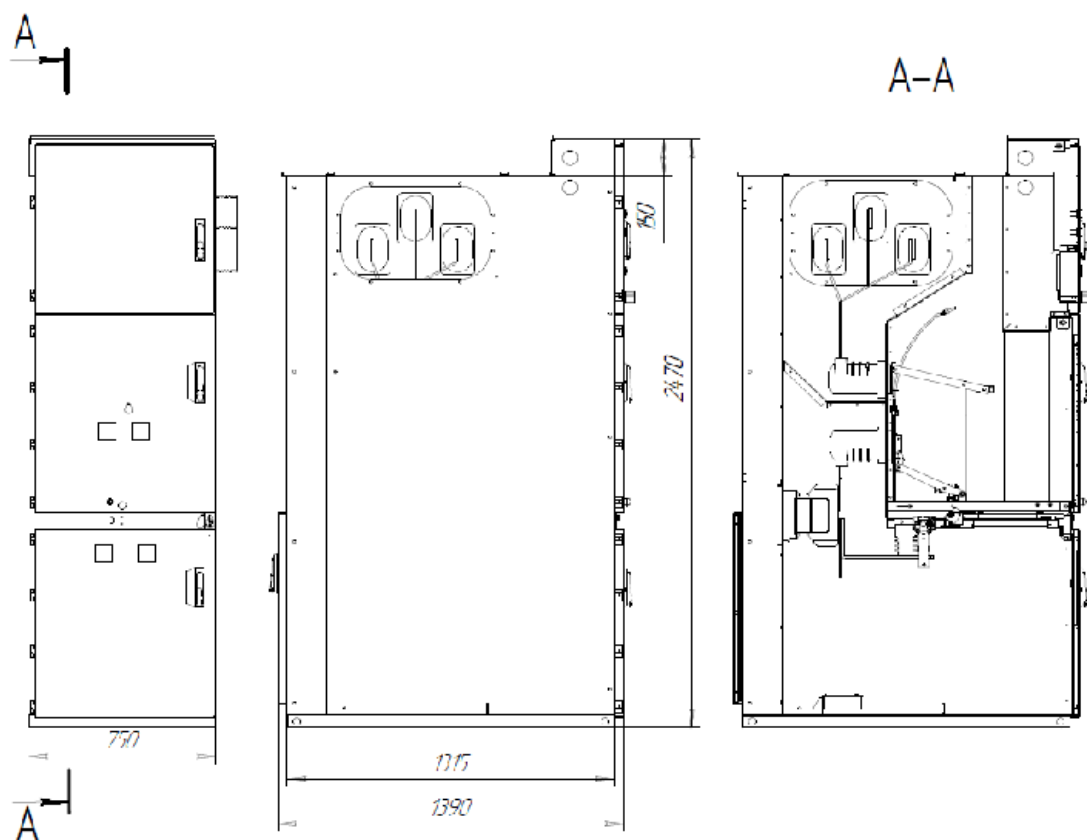


Рисунок 3.3 – Комірка лінійного вводу СВ, СР.

На рисунку 3.3 зображена комірка для секційного вимикача та роз'єднувача з габаритами.

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

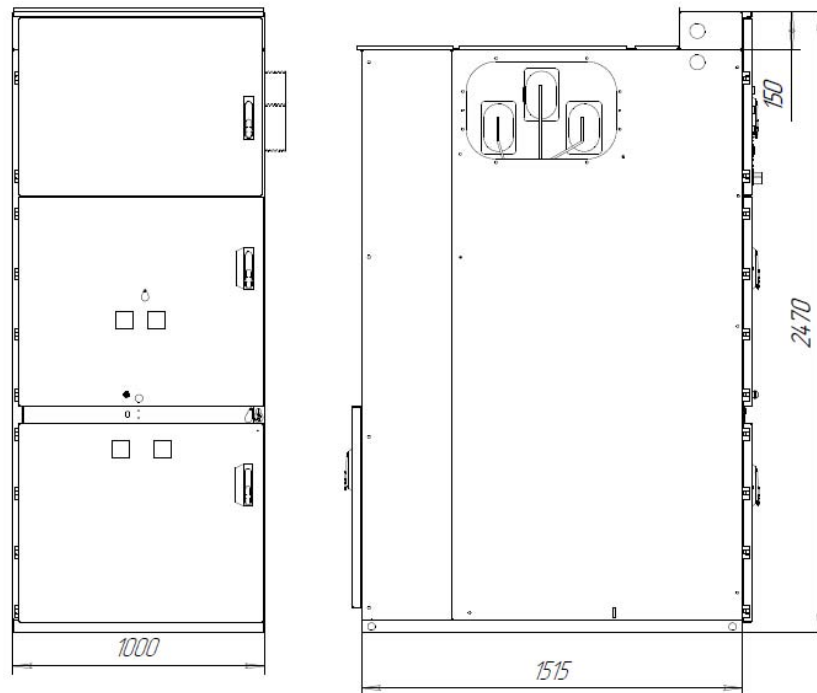


Рисунок 3.4 – Комірка вводу трансформатора

На рисунку 3.4 зображена комірка вводу 10 кВ трансформатора з габаритами

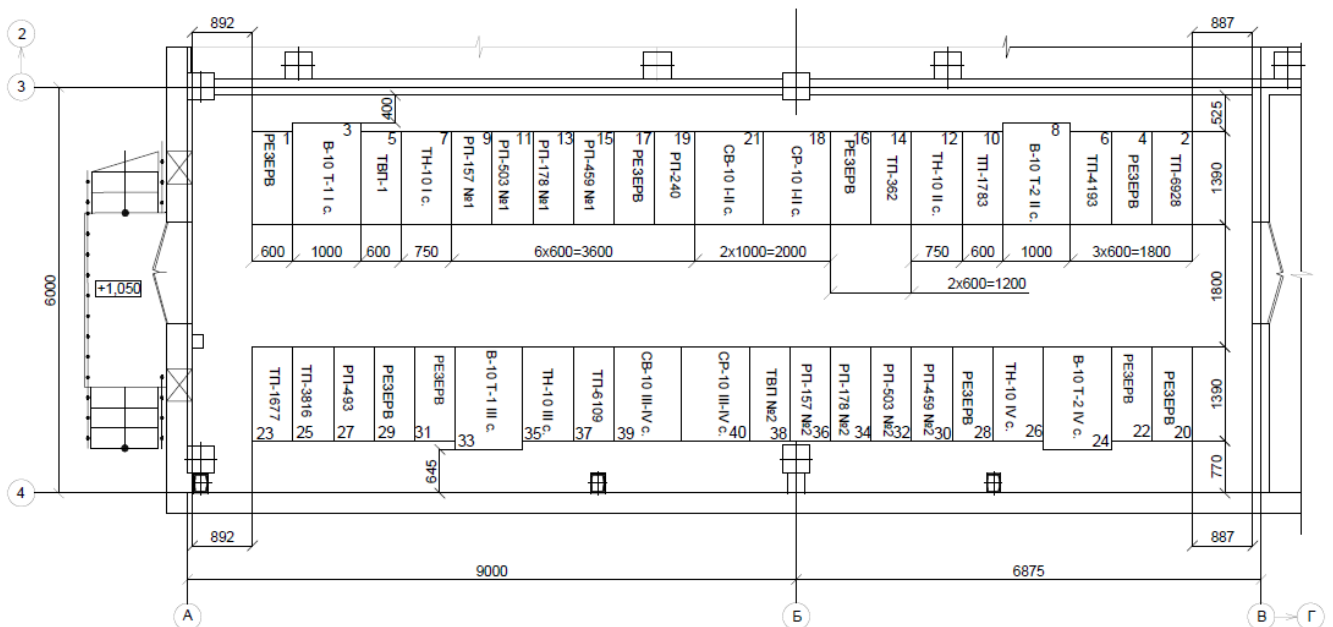


Рисунок 3.5 – План розміщення комірок 10 кВ

На рисунку 3.5 зображено план розміщення комірок 10 кВ в приміщенні, розміщення комірок задовольняє вимоги ПУЕ.

Висновок до розділу

Розраховано струми КЗ, тобто такі точки, в яких електрообладнання, провідники знаходяться в найбільш несприятливих умов. Струм КЗ надалі необхідний був для вибору електрообладнання.

В кінці проаналізували вибір електрообладнання таких як:
трансформатор струму та напруги, обмежувач перенапруги, кабель 110 кВ,
трансформатор власних потреб, ЗРУ-10 кВ.

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

4 РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИКА

4.1 Склад комплексу обладнання РЗА

Вибір принципів релейного захисту виконаний відповідно до вимог чинних ПУЕ та «Норм технологічного проектування підстанцій змінного струму 6-750 кВ» ГКД341.004.001-94.

При виборі релейного устаткування враховано:

- функціональні можливості – релейні пристрої повинні мати набір необхідних функцій, відповідно до вимог ПУЕ і режимів роботи обладнання, що захищається;

- експлуатаційні характеристики – пристрої повинні бути зручними і простими в експлуатації, надавати персоналу інформацію, необхідну для його ефективної роботи;

- надійність роботи в нормальному та аварійному режимах електропостачання;

- сучасність елементної бази і технічних рішень;

- можливість створення автоматизованої системи збору інформації та керування з використанням пристроїв РЗА в якості нижнього рівня системи;

- уніфікація обладнання;

мінімальні витрати при закупівлі обладнання, виконані пусконаладжувальних робіт та експлуатації.

Комплекс РЗА ПС 110/10/10 кВ розроблений у відповідності до діючих нормативних документів і повинен задовольняти вимогам щодо надійності, швидкодії, селективності та чутливості.

Завдяки цифровій фільтрації та методам вимірювання, запроектований комплекс мікропроцесорних терміналів, забезпечує правильну роботу при насиченні трансформаторів струму та під час перехідних процесів у трансформаторах напруги. Для підвищення надійності функціонування всі

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

мікропроцесорні термінали забезпечені функціями безперервного та тестового контролю, сигналізації про несправності окремих елементів або вузлів захистів. Передбачене використання сучасних цифрових мікропроцесорних пристроїв з вільнопрограмованою логікою, які, крім виконання функцій РЗА, призначені для контролю, місцевого та дистанційного керування, осцилографування, реєстрації та архівування подій.

Таблиця 4.1 - Склад комплексу РЗА

№/п	Найменування пристрою РЗА	Кількість	Місце встановлення
1	Пристрої РЗА трансформаторів 110/10/10 кВ Т-1, Т-2		
1.1	Пристрій RET-650 основного поздовжнього диференційного струмового захисту трансформатора з функціями резервних струмових захистів	2	ЗПК Панелі №16 і №17
1.2	Пристрій REG-D автоматичного регулювання коефіцієнта трансформації (АРКТ) трансформатора	2	ЗПК Панелі №16 і №17
2	Контроль трансформаторів напруги 110 кВ		
2.1	Пристрій REU-615 контролю трансформатора напруги 110 кВ	2	ЗПК Панель №15
3	Пристрої керування В 110 вводів ВН Т-1, Т-2, СВ-110 кВ		
3.1	Пристрій REC-650 автоматики, керування та струмових захистів вимикача 110 кВ вводу ВН трансформатора (резервний захист трансформатора) з функціями ПРВВ АПВ	2	ЗПК Панелі №3 і №5
3.2	Пристрій REC-650 автоматики, керування та струмових захистів вимикача СВ 110 кВ	1	ЗПК Панель №4

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
4	Пристрої РЗА приєднань ЗРУ 10 кВ		
4.1	Пристрій REF-630 автоматики, керування та струмових захистів вимикача вводу секції шин 10 кВ	4	ЗПК Панелі №3 і №5
4.2	Пристрій REF-630 автоматики, керування та струмових захистів СВ 10 кВ	2	ЗПК Панель №4
4.3	Пристрій REU-615 захисту та контролю трансформатора напруги 10 кВ	4	ЗРУ 10 кВ Ком. №7,12,26,35
4.4	Пристрій REF-615 автоматики, керування та струмових захистів відхідних ліній 10 кВ та ліній 10 кВ до ТВП 10/0,4 кВ з функціями ПРВВ, АПВ, ЗДЗ	24	ЗРУ 10 кВ
4.5	Пристрій REF-615 дугового захисту комірок: ВВ-10 кВ, СВ-10 кВ, СР-10 кВ	8	ЗРУ 10 кВ Ком №3 8,18,21,24,33,3 9,40

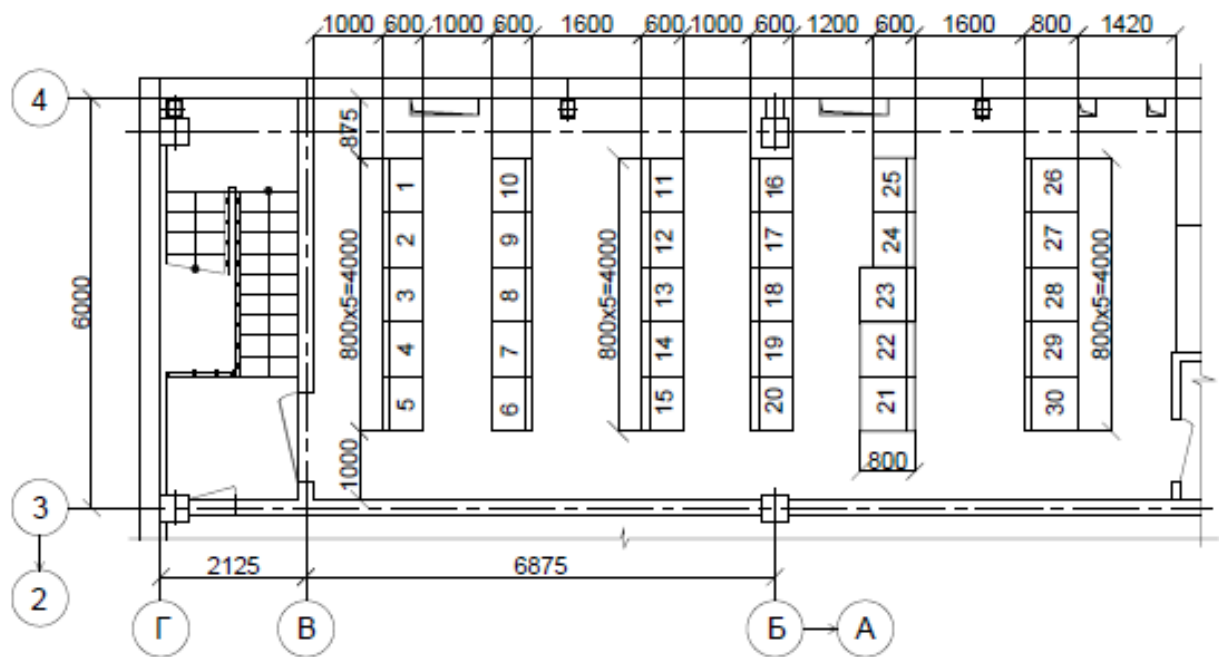


Рисунок 4.1 – Розташування панелей РЗА

На рисунку 4.1 зображено план загально підстанційного пункту керування з панелями релейного захисту та автоматики

4.2 Захист силових трансформаторів ТРДН – 40000/110

Для кожного з трансформаторів ТРДН 110/10/10 кВ передбачено мікропроцесорний пристрій типу RET-650 основного захисту з функціями:

- диференційний струмовий захист трансформатора (ДЗТ) з гальмуванням, від усіх видів КЗ з наступними характеристиками:
- блокування за вмістом другої та п'ятої гармонік, логіка перехресного блокування захисту по інших фазах при виявленні критеріїв для блокування в одній фазі (може виводитись в уставках);
- направлений чутливий орган зворотної послідовності;
- сигналізація перевищення диференційним струмом заданого значення;
- наявність зони диференційної відсічки, яка працює при великих

диференційних струмах без гальмування та без блокування за вмістом гармонік;

- програмне виключення струмів нульової послідовності

диференційний струмовий захист нульової послідовності (ДЗНП);

- сигналізація перевантаження трансформатора;

- реле струму для пуску автоматики охолодження трансформатора;

Приймання сигналів від технологічних захистів: сигнального і вимикаючого ступенів газових реле трансформатора, давачів перевищення температури масла, відхилення рівня масла тощо;

- реле мінімальної напруги для блокування автоматичного регулювання коефіцієнта трансформації (АРКТ);

- пристрій для блокування РПН при перевантаженні;

- реєстратор подій, осцилограф;

- захисти діють без витримки часу на вимкнення усіх вимикачів трансформатора та на пуск ПРВВ.

В якості резервного захисту та автоматики управління вимикачами вводу 110 кВ трансформаторів ТРДН – 40000/100 передбачається встановлення мікропроцесорних терміналів типу REC-650 з наступними функціями:

- максимальний струмовий захист сторони ВН трансформатора (МСЗ);

- автоматика управління вимикачем (АУВ);

- автоматичне повторне увімкнення (АПВ) вимикача;

- пристрій резервування відмови вимикача (ПРВВ);

- функції прийому сигналів від газових та технологічних захистів;

- контроль кіл електромагнітів увімкнення/вимкнення вимикача;

- автоматика управління роз'єднувачами та заземлювальними ножами приєднання;

- видача команд керування вимикачем та трансляція команд теле-механіки;

- моніторинг стану вимикача;

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
						62
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

– реєстратор подій, осцилограф.

4.3 Контроль трансформатора напруги 110 кВ

Для контролю кіл трансформаторів напруги 110 кВ, в тому числі контролю цілісності кіл обмотки 3U₀, а також для керування прилеглими роз'єднувачами та заземлювальними ножами передбачено встановлення мікропроцесорних пристроїв типу REU-615, по одному на кожен ТН 110 кВ. На дисплей пристрою відображаються міжфазні напруги та частота, а також активна мнемосхема приєднання.

Передбачається резервування вторинних кіл ТН за допомогою перемикачів.

Висновок до розділу

В даному розділі було розглянуто захист силових трансформаторів ТРНД – 40000/110. Захист передбачено з мікропроцесором типу RET 650, описано захисті які будуть відбуватись.

Спроектовано план розташування панелей РЗА, та надано таблиці.

Контроль трансформатора напруги буде відбуватись через мікропроцесор пристрою типу REU 615.

Захист електрообладнання є однією із головних дій на підстанції. Яке включає в себе і забезпечення споживачів надійним електропостачанням.

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

5 РОЗРАХУНОК ЗАЗЕМЛЕННЯ

Перетин елементів штучного заземлення і заземлюючих провідників для підстанцій 35-750 кВ вибираються виходячи з вимог, що до їх механічної міцності і корозійної стійкості.

Мінімально допустимий перетин круглих провідників за вимогами корозійної стійкості визначається за $\delta_{\text{ср}}$, де $\delta_{\text{ср}}$ – середня глибина корозії по перетину заземлюючого провідника за термін служби заземлювача, що вимагається (розрахунковий). Розрахунковий термін строку служби заземлювача (Т) – 30 років.

За даними інженерно-геологічного висновку по площадці будівництва концентрація активних хлорид- і сульфат- іонів ґрунтового розчину в % до ваги ґрунта:

- Cl^- - 0,015%;
- SO^{-2} – 0,00%.

Природна вологість ґрунту (w) - 14%;

Ступінь вологості ґрунту - 70%;

Концентрація активних аніонів ґрунтового розчину:

$$C = \frac{\text{Cl}^- + \text{SO}^{-2}}{w} = \frac{0.015 + 0.00}{14} = 0.0011\%$$

Питомий опір ґрунту – 150 Ом/м;

За механічними властивостями діаметр горизонтального заземлювального провідника повинен бути не менше ніж 10 мм. В такому випадку діаметр горизонтального заземлюючого провідника повинен бути не менше ніж:

$$d = d_{\text{min}} + 2 \times \delta_{\text{ср}} = 10 + 2 \times 1,1 = 12,2 \text{ мм.}$$

Вибираємо величину провідників горизонтальної сітки заземлення
16мм

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

Вихідні дані:

Нормований опір заземлювача: $R_z=0,5 \text{ Ом};$

Нормована напруга на заземлювачі: $U_z \text{ доп} = 10 \text{ кВ};$

Питомий опір шару ґрунту на глибині 2,3 м : $\rho_1 = 150 \text{ Ом}\cdot\text{м};$

Питомий опір шару ґрунту на глибині 2,0 м : $\rho_2 = 150 \text{ Ом}\cdot\text{м};$

Питомий опір шару ґрунту на глибині 8 м : $\rho_3 = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м};$

Вертикальні електроди заземлення: (сталь круга) $d=0,02 \text{ м}$

Горизонтальні електроди заземлення: (сталь круга) $d=0,016 \text{ м}$

Кількість вертикальних електродів на території підстанції: $n_{в1} = 6 \text{ шт};$

Довжина вертикальних електродів: $L_v = 5 \text{ м};$

Загальна довжина горизонтального заземлювача: $L_{г} = 1128,7 \text{ м};$

Глибина прокладання горизонтального заземлювача: $t_0 = 0,7 \text{ м};$

Коефіцієнт сезонності для горизонтальних заземлювачів: $K_{с.г.}=2;$

Коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів: $K_{с.в}=1;$

Площа ПС: $S_{ф} = 1350,6 \text{ м}^2;$

Розрахунок будемо робити для двох шарів ґрунту: перший до глибини 5 м, другий до 8 м,

$$\rho_1 = 1/(((1/150)*2.3+(1/150)*2+(1/100)*0.7) / 5)=140,187\text{Ом}\cdot\text{м},$$

$$\rho_2 = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м},$$

Розрахункове еквівалентне значення питомого електричного опору ґрунту:

$$\rho_{\text{екв}} = [(\Delta l_1/\rho_1)+(\Delta l_2/\rho_2)] / L_v = 125,0 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

Опір розтіканню заземлюючого пристрою($R \leq 0,5 \text{ Ом}$) який виконаний у виді контурного заземлювача, що складається з горизонтальної сітки та вертикальних електродів, розраховуємо за формулою:

$$R = \frac{R_{11} \cdot R_{22} - R_{12}^2}{R_{11} + R_{22} - 2R_{12}},$$

де R_{11} - опір розтіканню горизонтальної сітки, Ом;

R_{22} - опір розтіканню вертикальних електродів, Ом;

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
						65
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

R_{12} - взаємний опір між горизонтальною сіткою та вертикальними електродами, Ом.

$$R_{11} = \frac{\rho}{\pi L} \left(\ln \frac{2 \cdot L}{\sqrt{bh}} + 1,37 \frac{L}{\sqrt{S}} - 5,6 \right) = \frac{125}{3,14 \cdot 1128,7} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 1128,7}{\sqrt{0,016 \cdot 0,7}} + 1,37 \frac{1128,7}{\sqrt{1350,6}} - 5,6 \right) = 1,017702 \text{ Ом}$$

де ρ – питомий опір землі – 125,0 Ом·м;

L – загальна довжина провідників, що утворюють горизонтальну сітку, 1128,7 м;

l – довжина вертикального електрода, 5м;

d – діаметр вертикального електрода, 0,02м;

m – кількість вертикальних електродів – 6;

b – ширина полоси горизонтального провідника, що утворює сітку – 0,016;

h – глибина закладання горизонтальної сітки – 0,7 м;

S – площа заземлювальної сітки – 1350,6 м².

$$R_{22} = \frac{\rho}{2\pi mL} \left(\ln \frac{8l}{d} - 1 + \frac{2,75l}{\sqrt{S}} (\sqrt{n} - 1)^2 \right) = \frac{125}{2 \cdot 3,14 \cdot 6 \cdot 1128,7} \cdot \left(\ln \frac{8 \cdot 5}{0,02} - 1 + \frac{2,75 \cdot 5}{\sqrt{1350,6}} \cdot (\sqrt{6} - 1)^2 \right) = 0,021109 \text{ Ом}$$

$$R_{12} = \frac{\rho}{\pi L} \left(\ln \frac{2L}{l} + 1,37 \frac{L}{\sqrt{S}} - 4,6 \right) = \frac{125}{3,14 \cdot 1128,7} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 1128,7}{5} + 1,37 \frac{1128,7}{\sqrt{1350,6}} - 4,6 \right) = 0,919252 \text{ Ом}$$

$$R_{3n} = \frac{R_{11} \cdot R_{22} - R_{12}^2}{R_{11} + R_{22} - 2R_{12}} = \frac{1,017702 \cdot 0,021109 - 0,919252^2}{1,017702 + 0,021109 - 2 \cdot 0,919252} = 1,029823 \text{ Ом}$$

$R \geq 0,5$ Ом, умова не виконується.

При приєднанні до заземлюючого контуру броні кабелів, що відходять, опір кабелів становитиме:

$$R_{\text{каб}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(1 + \frac{\ln \frac{L}{2 \cdot H}}{\ln \frac{2 \cdot L}{d}} \right) \cdot \ln \frac{2 \cdot L}{d} = \frac{400}{2 \cdot 3,14 \cdot 1500} \cdot \left(1 + \frac{\ln \frac{1500}{20,7}}{\ln \frac{2 \cdot 1500}{0,058}} \right) \cdot \ln \frac{2 \cdot 1500}{0,058} = 0,643 \text{ Ом}$$

Сумарний опір заземлення кабелів, при відходженні у 2 напрямки складає:

$$R_{\Sigma \text{ каб}} = \frac{R_{\text{каб } 1} \times R_{\text{каб } 2}}{R_{\text{каб } 1} + R_{\text{каб } 2}} = \frac{0,643 \times 0,643}{0,643 + 0,643} = 0,3215 \text{ Ом}$$

Сумарний опір системи складає:

$$R_{\Sigma} = \frac{R_{\text{зн}} \times R_{\text{каб}}}{R_{\text{зн}} + R_{\text{каб}}} = \frac{1,029823 \times 0,3215}{1,029823 + 0,3215} = 0,245 \text{ Ом}$$

$R < 0,5 \text{ Ом}$, умова виконується.

Висновок до розділу

Під час роботи на підстанції, основним фактором є забезпечення захисту ураження електричним струмом. Для цього розраховують заземлення на підстанції, при цьому вибрав заземлювачі горизонтальні та вертикальні електроди. Розрахунок відбувався для того, щоб перевірити потенціал заземлюючого пристрою. В свою чергу не перевищує граничне значення, а отже контур заземлення задовольняє умови ПУЕ.

ВИСНОВОК

У даній роботі була проведена реконструкція міської підстанції 35/10 кВ. На перших етапах роботи було проведено аналіз існуючої ПС 35/10 кВ, розрахунок навантаження мікрорайону таблиця 2.7, 2.8 та сумарне навантаження ПС, проаналізував обґрунтування підстанції, вибір силових трансформаторів 110 кВ, розрахунок значень струмів короткого замикання, для подальшого вибору електрообладнання.

Визначивши сумарне навантаження ПС , проаналізував та перевірів вибір силового трансформатора. На ПС 110/10 кВ було вибрано силовий трансформатор ТРДН – 40000/110 кВ.

Після розробки заходів по реконструкції підстанції, до установки було прийнято наступне обладнання.

На стороні 110 кВ встановлюється КРУЕ -110 кВ фірми АВВ, трансформатор струму ТВТ-110 кВ 600/5, силовий трансформатор ТРДН – 110/10, обмежувач перенапруги 110 кВ фірми АВВ.

На стороні 10 кВ було обрано комірки ЗРУ типу Е-12S, які підходять за конструкцією для цієї підстанції. Комірки 10 кВ складаються із лінійних шаф, шаф вводу трансформатора та комірок секційного вимикача та роз'єднувача, представлені на рисунку 3.3, 3.4.

Також у дипломному проекті було описано захист основних силових трансформаторів. Була проведена заміна трансформаторів власних потреб. При виборі трансформатора ТВП включали власні навантаження: опалення та вентиляція, освітлення, антикригова система водостоків та систему пожежної сигналізації.

В роботі представлено заходи щодо заземлення, який виконаний горизонтальними та вертикальними електродами.

В результаті виробленої реконструкції підстанція, стала відповідати всім сучасним нормам і вимогам.

					ДП 7109.141.008 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		68

СПИСОК ВИКОРОСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учеб. пособие для вузов/ Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. – Энергоатомиздат, 1989.
2. Рожкова, Л.Д. Электрооборудование станций и подстанций/ Рожкова Л.Д., Козулин В.С. -М.: Энергомиздат, 2003.
3. Околович, М.Н. Проектирование электрических станций. –М.: Энергоатомиздат, 2005.
4. Проектирование электрической части станций и подстанций/ Ю.Г. Гук, В.В. Кантан, С.С. Петрова. –Л.: Энергоатомиздат, 1985.
5. Макаров. Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ: в 6 т.: учеб.-произв. изд. Т.1/ под ред. И.Т. Горюнова и др. – М. : Папирус Про, 1999.
6. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования: РД 153-34.0-20.527-98/ под ред. Б.Н. Неклепаева. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006.

Ім'я користувача:
Олена Янковська

Дата перевірки:
09.06.2021 15:28:00 EEST

Дата звіту:
09.06.2021 15:46:05 EEST

ID перевірки:
1008246429

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100007203

Назва документа: Лісовий

Кількість сторінок: 56 Кількість слів: 9420 Кількість символів: 64465 Розмір файлу: 722.47 KB ID файлу: 1008318453

18.1% Схожість

Найбільша схожість: 8.44% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1005176523)

15.9% Джерела з Інтернету

62

Сторінка 58

14.4% Джерела з Бібліотеки

161

Сторінка 59

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

142