

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроенергетики

Завідувач кафедри
електроенергетики

_____ І.Л. Лебединський

" ____ " _____ 2020 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Тема: “Аналіз режимів роботи електричних мереж та вибір
електрообладнання”

Спеціальність: 141– Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електротехнічні системи електроспоживання

Виконав студент гр. ЕТ-61 _____ Нечваль Я.В.

Керівник: к.т.н., доцент _____ Василега П.О.

Захищена на засіданні ДЕК

“ ____ ” _____ 2020 р.

Голова ДЕК

Горбуль В.Ю.

Сумський державний університет

Факультет ЕЛІТ Кафедра електроенергетики

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

електроенергетики

_____ Лебединський І. Л.

“ ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

до виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра

Нечваль Ярослав Валерійович

1. Тема роботи : « Аналіз режимів роботи електричних мереж та вибір електрообладнання »
Затверджена наказом по університету № _____ від ___ “ ___ ” _____ 20__ р.
2. Термін здачі студентом закінченої роботи _____
3. Вихідні данні до роботи : Конфігурація мережі, довжини ліній, потужність навантажень та категорії споживачів
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки :

Вступ.

1. Розрахунок електричної мережі.
2. Розрахунок електричної частини підстанції.
3. Розрахунок релейного захисту.
4. Охорона праці.

Висновки.

Список використаної літератури.

5. Перелік обов’язкового графічного матеріалу
 1. Схема з’єднання споживачів.
 2. Схема заміщення електричної мережі.
 3. Електрична схема підстанції

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нечваль Я. В.</i>			<i>«Аналіз режимів роботи електричних мереж та вибір електрообладнання»</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Василега П. О.</i>					<i>2</i>	<i>69</i>
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський І.Л.</i>						

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунок електричної мережі	26.04.20-03.05.20	
2	Розрахунок електричної частини підстанції	03.05.20-08.05.20	
3	Релейний захист трансформатора	08.05.20-13.05.20	
4	Охорона праці	13.05.20-18.05.20	
5	Оформлення графічного матеріалу	18.05.20-23.05.20	
6	Оформлення пояснювальної записки	23.05.20-27.05.20	
7	Здача роботи на перевірку	27.05.20-30.05.20	

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нечваль Я. В.</i>			<i>«Аналіз режимів роботи електричних мереж та вибір електрообладнання»</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Василега П. О.</i>					3	69
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський І.Л.</i>						

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 69 с., 12 рис., 30 табл., 9 джерел.

Тема роботи: Аналіз режимів роботи електричних мереж та вибір електрообладнання.

Analysis of operating modes of electrical measures and selection of electrical equipment.

Об'єкт дослідження: електрична мережа з встановленими силовими трансформаторами.

Мета роботи – необхідно розрахувати параметри системи електропостачання та вибрати електрообладнання.

Графічні матеріали: схема заміщення електричної мережі; схема первинних з'єднань підстанції, принципова схема мережі.

Ключові слова: Розрахунок параметрів ЛЕП, правила улаштування електроустановок (ПУЕ), навантаження, розподільні пристрої, вибір обладнання підстанцій, РЗА , джерело живлення.

Расчет параметров ЛЭП, правила устройства электроустановок (ПУЭ) , нагрузка, распределительные устройства, выбор оборудования подстанции, РЗА ,источник питания

Calculation of transmission line parameters, rules for arrangement of electrical installations (ПУЕ), load, switchgear, choice of substation equipment, relay protection and automatics, power source

Короткий огляд: У даній роботі виконано аналіз режимів роботи високовольтних мереж, розрахунок навантажень, номінальних струмів, струмів короткого замикання, розрахунок втрат напруги. Вибрані кабелі та електрообладнання .

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Нечваль Я. В.			<i>«Аналіз режимів роботи електричних мереж та вибір електрообладнання»</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Керівник</i>		Василега П. О.					4	69
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Лебединський І.Л.						

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПУЕ – правила улаштування електроустановок;

ПЛ – повітряна лінія;

ВН – висока напруга;

ДЖ – джерело живлення;

КЛ – кабельна лінія;

ЛЕП – лінія електропередач;

НН – низька напруга;

ПС – підстанція;

РПН – регулювання напруги під навантаження;

СН – середня напруга;

ТП – трансформаторна підстанція.

К.З. – коротке замикання

ГОСТ – державний стандарт

РП – розподільний пристрій

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ.....	9
1.1 Вхідні данні	9
1.2 Вибір схеми електропостачання	10
1.3 Розрахунок довжин ліній.....	12
1.4 Вибір напруги і перерізу провідників	12
1.5 Вибір трансформаторів	15
1.6 Розрахунок втрат потужності.....	17
1.7 Розрахунок втрат напруги.....	19
1.8 Розрахунок втрат електроенергії.....	21
1.9 Аналіз схеми.....	22
2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДСТАНЦІЇ.....	23
2.1 Вибір потужності силових трансформаторів.....	23
2.2 Розрахунок струмів короткого замикання	25
2.3 Вибір високовольтних електричних апаратів РУ і струмоведучих частин 28	
2.4 Вибір ошиновки розподільних пристроїв	32
2.5 Вибір трансформаторів струму і напруги	36
2.6 Вибір трансформаторів власних потреб.....	41
3 РОЗРАХУНОК РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ	44
3.1 Вихідні данні для розрахунку захисту	44
3.2 Розрахунок подовжнього диференційного струмового захисту.....	46
ОХОРОНА ПРАЦІ	51
4.1 Загальні відомості.....	51
4.2 Заходи безпеки під час монтажу кабельних ліній.....	51
4.3 Заходи безпеки під час монтажу повітряних ліній електропередачі	51
4.4 Заходи безпеки під час монтажу розподільчих трансформаторів і електричних машин	52
4.5 Здійснення робіт в діючих електроустановках.....	52

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		6

4.6	Допуск ремонтної бригади і нагляд за її роботою	53
4.7	Організація служби охорони праці на підприємстві	53
4.8	Обов'язки працівника щодо додержання вимог нормативно-правових актів з охорони праці	54
4.9	Комісія з питань охорони праці підприємства	55
4.10	Наукова база охорони праці	56
4.11	Навчання з питань охорони праці	57
4.12	Фінансування охорони праці	57
4.13	Атестація робочих місць на відповідність вимогам нормативних актів	58
4.14	Порядок допуску до електромонтажних робіт	59
ВИСНОВКИ.....		64
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....		65
ДОДАТКИ.....		66

ВСТУП

Процес проектування електричних мереж в наш час складається з ряду послідовних етапів, першим з яких є складання технічно конкурентно-спроможних варіантів схем, а надалі – порівняння цих варіантів за техніко-економічними показниками і вибір з них найкращого. Оцінці техніко-економічних показників варіантів передуює визначення їх технічних параметрів, якими є номінальна напруга, кількість ланцюгів та перерізи струмоведучих елементів ліній електропередач, кількість та потужність трансформаторів на знижувальних підстанціях, показники схем їх електричних з'єднань, а також місця встановлення і потужності компенсуючих установок.

У зв'язку з труднощами при розрахунках режимів районних мереж, передбачається широке використання персональних комп'ютерів. Необхідно забезпечити електропостачання споживачів, розташованих в 6 пунктах, від потужного джерела електроенергії. Чотири споживачі характеризуються досить великою потужністю, що забезпечує необхідність вибору для них районної підстанції або головної знижувальної підстанції великого підприємства. Для цієї групи споживачів отримана електроенергія має бути перетворена на напругу 10 кВ. Два споживачі мають відносно невелику потужність і розташовані недалеко від одного з великих споживачів. Ними можуть бути невеликі промислові, сільськогосподарські і житлові райони та населені пункти. Електропостачання цих споживачів передбачається здійснити від підстанцій відповідних великих споживачів і забезпечити напругою 380 В.

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

1.1 Вхідні данні

Вихідні данні для розрахунку наведені в таблиці 1.1 та 1.2

Таблиця 1.1 – Вихідні данні для розрахунків

Параметр	1-й спож.	2-й спож.	3-й спож.	4-й спож.	5-й спож.	6-й спож.
X, мм	22	26	19	-13	17	10
Y, мм	49	21	38	42	27	14
P _м , МВт	28	43	48	72	0,527	0,551
cosφ	0,88	0,95	0,88	0,9	0,92	0,86
T _м , ч	5610	4530	4870	5720	5240	4550
Категорія	III	III	I	I	II	II

Таблиця 1.2 – Інформація про споживачів

Характеристика споживачів	
Масштаб для споживачів 1-4, км/мм	1
Масштаб для споживачів 5 і 6 по відношенню до точки прив'язки, км/мм	0,1
Споживач, до якого прив'язані споживач 5 і 6	3
Частка всіх навантажень в номінальному режимі Рмін. по відношенню до Рм	0,52

1.2 Вибір схеми електропостачання

Вибір схеми електропостачання є одним із основних завдань проекту. Параметри та схема мережі знаходяться в тісній технічно-економічній взаємозалежності. Цей зв'язок актуальний в двох напрямках, як схеми до параметрів, так і параметрів до схеми. Адже при зміні схеми мережі може призвести до зміни номінальної напруги мережі в цілому, а при зміні параметрів може змінитись конфігурація самої мережі.

Мережа повинна створюватись за певними логічними вимогами. До таких вимог належать:

- надійність роботи;
- якість енергії;
- економічність;
- можливість подальшого розвитку.

Конфігурація електричної мережі, що проектується, також у значній мірі визначається умовами надійності електропостачання. У відповідності з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) [2] навантаження I категорії повинні забезпечуватись електроенергією від двох незалежних джерел живлення. Для такого роду споживачів необхідно в більшості випадків передбачати живлення по двох окремих лініях, так як двоколова ЛЕП при пошкодженні опор через вітер, ожеледь і т.п. не забезпечує необхідної міри надійності. Для споживачів II категорії допускається живлення по двоколовій лінії, а для електроприймачів III категорії досить передбачити споживання від однієї лінії електропередачі.

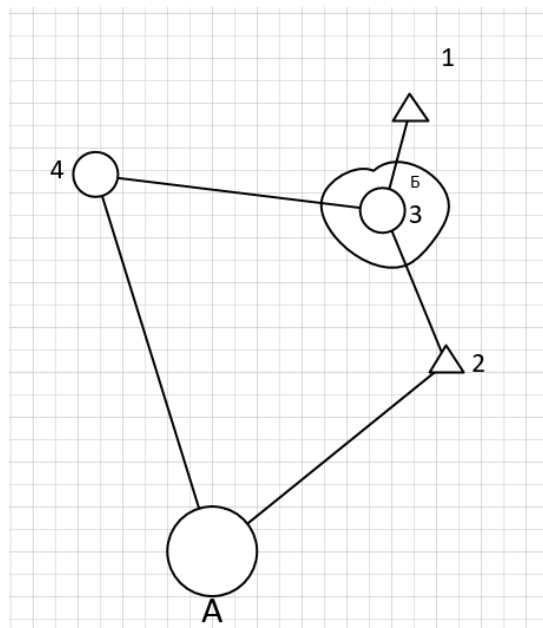
Слід відзначити, що у багатьох випадках потрібно здійснювати передачу електричної енергії в район її споживання по лініях більш високої напруги, а всередині цього району розподіляти енергію по лініях більш низької номінальної напруги. За можливий післяаварійний режим при такій попередній оцінці варіантів достатньо розглянути тільки випадок відключення або пошкодження

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		10

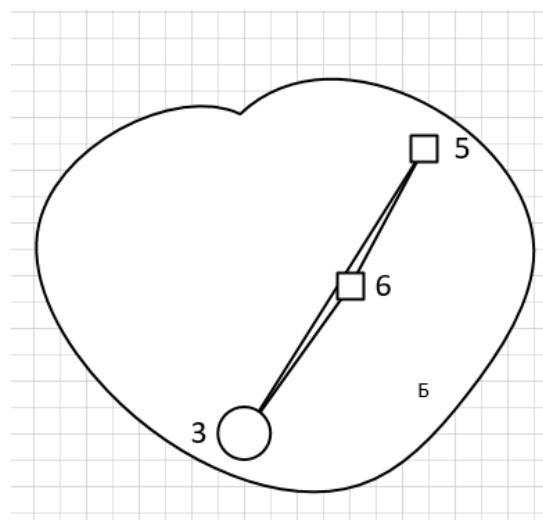
однієї із ліній мережі, що призводить до найбільшого зниження напруги на шинах у найбільш віддаленого споживача.

В результаті мною було розроблено найкращий варіант конфігурації електричної мережі (рисунок 1.1). Також дана схема подана в Додатку 1. Споживачів відповідних категорій на схемі позначаємо наступним чином:

- - Споживач I категорії
- - Споживач II категорії
- △ - Споживач III категорії



Масштаб (1:1)



Масштаб (10:1)

Рисунок 1.1 – Геометрична конфігурація електричної мережі району

Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата

ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ

Арк.

11

1.3 Розрахунок довжин ліній

Знайдемо дійсні довжини ділянок повітряних ліній за формулою:

$$L = l \cdot k_L \cdot k_M, \quad (1.1)$$

де k_L – коефіцієнт збільшення ділянки мережі в порівнянні з повітряною прямою; згідно до $k_L \approx 1,25$

l - довжина ділянки мережі, виміряна на плані завдання;

Довжину ліній множимо ще на коефіцієнти k_M масштабу (за вихідними даними). Розрахунки довжин ділянок зведені до таблиця 1.3

Таблиця 1.3 – Довжини ділянок

Ділянка	A-2	A-4	4-3	3-1	3-5	3-6	6-5	3-2
Довжина, км	41,777	54,957	40,311	14,252	3,988	2,151	1,846	22,981

1.4 Вибір напруги і перерізу провідників

Розрахунок кільця 3-5-6 (Рис.1.2):

$$S_{35} = \frac{S_{p5} \cdot (L_{56} + L_{36}) + S_{p6} \cdot (L_{36})}{L_{35} + L_{56} + L_{36}}$$

$$S_{36} = \frac{S_{p6} \cdot (L_{56} + L_{35}) + S_{p5} \cdot (L_{35})}{L_{35} + L_{56} + L_{36}} \quad (1.2)$$

$$S_{56} = S_{35} - S_{p5}$$

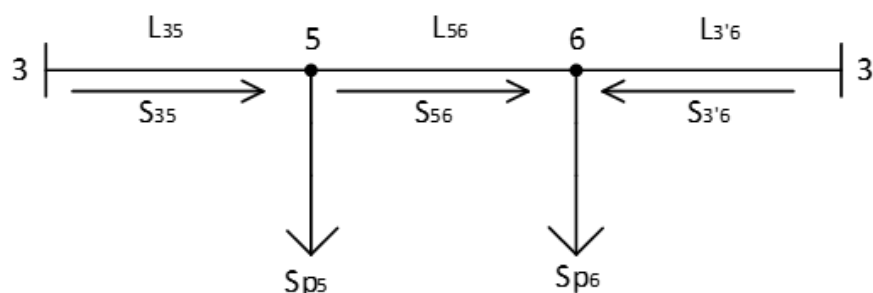


Рисунок 1.2 – Кільце 3-5-6

Як бачимо, точка поточкорозподілу знаходиться у вузлі 6.

Розрахунок для ділянок А-4-3-2 проводимо за аналогічним алгоритмом:

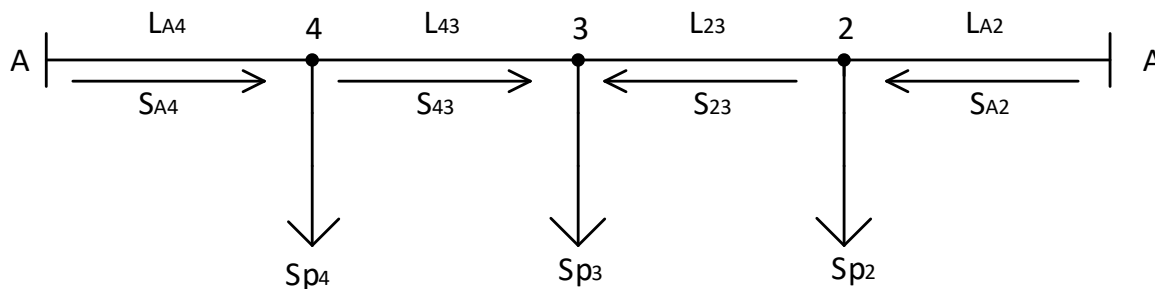


Рисунок 1.3 – Кільце А-4-3-2

Як бачимо, точка поточкорозподілу знаходиться у вузлі 3.

Результати розрахунків потоків потужності показані в таблиці 1.4

Таблиця 1.4 – Розрахункові значення потоків потужності на ділянках мережі

Ділянка	А-4	А-2	2-3	4-3	3-5	3-6	5-6
Потужність S, МВА	92,118+ j42,88	105,98+ j46,392	62,96+ j32,258	20,118+ j8,009	0,412+ j0,2	0,666+ j0,351	-0,115- j0,024

Виходячи з довжин ліній і потужностей, які передаються по лініях, визначаємо напругу за формулою Ілларіонова:

$$U_{\text{эк}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}}, \quad (1.3)$$

де L та P – відповідно довжина та активна потужність у МВт для розрахункової ділянки. Результати заносимо до таблиці 1.5

Таблиця 1.5 – Розрахункові значення напруги ділянок мережі

Ділянка	А-4	А-2	3-1	4-3	2-3	3-5	3-6	5-6
Напруга $U_{\text{розр}}$, кВ	166,121	167,69	89,67	85,539	127,552	12,7	15,837	6.82

Як видно з значень розрахунків, для кільцевої ділянки А-4-2-3 необхідно орієнтуватися на номінальну напругу у 220 кВ. Для ліній, що живлять низьковольтних споживачів, необхідно обирати напругу 10 кВ.

Та для лінії 3-1 напруга 150кВ.

Остаточний вибір відбувається на основі результатів розрахунку перерізу провідників.

Визначаємо величину струму, що протікає по проводах, за формулою:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (1.4)$$

Переріз проводу знаходимо за допомогою економічної густини струму через формулу:

$$F_e = \frac{I_m}{j_e} \quad (1.5)$$

де I_m - струм, що протікає по лінії, у режимі максимальних навантажень, що відповідає нормальному робочому режиму мережі;

j_e - економічна густина струму – обирається за таблицями [1].

Результати розрахунків, а також обрану номінальну напругу і проводи вказано в таблиці 1.6

Таблиця 1.6 – Результати розрахунків

Ділянка	Ек. густина струму J_e , А/мм ²	Напруга U , кВ	Струм I , А	Переріз F , мм ²	Обрана напруга $U_{ном}$, кВ	Марка проводу	Тривало допустимий струм, А
А-4	1,1	220	266,655	242,414	230	АС-300/39	690
А-2	1,1	220	303,557	275,961	230	АС-300/39	690
4-3	1,1	220	56,826	51,66	230	АС-300/39	690
2-3	1,1	220	185,652	168,774	230	АС-300/39	690
3-1	1,1	150	122,468	111,335	158	АС-150/24	450
3-5	1,1	10	24,055	21,869	11	АС-35/6,2	175
3-6	1,1	10	39,506	35	11	АС-35/6,2	175
5-6	1,1	10	6,158	5,6	11	АС-35/6,2	175

1.5 Вибір трансформаторів

Визначаємо потужність трансформаторів для подальшого вибору. При цьому для однострансформаторної підстанції потужність трансформатора S_T повинна бути не менше потужності споживачів S_M , що живляться від нього $S_T \geq S_M$. Коефіцієнт навантаження трансформатора рекомендовано щоб був 0,9

$$(K_3 = \frac{S_{нав.}}{S_{ном.}}). \quad (1.6)$$

Потужність трансформаторів на двотрансформаторній підстанції повинна забезпечити навантаження споживачів у випадку аварійного відключення одного з них. Тому потужність кожного трансформатора вибирається з обліком його перевантажувальної здатності за умовою $S_T \geq S_M / 1,4$.

Оскільки від підстанцій 4, 3, 5 та 6 живляться споживачі I та II категорій, то встановлюємо на деяких по 2 трансформатора (згідно до вимог ПУЕ) [4].

Для живлення інших споживачів III категорії можна застосовувати один трансформатор.

Результати вибору трансформаторів заносимо до таблиці 1.7. Каталогні данні були взяті з посібника [2]

Таблиця 1.7 – Вибір трансформаторів

Номер п/с	Навантаження S_H , МВА	Категорія споживачів	Кількість трансформаторів	$S_{тр}$ розрахунку, МВА	Марка трансформаторів	K_3
1	31,818	III	1	22,727	ТРДН-32000/150	0,9
2	45,263	III	1	31,331	ТРДН-40000/220	0,718
3	59,341	I	2	57,143	АТДЦТН-63000/220/110	0,733
4	80	I	2	65,98	ТРДН-63000/220	0,635
5	0,573	II	1	0,409	ТМ-630/10	0,9
6	0,641	II	2	0,458	ТМ-630/10	0,508

За вибраними елементами мережі, можна скласти схему заміщення. (рис. 1.4) Схему електричної мережі формату А1, можна побачити в Додатку 2

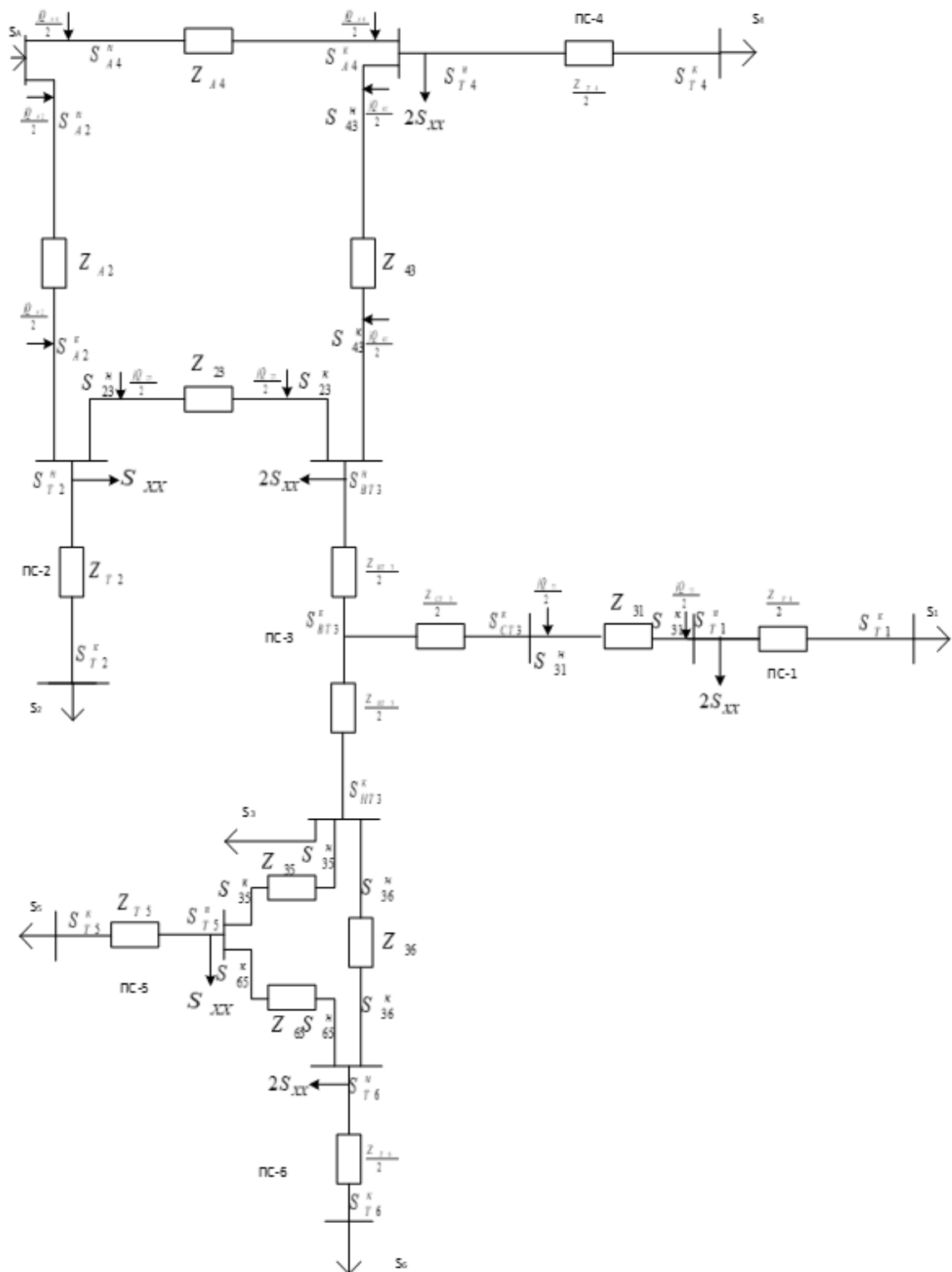


Рисунок 1.4 – Схема електричної мережі

Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата

1.6 Розрахунок втрат потужності

Розрахунок параметрів елементів схеми відбувається за формулами:

$$\text{Активний опір лінії: } R_{ij} = r_0 l_{ij}, \text{ Ом}; \quad (1.7)$$

$$\text{Реактивний опір лінії: } X_{ij} = x_0 l_{ij}, \text{ Ом}. \quad (1.8)$$

Зарядними потужностями ліній нехтуємо. Результати розрахунків записуємо до таблиці 1.8

Таблиця 1.8 – Параметри елементів мережі

Ділянка	Довжина l , км	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	$b_0 \cdot 10^{-6}$, См/км	\underline{Z} , Ом
А-2	41,777	0,098	0,429	0,141	5,386 + j23,577
А-4	54,957				4,094 + j17,922
4-3	40,311				3,951 + j17,294
2-3	22,981				2,252 + j9,859
3-1	14,252	0,198	0,434	0,058	2,822 + j6,185
3-5	3,988	0,79	0,408	–	3,151 + j1,627
3-6	2,151				1,699 + j0,877
5-6	1,846				1,458 + j0,753

Параметри трансформаторів розраховуються за формулами:

Для трифазних двообмоткових:

$$R_T = \frac{\Delta P_K U_{\text{вн}}^2}{S_H^2}; \quad X_T = \frac{U_K U_{\text{вн}}^2}{100 S_H}; \quad \Delta Q_x = \frac{I_x S_H}{100} \quad (1.9)$$

Розраховані параметри силових трансформаторів записані у таблиці 1.9

Таблиця 1.9– Дані схеми заміщення підстанцій

Номер п/с	Марка трансформаторів	\underline{Z}_T , Ом	\underline{Q}_{xx} , МВАр
1	ТРДН-32000/150	3,53 + j81,8	0,224
2	ТРДН-40000/220	5,62 + j158,6	0,36
3	АТДЦТН-63000/220	1,4 + j104 2,8 + j195,6	0,315
4	ТРДН-63000/220	4 + j100,7	0,504
5	ТМ-630/10	2,12 + j8,15	0,019
6	ТМ-630/10	2,12 + j8,15	0,019

Наступним кроком виконуємо розрахунок потужностей, що протікають в схемі електричної мережі. Застосуємо перший закон Кірхгофа. Розпочинаємо від найбільш віддалених ділянок, поступово рухаючись до джерела живлення.

Для розрахунку потужностей у кільці А-4-2-3, розщеплюємо його у точці поточкорозподілу і аналогічно для 3-5-6 (рис. 1.5).

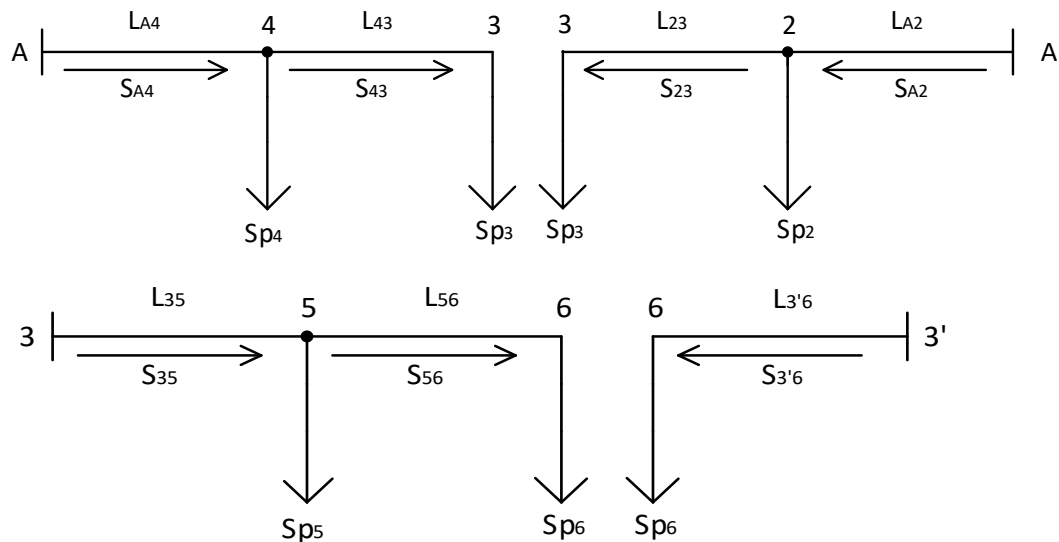


Рисунок 1.5 – Розрахунок потужностей кільця А-4-2-3 та 3-5-6

Втрати потужності на ділянках мережі знаходимо за наступною формулою:

$$\Delta S_{ij} = \frac{(P_{ij}^K)^2 + (Q_{ij}^K)^2}{U_{НОМ}^2} (R_{ij} + jX_{ij}) \text{ (MBA)}, \quad (1.10)$$

тут верхній індекс К позначає активну та реактивну складову потужності в кінці розрахункової ділянки.

Повну втрату потужності в трансформаторі підстанції знаходимо за

формулою:

$$\Delta S_{Ti} = \Delta P_{ki} \cdot \left(\frac{|S_{Tik}|}{S_{Ti}} \right) + jU_{ик} \cdot \frac{(|S_{Tik}|)^2}{100 \cdot S_{Ti}} \text{ (MBA)} \quad (1.11)$$

Результати розрахунку поточкорозподілу та втрат потужності представимо в таблиці 1.10

Таблиця 1.10 – Поточкорозподіл схеми

Ділянка	Опір, \underline{Z} , Ом	Втрати хол. ходу $\underline{S}_{хх}$, МВА	Потужність в кінці \underline{S}^K , МВА	Втрати потужності $\Delta \underline{S}$, МВА	Потужність на початку \underline{S}^H , МВА
Т6	2,12 + j8,15	0,001 + j0,019	0,551 + j0,327	0,004 + j0,017	0,558 + j0,381

Ділянка	Опір, \underline{Z} , Ом	Втрати хол. ходу \underline{S}_{xx} , МВА	Потужність в кінці \underline{S}^K , МВА	Втрати потужності $\Delta \underline{S}$, МВА	Потужність на початку \underline{S}^H , МВА
T5	2,12 + j8,15	0,001 + j0,019	0,527 + j0,225	0,007 + j0,027	0,536 + j0,27
3-5	3,151 + j1,627	–	0,412 + j0,2	0,006 + j0,038	0,418 + j0,238
3-6	1,699 + j0,877	–	0,666 + j0,351	0,009 + j0,063	0,676 + j0,414
5-6	1,458 + j0,753	-	-0,115 - j0,024	-0,002 - j0,009	-0,117 - j0,032
T1	3.53 + j81.8	0,035 + j0,224	28 + j15,113	0,135 + j3,131	28,17 + j18,468
T2	5.62 + j158.6	0,05 + j0,376	43 + j14,199	0,218 + j6,142	43,268 + j16,07
T3	1.4 + j104	0,045 + j0,315	83,592 + j50,16	0,126 + j9,342	88,808 + j55,669
T4	4 + j100.7	0,082 + j0,504	72 + j34,87	0,242 + j6,09	72,406 + j35,254
A-4	5,386 + j23,577	–	92,118 + j42,88	0.632 + j6,99	92,75 + j49,87
A-2	4,094 + j17,992	–	105,96 + j46,392	0,772 + j10,732	106,732 + j57,124
4-3	3,951 + j17,294	–	20,118 + j8,009	0,226 + j6,607	20,344 + j14,616
2-3	2,252 + j9,859	–	62,96 + j32,258	0,504 + j8,795	63,464 + j41,054
3-1	2,822 + j6,185	–	28 + j15,113	0,386 + j3,001	28,386 + j18,114

1.7 Розрахунок втрат напруги

Вважаємо, що у вузлі А напруга складає 110% від номінальної:

$$\underline{U}_A = 230 \text{ (кВ)}$$

$$\underline{U}_a = 158 \text{ (кВ)}$$

$$\underline{U}_b = 11 \text{ (кВ)}$$

Напругу розраховуємо, використовуючи формули:

$$U_{ii} = U_j - \frac{P_i^H R_i + Q_i^H X_i}{U_j} \quad (1.12)$$

де, P – активна потужність на ділянці, МВт

Q – реактивна потужність на ділянці, МВАр

R – активний опір ділянки, Ом.

X – реактивний опір ділянки, Ом.

$$U_{ii} = \sqrt{\left(U_j - \frac{P_i^H R_i + Q_i^H X_i}{U_j}\right)^2 + \left(\frac{P_i^H X_i - Q_i^H R_i}{U_j}\right)^2} - \text{формула розрахунку напруги у вузлах}$$

замкненого кола з напругою 220 кВ. Результати запишемо в таблицю 1.11

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		19

Таблиця 1.11 – Напруга у вузлах

Вузол	Модуль напруги, кВ	Номінальна напруга, кВ	Відхилення напруги, %	Сходінка регульовального пристрою, $\pm n \times \delta U\%$
A	230	220	4,348	–
1	156,79	158	-1,266	–
2	224,083	230	-2,609	–
3	227,64	230	-1,304	–
4	223,364	230	-3,043	–
5	10,845	11	-1,409	-
6	10,863	11	-1,245	-
1В	147,299	158	-6,773	–
1Н	10,255	11	-6,773	-
2В	213,886	230	-7	–
2Н	10,299	11	-6,373	-
3В	205,358	230	-10	–
3С	141,072	158	-10	
3Н	9,821	11	-10	-
4В	208,843	230	-9	–
4Н	9,988	11	-9,2	-
5В	10,537	11	-4,2	–
5Н	0,383	0,4	-4,25	–
6В	10,467	11	-4,845	–
6Н	0,381	0,4	-4,75	–

1.8 Розрахунок втрат електроенергії

Основні показники, які необхідно враховувати при визначенні втрат електричної енергії, є час найбільших навантажень, час найбільших втрат та втрати електричної енергії в лініях та трансформаторах.

Час найбільших втрат визначаємо за формулою:

$$\tau_{ij} = (0,124 + T_{НБij} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 \quad (год) \quad (1.13)$$

Де $T_{НБij}$ - час найбільших навантажень в годинах.

$$\text{Втрати в лініях: } \Delta W_{ij} = \left(\frac{|S_{ij}^H|}{U_{ном}} \right)^2 \cdot R_{ij} \cdot \tau_{ij} \quad (МВт \cdot год) \quad (1.14)$$

$$\text{Втрати в трансформаторах: } \Delta W_{Ti} = \left(\frac{|S_{Ti}^H|}{U_{ном}} \right)^2 \cdot R_{Ti} \cdot \tau_{Ti} + \Delta P_{xi} \cdot 8760 \quad (МВт \cdot год) \quad (1.15)$$

Результати заносимо до таблиці 1.12

Таблиця 1.12 – Втрати електроенергії

Ділянка / підстанція	$T_{нб}$, (ч)	τ , (ч)	ΔW_{xx} , МВт·ч	ΔW , МВт·ч
А-4	5624	4127	–	4504
А-2	4978	3387	–	3755
3-2	5283	3727	–	906,614
3-4	5283	3727	–	174,673
3-1	5610	4110	–	526,848
3-6	4367	2754	–	24,262
5-6	5240	3678	–	22,193
3-5	5240	3678		0,653
Т1	5610	4110	966,068	966,068
Т2	4530	2916	789,548	789,548
Т3	5180	3611	1361	2723
Т4	5720	4243	2799	5599
Т5	5240	3678	36,763	36,763
Т6	4550	2937	37,112	74,224
Разом:				19310

Загальна енергія, що генерується:

$$W = P_{A2}^H \cdot T_{н6A2} + P_{A4}^H \cdot T_{н6A4} = 744300 \text{ (МВт} \cdot \text{ч)} \quad (1.16)$$

Відсоток втрат у мережі:

$$\partial W = \frac{\Delta W}{W} \cdot 100\% = \frac{19310}{744300} \cdot 100\% = 0,026\% \quad (1.17)$$

1.9 Аналіз схеми

Були знайдені потоки потужностей в мережі при наступних випадках: максимальний і аварійний режими роботи (при відключенні – обриві, виході з ладу – ділянки А-2). Знайдені падіння потужностей в елементах мережі. Розглянуті величини напруги у вузлах мережі з урахуванням подовжніх і поперечних складових падінь напруги на ділянках мережі.

Значення напруги у вузлових точках електричної системи схеми мають допустимі відхилення у всіх двох режимах роботи, що відповідає правилам, та нормативним документам проектування. Ці відхилення визначаються конфігурацією мережі, навантаженням та іншими чинниками, від яких залежить падіння напруги. Компенсація реактивної потужності за допомогою компенсуючих пристроїв для регулювання напруги не була потрібна.

Доцільно зробити висновок, що всі поставлені завдання вирішені повною мірою і робота задовольняє вимогам.

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		22

2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДСТАНЦІЇ

2.1 Вибір потужності силових трансформаторів

Для підстанції були обрані трансформатори потужністю 63 МВА типу ТРДН.

Задана еквівалентна температура літнього періоду $t_{екв} = +20^{\circ}C$ та навантаження споживачів протягом доби (таблиця 2.1).

$$S_{пов} = 51 + j23,13 = 55,99 \text{ (МВА)}$$

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для проектування навантаження споживачів впродовж доби

/ Годин	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Навант. у % від S_H	50	40	70	90	90	80	80	100	100	120	150	105
$S_n, \text{МВА}$	28	22,4	39,2	50,4	50,4	44,7	44,7	55,99	55,99	67,2	83,9	58,8

За даними таблиці 2.1 побудуємо графік навантаження підстанції, (рис. 2.1)

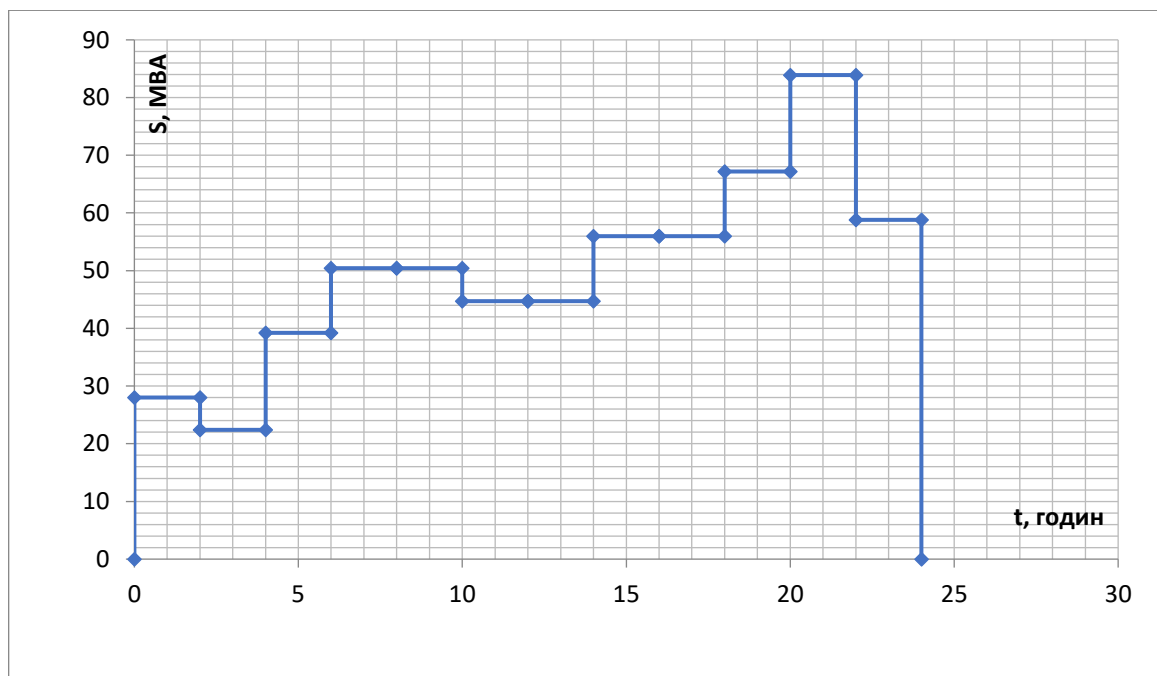


Рисунок 2.1 – Графік навантаження підстанції.

<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Нечваль Я. В..		
Керівник		Василега П. О.		
Консульт.				
Н. контр.				
Затверд.		Лебединський І. Л.		
<i>«Аналіз режимів роботи електричних мереж та вибір електрообладнання»</i>				
		Літ.	Арк.	Акрушів
			23	69

Для перевірки правильності підбору трансформатора реальний графік навантаження перетворимо в двоступінчастий.

Початкове навантаження еквівалентного графіка визначається за формулою:

$$k_1 = \frac{1}{S} \sqrt{\frac{S_1^2 t_1 + S_2^2 t_2 + \dots + S_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} = 0.7342 \quad (2.1)$$

де S_1, S_2, \dots, S_n – власне навантаження першого, другого, n-го ступеня графіка навантаження, розміщеного нижче лінії номінальної потужності трансформатора;

t_1, t_2, \dots, t_n – тривалість ступеня, год.

Визначаємо другий ступінь еквівалентного графіка:

$$k_1 = \frac{1}{S} \sqrt{\frac{S_1^2 t_1 + S_2^2 t_2 + \dots + S_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} = 1.1655 \quad (2.2)$$

де S_1, S_2, \dots, S_n – навантаження першого вище лінії номінальної потужності трансформатора;

t_1, t_2, \dots, t_n – тривалість ступеня, год.

Максимальне перевантаження трансформатора складає:

$$k_{\max} = \frac{S_{\max}}{S_{\text{ном}}} = \frac{55,5}{40} = 1.386 \quad (2.2)$$

де S_{\max} – максимальне навантаження трансформатора за графіком навантаження.

Попереднє значення $k_2' = 1.1655 < 1.386 \cdot 0.9$;

$$k_2' = 1.1655 < 1.249 \quad (2.3)$$

Тому приймаємо $k_2 = 1,249$.

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		24

Із даних таблиці нормально максимальних допустимих систематичних і аварійних перевантажень трансформаторів знаходимо припустиме значення перевантаження для трансформаторів із системою охолодження Д.

Аварійне перевантаження:

K_1	0.7	0.8
K_2	1.3	1.3

Тоді $k_{2,доп} = 1.3$.

Значення k_2 згідно з ГОСТом більше, ніж реальне, отже трансформатор вибраний правильно. Вибираємо два більш потужних трансформатора ТРДН-63000/110 [1]. У разі виходу з ладу одного трансформатора, другий забезпечить живлення споживача без обмежень.

2.2 Розрахунок струмів короткого замикання

Таблиця 2.2 – Вихідні данні

№ п/п	Тип трансформатора	Потужність $S_{ТР}$, МВА	Опір X_T , Ом	X_L , Ом	S_C , МВА	t , °C
4	ТРДН 63000/110	63	22,5	4,2	2600	+20

Значення струмів короткого замикання необхідні для правильного вибору обладнання на стороні 110 кВ і 10 кВ. Підстанція отримує живлення за двома тупиковими лініями: схема заміщення для розрахунку струмів короткого замикання наведена на рис 2.2

Розрахунок струмів короткого замикання виконаємо в іменованій системі одиниць. Потужність короткого замикання на шинах 110 кВ центра живлення складає $S_C = 2600 \text{ кВА}$

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		25

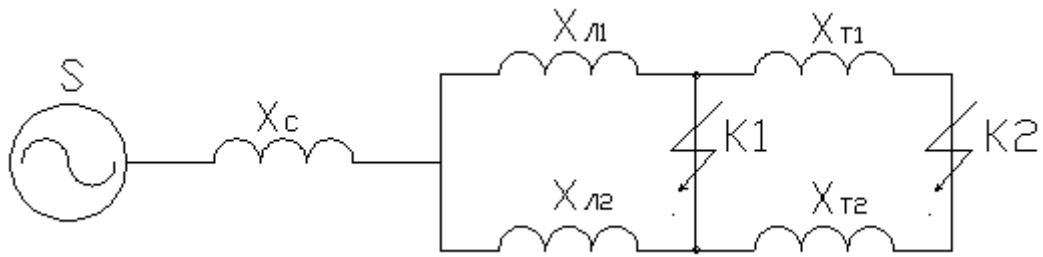


Рисунок 2.2 – Схема заміщення для розрахунку струмів короткого замикання
Опір системи знаходиться :

$$X_c = \frac{U_{л}^2}{S_c} = \frac{110^2}{2600} = 4,654 \text{ Ом} \quad (2.4)$$

Опір кожної з працюючих ліній $X_{л} = 4,2 \text{ Ом}$;

Опір трансформаторів $X_T = 22,5 \text{ Ом}$

Періодична складова СКЗ у точці К1:

$$I_{K1} = \frac{U_{л}}{\sqrt{3} \cdot \left(X_c + \frac{X_{л}}{2} \right)} = \frac{110}{\sqrt{3} \cdot \left(4,654 + \frac{4,2}{2} \right)} = 9,403 \text{ кА} \quad (2.5)$$

Періодична складова КЗ у точці К2 приведена до напруги вищої сторони:

$$I_{K2}^B = \frac{U_{л}}{\sqrt{3} \cdot \left(X_c + \frac{X_{л}}{2} + \frac{X_T}{2} \right)} = \frac{110}{\sqrt{3} \cdot \left(4,654 + \frac{4,2}{2} + \frac{22,5}{2} \right)} = 3,527 \text{ кА} \quad (2.6)$$

Реальний СКЗ у точці К2:

$$I_{K2} = I_{K2}^B \cdot \frac{110}{10} = 3,527 \cdot \frac{110}{10} = 38,797 \text{ кА} \quad (2.7)$$

Ударний струм:

$$\text{у точці } K_1, I_y = \sqrt{2} \cdot 1,61 \cdot I_{K1} = \sqrt{2} \cdot 1,61 \cdot 9,403 = 21,409 \text{ кА} \quad (2.8)$$

$$\text{у точці } K_2, I_y = \sqrt{2} \cdot 1,61 \cdot I_{K2} = \sqrt{2} \cdot 1,61 \cdot 38,797 = 88,336 \text{ кА} \quad (2.9)$$

Допустимо, що амплітуда ЕДС і періодична складова СКЗ незмінні за часом, тому дорівнює часу відключення:

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$\begin{aligned} I_{nr} &= I_{K1} = 9,403 \text{ кА} \\ I_{nr} &= I_{K2} = 38,797 \text{ кА} \end{aligned} \quad (2.10)$$

Аперіодична складова СКЗ до моменту розмикання контактів вимикача:

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_{Kn} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}} \quad (2.11)$$

де T_a – постійна часу загасання аперіодичної складової для $K1$ – $T_a=0,025$ с., $t=0,06$ с., для $K2$ – $T_a=0,05$ с., $t=0,1$ с. [3].

Аперіодична складова СКЗ до моменту розбіжності контактів вимикача:

$$\text{для } K1 \ i_a = \sqrt{2} \cdot 9,403 \cdot e^{-\frac{0,06}{0,025}} = 1,206 \text{ кА} \quad (2.12)$$

$$\text{для } K2 \ i_a = \sqrt{2} \cdot 38,797 \cdot e^{-\frac{0,1}{0,05}} = 7,425 \text{ кА} \quad (2.13)$$

Інтеграл Джоуля :

$$\text{для } K1 \ B_R = I_{K1}^2 (t + T_a) = 9,403^2 \cdot (0,06 + 0,025) = 7,515 \text{ кА}^2\text{с} \quad (2.14)$$

$$\text{для } K2 \ B_R = I_{K2}^2 (t + T_a) = 38,797^2 \cdot (0,1 + 0,05) = 225,781 \text{ кА}^2\text{с} \quad (2.15)$$

Таблиця 2.3 – Значення струмів короткого замикання

Струми короткого замикання	СКЗ у початковий момент часу, кА	Ударний СКЗ i_y , кА	СКЗ у момент розмикання контактів вимикача, кА	Аперіод. складова СКЗ, i_a кА	Інтеграл Джоуля B_k , до $\text{кА}^2\text{с}$
Шини 110 кВТ (K_1)	9,403	21,409	9,403	1,206	7,515
Шини 110 10 кВТ (K_2)	38,797	88,336	38,797	7,425	225,781

2.3 Вибір високовольтних електричних апаратів РУ і струмоведучих частин

Високовольтні електричні апарати вибираються за умови тривалого режиму експлуатації і перевіряються за умовами коротких замикань. При цьому для апаратів виконується

- 1) вибір за напругою;
- 2) вибір за нагріванням при тривалих струмах;
- 3) перевірка на електродинамічну стійкість;
- 4) перевірка на термічну стійкість;
- 5) вибір з виконання (для зовнішньої або внутрішньої установки).

Вибору підлягають:

- вимикачі на боці вищої напруги;
- вступні вимикачі на боці 10 кВ;
- секційні вимикачі на боці 10 кВ;
- вимикачі ліній, що відходять, 10 кВ; роз'єднувачі вищої напруги;
- трансформатори типу і напруги 110 кВ і 10 кВ;
- ошиновка розподільних пристроїв 110 кВ і 10 кВ.

Для вибору апаратів і струмоведучих частин необхідно визначити струми нормального і після аварійного режимів. Визначення струмів виконується для випадку установки на підстанції силового трансформатора, розрахованого відповідно до графіка навантаження підстанції [3].

Максимальний струм на боці 110 кВ:

$$I_{\max}^{BH} = \frac{1,4 \cdot S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{BH}} \quad (2.16)$$

$$I_{\max}^{BH} = \frac{1,4 \cdot S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{BH}} = \frac{1,4 \cdot 63000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 462,930 \text{ А.}$$

Струм у колі вступних вимикачів на боці 10 кВ :

$$I_{\max}^{HH} = \frac{1,4 \cdot S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{HH}} \quad (2.17)$$

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$I_{\max}^{HH} = \frac{1,4 \cdot S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{HH}} = \frac{1,4 \cdot 63000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 5,092 \text{ кА.}$$

Струм у колі вступних вимикачів на боці 10 кВ :

$$I_{\max}^{HH} = \frac{1,4 \cdot S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{HH}} \quad (2.18)$$

$$I_{\max}^{HH} = \frac{1,4 \cdot S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{HH}} = \frac{1,4 \cdot 63000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 5,092 \text{ кА.}$$

Струм у колі секційного вимикача :

$$I_{\max}^{CB} = \frac{1,4 \cdot S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{HH} \cdot 2} \quad (2.19)$$

$$I_{\max}^{CB} = \frac{0,7 \cdot S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{HH}} = \frac{0,7 \cdot 63000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 2,546 \text{ кА.}$$

Струм у колі лінії, що відходить :

$$I_{\max}^{ЛВ} = \frac{1,4 \cdot S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{HH} \cdot 10} \quad (2.20)$$

$$I_{10}^{omx} = \frac{1,4 \cdot S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{HH} \cdot 10} = \frac{1,4 \cdot 63000}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 10} = 509,2 \text{ А.}$$

На боці вищої напруги рекомендується установка елегазових вимикачів. Вибір вимикача наведений у таблиці 2.4 . Каталожні параметри вимикача узяті з довідника [1]. Обираємо вимикач ВЭК-110-40/2000У1.

Таблиця 2.4 – Вибір вимикача на боці 110 кВ.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_H$	110 кВ	110кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	462,930А	2000А

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$I_{по} \leq I_{прСКВ}$	9,403 кА	40кА
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	21,409кА	102кА
$I_{нт} \leq I_{откНом}$	9,403кА	40кА
$I_{ат} \leq I_{а ном}$	1,206 кА	-
$B_K \leq I_T^2 \cdot t_r$	7,515 кА ² с	-

Обраний вимикач задовольняє умови вибору.

На боці низької напруги рекомендується вибирати вакуумні вимикачі.

Таблиця 2.5 – Вибір вимикачів у колі трансформатора на боці 10 кВ.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	10 кВ	10кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	5092А	5000А
$I_{по} \leq I_{прСКВ}$	38,797 кА	40кА
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	88,336 кА	120кА
$I_{нт} \leq I_{откНом}$	38,797 кА	45кА
$I_{ат} \leq I_{а ном}$	7,425 кА	-
$B_K \leq I_T^2 \cdot t_r$	225,781кА ² с	-

Обрано вимикач МГГ-10-5000/45У3.

Таблиця 2.6 – Вибір секційного вимикача на боці 10 кВ.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	10 кВ	10кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	2546А	3150А
$I_{по} \leq I_{прСКВ}$	38,797 кА	40кА
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	88,336кА	100кА
$I_{нт} \leq I_{откНом}$	38,797 кА	40кА

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$I_{ат} \leq I_{а ном}$	7,425 кА	-
$B_K \leq I_T^2 \cdot t_r$	225,781 кА ² с	4800кА ² с

Обрано вимикач ВЭ-10-40/3150У3.

Таблиця 2.7 – Вибір вимикачів на лінії, що відходить, 10 кВ.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	10 кВ	10кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	509,2	3150А
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$	38,797 кА	40кА
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	88,336 кА	100кА
$I_{нт} \leq I_{откНом}$	38,797 кА	40кА
$I_{ат} \leq I_{а ном}$	7,425 кА	-
$B_K \leq I_T^2 \cdot t_r$	225,781 кА ² с	4800кА ² с

На лінії, що відходить установлений вимикач ВЭ-10-40/3150У3.

У таблиці 2.8 наведений вибір роз'єднувачів на боці 110 кВ, роз'єднувачі необхідні з одним і двома комплектами ножів, що заземлюють [1].

Таблиця 2.8. – Вибір роз'єднувачів 110 кВ.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	110 кВ	110кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	462,930А	630А
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	21,409 кА	80 кА
$B_K \leq I_T^2 \cdot t_r$	7,515 кА ² с	-

Установлений на боці 110 кВ роз'єднувач типу РНД-110/630Т1.

2.4 Вибір ошиновки розподільних пристроїв

В РУ 220 кВ використовуються гнучкі шини, які виконуються сталелеюмінієвими проводами марки АС.

1) Вибираються шини за економічною щільністю струму.

$$q_{\min} = \frac{I_{\text{трив}}}{j_e} \quad (2.21)$$

j_e - економічна щільність струму

$$[j_e] = \frac{A}{\text{мм}^2}; \quad j_e = 1,1 - \text{для неізольованих алюмінієвих проводів (при}$$

$T_{\text{нб}} = 3670 \text{ ч}$ - час використання найбільшого навантаження) [2]

$$q_{\min} = \frac{462,930}{1,1} = 420,845 \text{ мм}^2 \quad (2.22)$$

Можемо обрати провід АС 185/29, найближчий до розрахованого.

2) Вибраний переріз перевіряється за допустимим струмом

$$I_{\max} = 462,930 \text{ А}$$

$$I_{\text{доп}} = 510 \text{ А}$$

3) Вибраний переріз гнучких шин перевіряється на термічну стійкість при КЗ.

$$q_{\min} \leq q_{\text{розрах}}$$

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} \quad (2.23)$$

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{7,515}}{91 \cdot 10^{-3}} = 30,124 \text{ мм}^2,$$

$$\text{де } C = 91 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кАс}^{-1/2}}{\text{мм}^2}.$$

Умова виконується $30,124 \leq 185$.

4) Перевірку вибраних шин на електродинамічну стійкість при КЗ для гнучких шин не проводимо, так як повинна виконуватися умова: $I_{\text{кз}} > 20 \text{ кА}$, а за нашими розрахунками $I_{\text{кз}} = 9,403 \text{ кА}$ - отже умова не виконується.

5) Виконуємо перевірку за умовами коронування. Переріз проводу для напруги 110 кВ за умовами корони повинен бути не менше 120 мм^2 , але за умовою

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		32

розрахунковий струм набагато більший ніж припустимий для даної марки проводів, тому обираємо АС 240/32. Каталожні параметри проводів узяті з довідника [2].

б) В РУ 10 кВ застосовують жорсткі шини, які перевіряються по нагріву, щоб температура провідника не перевищувала припустимого значення необхідно, щоб виконувалася нерівність:

$$I_{\text{раб.нб}} \leq I_{\text{доп}}$$

$$I_{\text{раб.нб}} = 5,092 \text{ кА}$$

По $I_{\text{раб.нб}}$ вибираємо мідні шини прямокутного перерізу 120×10 з трьома смугами на фазу, для цих шин $I_{\text{доп ном}} = 5200 \text{ А}$ [2].

$I_{\text{раб.нб}}$ - найбільший струм в після аварійному та нормальному режимах.

$I_{\text{доп}}$ - найбільший допустимий струм шин вибраного перерізу.

k_n - поправочний коефіцієнт на струм при розрахованій температурі середовища (умовна температура середовища 25°C , нормована температура жил 70°C і температурі середовища 25°C) [2].

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{доп ном}} \cdot k_n = 5200 \cdot 1 = 5200 \text{ А} \quad (2.24)$$

$$5092 \text{ А} \leq 5200 \text{ А}$$

Нерівність задовольняється.

7) Жорсткі шини повинні перевірятися на термічну стійкість при КЗ.

$$q \geq q_{\text{min}}$$

q_{min} - min переріз за термічною стійкістю.

$$q_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} = \frac{\sqrt{225,781}}{91 \cdot 10^{-3}} = 165,12 \text{ мм}^2 \quad (2.25)$$

8) Вибрані шини, у загальному випадку, необхідно перевірити також на електродинамічну стійкість. Жорсткі шини необхідно перевіряти на динамічні дії струмів КЗ і на можливість виникнення резонансних явищ.

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		33

Зазначені явища не виникають при КЗ, якщо власна частота коливань шини менше 30 і більше 200 Гц. частота власних коливань для алюмінієвих шин визначається за формулою.

Частота власних коливань шини:

$$f_0 = \frac{173,2}{l^2} \sqrt{\frac{\gamma}{q}}, \quad (2.24)$$

де l - довжина прольоту між ізоляторами $l=1,5$ м;

γ - момент інерції поперечного перерізу шини щодо осі, перпендикулярної до напрямку згинаючої сили, $см^4$;

q - поперечний переріз шини, $см^2$.

$$\gamma = \frac{bh^3}{12} = \frac{1 \cdot 12^3}{12} = 144 \text{ см}^4 \quad (2.25)$$

b - товщина шини, см;

h - ширина шини, см.

$$f_0 = \frac{173,2}{l^2} \sqrt{\frac{\gamma}{q}} = \frac{173,2}{1,5^2} \sqrt{\frac{144}{1 \cdot 12}} = 266,34 \text{ Гц} \quad (2.26)$$

4) Перевірка шини на міцність

f_c - сила взаємодії між смугами

$$f_c = 0,25 \cdot 10^{-7} \cdot k_\phi \cdot \frac{i_{yo}^2}{b}; \quad (2.27)$$

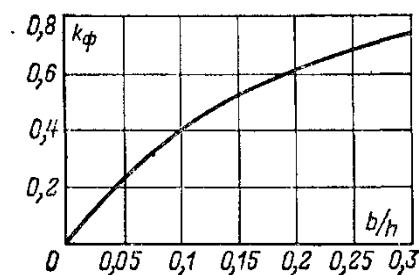


Рисунок 2.3 - Криві для визначення коефіцієнта k_ϕ для двосмугових шин при

$$a_{II} = 2b$$

k_ϕ - коефіцієнт форми шин (рис. 2.3), що враховує вплив поперечних розмірів провідника на сили взаємодії.

$$k_{\phi} = 0,3 \left(\frac{b}{h} = \frac{1}{12} \right) \quad (2.28)$$

$$f_c = 0,25 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3 \cdot \frac{88366^2}{1} = 58,564 \left(\frac{H}{м} \right) \quad (2.29)$$

Механічна напруга між смугами

$$\sigma_c = \frac{f_c l_n^2}{12 \cdot W_c} = \frac{58,564 \cdot 2,703^2}{12 \cdot 48} = 0,743 \text{ (МПа)} \quad (2.30)$$

$$l_n = 0,216 \cdot \sqrt{\frac{a_c}{i_{y\partial}}} \cdot \sqrt[4]{\frac{E \cdot J_c}{k_{\phi}}} = 0,216 \cdot \sqrt{\frac{2}{88366}} \cdot \sqrt[4]{\frac{10 \cdot 10^{10} \cdot 144}{0,3}} = 2,703 \text{ (м)} \quad (2.31)$$

$$a_c = 2b = 2 \cdot 1 = 2 \text{ (м)} \quad (2.32)$$

$$W_c = \frac{bh^2}{3} = \frac{1 \cdot 12^2}{3} = 48 \text{ (см}^3\text{)} \quad (2.33)$$

W_c - момент опору між смугами.

Механічна напруга між фазами

$$\sigma_{\phi} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{i_{y\partial}^2 \cdot l^2}{W_{\phi} \cdot a} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{(88,366 \cdot 10^3)^2 \cdot 1,5^2}{3456 \cdot 2} = 0,044 \text{ МПа} \quad (2.34)$$

$$W_{\phi} = \frac{bh^4}{6} = \frac{1 \cdot 12^4}{6} = 3456 \text{ (см}^3\text{)} \quad (2.35)$$

$\sigma_{розр} = \sigma_c + \sigma_{\phi} \leq \sigma_{дон}$ - умова механічної міцності двосмугової шини.

$\sigma_{расч}$ - розрахунковий механічний напрямок у матеріалі шин, МПа,

$\sigma_{дон} = 171,5$ МПа - допустима механічна напруга в матеріалі шин для мідного сплаву.

$$\sigma_{розр} = (0,743 + 0,044) \cdot 10^6 \leq 171,5 \cdot 10^6 \quad (2.36)$$

Умова механічної міцності трисмугової шини виконується.

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		35

2.5 Вибір трансформаторів струму і напруги

У ланцюзі силового трансформатора з боку нижчої напруги монтується амперметр, вольтметр, ватметр, лічильники активної і реактивної енергії, на шинах 110 кВ – вольтметр із перемикачем для виміру трьох міжфазних напруг, на секційному вимикачі 10 кВ-амперметр, на лініях, що відходять, 10 кВ-амперметр, лічильники активної і реактивної енергій. Розрахунок вторинного навантаження трансформатора струму наведений у таблиці 2.9 [1].

Таблиця 2.9 – Вторинне навантаження трансформаторів струму

Прилад	Тип	Клас	Навантаження по фазах		
			А	В	С
Амперметр	Э-335	1	0,5	0,5	0,5
Ватметр	Д350	1,5	0,5	-	0,5
Варметр	Д345	1,5	0,5	-	0,5
Лічильник активної енергії	СА3	1	2,5	-	2,5
Лічильник реактивної енергії	СР-4	1,5	2,5	-	2,5
Сумарне навантаження струму в колі силового тр-ра з боку НН			6,5	0,5	6,5
Сумарне навантаження струму в колі секц. вимикач на НН			0,5	0,5	0,5
Сумарне навантаження струму в колі силового тр-ра на боці ВН			0,5	0,5	0,5
Сумарне навантаження струму в колі відхідної лінії			0,5	0,5	0,5

Вибір трансформаторів струму наведений в таблицях 2.10 – 2.12. Каталогні параметри взяті з довідника [1].

Вибираємо трансформатор струму ТФЗМ 110-У1. Заносимо його каталожні дані в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 - Вибір трансформатора струму в колі силового трансформатора на боці вищої напруги.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	110 кВ	0 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	462,930 А	500 А
$i_y \leq I_{прСКВ}$	21,409кА	70
$B_K \leq I_T^2 t_r$	7,515кА ² с	700кА ² с
$Z_H \leq Z_{H.ном}$	0,82 Ом	1,25 Ом

Для перевірки за вторинним навантаженням розраховується опір приладів

$$Z_{прил} = \frac{S_{прил}}{I^2} = \frac{0,5}{5^2} = 0,02 \text{ Ом} \quad (2.37)$$

Також потрібно розрахувати опір сполучних проводів може бути не більше ніж розрахований за формулою:

$$Z_{пр} = Z_{ном} - Z_{прил} - Z_K \quad (2.38)$$

де: $Z_{ном}$ - номінальний опір навантаження, Ом;

$Z_{прил}$ - опір приладів, Ом;

Z_K - опір контактів, Ом.

$$Z_{пр} = 1,25 - 0,02 - 0,1 = 1,13 \text{ Ом} \quad (2.39)$$

Перетин сполучних проводів за умовами механічної міцності повинний бути не менше ніж $2,5 \text{ мм}^2$ для мідних жил.

Перетин жил при довжині кабеля $l = 100 \text{ м}$

$$Z_{пр} = \rho \frac{l}{F} \quad (2.40)$$

де: ρ - питомий опір міді, $0,0175, \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}}{\text{м}}$,

F - перетин жил, мм^2 ,

$$Z_{пр} = \frac{0,0175 \cdot 100}{2,5} = 0,7 \text{ Ом} \quad (2.41)$$

Загальний опір струмового кола

$$Z_H = Z_{\text{прил}} + Z_K + Z_{\text{пр}} = 0,02 + 0,1 + 0,7 = 0,82 \text{ Ом} \quad (2.42)$$

Що менше ніж 1,25 Ом, припустимих при роботі трансформатора в класі точності 0,5.

Вибираємо трансформатор ТШВ 15. Заносимо його каталожні дані в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 - Вибір трансформатора струму у колі силового трансформатора на боці нижчої напруги.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	10 кВ	10 кВ
$I_{\text{расч}} \leq I_{\text{ном}}$	5092А	6000 А
$i_y \leq i_{\text{дин}}$	88,366 кА	-
$B_K \leq I_T^2 t_r$	225,781кА ² ·с	А ² ·с
$Z_H \leq Z_{H.\text{ном}}$	0,403Ом	1,25 Ом

Проведемо перевірку на термічну стійкість при $K_{\text{мер}} = 20$

$$(I_{\text{ном}} K_{\text{мер}})^2 t_T \geq B_k \quad (2.43)$$

$$(6000 \cdot 20)^2 \cdot 3 = 43200 > 225,781$$

Як бачимо з розрахунків за термічною стійкістю вибраний ТС задовольняє.

Для перевірки за вторинним навантаженням визначаємо опір приладів

$$Z_{\text{прил}} = \frac{S_{\text{прил}}}{I^2} = \frac{0,5}{5^2} = 0,02 \text{ Ом} \quad (2.44)$$

Тоді опір сполучних проводів може бути не більше ніж розрахований за формулою:

$$Z_{\text{пр}} = Z_{\text{ном}} - Z_{\text{прил}} - Z_K \quad (2.45)$$

де: $Z_{\text{ном}}$ - номінальний опір навантаження, Ом;

$Z_{\text{прил}}$ - опір приладів, Ом;

Z_K - опір контактів, Ом.

$$Z_{\text{пр}} = 1,25 - 0,02 - 0,1 = 1,13 \text{ Ом} \quad (2.46)$$

Перетин сполучних проводів за умовами механічної міцності повинний бути не менше ніж 4мм^2 для алюмінієвих жил.

Перетин жил при довжині кабеля $l = 40 \text{ м}$

$$Z_{np} = \rho \frac{l}{F} \quad (2.47)$$

де: ρ - питомий опір алюмінію, $0,0283, \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}}{\text{м}}$,

F - перетин жил, мм^2 ,

$$Z_{np} = \frac{0,0283 \cdot 40}{4} = 0,283 \text{ Ом}.$$

Загальний опір струмового кола

$$Z_H = Z_{прил} + Z_K + Z_{np} = 0,02 + 0,1 + 0,283 = 0,403 \text{ Ом} \quad (2.48)$$

Що менше ніж 1,2 Ом, припустимих при роботі трансформатора в класі точності 0,5. Цей трансформатор струму відповідає умовам вибору.

Вибираємо трансформатор ТЛМ10-У3. Заносимо його каталожні дані в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Вибір трансформатора струму на лінії, що відходить.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	10 кВ	10 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	509,2А	600 А
$i_y \leq i_{дин}$	88,336кА	100 кА
$B_K \leq I_T^2 t_r$	225,781кА ² ·с	2028кА ² ·с
$Z_H \leq Z_{H.ном}$	0,403	1,25

Для перевірки за вторинним навантаженням розраховуємо опір приладів

$$Z_{прил} = \frac{S_{прил}}{I^2} = \frac{0,5}{5^2} = 0,02 \text{ Ом} \quad (2.49)$$

Отже опір сполучних проводів може бути не більше ніж розрахований за формулою:

$$Z_{np} = Z_{ном} - Z_{прил} - Z_K \quad (2.49)$$

де: $Z_{ном}$ - номінальний опір навантаження, Ом;

$Z_{\text{прил}}$ - опір приладів, Ом;

Z_K - опір контактів, Ом.

$$Z_{\text{np}} = 1,25 - 0,02 - 0,1 = 1,13 \text{ Ом} \quad (2.50)$$

Перетин сполучних проводів за умовами механічної міцності повинний бути не менше ніж 4 мм^2 для алюмінієвих жил.

Перетин сполучних проводів за умовами механічної міцності повинний бути не менше ніж 4 мм^2 для алюмінієвих жил.

Перетин жил при довжині кабеля $l = 40 \text{ м}$

$$Z_{\text{np}} = \rho \frac{l}{F} \quad (2.51)$$

де: ρ - питомий опір алюмінію, $0,0283, \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}}{\text{м}}$,

F - перетин жил, мм^2 ,

$$Z_{\text{np}} = \frac{0,0283 \cdot 40}{4} = 0,283 \text{ Ом} \quad (2.52)$$

Загальний опір струмового кола

$$Z_H = Z_{\text{прил}} + Z_K + Z_{\text{np}} = 0,02 + 0,1 + 0,283 = 0,403 \text{ Ом} \quad (2.53)$$

Що менше ніж $1,25 \text{ Ом}$, припустимих при роботі трансформатора в класі точності $0,5$. Цей трансформатор струму відповідає умовам вибору.

Обираємо трансформатори напруги за заданими значеннями напруги та за потужністю.

На боці високої напруги (110 кВ) обираємо трансформатори НКФ-110-58У1, на боці 10 кВ НОМ-10-66У2, використовуючи дані із таблиць наведених у довідниках [4], [5].

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		40

Таблиця 2.13 – Трансформатори напруги

Тип	Номинальна напруга обмоток			Номинальна потужність, В·А, в класі точності				Максимальна потужність, В·А
	Первинної, кВ	Вторинної, В	Додаткової, В	0,2	0,5	1	3	
НКФ-110-58	110/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100:3	-	400	600	1200	2000

Таблиця 2.14 Трансформатори напруги

Тип	Номинальна напруга обмоток			Номинальна потужність, В·А, в класі точності				Максимальна на потужність, В·А
	Первинної, кВ	Вторинної, В	Додаткової, В	0,2	0,5	1	3	
НОМ-10-66	10	100	-	-	75	150	300	630

2.6 Вибір трансформаторів власних потреб

Споживачами власних потреб можуть виступати різні перетворювачі електричної енергії, які використовують на підстанції для охолодження силових трансформаторів, зовнішнє або внутрішнє освітлення підстанції, обігрів приміщення, підігрів електрообладнання.

Сумарна розрахункова потужність приймачів власних потреб визначається з урахуванням коефіцієнтів попиту. Розрахунок потужності приймачів власних потреб наведений у таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Розрахунок потужності приймача власних потреб

Види споживачів	Встановлена потужність		Коефіцієнт попиту	cos φ	Навантаження
	одиниці, кВт*к-сть	Всього, кВт			S, кВА
Охолодження ТРДН-63000/110	2*4	8	0,82	0,8	5,64
Підігрів вимикачів на напрузі 110 кВ	3*3,6	10,8	1	1	10,8
Підігрів проводів роз'єднувачів, відділювачів, короткозамикачів	10*0,6	6	1	1	6
Опалення, освітлення, вентиляція закритого	1	5	0,65	1	3,08

На підстанції передбачається установка двох трансформаторів власних потреб. Номінальна потужність вибирається з умови

$$S_{TCH} \geq S_{CH},$$

де S_{TCH} - потужність трансформатора власних потреб, кВА.

S_{CH} - потужність споживачів власних потреб, кВА.

Оскільки $S_{CH}=26,69$ кВА, отже візьмемо потужність трансформатора власних потреб такою, що дорівнює 32 кВА.

Ремонтне навантаження на підстанції рекомендовано брати таким, що дорівнює 20 кВА. При підключенні цього навантаження на один трансформатор допускається його перевантаження на 20%. Взявши це до уваги, потужність трансформатора для забезпечення живлення навантаження власних потреб з урахуванням ремонтних навантажень

$$S_{TCH} \geq \frac{26,69 + 20}{1,2} = 38,9 \text{ кВА} \quad (2.54)$$

Стандартна потужність трансформатора 40 кВА. Остаточо для живлення споживачів власних потреб беремо два трансформатори ТМ-40/10

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		42

Електричну схему підстанції прикріплено в Додатку 3

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Изм.</i>	<i>ст</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>43</i>

3 РОЗРАХУНОК РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ

3.1 Вихідні данні для розрахунку захисту

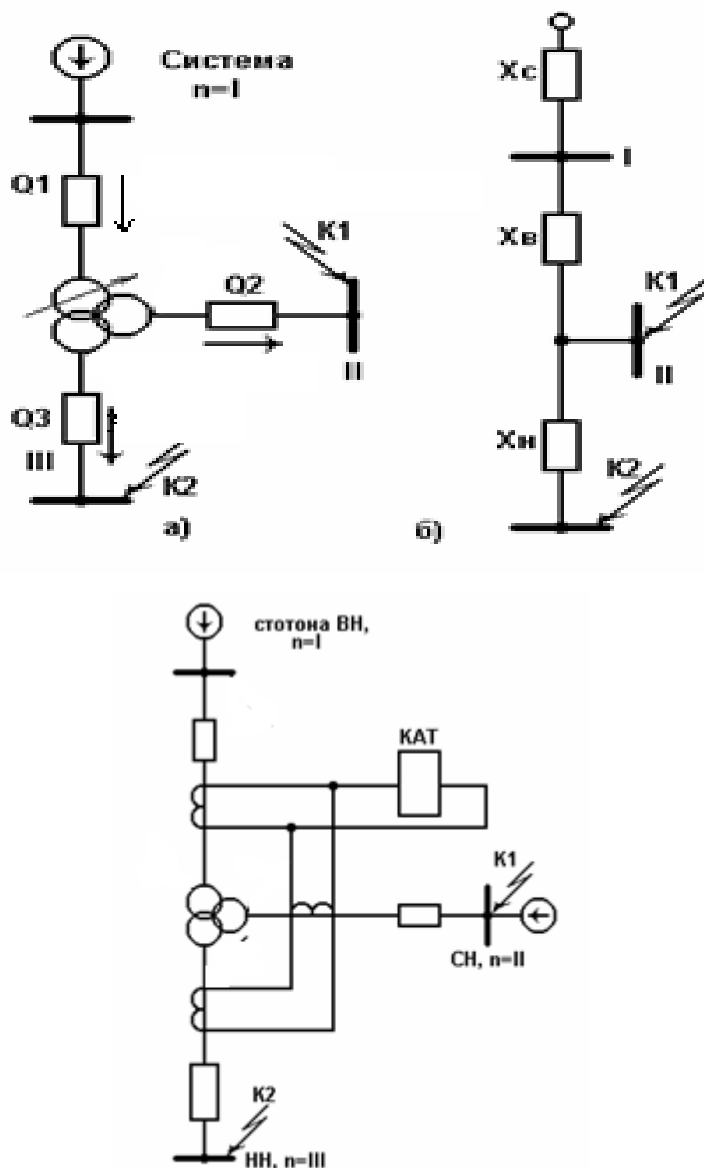


Рисунок 3.1 – Пояснювальна схема захисту трансформатора

Необхідно розрахувати релейний захист трансформатора АТДЦТН-125000/220, який має наступні характеристики:

$$S_{ном.} = 125 \cdot 10^6 \text{ ВА};$$

$$U_{ном.В} = 230 \cdot 10^3 \text{ В}; \quad U_{В-С} = 11 \%;$$

<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Нечваль Я. В..		
Керівник		Василега П. О.		
Консульт.				
Н. контр.				
Затверд.		Лебединський І. Л.		
<i>«Аналіз режимів роботи електричних мереж та вибір електрообладнання»</i>				
		Літ.	Арк.	Акрушів
		44	69	

$$U_{ном.С} = 121 \cdot 10^3 \text{ В}; \quad U_{В-Н} = 45 \%$$

$$U_{ном.Н} = 11 \cdot 10^3 \text{ В}; \quad U_{С-Н} = 28 \%$$

$$x_{С.макс} = 12 \text{ Ом} \quad x_{С.мин} = 18 \text{ Ом}$$

Розрахуємо опір трансформатора:

– активний :

$$R_{TC} = \frac{\Delta P_{кВ-С}}{1} \frac{U_{ном}^2}{S_m^2} = 0,48 \text{ Ом} \quad (3.1)$$

$$R_{TB} = \frac{\Delta P_{кВ-Н}}{1} \frac{U_{ном}^2}{S_m^2} = 0,55 \text{ Ом} \quad (3.2)$$

$$R_{TH} = \frac{\Delta P_{кС-Н}}{1} \frac{U_{ном}^2}{S_m^2} = 3,2 \text{ Ом} \quad (3.3)$$

– реактивний :

$$U_{к.В} = (U_{к.В-С} + U_{к.В-Н} - U_{к.С-Н})/2 = (11 + 31 - 19)/2 = 14 \% \quad (3.4)$$

$$U_{к.С} = (U_{к.В-С} - U_{к.В-Н} + U_{к.С-Н})/2 = (11 - 31 + 19)/2 = 0 \quad (3.5)$$

$$U_{к.Н} = (-U_{к.В-С} + U_{к.В-Н} + U_{к.С-Н})/2 = (-11 + 31 + 19)/2 = 31 \% \quad (3.6)$$

$$X_{TB} = \frac{U_{кВ}}{100} \frac{U_{ном.В.}^2}{S_{ном}} = \frac{14}{100} \frac{(230 \cdot 10^3)^2}{125 \cdot 10^6} = 49,248 \text{ Ом} \quad (3.7)$$

$$X_{TC} = \frac{U_{кН}}{100} \frac{U_{ном.Н.}^2}{S_{ном}} \approx 0 \text{ Ом} \quad (3.8)$$

$$X_{TH} = \frac{U_{кН}}{100} \frac{U_{ном.Н.}^2}{S_{ном}} = \frac{31}{100} \frac{(230 \cdot 10^3)^2}{125 \cdot 10^6} = 131,192 \text{ Ом} \quad (3.9)$$

При розрахунку струмів КЗ трансформаторів з РПН необхідно врахувати зміну опору за рахунок регулювання напруги. Для автотрансформаторів 220 кВ наближено можна прийняти:

$$x_{т.мин} = x_{т.ном} (1 - \Delta U)^2; \quad x_{т.макс} = x_{т.ном} (1 + \Delta U)^2, \text{ звідси маємо:} \quad (3.10)$$

$$x_{В.мин} = 49,248 \cdot (1 - 0,12)^2 = 45,882 \text{ Ом};$$

$$x_{В.макс} = 49,248 \cdot (1 + 0,12)^2 = 74,321 \text{ Ом}.$$

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$x_{H..мин} = 131,192 \cdot (1 - 0,12)^2 = 101,595 \text{ Ом}$$

$$x_{H..макс} = 131,192 \cdot (1 + 0,12)^2 = 164,567 \text{ Ом}$$

Струм КЗ на шинах СН становить:

$$I_{КС.макс}^{(3)} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3}(x_{с.макс} + x_{в.мин})} = \frac{230 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot (12 + 45,882)} = 2079 \text{ А} \quad (3.11)$$

$$I_{КС.мин}^{(2)} = \frac{U_{ср.ном}}{2(x_{с.мин} + x_{в.макс})} = \frac{230 \cdot 10^3}{2 \cdot (18 + 74,321)} = 1332 \text{ А} \quad (3.12)$$

Струм КЗ на шинах НН становить:

$$I_{кН.макс}^{(3)} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3}(x_{с.макс} + x_{в.мин} + x_{н.мин})} = \frac{230 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot (12 + 45,882 + 101,595)} = 832,664 \text{ А} \quad (3.13)$$

$$I_{кН.мин}^{(2)} = \frac{U_{ср.ном}}{2(x_{с.макс} + x_{в.макс} + x_{н.макс})} = \frac{230 \cdot 10^3}{2 \cdot (18 + 74,321 + 164,567)} = 447,666 \text{ А} \quad (3.14)$$

3.2 Розрахунок подовжнього диференційного струмового захисту

1) Струм спрацювання захисту визначається по більшому із двох значень:

а) Налаштування відкидки струму намагнічування

$$I_{с.з.нам} = k_{отс} I_{ном} = 1,3 \cdot 313,777 = 407,911 \text{ А} \quad (3.15)$$

$$\text{де } I_{ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3}U_{ср.ном}} = \frac{250 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 10^3} = 313,777 \text{ А}$$

б) Відстройка від струму небалансу

$$I_{с.з.неб} = k_z (k_{одн} \varepsilon + \Delta U_I + \Delta U_{II}) I_{КС.макс}^{(3)} = 1,3 \cdot (1,0 \cdot 0,1 + 0,12) \cdot 2079 = 594,507 \text{ А} \quad (3.16)$$

Приймаємо значення $I_{с.з.неб} = 594,507 \text{ А}$

2) Проводимо перевірку на чутливість захисту по первинним струмам при двухфазному КЗ на шинах НН:

$$k_{ч} = \frac{I_{кН.мин}^{(2)}}{I_{с.з.неб}} = \frac{447,666}{594,507} = 0,753 < 2 \quad (3.17)$$

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		46

3) З розрахунку видно, що реле типу РНТ не може забезпечити необхідної чутливості захисту. Тому для перевірки на чутливість візьмемо наступне реле типу ДЗТ-11 [6].

Вибираємо струм спрацювання захисту:

а) Відстройка відкидки струму намагнічування

$$I_{c.з.нам} = k_{отс} I_{ном} = 1,5 \cdot 313,777 = 470,666A \quad (3.18)$$

б) Відстройка від струму небалансу при КЗ на шинах СН

$$I_{c.з.небС} = k_3 (k_{одн} \varepsilon + \Delta U_I) I_{кС.макс}^{(3)} = 1,5 \cdot (1,0 \cdot 0,1 + 0,12) \cdot 2079 = 685,97A \quad (3.19)$$

в) Відстройка від струму небалансу при КЗ на шинах НН

$$I_{c.з.небН} = k_3 (k_{одн} \varepsilon + \Delta U_I) I_{кН.макс}^{(3)} = 1,5 \cdot (1,0 \cdot 0,1 + 0,12) \cdot 832,666 = 274,779A \quad (3.20)$$

Приймаємо реле ДЗТ-11 зі встановленою гальмівною обмоткою по стороні СН.

$$I_{c.з} = 274,779A$$

4) Визначаємо коефіцієнт чутливості захисту реле при КЗ на шинах НН

$$k_q = \frac{I_{кН.мин}^{(2)}}{I_{c.з}} = \frac{447,666}{274} = 1,634 < 2 \text{ не відповідає умові чутливості}$$

Розрахуємо коефіцієнт чутливості при номінальному коефіцієнті трансформації трансформатора

$$I_{к.мин}^{(2)} = \frac{230 \cdot 10^3}{2 \cdot (18 + 59,2 + 131)} = 551,718A \quad (3.21)$$

$$k_q = \frac{I_{к.мин}^{(2)}}{I_{c.з}} = \frac{551,718}{274} = 2,014 < 2 \text{ відповідає умові чутливості}$$

Вибір уставки ДЗТ

1) Визначаємо первинні струми для всіх сторін трансформатора, вибираємо трансформатори струму і визначаються вторинні струми в плечах захисту.

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		47

Таблиця 3.1 – Розрахунок первинних та вторинних струмів сторін трансформатора

Найменування величин	Позначення	Числові значення для сторін		
		230 кВ	121 кВ	11 кВ
Первинний номінальний струм трансформатора, А	$I_{ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \times U_{ном}}$	313,77	596,44	6561
Схема з'єднання трансформаторів струму		Трикутник	Трикутник	Зірка
Коефіцієнти трансформації трансформаторів струму	$n_{ТТ}$	800/5	1500/5	8000/5
Вторинні струми в плечах захисту, А	$I_{ном.вт} = \frac{I_{ном} \times k_{сх}}{n_{ТТ}}$	3,397	3,444	4,1

Із таблиці 3.1 видно, що в якості основної сторони необхідно взяти сторону НН, так як вона має найбільший вторинний струм.

2) Струм спрацювання реле для основної сторони

$$I_{CP.осн} = \frac{I_{сз} \cdot \frac{U_{ном.В}}{U_{ном.Н}} \cdot K_{сх}}{n_{ТТ}} = \frac{274 \cdot \frac{230 \cdot 10^3}{11 \cdot 10^3}}{\frac{8000}{5}} = 3,581A \quad (3.22)$$

3) Розрахункове значення витків робочої обмотки для основної сторони

$$w_{осн.расч} = \frac{F_{ср}}{I_{ср.осн}} = \frac{100}{3,581} = 27,928 \quad (3.23)$$

Приймаємо витків $w_{осн.расч} = 8$, що відповідає фактичному струму спрацювання

$$I_{CP.осн} = \frac{100}{26} = 3,846A. \quad (3.24)$$

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		48

4) Розрахунок числа витків для других сторін трансформатора

$$\text{для сторони 230 кВ } w_{расчI} = 27 \cdot \frac{4,1}{3,397} = 32,6, \text{ приймається } w_I = 33 \quad (3.25)$$

$$\text{для сторони 121 кВ } w_{расчII} = 27 \cdot \frac{4,1}{3,44} = 32,15, \text{ приймається } w_{II} = 33 \quad (3.26)$$

5) Уточнений струм спрацювання захисту з урахуванням похибки вирівнювання.

$$\Delta w_I = \frac{w_{осн.расч} - w_{осн}}{w_{осн.расч}} = \frac{|33 - 32,594|}{32,594} = 0,012 \quad (3.27)$$

$$I_{с.з.} = k_з (k_{одн} \varepsilon + \Delta U_I + \Delta w_I) I_{кН.макс}^{(3)} = 1,5 \cdot (1,0 \cdot 0,1 + 0,12 + 0,012) \cdot 832,664 = 290,337 \text{ А} \quad (3.28)$$

$$I_{CP.осн} = \frac{I_{сз} \cdot \frac{U_{ном.В}}{U_{ном.Н}} \cdot K_{СХ}}{n_{ТТ}} = \frac{274 \cdot \frac{230 \cdot 10^3}{11 \cdot 10^3}}{\frac{8000}{5}} = 3,794 \text{ А} \quad (3.29)$$

Так як розрахунковий струм спрацювання реле менший від фактичного, то вибір робочих витків закінчено.

6) Розрахунковий струм небаланса захисту при КЗ на стороні СН, де передбачено гальмування, з урахуванням похибки вирівнювання.

$$\Delta w_{II} = \frac{|33 - 32,151|}{32,151} = 0,026 \quad (3.30)$$

$$I_{нб.расч} = k_з (k_{пер} \varepsilon + \Delta U_I + \Delta U_{II} + \Delta w_{II}) I_{кс.макс}^{(3)} = 1,5 \cdot (1,0 \cdot 0,1 + 0,12 + 0,026) \cdot 2079 = 768,307 \text{ А} \quad (3.31)$$

7) Число витків тормозної обмотки.

$$w_{торм} = \frac{k_з \cdot I_{нб.расч} \cdot w_{раб}}{I_{кс.макс}^{(3)} \cdot \text{tg} \alpha} = \frac{1,5 \cdot 768,307 \cdot 32,151}{2079 \cdot 0,75} = 23,767 \quad (3.32)$$

Таким чином, до уставки на реле приймаються наступні витки:

$$w_I = 26 \quad w_{II} = 33 \quad w_{III} = 33 \quad w_{торм} = 23$$

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		49

8. Чутливість захисту визначається наближено по первинним струмам при розрахунковом КЗ на стороні НН для випадку мінімального та нормального регулювання трансформатора.

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кН.мин}}^{(2)}}{I_{\text{с.з.}}} = \frac{447,66}{290,337} = 1,542 \quad k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кН.мин}}^{(2)}}{I_{\text{с.з.}}} = \frac{501,386}{290,337} = 1,727 \quad (3.33)$$

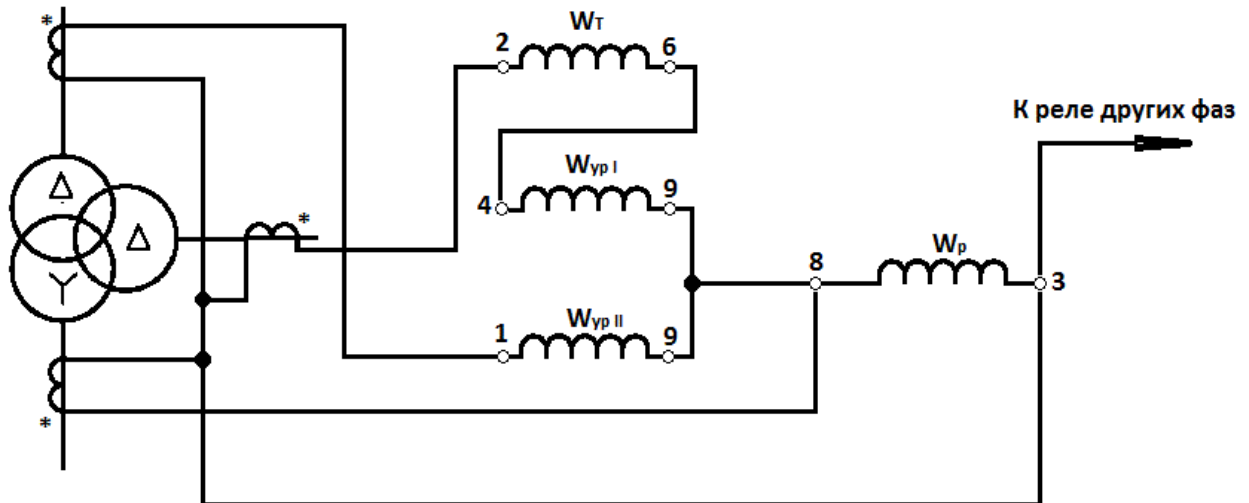


Рисунок 3.2 – Схема включення

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні відомості

Електромонтажні роботи в розподільчих пристроях і цехах, на електричних станціях, підстанціях і лініях електропередач, як правило, виконуються спеціальними монтажними організаціями.

Заходи безпеки під час виконання робіт з монтажними механізмами: Такелажні роботи повинні проводитись при спостереженні досвідчених працівників, яких призначено наказом по підприємству і котрі несуть відповідальність за безпеку цих робіт. Під час проведення такелажних робіт робітників необхідно забезпечити необхідними пристроями і механізмами, які полегшують роботу по підняттю і переміщенню вантажів. Роботи, що виконуються на висоті до 28 м від землі здійснюються за допомогою гідропідйомника.

4.2 Заходи безпеки під час монтажу кабельних ліній [10]

При прокладці кабеля вручну вантаж не повинен перевищувати 35 кг для чоловіків і 20 кг для жінок. При покладці кабеля по стінам на значній відстані від підлоги використовують помости з огорожею. При роботах з епоксидним компаундом (муфти) необхідним є застосування засобів індивідуального захисту шкіри, органів дихання і зору.

4.3 Заходи безпеки під час монтажу повітряних ліній електропередачі [11]

Підйом чи опускання опор повітряних ЛЕП здійснюють за допомогою механізмів. Монтажникам забороняється залазити на підняту опору до закінчення її закріплення. Під час робіт забороняється знаходження людей під опорою чи підйомником. Заборонено залишати котловани не засипаними на час перерви.

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нечваль Я. В.</i>			<i>«Аналіз режимів роботи електричних мереж та вибір електрообладнання»</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Василега П. О.</i>					<i>51</i>	<i>69</i>
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський І. Л.</i>						

4.4 Заходи безпеки під час монтажу розподільчих трансформаторів і електричних машин

Трансформатори розвантажують із залізнодорожних платформ по похилому скату з кутом нахилу не більше 10° . З боку, протилежного напрямку спуску, трансформатор підтримують відтяжками за допомогою лебідки. Під час підйому сердечника з баку забороняється здійснювати будь-які роботи на сердечнику чи баку.

4.5 Здійснення робіт в діючих електроустановках

Роботи, що здійснюються в діючих електроустановках по заходам електробезпеки розділяються на чотири категорії:

- при повному знятті напруги;
- при частковому знятті напруги - лише на ділянках, де проводяться роботи;
- без зняття напруги поблизу струмоведучих частин і на них;
- без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин.

До початку ремонтних чи налагоджувальних робіт мають бути виконані технічні і організаційні заходи, які забезпечують безпеку працюючих.

Технічні заходи. До них належать: відключення на ділянці, виділеній для проведення робіт і прийняття заходів проти помилкового включення чи самовключення; установка тимчасових огорож і вивішування попереджувальних плакатів; перевірка відсутності напруги на частині установки, виділеної для роботи; приєднання до заземлюючої шини, накладення заземлення (безпосередньо після перевірки відсутності напруги) і вивішування плаката "Працювати тут".

Організаційні заходи. До них належать оформлення наряду, розпорядження чи допуску до роботи; перерва в роботі, перехід на інше робоче місце, закінчення робіт, нагляд під час роботи.

Наряд - це письмове розпорядження на роботу в електроустановках, яке, визначає місце, час початку і закінчення роботи, умови її безпечного проведення,

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		52

склад бригади і осіб, що відповідають за безпеку робіт.

4.6 Допуск ремонтної бригади і нагляд за її роботою

Допускаючий до роботи разом з відповідальним і виконавцем робіт перевіряють правильність підготовки робочого місця і склад бригади. Допускаючий вказує місце роботи і перевіряє відсутність напруги на струмоведучих частинах. При цьому допускаючий проводить усний інструктаж про особливості даної електроустановки і про безпеку робіт і вручає виконавцю один екземпляр оформленого наряду. Нагляд за виконанням робіт здійснює виконавець, котрий не повинен відлучатись від бригади.

4.7 Організація служби охорони праці на підприємстві

Охорона праці на виробництві починається з організації управління охороною праці. Роботодавець зобов'язаний створити в кожному структурному підрозділі і на робочому місці умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, для чого:

- створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їх обов'язки права та відповідальність за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх дотримання;
- розробляє за участю сторін колективного договору і реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці;
- впроваджує прогресивні технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, позитивний досвід з охорони праці тощо;

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		53

- забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань, та здійснення профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин;
- організує проведення аудиту охорони праці, лабораторних досліджень умов праці, атестації робочих місць на відповідність нормативним актам про охорону праці в порядку і строки, що встановлюються законодавством;
- вживає за їх підсумками заходів щодо усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;
- розробляє і затверджує положення, інструкції, інші нормативні акти про охорону праці, що діють у межах підприємства, та встановлюють правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до державних міжгалузевих і галузевих нормативно-правових актів про охорону праці, забезпечує безплатно працівників нормативно-правовими актами про охорону праці;
- здійснює постійний контроль за додержанням працівником технологічних процесів, правил поводження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відповідно до вимог з охорони праці;
- організує пропаганду безпечних методів праці та співробітництво з працівниками у галузі охорони праці;
- вживає термінових заходів для допомоги потерпілим, залучає за необхідності професійні аварійно-рятувальні формування у разі виникнення на підприємстві аварій та нещасних випадків. Роботодавець несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог.

4.8 Обов'язки працівника щодо додержання вимог нормативно-правових актів з охорони праці

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Изм.</i>	<i>ст</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54

Кожен працівник, виконуючи трудові обов'язки, зобов'язаний :

- дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства;
- знати і виконувати вимоги нормативних актів про охорону праці, правила поведіння з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;
- проходити в установленому порядку попередні та періодичні медичні огляди. Працівник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог.

4.9 Комісія з питань охорони праці підприємства

З метою забезпечення пропорційної участі працівників на підприємстві для вирішення будь-яких питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища за рішенням трудового колективу може створюватися комісія з питань охорони праці.

Комісія складається з представників роботодавця та професійної спілки, а також уповноваженої найманими працівниками особи, спеціалістів з безпеки, гігієни праці та інших служб підприємства відповідно до типового положення, що затверджується спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці.

Рішення комісії мають рекомендаційний характер. Обов'язкові медичні огляди працівників певних категорій. Роботодавець зобов'язаний за свої кошти організувати проведення попереднього (при прийнятті на роботу) і періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах із шкідливими чи небезпечними умовами праці або таких, де є потреба у професійному доборі, а також щорічного обов'язкового медичного огляду осіб віком до 21 року.

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>	Арк.
<i>Изм.</i>	<i>ст</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55

За результатами періодичних медичних оглядів у разі потреби роботодавець повинен забезпечити проведення відповідних оздоровчих заходів.

Медичні огляди проводяться відповідними закладами охорони здоров'я, працівники яких несуть відповідальність згідно із законодавством за відповідність медичного висновку фактичному стану здоров'я працівника. Проведення медичних оглядів визначається спеціально уповноваженим Центральним органом виконавчої влади в галузі охорони здоров'я.

Роботодавець має право в установленому законом порядку притягнути працівника, що ухиляється від обов'язкового медичного огляду, до дисциплінарної відповідальності, а також зобов'язаний відсторонити його від роботи без збереження заробітної плати.

Роботодавець зобов'язаний за свій рахунок забезпечити позачерговий медичний огляд працівників:

- за заявою працівника, коли він вважає, що погіршення стану його здоров'я пов'язане з умовами праці;
- за своєю ініціативою, коли стан здоров'я не дозволяє працівнику виконувати свої трудові обов'язки.
- за час проходження медичного огляду за працівниками зберігаються місце роботи (посада) і середній заробіток.

4.10 Наукова база охорони праці

Національний науково-дослідний інститут охорони праці (НДІ) та галузеві науково-дослідні інститути з охорони праці займаються:

- а) розробкою та реалізацією із залученням наукових кадрів науково обґрунтованих рішень з питань поліпшення та безпеки умов праці;
- б) прогнозуванням наслідків аварій та нещасних випадків;
- в) розробкою планів локалізації і ліквідації аварій та нещасних випадків;
- г) моделюванням аварійних ситуацій, а також розробкою заходів для їх відвернення;

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>	Арк.
<i>Изм.</i>	<i>ст</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		56

- д) проведенням моніторингу з питань безпеки та умов праці;
- е) оцінкою ефективності управління охороною праці і виробленні рекомендацій щодо її вдосконалення.

4.11 Навчання з питань охорони праці

Питанням охорони праці працівники повинні навчатися постійно. Усі працівники при прийнятті на роботу і в процесі роботи повинні проходити за рахунок роботодавця на підприємстві інструктаж, навчання з питань охорони праці, з надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків і правил поведінки при виникненні аварії.

Працівники, зайняті на роботах з підвищеною небезпекою або там, де є потреба у професійному доборі, повинні проходити їй попереднє спеціальне навчання і один раз на рік перевірку знань відповідних нормативно-правових актів про охорону праці. Перелік робіт з підвищеною небезпекою затверджується спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду охороною праці.

Посадові особи, діяльність яких пов'язана з організацією безпечного ведення робіт під час прийняття на роботу і періодично один раз на три роки, проходять навчання, а також перевірку знань з питань охорони праці за участю профспілок. Працівники, у тому числі посадові особи, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з охорони праці, не допускаються до роботи. Коли у працівників, у тому числі посадових осіб, виявлені незадовільні знання з питань охорони праці, вони повинні у місячний строк пройти повторне навчання і перевірку знань.

4.12 Фінансування охорони праці

Фінансування охорони праці здійснюється роботодавцем.

Для підприємств, незалежно від форм власності, або фізичних осіб, які використовують найману працю, витрати на охорону праці становлять не менше 0,5 відсотка від суми реалізованої продукції.

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Изм.</i>	<i>ст</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

На підприємствах, що утримуються за рахунок бюджету, витрати на охорону праці передбачаються в державному або місцевих бюджетах і становлять не менше 0,2 відсотка від фонду оплати праці.

Суми витрат з охорони праці, що належать до валових витрат юридичної чи фізичної особи, яка відповідно до законодавства використовує найману працю, визначаються згідно з переліком заходів та засобів з охорони праці, що затверджується Кабінетом Міністрів України.

Кошти галузевих і державного фондів охорони праці витрачаються на здійснення галузевих і національних програм з питань охорони праці, науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт, що виконуються в межах цих програм, на сприяння становленню і розвитку спеціалізованих підприємств та виробництв, творчих колективів, науково-технічних центрів, експертних груп на заохочення трудових колективів і окремих осіб, які плідно працюють над розв'язанням проблем охорони праці.

4.13 Атестація робочих місць на відповідність вимогам нормативних актів

Атестація робочих місць це:

- виявлення факторів і причин виникнення небезпечних і шкідливих умов праці.
- виявлення факторів і причин виникнення установлення санітарно-гігієнічних умов виробничого середовища та напруженості виробничого процесу на робочому місці;
- підтвердження у працюючого пільгового пенсійного забезпечення за роботу в шкідливих та небезпечних умовах праці. Роботодавець підприємства відповідає за своєчасне та якісне проведення атестації робочих місць.

Атестаційна комісія із залученням, при необхідності, фахівців інших організацій, проводить постійно атестацію робочих місць у терміни, передбачені колективним договором, не рідше одного разу на п'ять років. Атестаційна комісія:

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		58

- а) організує вивчення нормативно-правової документації з питань атестації робочих місць;
- б) залучає у встановленому порядку організації до атестації робочих місць, що мають на це право;
- в) здійснює контроль і організує керівництво за роботами при атестації робочих місць;
- г) складає плани розміщення обладнання, визначає межі робочих зон і відповідний їм номер спільно з санітарно-епідеміологічною службою;
- д) визначає небезпечні і шкідливі виробничі фактори і визначає значення цих Факторів;
- е) розробляє заходи щодо поліпшення умов праці та оздоровленню працюючих;
- ж) визначає "Карту умов праці" на атестоване робоче місце. Працівникам оповіщають про результати атестації робочого місця.

4.14 Порядок допуску до електромонтажних робіт

Безпека праці при обслуговуванні та ремонті трансформаторів. Перед початком робіт в електроустановках в цілях безпеки необхідно проводити організаційні і технічні заходи.

До організаційних заходів відносять видачу нарядів, розпоряджень і допуску до роботи, нагляд під час роботи, оформлення перерв в роботі, перекладів на інше робоче місце і закінчення роботи.

Наряд - це завдання на безпечне виробництво робіт, що визначає їх місце і зміст, час початку і закінчення, необхідні заходи безпеки, склад бригади і осіб, відповідальних за безпеку виконання робіт. Наряд виписується на бланку спеціальної форми.

Розпорядження - це завдання на виробництво робіт, визначальний їх зміст, місце і час, заходи безпеки і осіб, яким доручено виконання цих робіт.

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
						59
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		

Наряди і розпорядження видають особи, що мають групу по електробезпеці не нижче V в електроустановках напругою вище 1000 В, і не нижче IV в установках напругою до 1000 В. Наряд на роботу виписується під копірку в двох екземплярах і видається оперативному персоналу безпосередньо перед початком підготовки робочого місця до роботи

При роботі по наряді бригада повинна складатися:

- виробника робіт
- члена бригади.

Виробник робіт відповідає за правильність підготовки робочого місця, виконання необхідних для виробництва робіт заходів безпеки. Він же проводить інструктаж бригади про ці заходи, забезпечує їх виконання її членами, стежить за справністю інструменту, такелажного, ремонтного оснащення. Виробник робіт, що виконуються по наряді в електроустановках напругою вище 1000 В, повинен мати групу по електробезпеці не нижче IV, в установках до 1000 В і для робіт, що виконуються по розпорядженню, - не нижче III.

Допуск до роботи здійснюється допускаючим - відповідальною особою з оперативного персоналу. Перед допуском до роботи відповідальний керівник і виробник робіт разом з тим, що допускає перевіряють виконання технічних заходів щодо підготовки робочого місця. Після цього той, що допускає перевіряє відповідність складу бригади і кваліфікації включених в неї осіб, прочитує по наряді прізвища відповідального керівника, виробника робіт, членів бригади і зміст дорученої роботи; пояснює бригаді, звідки знята напруга, де накладені заземлення, які частини ремонтovanого і сусідніх приєднань залишилися під напругою і які особливі умови виробництва робіт повинні дотримуватися; указує бригаді межі робочого місця і переконується, що все їм сказане зрозуміло бригадою. Після роз'яснень допускаючий доводить бригаді, що напруга відсутня, наприклад, в установках вище 35 кВ за допомогою накладення заземлень, а в установках 35 кВ і нижче, де заземлення не видно з місця роботи, - за допомогою покажчика напруги і дотиком рукою до струмоведучих частин.

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		60

З моменту допуску бригади до робіт для попередження порушень вимог техніки безпеки виконавець робіт або спостерігач здійснює нагляд Спостерігачу забороняється суміщати нагляд з виробництвом якої-небудь Роботи і залишати бригаду без нагляду під час її виконання. Вирішується короточасна відсутність одного або декількох членів бригади. За відсутності виробника робіт, якщо його не може замінити відповідальний керівник або особа, що видала даний наряд, або особа з оперативного персоналу, бригада виводиться з розподільного пристрою, двері РУ закриваються і оформлюється перерва в роботі.

Періодично перевіряється дотримання працюючими правил техніки безпеки. При виявленні порушень ПТБ або виявленні інших обставин, загрозливих безпеці працюючих, у виробника робіт відбирається наряд і бригада віддаляється з місця роботи.

При перерві в роботі впродовж робочого дня бригада віддаляється з РУ, після перерви жоден з членів бригади не має права увійти в РУ у відсутність виконавця робіт або спостерігаючого, оскільки під час перерви можуть відбутися зміни в схемі, виробництва робіт, що відбиваються на умовах. Після закінчення робіт робоче місце упорядковується, приймається відповідальним керівником, який після виведення бригади виконавцем робіт розписується в наряді про їх виконання. Оперативний персонал оглядає устаткування і місця роботи, перевіряє відсутність людей, сторонніх предметів, інструменту, знімає заземлення і перевіряє відповідно до прийнятого порядку обліку, видаляє тимчасову огорожу, знімає плакати «Працювати тут», «Влізати тут», встановлює на місце постійні огорожі, знімає плакати, вивішені до початку роботи. Після закінчення перерахованих робіт наряд закривається і включається електроустановка.

До технічних заходів відносять відключення напруги і вживання заходів, що перешкоджають помилковому або мимовільному включенню комутаційної апаратури, вивішування заборонних плакатів, перевірку відсутності напруги, накладення заземлень, вивішування застережливих і приписуючих плакатів.

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		61

У електроустановках напругою вище 1000 В з усіх боків, звідки може бути подана напруга на місце роботи, при відключенні повинен бути видимий розрив, який здійснюється відключенням роз'єднувачів, віддільників і вимикачів навантаження без автоматичного включення їх за допомогою пружин, встановлених на самих апаратах. Видимий розрив можна створити, знявши запобіжники, або від'єднавши, або знявши шини і дроти. Трансформатори напруги і силові трансформатори відключаються з обох боків, щоб виключити зворотну трансформацію. Щоб уникнути помилкового або мимовільного включення комутаційних апаратів виконують наступні заходи:

- ручні приводи у відключеному положенні і стаціонарні огорожі замикають на механічний замок;
- у приводів комутаційних апаратів, що мають дистанційне керування, відключають силові ланцюги і ланцюги оперативного струму;
- у вантажних і пружинних приводів вмикаючий вантаж або пружини приводять в неробоче положення.

У електроустановках напругою до 1000 В залежно від конструкції замикають рукоятки або дверці шафи, вкривають кнопки, встановлюють між контактами ізолюючі накладки, від'єднують кінці проводів від вмикаючої котушки. Відключене положення апаратів з недоступними для огляду контактами визначається перевіркою відсутності напруги.

На приводах ручного і ключах дистанційного керування комутаційної апаратури вивішують заборонні плакати «Не включати. Працюють люди», а на повітряних і кабельних лініях - «Не включати. Робота на лінії». Залежно від місцевих умов і характеру роботи не відключені струмоведучі частини, доступні для ненавмисного дотику на час роботи, захищають щитами, екранами з ізоляційних матеріалів, ізолюючими накладками або встановлюють спеціальні пересувні огорожі.

Робоче місце захищають канатом з вивішеними на них плакатами «Стій. Напруга», оберненими всередину простору, що захищається. На конструкціях по

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ	Арк.
Изм.	ст	№ докум.	Підпис	Дата		62

яких дозволено підніматися, вивішують плакат «Працювати тут», на сусідніх- «Не влізай. Уб'є!». На всіх підготовлених робочих місцях після накладення заземлення і огорожі робочого місця вивішують плакат «Працювати тут».

Під час роботи забороняється переставляти або прибирати плакати і встановлені тимчасові огорожі, а також проникати на територію захищених ділянок. Відсутність напруги перевіряють між всіма фазами, кожною фазою і землею, кожною фазою і нульовим дротом.

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Изм.</i>	<i>ст</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>63</i>

ВИСНОВКИ

Були знайдені потоки потужностей в мережі при наступних випадках: максимальний і аварійний режими роботи (при відключенні – обриві, виході з ладу – ділянки А-2). Знайдені також втрати потужностей в елементах мережі. Розглянуті величини напруги у вузлах мережі з урахуванням подовжніх і поперечних складових падінь напруги на ділянках мережі.

Значення напруги у вузлових точках електричної системи схеми мають допустимі відхилення у всіх двох режимах роботи, що відповідає правилам, та нормативним документам проектування. Ці відхилення визначаються конфігурацією мережі, навантаженням та іншими чинниками, від яких залежить падіння напруги. Компенсація реактивної потужності за допомогою компенсуючих пристроїв для регулювання напруги не була потрібна.

Доцільно зробити висновок, що всі поставлені завдання вирішені повною мірою і робота задовольняє вимогам.

Мною було розрахована електрична частина підстанції та побудована електрична схема .

В цій роботі я провів розрахунок захисту трансформатора АТДЦТН-125000/220 від усіх видів замикань на виводах і в обмотках сторін з заземленою нейтраллю, а також від багатофазних замикань на виводах і в обмотках сторін з ізолюваною нейтраллю. Розрахунок проводився для двох видів реле: РНТ-565, ДЗТ-11. Згідно ПУЭ коефіцієнт чутливості реле повинен бути не менше 2. Але при розрахунках для реле РНТ-565 ця умова не виконується, тому для захисту трансформатора вибираю ДЗТ-11.

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Нечваль Я. В.</i>			<i>«Аналіз режимів роботи електричних мереж та вибір електрообладнання»</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Василега П. О.</i>					
<i>Консульт.</i>							
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський І. Л.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
						64	69

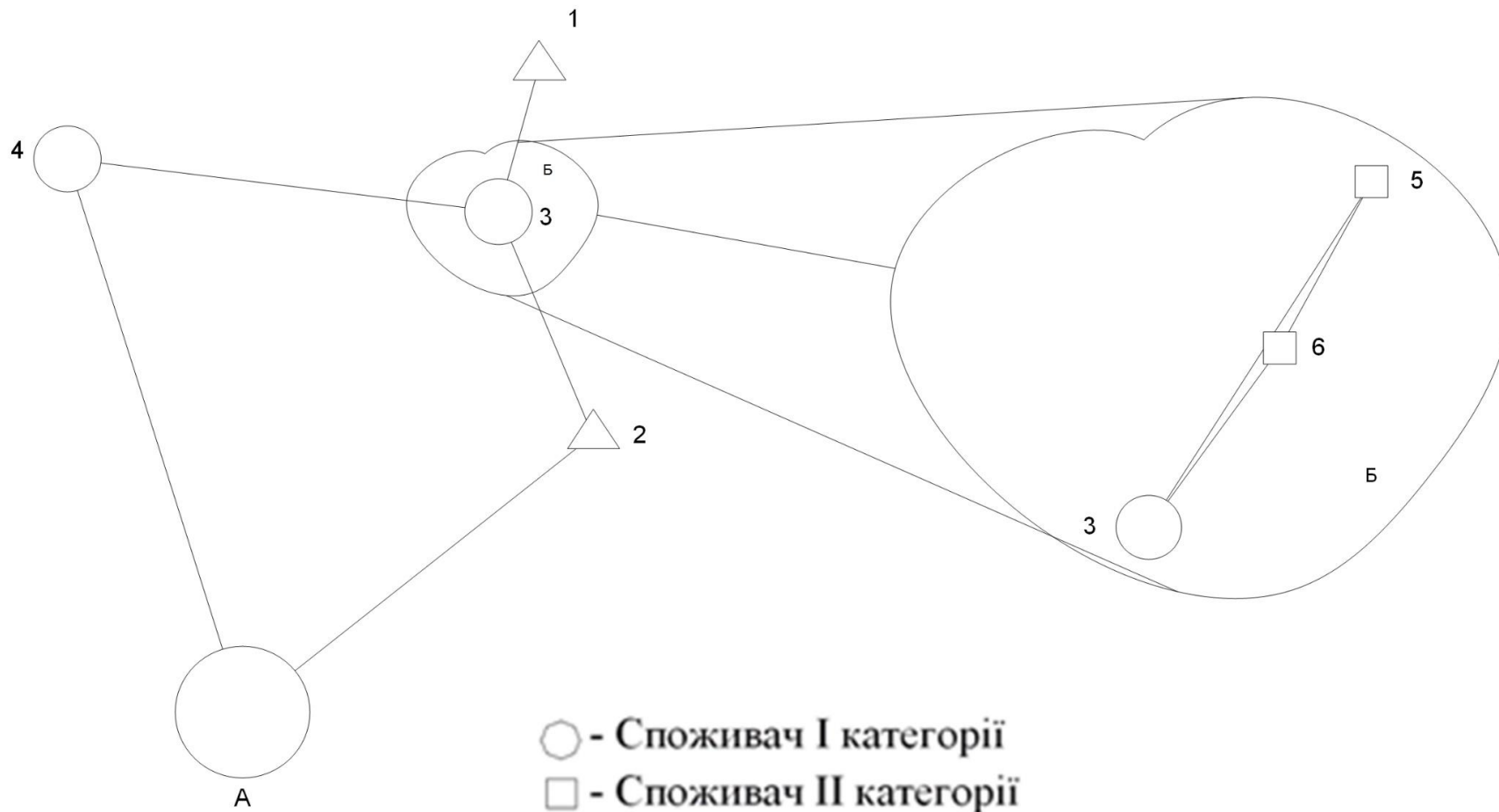
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. – Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования, – М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. Идельчик В. И. Электрические системы и сети. – Учебник для вузов. М. Энергоатомиздат 1989, 582 с.
3. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций. Москва энергоатомиздат, 1978.
4. Правила устройства электроустановок. -М.: Энергоатомиздат, 1986.
5. Методические указания к курсовому проекту по курсу “Электрические станции и подстанции”. Составитель – Лебединский И.Л. Сумы, СумГУ, 2005 г.
6. Жуков С. Ф. Расчет защит трансформаторов и автотрансформаторов. Учебное пособие. – Мариуполь: 2001.
7. Правила улаштування електроустановок – 5-те вид.,переробл. Й доповн. – Харків, Форт, 2014.
8. Силовые трансформаторы. Технические сведения. Сумы СумГУ 2005. Составил Лебединский И.Л.
9. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Міністерство праці та соціальної політики України, комітет по нагляду за охороною праці, 1998. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98> дата звернення: 25.05.2020).
10. Андриевский В.Н., Голованов А.Т., Зеличенко А.С. Эксплуатация воздушных линий электропередачи. - М.: Энергия, 1975.
11. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - М.: Энергоатомиздат, 1986.

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нечваль Я. В..</i>			<i>«Аналіз режимів роботи електричних мереж та вибір електрообладнання»</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Василега П. О.</i>					65	69
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський І. Л.</i>						

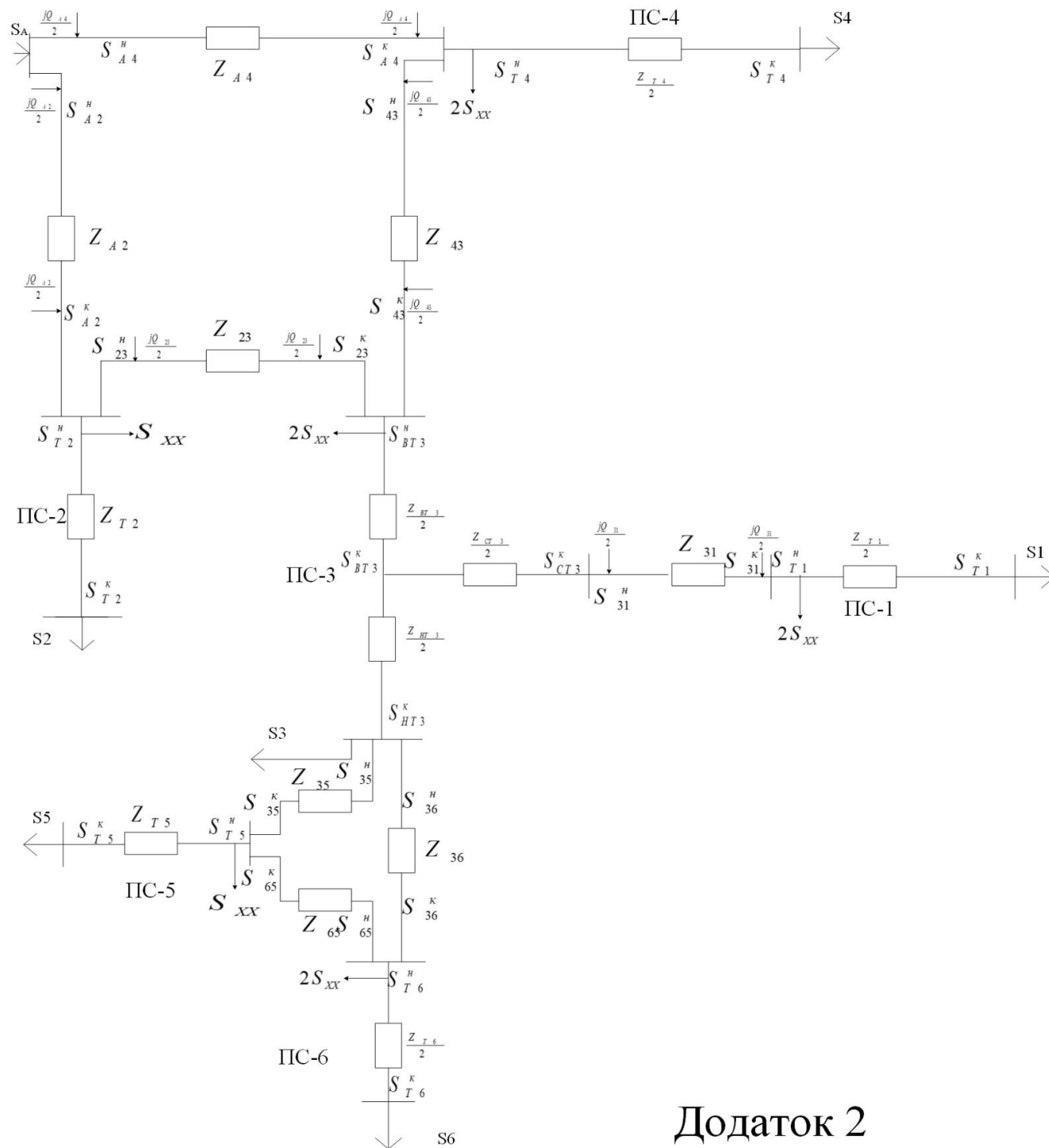
ДОДАТКИ

					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>	Арк.
<i>Изм.</i>	<i>ст</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		66



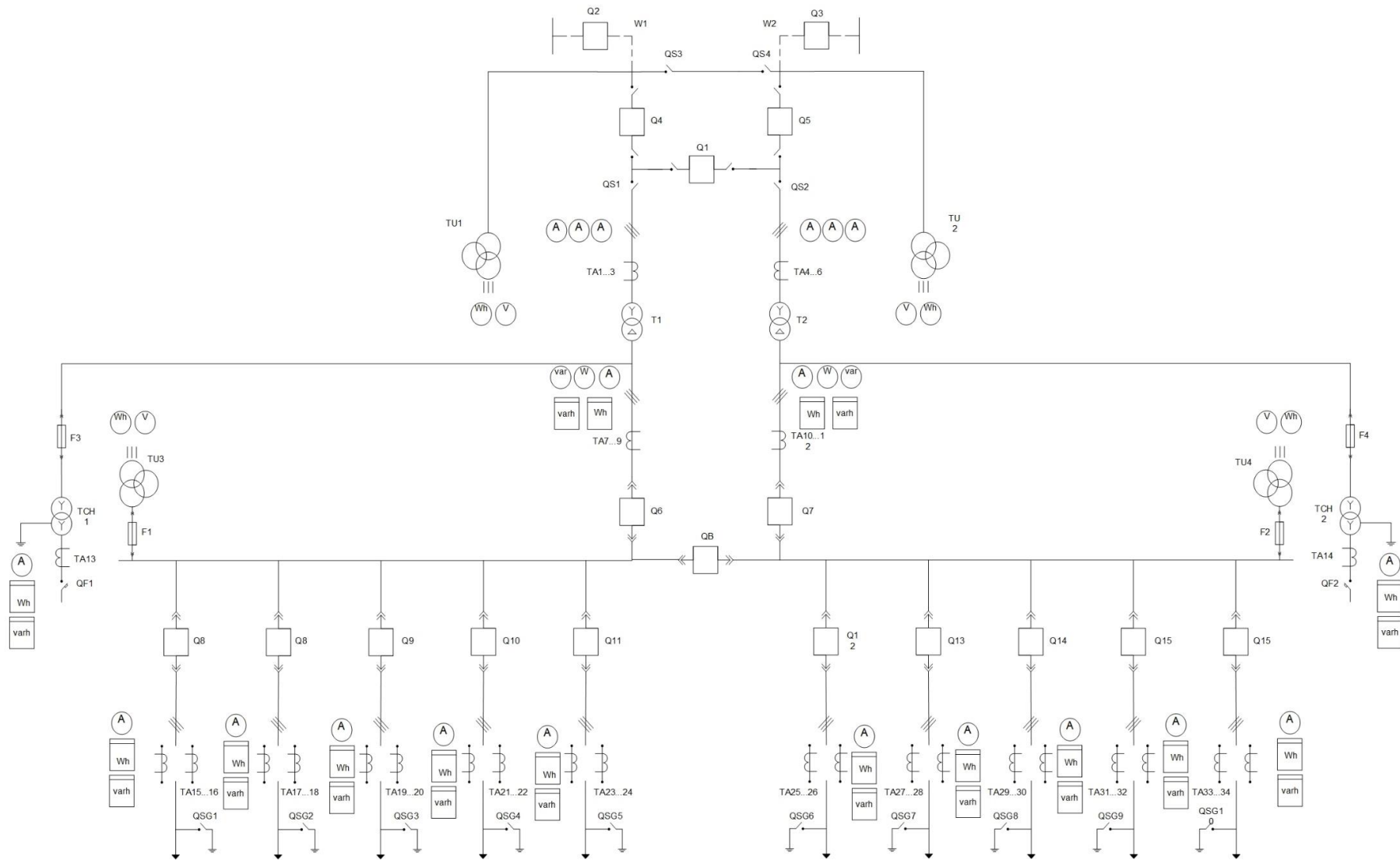
Додаток 1

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат.	СХЕМА З'ЄДНАННЯ СПОЖИВАЧІВ	Лист	Місяц	Місяць
Розробив	Печенько В. В.					у		
Перевірив	Васильченко П. О.							
Технічний						Лист 1		Листів
Несміяло								
Утв.	Лебедюк Олександр							



Додаток 2

					ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ		
Зм.	Лист	№ доруч.	Підп.	Дата	Лист	Місяц	Масштаб
Розробив		Печенько Я. В.			4		
Перевірив		Васильченко П. О.					
Технічний							
Начальник							
Учт.		Лебедюк Олександр					
					Лист 1	Листів	

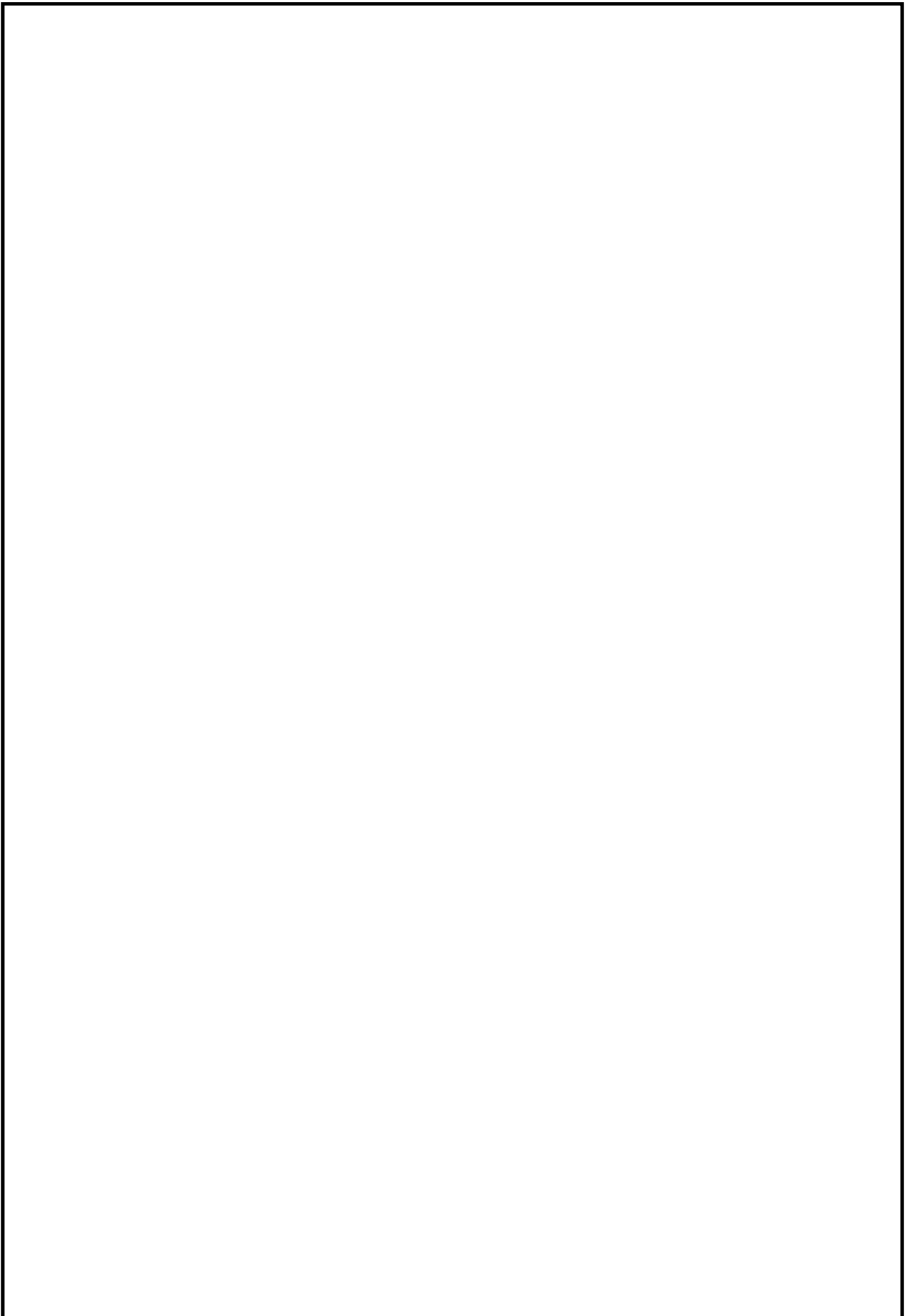


Позначення	Назва	Кількість
F	запобіжник	4
Q	вимикач	16
QB	секційний вимикач	1
QF	автоматичний вимикач	2
QS	роз'єднувач	4
QSG	роз'єднувач заземлення	2
TU	трансформатор U	4
V	вольтметр	4
var	варметр	2
varh	підсумок VAh	14
W	ватметр	2
Wh	підсумок Wh	14
A	амперметр	20
TA	тр. струму	34
TCH	тр. власник погреб	2

Додаток 3

ДПЗ. 141..538 ET-61 ПЗ				
Зм.	Лист	№ доки.	Підп.	Дата
Розробка	Лещенко Я. В.			
Перевір.	Володимир П. О.			
Технічний				
Нормуваль.				
Учт.	Лебедюк Олександр			

ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА ПІДСТАНЦІ		
Лист	Маск	Маск№
У		1:1
Лист 1		Листе



					<i>ДПЗ. 141..538 ЕТ-61 ПЗ</i>	Арк.
<i>Изм.</i>	<i>ст</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		70