

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання  
Кафедра електроенергетики

Завідувач кафедри електроенергетики

\_\_\_\_\_ І.Л. Лебединський

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2022 р.

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

На тему: Розрахунок параметрів електричних мереж та вибір  
електрообладнання

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав студент гр. ЕТз-81с \_\_\_\_\_ Багатенко О.С.

Керівник: к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Василюк П.О.

Суми-2022

Сумський державний університет

Факультет: Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання  
Кафедра електроенергетики  
Спеціальність: 141– Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
електроенергетики  
\_\_\_\_\_ Лебединський І.Л.  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

до виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра  
Багатенко Олександр Сергійович

1.Тема роботи :«Розрахунок параметрів електричних мереж та вибір електрообладнання»  
затверджена наказом по університету № \_\_\_\_\_ від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

2.Термін здачі студентом закінченої роботи \_\_\_\_\_ р.

3.Вихідні дані до роботи:

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити):

Вступ

1. Розрахунок електричної мережі

2. Розрахунок електричної частини підстанції

3. Розрахунок релейного захисту

6. Охорона праці

Висновки по роботі

Список використаної літератури.

Додатки

5. Перелік обов’язкового графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень або плакатів)

- Схема мережі;

- Електрична схема підстанції

					<i>БР.141.506.ЕТз-81с.ПЗ</i>			
<i>З м</i>	<i>А р</i>	<i>№ д о к у м.</i>	<i>П і д п</i>	<i>Д а</i>				
		<i>Багатенко О.С.</i>			Розрахунок параметрів електричних мереж та вибір електрообладнання	<i>Л і т.</i>	<i>А р к.</i>	<i>А р к у ш і</i>
		<i>Василега П.О.</i>						71
<i>Н.</i>						<i>Сум ДУ</i>		
		<i>Лебединський І. Л</i>						

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунок електричної мережі	До 15.02.2022	
2	Розрахунок електричної частини підстанції	До 01.03.2022	
3	Релейний захист	До 15.04.2022	
4	Охорона праці	До 10.05.2022	
5	Оформлення графічного матеріалу	До 05.06.2022	
6	Оформлення пояснювальної записки	До 10.06.2022	
7	Здача роботи на перевірку	До 10.06.2022	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

					<i>БР.141.506.ЕТз-81с.ПЗ</i>			
<i>З м</i>	<i>А р</i>	<i>№. д о к у м.</i>	<i>П і д п</i>	<i>Д а</i>				
		<i>Багатенко О.С.</i>			Розрахунок параметрів електричних мереж та вибір електрообладнання	<i>Л і т.</i>	<i>А р к.</i>	<i>А р к у ш і</i>
		<i>Василега П.О.</i>						71
<i>Н.</i>					<i>Сум ДУ</i>			
		<i>Лебединський І. Л</i>						

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка

**Тема роботи:** Розрахунок параметрів електричних мереж та вибір електрообладнання

Calculation of parameters of electrical networks 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

					БР.141.506.ЕТЗ-81с.ПЗ	Лист
						4
З м	А р	№ док ум.	П і д п	Д а		

. 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

					<i>БР.141.506.ЕТЗ-81с.ПЗ</i>	Лист
						5
<i>З м</i>	<i>А р</i>	<i>№ док ум.</i>	<i>П і д п</i>	<i>Д а</i>		

## Зміст

ВСТУП.....	8
<b>1 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЛІНІЙ І ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДСТАНЦІЙ.....</b>	<b>9</b>
<i>Вихідні дані .....</i>	<i>9</i>
<i>1.1 Вибір напруг ліній .....</i>	<i>9</i>
<i>1.2 Розрахунок потужностей трансформаторів підстанцій .....</i>	<i>11</i>
<i>1.3 Розрахунок параметрів ліній .....</i>	<i>14</i>
<i>1.4 Розрахунок навантажень вузлів з урахуванням трансформаторів .</i>	<i>14</i>
<i>1.5 Розрахунок потужностей на ділянках замкнутої мережі з урахуванням втрат потужності в трансформаторах .....</i>	<i>17</i>
<i>1.6 Складання розрахункової схеми заміщення мережі .....</i>	<i>19</i>
<i>1.7 Визначення напруг у вузлах навантаження .....</i>	<i>19</i>
<i>1.8 Регулювання напруги в вузлах навантаження.....</i>	<i>21</i>
<b>2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДСТАНЦІ .....</b>	<b>23</b>
<i>2.1 Вибір силових трансформаторів та їх перевірка за графіком навантаження. ....</i>	<i>23</i>
<i>2.2 Розрахунок струмів короткого замикання.....</i>	<i>25</i>
<i>2.3 Вибір захисної та комутаційної апаратури.....</i>	<i>27</i>
<i>2.4 Вибір збірних шин .....</i>	<i>30</i>
<i>2.5 Вибір жорстких шин .....</i>	<i>32</i>
<i>2.6 Вибір ошиновки розподільчих пристроїв (РП) .....</i>	<i>38</i>
<i>2.7 Обґрунтування схеми електричних з'єднань підстанції .....</i>	<i>39</i>
<i>2.8 Вибір трансформаторів власних потреб .....</i>	<i>41</i>
<i>2.9 Компонування розподільних пристроїв на боці 110 кВ.....</i>	<i>42</i>
<i>2.10 Компонування розподільних пристроїв на боці 10 кВ.....</i>	<i>43</i>
<b>3 РОЗРАХУНОК РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТРАНСФОРМАТОРА .....</b>	<b>45</b>
<i>3.1 Вибір установок реле ДЗТ-11 .....</i>	<i>48</i>

3.2 Розрахунок максимального струмового захисту з комбінованим пуском по напрузі .....	51
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	<b>53</b>
4.1 Загальні відомості .....	53
4.2 Заходи безпеки під час монтажу кабельних ліній .....	53
4.3 Заходи безпеки під час монтажу повітряних ліній електропередачі .....	53
4.4 Заходи безпеки під час монтажу розподільчих трансформаторів і електричних машин .....	54
4.5 Здійснення робіт в діючих електроустановках .....	54
4.6 Допуск ремонтної бригади і нагляд за її роботою .....	55
4.7 Організація служби охорони праці на підприємстві .....	55
4.8 Обов'язки працівника щодо додержання вимог нормативно-правових актів з охорони праці .....	57
4.9 Комісія з питань охорони праці підприємства .....	57
4.10 Наукова база охорони праці .....	58
4.11 Навчання з питань охорони праці .....	59
4.12 Фінансування охорони праці .....	59
4.13 Атестація робочих місць на відповідність вимогам нормативних актів .....	60
4.14 Порядок допуску до електромонтажних робіт .....	61
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>66</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>67</b>
Додаток А.....	69
Додаток Б .....	69
Додаток В.....	71

## ВСТУП

Процес проектування електричних мереж в наш час складається з ряду послідовних етапів, першим з яких є складання технічно конкурентоспроможних варіантів схем, а надалі – порівняння цих варіантів за техніко-економічними показниками і вибір з них найкращого. Оцінці техніко-економічних показників варіантів передують 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.

					БР.141.506.ЕТЗ-81с.ПЗ	Лист
						8
З м	А р	№ док ум.	П і д п	Д а		



# 1 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЛІНІЙ І ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДСТАНЦІЙ

## Вихідні дані

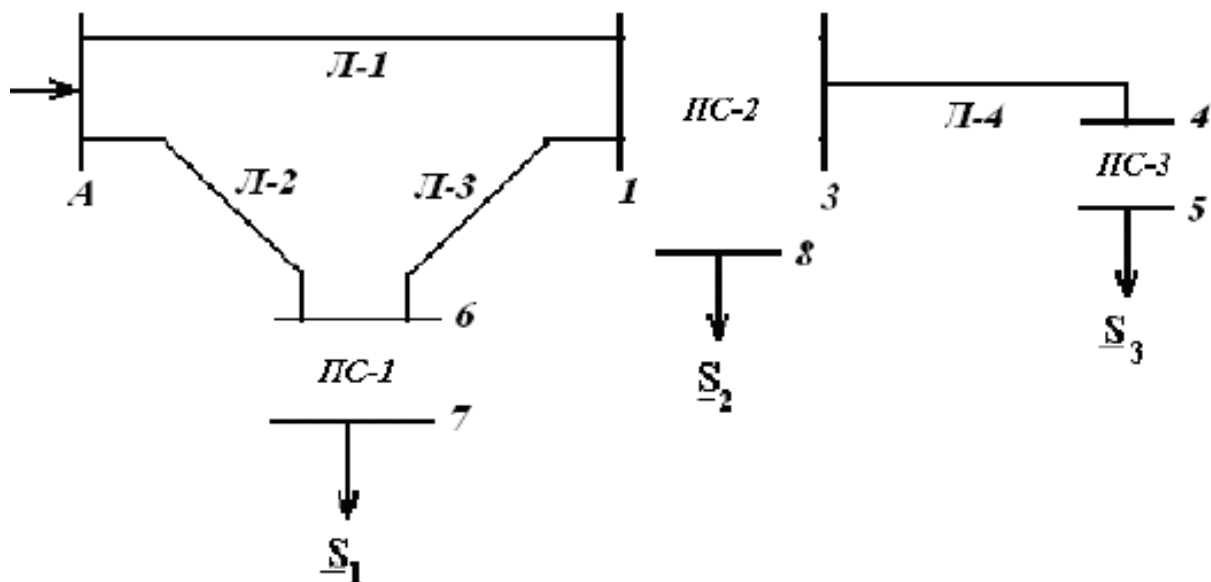


Рисунок 1.1 - Однолінійна електрична схема з'єднань заданої електричної мережі

На рисунку 1.1 представлена схема з'єднань заданої електричної мережі. Дана мережа живиться від джерела напруги А.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані до схеми

Варіант	Довжина ПЛ, км				Потужності навантаження, МВА		
	Л-1	Л-2	Л-3	Л-4	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
1	40	30	40	20	60+j70 I	30+j20 II	5+j8 III

### 1.1 Вибір напруг ліній

Для розрахунку струмів та напруг на всіх ділянках мережі необхідно визначити орієнтовні потоки потужності. З урахуванням умовних позначень розрахунок потужностей визначаємо за такими формулами:

$$S_{6p} = S_1 = 60 + j70 \text{ МВА}$$

$$S_{1p} = S_2 + S_3 = 30 + j20 + 5 + j8 = 35 + j28 \text{ МВА}$$

Зобразимо замкнуту мережу, що складається з ліній Л-1,Л-2,Л-3.

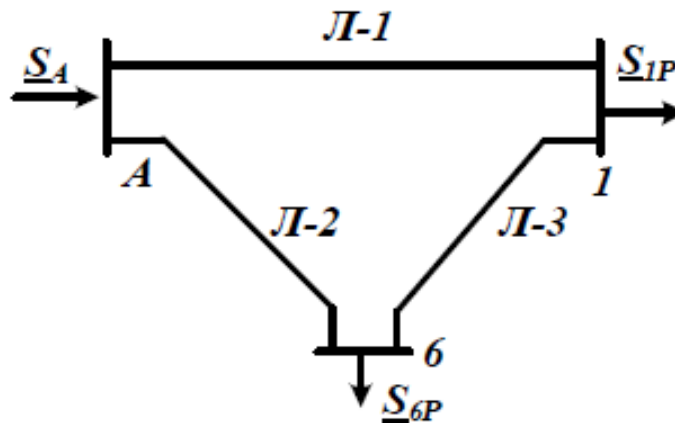


Рисунок 1.2 – Замкнута мережа

Розімкнемо замкнуту мережу, наведену на рисунку 1.2, за джерелом живлення А (рисунок 1.3), позначимо потужності на ділянці мережі

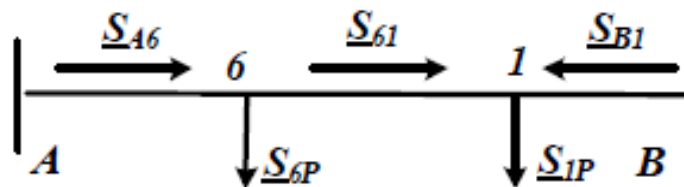


Рисунок 1.3 – Розімкнена мережа

Визначаємо потужності на ділянках розімкненої мережі:

$$S_{A6} = \frac{S_{6P} * (l_{61} + l_{1B}) + S_{1P} * l_{1B}}{l_{A6} + l_{61} + l_{1B}} = 56.4 + j61.1 \text{ MVA}$$

$$S_{61} = S_{A6} - S_{6P} = -3.64 - j8.91 \text{ MVA}$$

$$S_{B1} = \frac{S_{6P} * l_{A6} + S_{1P} * (l_{61} + l_{A6})}{l_{A6} + l_{61} + l_{1B}} = 38.66 + j36.9 \text{ MVA}$$

Складемо рівняння балансу потужності:

$$S_{A6} + S_{B1} = S_{2P} + S_{1P}$$

Визначимо напругу на ділянках замкненої мережі (рисунок 1.2)

$$U = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}}$$

де  $L$  та  $P$  – відповідно довжина та активна потужність у МВт для розрахункової ділянки.

Таблиця 1.2 – Напруга на ділянках мережі

Номер ділянки	Л-1	Л-2	Л-3
Довжина ділянки, км	30	40	40
Напруга ділянки, кВ	113	128	38

Приймаємо напругу в замкнутій мережі 110 кВ

Визначаємо струми проводів ліній:

$$I = \frac{S_{\text{л}}}{\sqrt{3}U_{\text{л}}}$$

Таблиця 1.3 – Струми на ділянках мережі

Ділянки мережі	Л-1	Л-2	Л-3
Струм, А	281	437	51

Вибираємо марки проводів [3]:

Таблиця 1.4 - Марка проводів

Ділянка мережі	Л-1	Л-2	Л-3
Марка і переріз проводу	АС-185/29	АС-185/29	АС-185/29

Таблиця 1.5 – Технічні дані проводу АС-185/29

Переріз проводу, мм <sup>2</sup>	Тривалий допустимий струм, А	Діаметр проводу, мм	$r_0$ , Ом/км при +20°C	110 кВ	
				$x_0$ , Ом/км	$b_0 \cdot 10^{-6}$ См/км
185/29	510	18,8	0,159	0,413	2,75

## 1.2 Розрахунок потужностей трансформаторів підстаній

### Підстанція ПС-1

Ставимо два трансформатора, так як споживач першої категорії.

Потужність одного трансформатора ПС-1 визначається за формулою:

$$S_{\text{T}} = \frac{S_1}{1.4} = \frac{\sqrt{60^2 + 70^2}}{1.4} = 65,85 \text{ МВА}$$

Вибираємо трансформатор ТДЦ-80000/110 по напрузі мережі і розрахунковій потужності.

Визначаємо коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$K_3 = \frac{S_1}{2 * S_T} = \frac{\sqrt{60^2 + 70^2}}{2 * 80} = 0.576$$

Так як коефіцієнт завантаження менший 0,7, то два паралельно працюючих трансформатори ТДЦ-80000/110 задовольняють вимоги, що пред'являються.

Таблиця 1.6 – Технічні дані трансформатора ТДЦ-80000/110

Sном, МВА	Межі регулювання	Каталожні дані						Розрахункові дані		
		Уном обмоток, кВ		Uк,%	ΔРк, кВт	Рх, кВт	Iх, %	Rт, Ом	Xт, Ом	ΔQх, кВАр
		ВН	НН							
80	±6*2,5%	121	6,3; 10,5; 13,8	10,5	310	70	0,6	0,71	19,2	480

*Підстанція ПС-2*

Ставимо два трансформатори, так як споживач другої категорії.

Потужність одного трансформатора ПС-2 визначається наступною формулою:

$$S_T = \frac{S_1}{1.4} = \frac{\sqrt{35^2 + 28^2}}{1.4} = 32 \text{ МВА}$$

Вибираємо триобмотковий трансформатор ТДТН-40000/110 по напрузі мережі і розрахунковій потужності.

Визначаємо коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$K_3 = \frac{S_1}{2 * S_T} = \frac{\sqrt{35^2 + 28^2}}{2 * 40} = 0.56$$

Так як коефіцієнт завантаження менший 0,7, то два паралельно працюючих трансформатори ТДТН-40000/110 задовольняють вимоги, що пред'являються.

Таблиця 1.7 – Технічні дані трансформатора ТДТН-40000/110

Sном, МВА	Каталожні дані	
	Уном обмоток, кВ	Uк, %

	ВН	СН	НН	В-С	В-Н	С-Н
40	115	11;22; 38,5	6,6;11	10,5(17)	17(10,5)	6

Продовження таблиці 1.7

Тип	Каталожні дані			Розрахункові дані						
	ΔРк, кВт	Рх, кВт	Іх, %	Rт, Ом			Xт, Ом			ΔQх, кВАр
				ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
ТДТН-40000/110	200	43	0,6	0,8	0,8	0,8	35,5	0	22,3	240

Примітка. Трансформатор має РПН ±9\*1,78% в нейтралі.

### Підстанція ПС-3

Ставимо один трансформатор, так як споживач третьої категорії.

Потужність трансформатора ПС-3 визначається наступною формулою:

$$S_T = 0.9S_3 = 0.9\sqrt{5^2 + 8^2} = 8.5 \text{ МВА}$$

Вибираємо двообмотковий трансформатор ТМН-10000/35 по напрузі мережі 35кВ і розрахунковій потужності.

Таблиця 1.8 – Технічні дані трансформатора ТМН-10000/35

Тип	Sном, МВА	Межі регулювання	Каталожні дані						Розрахункові дані		
					Uк, %	ΔРк, кВт	Рх, кВт	Іх, %	Rт, Ом	Xт, Ом	ΔQх, кВАр
			ВН	НН							
ТМН-10000/35	10	±9*1,3%	36,7	6,3;10,5	7,5	65	14,5	0,8	0,88	10,1	80

Обираємо тип проводу для лінії Л-4. Для цього визначимо струм в лінії Л-4 по формулі:

$$I = \frac{S_3}{\sqrt{3} * U} = \frac{\sqrt{5^2 + 8^2}}{\sqrt{3} * 35} = 0.155 \text{ кА}$$

За каталогом вибираємо провід АС-70/11, технічні дані якого наведені в таблиці 1.9

Таблиця 1.9 – Технічні дані проводу АС-70/11

Перетин проводу,	Тримало допустимий	Діаметр проводу,	r <sub>0</sub> , Ом/км при +20°C	35 кВ	
				x <sub>0</sub> , Ом/км	b <sub>0</sub> , 10 <sup>-6</sup> См/км

мм <sup>2</sup>	струм, А	мм			
70/11	265	10,7	0,422	0,418	2,72

### 1.3 Розрахунок параметрів ліній

Знайдемо параметри ліній електричної мережі

Значення активних та реактивних опорів ліній, а також величина зарядної потужності наведені в таблиці 1.10

$$R_L = r_0 * l_L; X_L = x_0 * l_L; \frac{jQ_L}{2} = U_{\text{НОМ}}^2 * \frac{b_0 * l_L}{2}$$

Таблиця 1.10 – Розрахункові параметри повітряної лінії мережі

Лінія		Л-1	Л-2	Л-3	Л-4
R <sub>Л</sub>	Ом	6,36	4,77	6,36	8,44
X <sub>Л</sub>	Ом	16,52	12,39	16,52	8,36
Q <sub>Л/2</sub>	МВАр	0,6655	0,499	0,6635	0,0368

### 1.4 Розрахунок навантажень вузлів з урахуванням трансформаторів

#### Підстанцій ПС-1

Визначаємо розрахункову потужність у вузлі 6 з урахуванням втрат в обмотках трансформаторів при максимальному навантаженні .

Зображуємо схему заміщення двох двообмотковий трансформаторів. Потужність в вузлі 6.

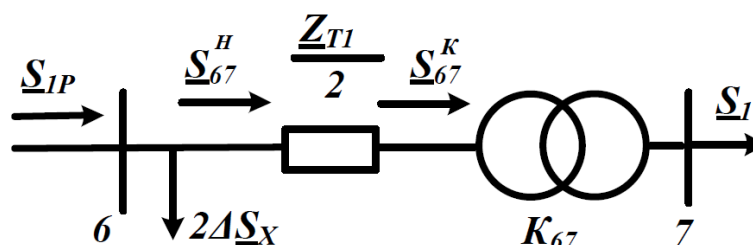


Рисунок 1.4 – Схема заміщення підстанції ПС-1

Визначаємо потужність  $S_{67}^K$

$$S_{67}^K = S_1 = 60 + j70 \text{ МВА}$$

Визначаємо потужність  $S_{67}^H$

$$S_{67}^H = S_{67}^K + \frac{(P_{67}^K)^2 + (Q_{67}^K)^2}{U_H^2} * \frac{Z_{T1}}{2} = 60.26 + j76.76 \text{ МВА}$$

Врахуємо зарядні потужності ліній, що підходять до вузла 6, при визначенні розрахункової потужності  $S_{1p}$ :

$$S_{1p} = S_{67}^H + 2\Delta S_x = 60.4 + j77.7 \text{ МВА}$$

### Підстанція ПС-3

Визначаємо розрахункову потужність у вузлі 4 з урахуванням втрат потужності в обмотках трансформатора при максимальному навантаженні.

Зображуємо схему заміщення двообмоткового трансформатора (рис.5)

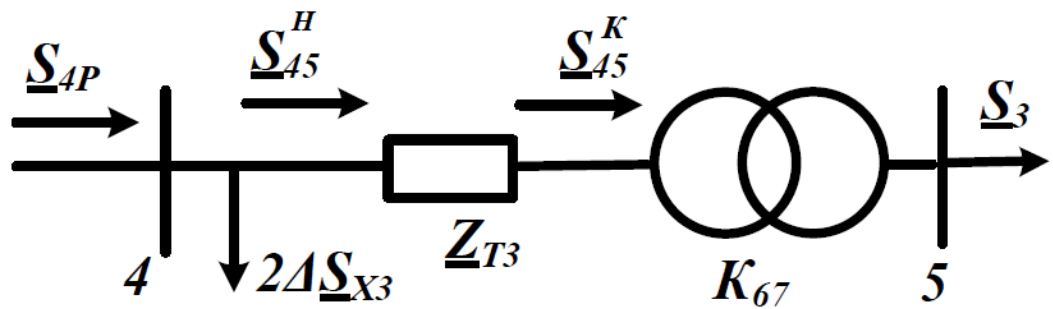


Рисунок 1.5 – Схема заміщення підстанції ПС-3

Визначаємо потужність  $S_{45}^K$

$$S_{45}^K = S_3 = 5 + j8 \text{ МВА}$$

Визначаємо потужність  $S_{45}^H$

$$S_{45}^H = S_{45}^K + \frac{(P_{67}^K)^2 + (Q_{67}^K)^2}{U_H^2} * \frac{Z_{T1}}{2} = 60.26 + j76.76 \text{ МВА}$$

Врахуємо втрати холостого ходу трансформатора, при визначенні розрахункової потужності  $S_{4p}$ :

$$S_{4p} = S_{45}^H + S_x = 5.08 + j8.8 \text{ МВА}$$

### Підстанція ПС-2

Визначаємо розрахункову потужність у вузлі 3 з урахуванням втрат потужності в лінії Л-4 максимальному навантаженні.

Записуємо потужність в кінці лінії Л-4  $S_{34}^K$ :

$$S_{34}^K = S_{4p} = 5,08 + j8,8 \text{ МВА}$$

Визначаємо потужність  $S_{34}^K$ :

$$S_{34}^H = S_{34}^K + \frac{(P_{34}^K)^2 + (Q_{34}^K)^2}{U_{H1}^2} * Z_{34} = 5,8 + j9,5 \text{ МВА}$$

Визначаємо розрахункову потужність у вузлі 1 з урахуванням втрат потужності в обмотках трансформаторів при максимальному навантаженні.

Зображуємо схему заміщення двох триобмоткових трансформаторів (рис.1.6)

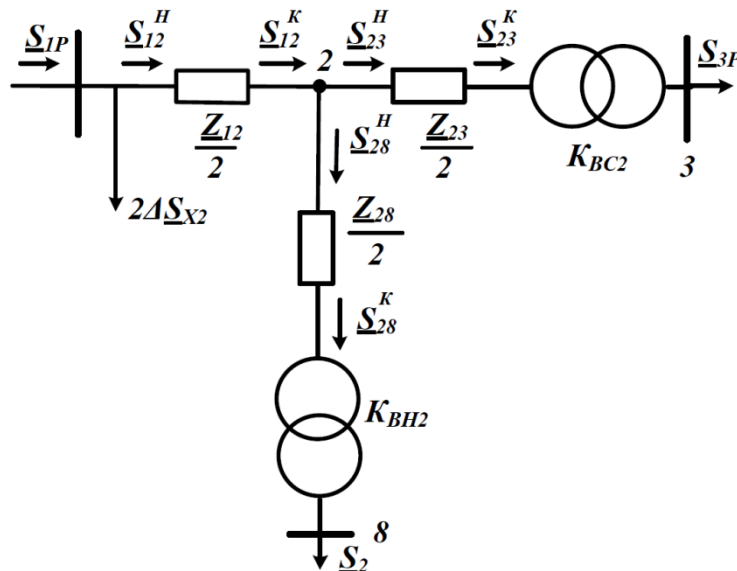


Рисунок 1.6 – Схема заміщення підстанції ПС-2

Визначаємо потужність  $S_{28}^K$

$$S_{28}^K = S_2 = 30 + j20 \text{ МВА}$$

Визначаємо потужність  $S_{28}^H$

$$S_{28}^H = S_{28}^K + \frac{(P_{28}^K)^2 + (Q_{28}^K)^2}{U_H^2} * \frac{Z_{28}}{2} = 30 + j21,21 \text{ МВА}$$

Визначаємо потужність  $S_{23}^K$ :

$$S_{23}^K = S_{3p} = 5,8 + j9,52 \text{ МВА}$$



Визначаємо потужність  $S'_{23}$ :

$$S_{23}^H = S_{23}^K + \frac{(P_{23}^K)^2 + (Q_{23}^K)^2}{U_H^2} * \frac{Z_{23}}{2} = 5,85 + j9.52 \text{ МВА}$$

Визначаємо потужність  $S_{12}^K$ :

$$S_{12}^K = S_{23}^H + S_{28}^H = 35,84 + j30.72 \text{ МВА}$$

Визначаємо потужність  $S_{12}^H$

$$S_{12}^H = S_{12}^K + \frac{(P_{12}^K)^2 + (Q_{12}^K)^2}{U_H^2} * \frac{Z_{12}}{2} = 35.9 + j34 \text{ МВА}$$

Визначаємо потужність  $S_{1p}$ :

$$S_{1p} = S_{12}^H + 2\Delta S_{x2} - j\left(\frac{Q_{61} + Q_{A1}}{2}\right) = 36 + j33.135 \text{ МВА}$$

### ***1.5 Розрахунок потужностей на ділянках замкнутої мережі з урахуванням втрат потужності в трансформаторах***

$$S_{A6} = \frac{S_{6P} * (Z_{61} + Z_{1B}) + S_{1P} * Z_{1B}}{Z_{A6} + Z_{61} + Z_{1B}} = 57.1 + j67.7 \text{ МВА}$$

$$S_{61} = S_{A6} - S_{6P} = -3.37 - j8.82 \text{ МВА}$$

$$S_{B1} = \frac{S_{6P} * Z_{A6} + S_{1P} * (Z_{A6} + Z_{61})}{Z_{A6} + Z_{61} + Z_{1B}} = 39.37 + j41.96 \text{ МВА}$$

Складемо рівняння балансу потужності:

$$S_{A6} + S_{B1} = S_{2P} + S_{1P}$$

Баланс потужності зійшовся.

Потужність ділянки 6-1 вийшла негативною, тому точка 6 є точкою потокорозподілу.

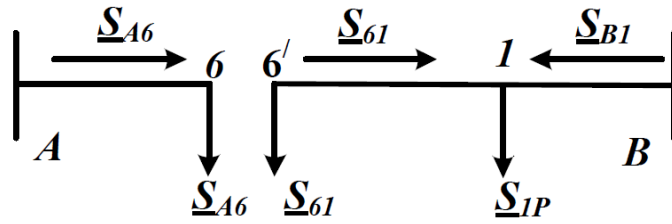


Рисунок 1.7 – Розімкнена мережа

Складаємо розрахункову розімкнену схему заміщення мережі

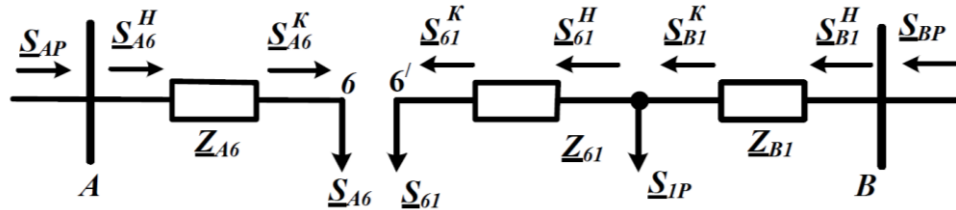


Рисунок 1.8 – Розрахункова розімкнена мережа

Визначимо поторозподіл в двох схемах заміщення, наведених на  
рисунку 1.8. Знайдемо потужність джерела  $S_A$

$$S_{A6}^K = S_{A6} = 57,1 + j67,72 \text{ MVA}$$

$$S_{A6}^H = S_{A6}^K + \frac{(P_{A6}^K)^2 + (Q_{A6}^K)^2}{U_H^2} * Z_{A6} = 60,08 + j75,2 \text{ MVA}$$

$$S_{61}^K = S_{61} = 3,37 + j8,82 \text{ MVA}$$

$$S_{61}^H = S_{61}^K + \frac{(P_{61}^K)^2 + (Q_{61}^K)^2}{U_H^2} * Z_{61} = 3,405 + j8,91 \text{ MVA}$$

$$S_{B1}^K = S_{61}^H + S_{IP}^H = 39,4 + j42,05 \text{ MVA}$$

$$S_{B1}^H = S_{B1}^K + \frac{(P_{B1}^K)^2 + (Q_{B1}^K)^2}{U_H^2} * Z_{B1} = 41,14 + j46,6 \text{ MVA}$$

## 1.6 Складання розрахункової схеми заміщення мережі

При розрахунку потужностей йдемо в напрямку від відомих потужностей споживача до шуканої потужності на вході кола розрахункової згідно зі схемою заміщення.

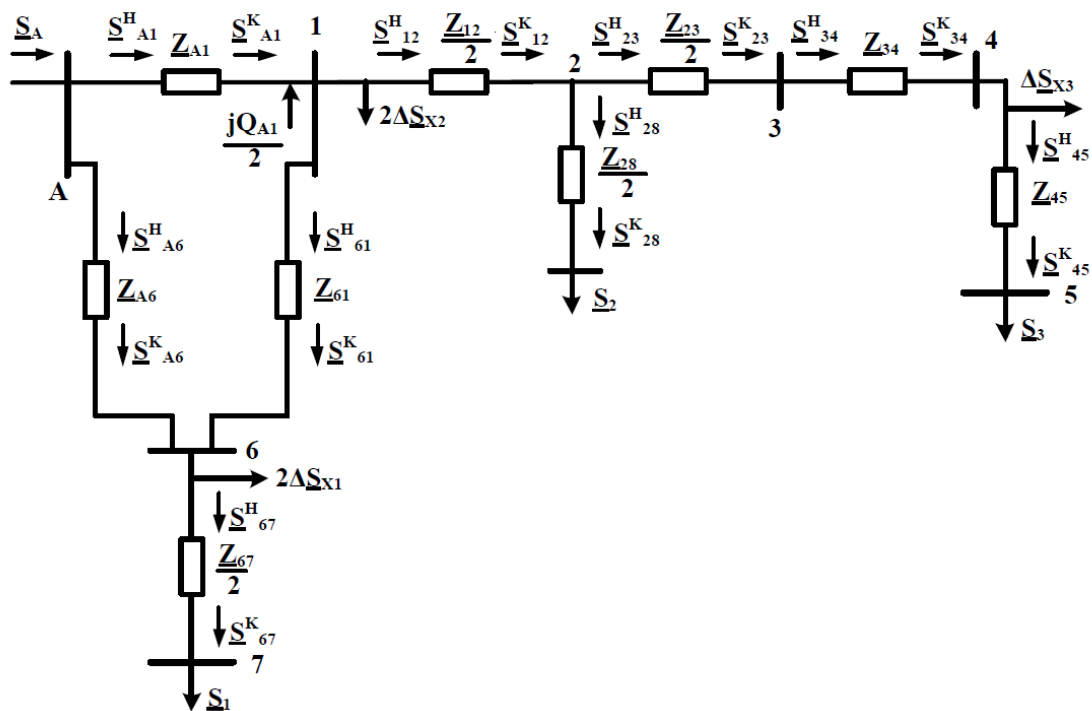


Рисунок 1.9 – Повна схема заміщення мережі

## 1.7 Визначення напруг у вузлах навантаження

Приймаємо напругу джерела живлення на 50% менше від номінальної напругу мережі  $U_A=55\text{В}$

$$U_6 = \sqrt{\left(U_A - \frac{P_{A6}^H * R_{A6} + Q_{A6}^H * X_{A6}}{U_A}\right)^2 + \left(\frac{P_{A6}^H * X_{A6} - Q_{A6}^H * R_{A6}}{U_A}\right)^2} = 109.89 \text{ кВ}$$

Визначимо напругу вузла 1

$$U_1 = \sqrt{\left(U_A - \frac{P_{B1}^H * R_{B1} + Q_{B1}^H * X_{B1}}{U_A}\right)^2 + \left(\frac{P_{B1}^H * X_{B1} - Q_{B1}^H * R_{B1}}{U_A}\right)^2} = 111.43 \text{ кВ}$$

Визначимо напругу вузла 6:

$$U_6 = \sqrt{\left(U_A - \frac{P_{61}^H * R_{61} + Q_{61}^H * X_{61}}{U_A}\right)^2 + \left(\frac{P_{61}^H * X_{61} - Q_{61}^H * R_{61}}{U_A}\right)^2} = 109.93 \text{ кВ}$$

Приймаємо напругу вузла 6 в замкнутій мережі як середнє значення знайдених напруг розділеного вузла 6  $U_6=110$  кВ.

Визначимо напруги на низькій стороні трансформаторних підстанцій, як приведені до високої сторони.

ПС-1

$$U_7^B = \sqrt{\left(U_6 - \frac{P_{67}^H * R_{67} + Q_{67}^H * X_{67}}{U_6}\right)^2 + \left(\frac{P_{67}^H * X_{67} - Q_{67}^H * R_{67}}{U_6}\right)^2} = 96.21 \text{ кВ}$$

ПС-2

$$U_2 = \sqrt{\left(U_1 - \frac{P_{12}^H * R_{12} + Q_{12}^H * X_{12}}{U_1}\right)^2 + \left(\frac{P_{12}^H * X_{12} - Q_{12}^H * R_{12}}{U_1}\right)^2} = 101.48 \text{ кВ}$$

$$U_3^B = \sqrt{\left(U_2 - \frac{P_{23}^H * R_{23} + Q_{23}^H * X_{23}}{U_2}\right)^2 + \left(\frac{P_{23}^H * X_{23} - Q_{23}^H * R_{23}}{U_2}\right)^2} = 101.4 \text{ кВ}$$

$$U_8^B = \sqrt{\left(U_2 - \frac{P_{28}^H * R_{28} + Q_{28}^H * X_{28}}{U_2}\right)^2 + \left(\frac{P_{28}^H * X_{28} - Q_{28}^H * R_{28}}{U_2}\right)^2} = 96 \text{ кВ}$$

ПС – 3

Знайдемо напругу на високій стороні ПС-3

$$U_4 = \sqrt{\left(U_3 - \frac{P_{43}^H * R_{43} + Q_{43}^H * X_{43}}{U_3}\right)^2 + \left(\frac{P_{43}^H * X_{43} - Q_{43}^H * R_{43}}{U_3}\right)^2} = 30,2 \text{ кВ}$$

$$U_5^B = \sqrt{\left(U_4 - \frac{P_{45}^H * R_{45} + Q_{45}^H * X_{45}}{U_4}\right)^2 + \left(\frac{P_{45}^H * X_{45} - Q_{45}^H * R_{45}}{U_4}\right)^2} = 27,16 \text{ кВ}$$

Знайдемо реальні напруги на низькій стороні підстанції з урахуванням реального коефіцієнта трансформаторів:

ПС – 1

					БР.141.506.ЕТЗ-81с.ПЗ	Лист
						20
З м	А р	№ док ум.	П і д п	Д а		

$$U_7 = \frac{U_7^B}{\frac{U_B}{U_H}} = 8.41 \text{ кВ}$$

ПС – 2

$$U_3 = \frac{U_3^B}{\frac{U_B}{U_C}} = 33,96 \text{ кВ} \quad U_8 = \frac{U_8^B}{\frac{U_B}{U_H}} = 33,96 \text{ кВ}$$

ПС – 3

$$U_5 = \frac{U_5^B}{\frac{U_B}{U_H}} = 7,76 \text{ кВ}$$

### 1.8 Регулювання напруги в вузлах навантаження

Регулювання напруги зробимо за допомогою РПН трансформаторів і шляхом підключення конденсаторних батарей.

Встановлюємо конденсаторні батареї в наступних вузлах:

7-КСКГ-105-125 6,5 МВАр,

6-КСКГ-1,05-125 77 МВАр,

4-КСКГ-1,05-125 11,2 МВАр

На трансформаторних підстанціях РПН необхідно поставити в такі положення:

Таблиця 1.11 – Положення для трансформаторних підстанцій

Режим	ПС-1	ПС-2	ПС-3
Максимальний	+4	-1	0

Таблиця 1.12 – Результати розрахунку напруг в вузлах при максимальних навантаженнях

	Вузол 7 (S <sub>1</sub> )	Вузол 8 (S <sub>2</sub> )	Вузол 5 (S <sub>3</sub> )
Розрахункові напруги, кВ	8,41	9,26	7,76
Відхилення від номінальної напруги, %	15,85	7,4	22,39
Напруги після регулювання, кВ	9,738	10,19	10,38
Відхилення від номінальної напруги після регулювання, %	2,62	1,9	3,81

Таблиця 1.13 – Технічні дані конденсаторних батарей

Показники	Номінальна напруга батареї, кВ		
	10	35	110
Кількість паралельних віток	4	4	4
Кількість паралельно включених конденсаторів однієї вітки	7	24	72
Загальна кількість конденсаторів в батареї	84	288	861
Встановлена потужність батареї	5/10,5	17,3/36	52/108
Потужність, що видається батареєю, МВАр, при напрузі: 1,1Uном	3,8/7,8	13,5/28	44,5/93
Uном	3,2/6,5	11,2/23,2	36,8/77

Примітка . В чисельнику наведені дані для батареї з конденсаторами типу КС2-1,05-60, в знаменнику – КСКГ-105-125

## 2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ПІДСТАНЦІ

### 2.1 Вибір силових трансформаторів та їх перевірка за графіком навантаження.

Для підстанції ПС-1 були обрані трансформатори потужності  $S = 80$  МВА типу ТДЦ-80000/110. Перевіримо трансформатори за добовим графіком навантаження:

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для графіку навантаження

t, год	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
S, %	40	50	60	90	100	100	80	95	95	120	150	110
S, МВА	36,9	46,1	55,3	83	92,2	92,2	73,8	87,6	87,6	110,6	138,3	101,4

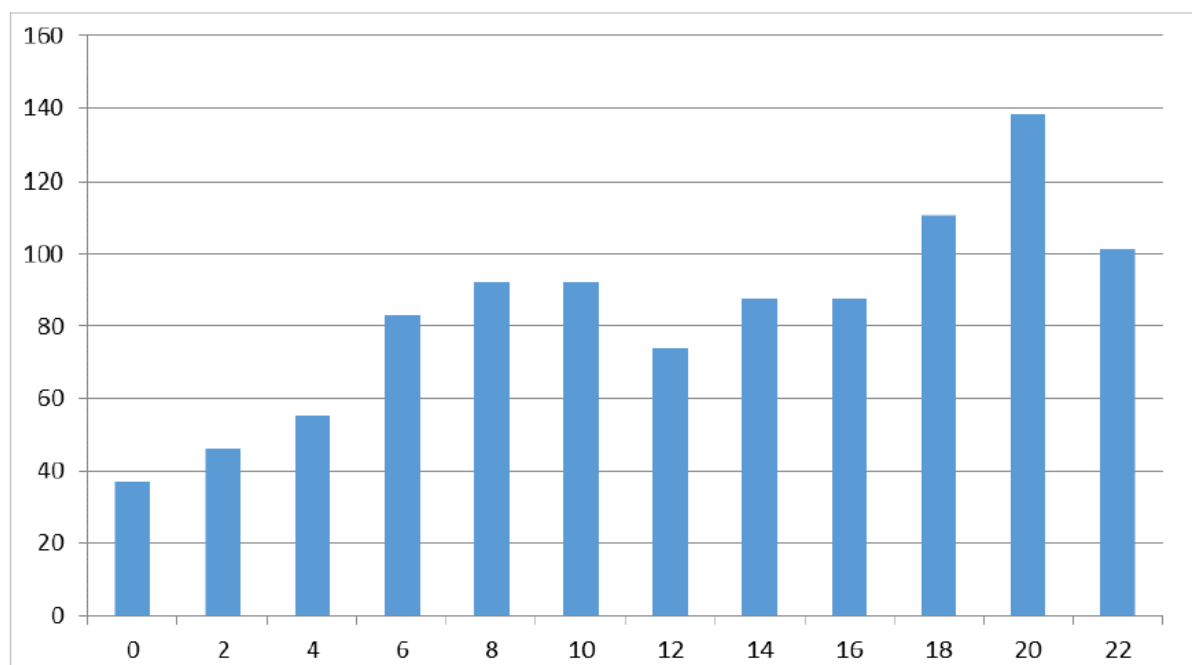


Рисунок 2.1 – Графік навантаження підстанції

Для перевірки правильності вибору трансформатора реальний графік навантаження перетворимо в двоступінчастий. Початкове навантаження еквівалентного графіка визначається за формулою:

$$K_1 = \frac{1}{S_{\text{НОМ}}} * \sqrt{\frac{S_1^2 t_1 + S_2^2 t_2 + \dots + S_n^2 t_n}{2 * 4}} =$$

$$= \frac{1}{80} * \sqrt{\frac{36.9^2 * 2 + 46.1^2 * 2 + 55.3^2 * 2 + 73.8^2 * 2}{2 * 4}} = 0.684$$

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, година.

Аналогічно визначається другий ступінь еквівалентного графіка, але при цьому беруться ступень, розміщення вище лінії номінальної потужності трансформатора.

$$K_1 = \frac{1}{S_{НОМ}} * \sqrt{\frac{S_1^2 t_1 + S_2^2 t_2 + \dots S_n^2 t_n}{2 * 4}} =$$

$$= \frac{1}{80} * \sqrt{\frac{83^2 * 2 + 92,2^2 * 2 + 92,2^2 * 2 + 87,6^2 * 2 + 110,6^2 * 2 + 138,3^2 * 2 + 101,4^2 * 2}{2 * 4}}$$

$$= 1,257$$

де –  $S_1, S_2 \dots S_n$  – навантаження вище лінії номінальної потужності трансформатора.

Максимальне перенавантаження трансформатора складає

$$K_{МАХ} = \frac{S_{МАХ}}{S_{НОМ}} = \frac{138,3}{80} = 1,73$$

де  $S_{МАХ}$  – максимальне навантаження трансформатора за графіком навантаження.

$$K'_2 = 0,9 * K_{МАХ} = 0,9 * 1,73 = 1,56$$

Порівнюємо попереднє значення  $K_2$  і  $K'_2$  для подальших розрахунків приймаємо більше з них  $K_2 = 1,257$  та  $K'_2 = 1,56$   $K'_2 \geq K_2$  отже приймаємо  $K_2=1,56$ .

За ГОСТОМ з урахуванням еквівалентної температури зимового періоду  $t = -10^0\text{C}$  і часу перевантаження  $t_{перев} = 16$  год, знаходимо перевантаження допустиме  $K_{ГОСТ} = 1,56$ .



Порівнюємо значення  $K_2$  за ГОСТом і реальне  $K_{2\text{ГОСТ}}=1,6$  і  $K_2=1,56$ .  
 $K_{2\text{ГОСТ}} \geq K_2$ . Значення  $K_2$  за ГОСТом більше, ніж реальне, значить трансформатор обраний правильно.

У випадку виходу з ладу 1-го трансформатора 2-й трансформатора забезпечить живлення споживачів.

## 2.2 Розрахунок струмів короткого замикання

Визначення величини струмів короткого замикання необхідне для правильного вибору устаткування на стороні 110 кВ і 10кВ.

Підстанція живиться за двома тупиковими лініями: схеми заміщення для розрахунку струмів короткого замикання наведені на рис 2.2

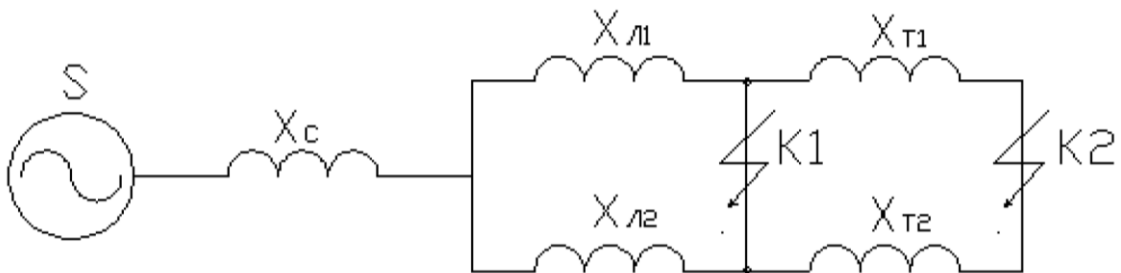


Рис. 2.2 – Схема заміщення для розрахунку струмів короткого замикання

Розрахунок струмів короткого замикання виконаємо в іменованій системі одиниць. Потужність короткого замикання на шинах 110 кВ центра живлення складає  $S_c = 1000\text{МВА}$ .

Опір системи дорівнює

$$X_c = \frac{U_{\text{л}}^2}{S_c} = \frac{110^2}{1000} = 12.1 \text{ Ом}$$

Таблиця 2.2 - опір працюючих ліній:

Лінія	Л-1	Л-2	Л-3
Довжина, км	40	30	40



$$i_{a2} = \sqrt{2} * I_{K2} * e^{-\frac{t}{Ta}} = \sqrt{2} * 24,04 * e^{-\frac{0,06}{0,025}} = 4.601 \text{ кА}$$

Інтеграл Джоуля:

$$\text{Для К1: } V_R = I_{K1}^2 (t + Ta) = 3,008^2 * (0,06 + 0,025) = 0,769 \text{ кА}^2\text{с}$$

$$\text{Для К2: } V_R = I_{K2}^2 (t + Ta) = 24,04^2 * (0,1 + 0,5) = 86,69 \text{ кА}^2\text{с}$$

Результат розрахунків струмів КЗ заносимо в таблицю 2.3

Таблиця 2.3 – Результати розрахунків струмів КЗ

Точка КЗ	СКЗ у початковий момент часу, кА	Ударний СКЗ, кА	СКЗ у момент спривання вимикача, кА	Аперіод. складова СМЗ, кА	Інтеграл Джоуля, кА <sup>2</sup> с
Шини 110 кВ (К1)	3,008	6,85	3,008	0,386	0,769
Шини 10 кВ (К2)	24,04	54,74	24,04	4,601	86,69

### 2.3 Вибір захисної та комутаційної апаратури

Високовольтні електричні апарати вибираються за умовою тривалого режиму роботи 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; Вибору підлягають:
  - вимикачі на боці вищої напруги;
  - ввідні вимикачі на боці 10 кВ;
  - секційні вимикачі на боці 10 кВ;
  - вимикачі ліній, що відходять, 10 кВ;

- роз'єднувачі вищої напруги;
- трансформатори струму 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 післяаварійного режимів.

Струм на боці 110 кВ:

$$I_{max}^{ВН} = \frac{1,4 * S_{НОМ}}{\sqrt{3} * U_{ВН}} = \frac{1,4 * 80}{1,73 * 110} = 588 \text{ А}$$

Струм у колі ввідних вимикачів на стороні 10 кВ:

$$I_{max}^{НН} = \frac{1,4 * S_{НОМ}}{\sqrt{3} * U_{НН}} = \frac{1,4 * 80}{1,73 * 10} = 6,47 \text{ кА}$$

Струм у колі секційного вимикача:

$$I_{max}^{ВН} = \frac{1,4 * S_{НОМ}}{\sqrt{3} * U_{НН} * 2} = \frac{1,4 * 80}{1,73 * 10 * 2} = 3,23 \text{ А}$$

Струм у колі лінії, що відходять:

$$I_{max}^Л = \frac{1,4 * S_{НОМ}}{\sqrt{3} * U_{НН} * 10} = \frac{1,4 * 80}{1,73 * 10 * 10} = 647 \text{ А}$$

Для встановлення на стороні вищої напруги приймаємо вимикачі типу ЯЄ-110Л-23(13)У4. Вибір вимикача наведений у табл.2.4

Таблиця 2.4 - Вибір вимикача на стороні 110 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_n$	110 кВ	110 кВ
$I_{расч} \leq I_{НОМ}$	588 А	1250А
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$	3,008 кА	50 кА
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	6,85 кА	125 кА
$I_{нт} \leq I_{откНОМ}$	3,008 кА	100 кА
$I_{ат} \leq I_{а НОМ}$	0,386 кА	40 кА

$B_K \leq I_T^2 t_r$	0,769 кА <sup>2</sup> с	7500 кА <sup>2</sup> * с
----------------------	-------------------------	--------------------------

Для встановлення на стороні низької напруги приймаємо вимикачі типу МГУ-20-90/9500УЗ. Вибір вимикачів наведений у табл.2.5

Табл 2.5 – Вибір вимикачів у колі трансформатора на стороні 10кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_H$	10 кВ	20 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	6,47 А	9500 А
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$	24,04 кА	105 кА
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	54,74 кА	300 кА
$I_{нт} \leq I_{ОткНом}$	24,04 кА	90 кА
$I_{ат} \leq I_{а ном}$	4,601 кА	30 кА
$B_K \leq I_T^2 t_r$	86,69 кА <sup>2</sup> с	$90^2 * 4 = 32400$ кА <sup>2</sup> * с

Для установки в якості секційного на стороні нижчої напруги приймаємо вимикачі типу ВС-10-3600-31,5-УЗ. Вибір вимикачів наведено в табл. 2.6

Таблиця 2.6 Вибір секційного вимикача на боці 10кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_H$	10 кВ	10 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	3,23А	3600 А
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$	24,04 кА	31,5 кА
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	54,74 кА	80 кА
$I_{нт} \leq I_{ОткНом}$	24,04 кА	31,5 кА
$I_{ат} \leq I_{а ном}$	4,601 кА	31,5 кА
$B_K \leq I_T^2 t_r$	86,69 кА <sup>2</sup> с	3969 кА <sup>2</sup> * с

Для встановлення на стороні нижчої напруги в лініях, що відходять, приймаємо вакуумні вимикачі типу ВВЭ-10-31,5/51000УЗ. Вибір вимикачів наведено к табл. 2.7

Табл. 2.7 – Вибір вимикачів на лінію, що відходить 10 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_n$	10 кВ	10 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	647 А	1000 А
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$	24,04 кА	31,5 кА
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	54,74 кА	80 кА
$I_{нт} \leq I_{откНом}$	24,04 кА	31,5 кА
$I_{ат} \leq I_{а ном}$	4,601 кА	31,5 кА
$B_K \leq I_T^2 t_r$	86,69 кА <sup>2</sup> с	2977 кА <sup>2</sup> * с

Для встановлення на стороні вищої напруги приймаємо роз'єднувачі з одним або двома комплектами заземлюючих ножів типу РНДЗ.1-110/1000 ХЛ1. Вибір роз'єднувачів наведений у табл. 2.8

Таблиця 2.8 – Вибір роз'єднувачів 110 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_n$	110 кВ	110 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	588 А	1000 А
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	6,85 кА	80 кА
$B_K \leq I_T^2 t_r$	0,769 кА <sup>2</sup> с	992 кА <sup>2</sup> * с

#### 2.4 Вибір збірних шин

Необхідно вибрати збірні шини 110 кВ та струмопровідні елементи в блоці від збірних шин до виводів блочного трансформатора ТДЦ-80000/110.

Оскільки збірні шини за економічною густиною струму не вибираються, приймаємо переріз за допустимим струмом при максимальному навантаженні на шинах, що відповідає загальному навантаженню.

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{92,2}{1,73 * 110} = 484\text{А}$$

$$I_{\text{мах}} = I_{\text{ном}} = 484\text{А.}$$

За таблицею довідника приймаємо до встановлення провід 1\*АС240/39 (q=240мм<sup>2</sup>, d=21,6мм, Iдоп=610А). Фаза розташовані горизонтально на відстані 300см Тоді

$$I_{\text{доп}} > I_{\text{мах}}$$

$$610\text{А} > 484\text{А}$$

Перевірка шин на електродинамічну стійкість не виконується, оскільки Iп.о<20кА.

Перевірка на термічну стійкість також не виконується, оскільки шини виконані голими проводами на відкритому повітрі.

Перевірка за умовами коронування в даному випадку могла б не проводитися, оскільки згідно ПУЕ мінімальний переріз для повітряних ліній 110 кВ становить 70 мм<sup>2</sup>. Враховуючи, що на ВРП відстань між проводами менша, ніж на повітряних лініях. Проводиться перевірочний розрахунок.

Визначаємо початкову критичну напруженість електричного поля:

$$E_0 = 30,3 * m * \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_0}}\right)$$

де m – коефіцієнт, який враховує шорсткість поверхні проводу (для багатопровідникових проводів m=0,82); r<sub>0</sub> – радіус проводу, r<sub>0</sub> = 1,08 см.

$$E_0 = 30,3 * 0,82 * \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{1,08}}\right) = 32\text{кВ/см}$$

Визначаємо напруженість електронного поля навколо проводу

$$E = \frac{0,354 * U}{r_0 * \lg\left(\frac{D_{\text{сер}}}{r_0}\right)}$$

де  $U$  – лінійна напруга, кВ;

$D_{сер}$  – середня геометрична відстань між проводами фаз, см.

При горизонтальному розташування фаз

$$D_{сер} = 1,26 * D = 100,8$$

де  $D$  - відстань між сусідніми фазами, для  $U_{н}=110$ кВ,  $D=80$ см.

$$E = \frac{0,354 * 121}{1,08 * \lg\left(\frac{100,8}{1,08}\right)} = 20,13 \frac{\text{кВ}}{\text{см}}$$

В останньому виразі лінійна напруга прийнята рівною 121 кВ, оскільки на шинах електростанцій підтримується напруга  $1,1U_{ном}$ . Перевірити виконується за наступною умовою: проводи не будуть коронувати, якщо

$$1,07 * E \leq 0,9 * E_0$$

$$1,07 * 20,13 = 21,5 < 0,9 * 32 = 28,8 \text{кВ/см.}$$

Умова виконується, тому провід  $1 * AC240/39$  остаточно приймається до використання.

### 2.5 Вибір жорстких шин

Приймаємо температуру навколишнього середовища:  $30^{\circ}\text{C}$ . обираємо алюмінієві шини коробчастого перерізу розташовані горизонтально і жорстко закріплені одна відносно одної ( $2 * 200 * 90 * 10$ мм, перерізом  $2 * 3435$  мм<sup>2</sup>,  $I_{доп}=7550$ А).

$$U_{доп} = 70^{\circ}\text{C}, U_{факт} = 30^{\circ}\text{C}, U_{ном} = 25^{\circ}\text{C}.$$

Умова за допустимим струмом:

$$I_{max}^{нн} = 6470 \text{А} \leq I_{доп} = 7550 \text{А}$$

умова виконується.

Припустимий струм з урахуванням поправки на температуру навколишнього середовища:

					БР.141.506.ЕТЗ-81с.ПЗ	Лист
						32
З м	А р	№ док ум.	П і д п	Д а		



$$I'_{\text{доп}} = I_{\text{доп}} * \sqrt{\frac{U_{\text{доп}} - U_{\text{факт}}}{U_{\text{доп}} - U_{\text{ном}}}} = 7550 * \sqrt{\frac{70 - 30}{70 - 25}} = 7118\text{А}$$

де  $U_{\text{доп}}$  – допустима температура шини;  $U_{\text{ном}}$  – номінальна температура навколишнього середовища.

$$6470\text{А} < 7118\text{А}.$$

Мінімальний термічно стійкий переріз;

$$q_{\text{min.доп}} = \frac{\sqrt{B_R}}{C} = \frac{\sqrt{86,69}}{90 * 10^{-3}} = 103,5 \text{ мм}^2$$

Оскільки  $q_{\text{min.доп}} = 103,5 \leq 2 * 3435 \text{ мм}^2$  термічна стійкість шин забезпечується.

Жорсткі шини повинні бути перевірені на динамічні дії струмів КЗ і на можливість виникнення резонансних явищ. Зазначені явища не виникають при КЗ, якщо власна частота коливань шин менше 30 і більше 200 Гц. Частота власних коливань для алюмінієвих шин визначається за формулою:

$$f_0 = \frac{173,2}{l^2} * \sqrt{\frac{J_{y_0-y_0}}{2 * q_{\text{шини}}}} = \frac{173,3}{2^2} * \sqrt{\frac{4220}{2 * 34,35}} = 339 \text{ Гц}$$

де  $l$  – довжина прильоту між ізоляторами  $l = 2\text{м}$ ;

$J_{y_0-y_0}$  – момент інерції поперечного перерізу двох зрощених шин, см<sup>4</sup>;

$q_{\text{шини}}$  – поперечний переріз однієї шини, см<sup>2</sup>.

Оскільки  $f_0 = 339 \geq 200 \text{ Гц}$ , то механічний резонанс виключається.

Момент опору перерізу для двох зрощених шин;

$$\sigma_{\text{ф.мах}} = 1,76 * \frac{i_{\text{уд}}^2 * l^2}{a * W_{y_0-y_0}} * 10^{-8} = 1,76 * \frac{54,74^2 * 2^2 * 10^{-2}}{0,8 * 422} = 0,625 \text{ МПа}$$

де  $a$  – відстань між фазами, м;

$W_{y_0-y_0}$  – момент опору двох зрощених шин см<sup>3</sup>.

$\sigma_{\text{ф.мах}} = 0,625 \leq \sigma_{\text{доп}} = 82,23 \text{ МПа}$  умова механічної міцності

виконується.

де Бдоп – 82,3 МПа – допустима механічна напруга в матеріалі алюмінієвих шин.

Сила взаємодії між швелерами:

$$f_{\Pi} = 0,5 * \frac{i_{уд}^2}{h} * 10^{-7} = 0,5 * \frac{54,74^2}{0,2} * 10^{-1} = 749 \frac{H}{m}$$

де h – висота швелера, м.

Максимальна відстань між місцями зварювання швелерів:

$$l_{\Pi, \max} = \sqrt{\frac{12(\sigma_{\text{доп}} - \sigma_{\text{ф, макс}}) * W_{y-y}}{f_{\Pi}}} = \sqrt{\frac{12 * (82,3 - 0,625) * 40}{749}} = 7,23 \text{ м}$$

Таблиця 2.9 – Прилади, що встановлено на підстанції

Прилад	Клас	Навантаження по фазам, ВА		
		А	В	С
Амперметр	1	0,5	0,5	0,5
Ваттметр	1,5	0,5	-	0,5
Варметр	1,5	0,5	-	0,5
Лічильник активної енергії	1	2,5	-	2,5
Лічильник реактивної енергії	1,5	2,5	-	2,5
Сумарне навантаження струму в колі силового трансформатора с боку НН		0,5	0,5	0,5
Сумарне навантаження струму в колі секц. Вимикача на НН		6,5	0,5	6,5
Сумарне навантаження струму в колі силового трансформатора с боку ВН		0,5	0,5	0,5
Сумарне навантаження струму в колі відхідної лінії		0,5	0,5	0,5

Вибір трансформатора струму наведений у таблицях 2.10. Вибираємо трансформатор струму ТФЗМ-110Б-І

Таблиця 2.10 – Вибір трансформатора струму в колі силового трансформатора на боці вищої напругу

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_H$	110 кВ	110 кВ
$I_{\text{розр}} \leq I_{\text{ном}}$	588 А	800А
$I_{уд} \leq I_{\text{СКВ}}$	6,85 кА	124 кА
$B_K \leq I_T^2 t_r$	0,769 кА <sup>2</sup> *с	2352 кА <sup>2</sup> *с
$Z_H \leq Z_{H. \text{НОМ}}$	0,82 Ом	1.2 Ом

Для перевірки за вторинним навантаженням визначаємо опір приладів

$$Z_{\text{прил}} = \frac{S_{\text{прило}}}{I^2} = \frac{0,5}{25} = 0,02 \text{ Ом}$$

Тоді опір сполучних проводів може бути

$$Z_{\text{пр}} = Z_{\text{ном}} - Z_{\text{прил}} - Z_{\text{к}}$$

де  $Z_{\text{ном}}$  – номінальний опір навантаження, Ом

$Z_{\text{прил}}$  – опір приладів, Ом

$Z_{\text{к}}$  – опір контактів, Ом

$$Z_{\text{пр}} = 1,2 - 0,02 - 0,1 = 1,08 \text{ Ом}$$

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  $l=100\text{м}$

$$Z_{\text{пр}} = \rho \frac{l}{F}$$

де  $\rho$  – питомий опір міді –  $0,0175 \text{ Ом*мм/м}$

$F$  – перетин жил,  $\text{мм}^2$

$$Z_{\text{пр}} = \frac{0,0175 * 100}{2,5} = 0,7 \text{ Ом}$$

Загальний опір струмового кола

$Z_{\text{н}} = Z_{\text{прил}} + Z_{\text{пр}} + Z_{\text{к}} = 0,02 + 0,1 + 0,7 = 0,82 \text{ Ом}$ , що менше ніж на  $1,2\text{Ом}$  припустимих при роботі трансформатора в класі точності  $0,5$ .

Трансформатор струму ТФЗМ-110Б-1 відповідає умовам вибору

Вибираємо трансформатор струму ТШВ-15-У3.

Таблиця 2.11 – Вибір трансформатора струму у колі трансформатора на боці  $10 \text{ кВ}$

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_H$	10 кВ	15 кВ
$I_{\text{розр}} \leq I_{\text{ном}}$	6470 А	8000 А
$I_{\text{уд}} \leq I_{\text{СКВ}}$	54,74 кА	-
$B_K \leq I_T^2 t_r$	86,69 $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$	3650 $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$
$Z_H \leq Z_{H.\text{ном}}$	1,06 Ом	1,2 Ом

Для перевірки за вторинним навантаженням визначаємо опір приладів

$$Z_{\text{прил}} = \frac{S_{\text{прило}}}{I^2} = \frac{6,5}{25} = 0,26 \text{ Ом}$$

Тоді опір сполучних проводів може бути

$$Z_{\text{пр}} = Z_{\text{ном}} - Z_{\text{прил}} - Z_{\text{к}}$$

де  $Z_{ном}$  – номінальний опір навантаження, Ом

$Z_{прил}$  – опір приладів, Ом

$Z_{к}$  – опір контактів, Ом

$$Z_{пр} = 1,2 - 0,26 - 0,1 = 0,84 \text{ Ом}$$

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  $l=100\text{м}$

$$Z_{пр} = \rho \frac{l}{F}$$

де  $\rho$  – питомий опір алюмінію –  $0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}/\text{м}$

$F$  – перетин жил,  $\text{мм}^2$

$$Z_{пр} = \frac{0,0175 \cdot 100}{25} = 0,7 \text{ Ом}$$

Загальний опір струмового кола

$Z_{н} = Z_{прил} + Z_{пр} + Z_{к} = 0,26 + 0,1 + 0,7 = 1,06 \text{ Ом}$ , що менше ніж на  $1,2 \text{ Ом}$ , припустимих при роботі трансформатора в класі точності  $0,5$ .

Трансформатор струму ТШВ-15-У3 відповідає умовам вибору

Вибираємо трансформатор струму в колі секційного вимикача  $10\text{кВ}$

Таблиця 2.12 – Вибір трансформатора струму в колі секційного вимикача  $10\text{кВ}$

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_H$	10 кВ	10 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	3,23 А	4000 А
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	54,74 кА	-
$B_K \leq I_T^2 t_r$	86,69 кА <sup>2</sup> ·с	3250 кА <sup>2</sup> ·с
$Z_H \leq Z_{H,ном}$	0,56 Ом	0,8 Ом

Для перевірки за вторинним навантаженням визначаємо опір приладів

$$Z_{прил} = \frac{S_{прило}}{I^2} = \frac{0,5}{25} = 0,02 \text{ Ом}$$

Тоді опір сполучних проводів може бути

$$Z_{пр} = Z_{ном} - Z_{прил} - Z_{к}$$

де  $Z_{ном}$  – номінальний опір навантаження, Ом

$Z_{прил}$  – опір приладів, Ом

$Z_{к}$  – опір контактів, Ом

$$Z_{пр} = 1,2 - 0,02 - 0,1 = 1,08 \text{ Ом}$$

Перетин сполучних проводів за умовами механічної міцності повинний бути не менше ніж 4 мм<sup>2</sup> для міжних жил.

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

$$Z_{\text{пр}} = \rho \frac{l}{F}$$

де  $\rho$  – питомий опір алюмінію – 0,0175 Ом\*мм/м

$F$  – перетин жил, мм<sup>2</sup>

$$Z_{\text{пр}} = \frac{0,0175 * 100}{4} = 0,438 \text{ Ом}$$

Загальний опір струмового кола

$Z_{\text{н}} = Z_{\text{прил}} + Z_{\text{пр}} + Z_{\text{к}} = 0,26 + 0,1 + 0,438 = 0,798 \text{ Ом}$ , що менше ніж на 0,8 Ом, припустимих при роботі трансформатора в класі точності 0,5.

Трансформатор струму ТШЛП-10-УЗ відповідає умовам вибору.

Обираємо трансформатори напруги за заданими значеннями напруги та за потужність. На боці високої напруги 110 кВ обираємо трансформатори НКФ-110-58У1, на боці 10 кВ – ЗНОЛ 09-10.02, використовуючи дані із таблиць наведених у довідниках.

Таблиця 2.13 – Вибір трансформатора напруги з боку ВН

Тип	Номінальна напруга обмоток			Номінальна потужність, ВА в класі точності				Мах потужність ВА
	Первинної, кВ	Основної вторинної, В	Додаткової, В	0,2	0,5	1	3	
НКФ-110-58У1	$\frac{110}{\sqrt{3}}$	$\frac{110}{\sqrt{3}}$	$\frac{110}{\sqrt{3}}$	-	400	600	1200	2000

Таблиця 2.14 – Вибір трансформатора напруги з боку НН

Тип	Номінальна напруга обмоток			Номінальна потужність, ВА в класі точності				Мах потужність ВА
	Первинної, кВ	Основної вторинної, В	Додаткової, В	0,2	0,5	1	3	
ЗНОЛ 09-10.02	$\frac{10}{\sqrt{3}}$	$\frac{100}{\sqrt{3}}$	100	50	75	150	300	630

## 2.6 Вибір ошиновки розподільчих пристроїв (РП)

Ошиновку в РП 110 кВ виконується, як правило, сталевалюмінієвими проводами марки АС, при цьому перетин шин повинен бути не менше 70 мм<sup>2</sup> (за умовами коронування). Вибір перетин здійснюється за довгостроково припустимому струмові. При максимальному робочому до 200А вибирається перетин 70мм<sup>2</sup> із припустимим стійкості, визначається за формулою

$$F = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{57 * 10^3}}{91 * 10^{-3}} = 25\text{мм}^2$$

де  $C=91*10^{-3}$  кАс/мм<sup>2</sup>

Перетин 70 мм<sup>2</sup> підходить і за термічною стійкістю, але живильну підстанцію лінії виконують проводом АС-95, тому і для оцинковки підстанції беремо АС-95.

Ошиновка закритих РП 10 кВ виконується твердими шинами. Вибір перетину також виконується за допустимим струмом. Тверді шини повинні бути перевірені на динамічні дії струмів КЗ і на можливість виникнення резонанських явищ. Зазначені явища не виникають при КЗ, якщо власна частота коливань шин менше 30 і більше 200 Гц. Частота власних коливань для алюмінієвих шин визначається за формулою

$$F_0 = \frac{173,2}{L^2} \sqrt{\frac{y}{q}},$$

де  $L$  – довжина прольоту між ізоляторами  $L=1,5\text{м}$ ;

$y$  – момент інерції поперечного перерізу шини щодо осі, перпендикулярної до напрямку згинаючої сили, см;

$$q = \frac{\pi}{4} (d^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} (30^2 - 25^2) = 2.15$$

$$y = \frac{\pi}{64} (d^2 - d^2) = \frac{\pi}{64} (30^2 - 25^2) = 205$$

$$F_0 = \frac{173.2}{L^2} \sqrt{\frac{y}{q}} = \frac{173.2}{1.5^2} \sqrt{\frac{205}{2.15}} = 777 \rightarrow 200\text{Гц}$$

де  $q$ -розрахункова механічна напруга у матеріалі шин,  $L-1,5\text{м}$ ;

де  $q_{\text{доп}}=75$  МПА – допустима механічна напруга в матеріалі шин для мідного сплаву ДДЗТГ

## **2.7 Обґрунтування схеми електричних з'єднань підстанції**

Використання даного типу схем електричних з'єднань підстанції зумовлене в першу чергу надійністю в порівнянні зі схемами з однією секцією шин та меншою вартістю проектування у порівнянні зі схемами, де використовується дві секції шин з декількома смугами збірних шин на секцію. Даний тип схеми дозволяє рівномірно розподілити навантаження на трансформаторну підстанцію, а також забезпечити безперебійне живлення споживачів у випадках аварійних вимкнень живлення на підстанції завдяки наявності секційного вимикача Q5.

В даній схемі живлення споживачів відбувається від двотрансформаторної підстанції по двом лініям. Комутація ліній з боку вищої напруги відбувається завдяки вимикачам Q1 та Q2. З боку низької напруги комутація відбувається завдяки вимикачам автоматичним Q3 та Q4. Роз'єднувачі QS-1, QS-2 разом із коротко-замикачами дозволяють відімкнути лінію у разі необхідності, а також шляхом створення штучного КЗ. Секційний вимикач з боку низької напруги дозволяє здійснити живлення споживачів обох секцій одночасно від одного трансформатора у випадку ремонту іншого.

Розглянемо випадок, коли на підстанції відбулося КЗ. Для цієї схеми, у нормальному режимі секційний вимикач розімкнений. Якщо КЗ відбулося на шині низької напруги на секції та, що зліва, мають спрацювати автоматичні вимикачі Q5 та всі вимикачі на лініях, що відходять. Також може спрацювати запобіжник на лінії трансформатора напруги та трансформатора власних потреб, якщо струм перевищить встановлене значення струму плавкої

					БР.141.506.ЕТз-81с.ПЗ	Лист
						39
З м	А р	№ док ум.	П і д п	Д а		

вставки запобіжника. При КЗ на шині з боку високої напруги спрацює вимикач на лінії до трансформатора.

Якщо ж необхідно вивести у ремонт одну із ліній, що живлять споживачів, то потрібно замкнути секційний вимикач, і живлення всіх споживачів відбудеться через один трансформатор. У разі виникнення КЗ у лінії що відходить спрацює вимикач тільки в цій лінії.

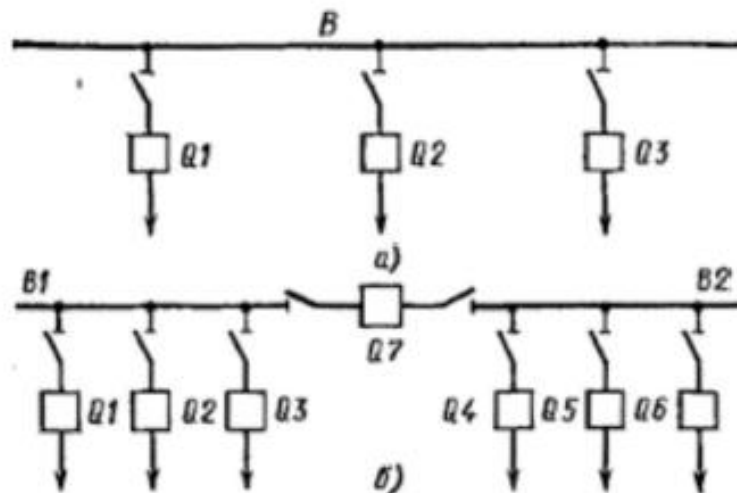
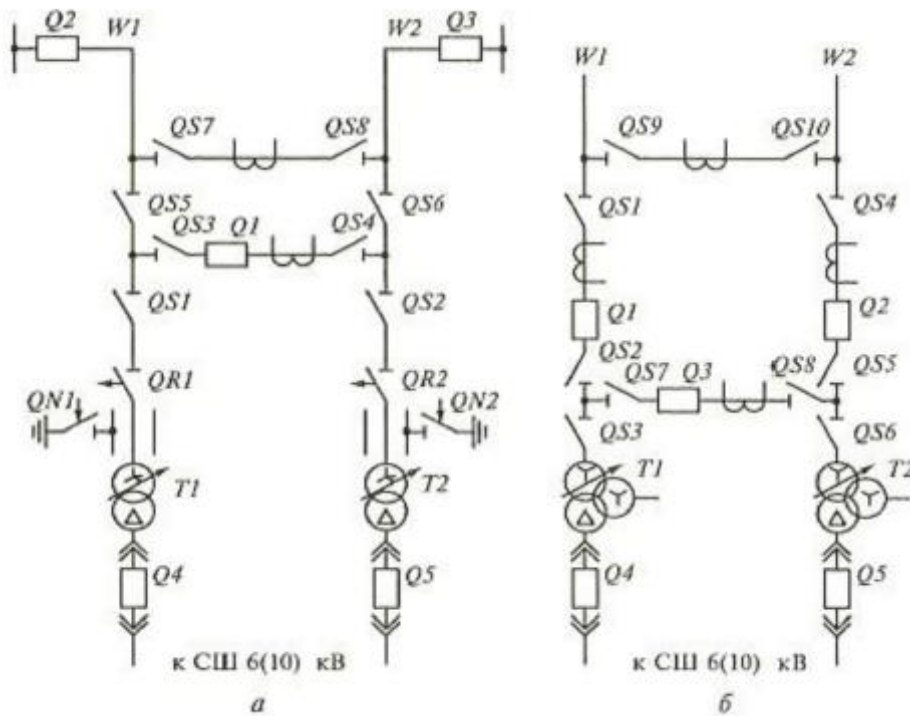


Рисунок 4 – Схеми електричних з'єднань підстанції:



- а), б) з боку високої напруги – схема «місток»;  
 б) з боку низької напруги – секційонована система шин.

### 2.8 Вибір трансформаторів власних потреб

Приймачами власних потреб є: оперативні кола; електродвигуни, системи охолодження силових трансформаторів, освітлення і електроплавлення приміщень; електропідігрівання комутаційної апаратури і т.д.

Сумарна розрахункова потужність приймача власних потреб визначається з урахуванням коефіцієнтів попиту. Розрахунок потужності приймача власних потреб наведений у табл. 2.15. На підстанції передбачається установка 2 трансформаторів власних потреб.

Таблиця 2.15 – Розрахунок потужності приймача власних потреб

№ п/п	Найменування споживача	Установлена потужність		Коеф. попиту	cosφ	Навантаження	
		Одиниці, кВт х кількість	Всього, кВт			$P_{уст}$ , кВт	$Q_{уст}$ , кВАр
1	Охолодження трансформаторів ТДЦ-80000/110	2х5	10	0,8	0,85	10	6,2
2	Підігрів високовольтних вимикачів зовнішньої установки	2х4	8	0,8	1	8	-
3	Підігрів приводів роз'єднувачів зовнішньої установки	4х0,6	2,4	0,8	1	2,4	-
4	Опалення, освітлення, вентиляція закритого РУ	-	5	0,8	1	5	-
5	Освітлення РУ	-	2	0,8	1	2	-

	Всього					27,4	6,2
--	--------	--	--	--	--	------	-----

Номинальна потужність вибирається з умов  $S_{TCH} \geq S_{CH}$ ,

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

$S_{CH}$  - потужність споживачів власних

потреб, кВА. Розрахункове

навантаження ТВП:

$$S_{уст} = K_c * \sqrt{P_{уст}^2 + Q_{уст}^2}$$

де  $K_c$  – коефіцієнт попиту. Приймаємо рівним 0,8

$$S_{уст} = 0.8 * \sqrt{27.4^2 + 6.2^2} = 22.5 \text{ кВА}$$

Під час ввімкнення цього навантаження на один трансформатор допускається його перевантаження на 20%. Потужність трансформатора для забезпечення живлення навантаження власних потреб з урахуванням ремонтних навантажень. Ремонтне навантаження на підстанції можна брати таким, що дорівнює

$$S_{TCH} = \frac{S_{CH} + S_{TSP}}{1,2} = \frac{22,5 + 20}{1,2} = 35,4 \text{ кВА}$$

Беремо стандартну потужність трансформатора  $S_{TCH} = 40$  кВА. Остаточо для живлення споживача власних потреб беремо два трансформатори стандартної потужності: ТМ-40/10.

## 2.9 Компонування розподільних пристроїв на боці 110 кВ

Підстанція (ПС) 110 кВ споруджують, як правило, відкритими, заводського виготовлення. Її рекомендується проектувати переважно комплектними, заводського виготовлення.

Спорудження закритих ПС напругою 110 кВ, допускається в таких випадках: розміщення ПС із трансформаторами 25 МВА і вище на службовій

					БР.141.506.ЕТЗ-81с.ПЗ	Лист
						42
З м	А р	№ док ум.	П і д п	Д а		

території міст, розміщення ПС на території міст, коли це допускається містобудівним міркуванням.

Розміщення ПС із великими сніжними заметами у зонах сильних промислових викидів і в прибережних зонах із сильно засоленою атмосферою.

На ПС 110 кВ спрощенням схеми на боці ВН з мінімальною кількістю апаратури, розміщеної в районах із забрудненою атмосферою, рекомендується відкрита установка устаткування ВН і трансформаторів з посиленою зовнішньою ізоляцією.

На ПС електропостачання промислових підприємств передбачається водяне опалення, приєднане до теплових мереж підприємств. Будинки ЗРП (закритих РП) допускається виконувати як окремо розміщені, так і зблокованими з будинками РПУ, в тому числі і по вертикалі.

КРПЕ, напругою 110 кВ і вище, беруть при техніко-економічному обґрунтуванні при стиснутих умовах, а також у районах із забрудненою атмосферою. Трансформатори 110 кВ варто встановлювати відкритими, а у районах із забрудненою атмосферою з посиленою ізоляцією. У ЗРП 110 кВ і в закритих камерах трансформаторів необхідно передбачати стаціонарні вантажопідійомних пристроїв (самохідних, пересувних) для механізації ремонту і технічного обслуговування.

### **2.10 Компонування розподільних пристроїв на боці 10 кВ**

РП 6-10 кВ для комплектних трансформаторів ПС виконується у вигляді КРПН або КРП, встановлених у закритих приміщеннях.

РП 6-10 кВ закритого типу (у будинках, у тому числі з УТБ або полегшених конструкцій типу панелі «сандвіч» та ін.) можуть застосовуватися:

					<i>БР.141.506.ЕТз-81с.ПЗ</i>	Лист
						43
<i>З м</i>	<i>А р</i>	<i>№ док ум.</i>	<i>П і д п</i>	<i>Д а</i>		

1. у районах, де за кліматичними умовами (забруднення атмосфери або наявність сніжних заметів або курних віднесень) неможливе застосування КРПН;

2. при кількості шаф більше ніж 25;

3. при наявності техніко-економічного обслуговування.

У ЗРП 6 і 10 кВ рекомендується встановлювати шафи КРП заводського виготовлення. Для їхнього ремонту і збереження видатного візка у ЗРП варто передбачати спеціальне місце.

					<i>БР.141.506.ЕТз-81с.ПЗ</i>	Лист
						44
<i>З м</i>	<i>А р</i>	<i>№ док ум.</i>	<i>П і д п</i>	<i>Д а</i>		

### 3 РОЗРАХУНОК РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТРАНСФОРМАТОРА

Необхідно розрахувати поздовжній диференційний струмовий захист від всіх видів замикань на виводах і в обмотках сторін с заземленою нейтраллю, а також від багатозфазних замикань на виводах і в обмотках сторін с ізольованою нейтраллю.

Розраховуємо струми КЗ в максимальному і мінімальному режимах системи. Струми КЗ приведені до напруги 110 кВ.

Знаходимо напругу  $U_{квс}$  з умови:

$$U_{квс} = U_{квн} - U_{кчн} = 17 - 6 = 11\%$$

$$U_{кв} = 0,5U_{квс} + U_{кчн} - U_{квс} = 17 - 6 = 11\%$$

$$X_{в} = \frac{U_{кв} U_{ср.ном}^2}{100S_m} = \frac{11 * 115^2}{100 * 6,3} = 230,91 \text{ Ом}$$

$$U_{кв} = 0,5U_{кчн} + U_{ккн} - U_{квс} = 0,5 * (6 + 17 - 11) = 6\%$$

$$X_{н} = \frac{U_{кн} U_{ср.ном}^2}{100S_m} = \frac{6 * 115^2}{100 * 6,3} = 125,95 \text{ Ом}$$

При розрахунках струмів КЗ для захисних трансформаторів с РПН слідє врахувати зміну опорів за рахунок регулювання напруги. Для трансформаторів 110 кВ наближено можна прийняти:

$$x_{м.мин} = x_{м.ном} 1 - \Delta U^2; \quad x_{м.макс} = x_{м.ном} 1 + \Delta U^2$$

$$X_{в.мин} = 230,91 * 1 - 0,12^2 = 178,82$$

$$X_{в.макс} = 289,66 \text{ Ом}$$

$$X_{н.мин} = 97,54 \text{ Ом}$$

$$X_{н.макс} = 157,99 \text{ Ом}$$

Струм КЗ на шинах середньої напруги

$$I_{к.макс}^2 = \frac{U_{ср.ном}^2}{\sqrt{3}X_{с.макс} + X_{в.мин}} = \frac{115^2}{\sqrt{3} * 12 + 178,82} = 0,576 \text{ кА}$$

					<i>БР.141.506.ЕТз-81с.ПЗ</i>	Лист
З м	А р	№ д о к у м.	П і д п	Д а		45

$$I_{к.мин}^2 = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3}X_{с.мин} + X_{в.макс}} = \frac{115}{\sqrt{3} * 18 + 289,66} = 0,358кА$$

струм КЗ на шинах НН:

$$I_{к.макс}^2 = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3}X_{с.макс} + X_{в.мин}} = \frac{115}{\sqrt{3} * 12 + 178,82 + 97,54} = 0,387кА$$

$$I_{к.макс}^2 = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3}X_{с.макс} + X_{в.мин}} = \frac{115}{\sqrt{3} * 18 + 289,66 + 157,99} = 0,24кА$$

Попередній розрахунок поздовжнього диференційного струмового захисту і вибір типу реле.

Визначаємо середнє значення первинних и вторинних номінальних струмів для всіх плеч диференційного захисту (по номінальній потужності найбільш потужній обмотці трансформатору). Розрахунки зводяться в табл. 3.1

Таблица 3.1 – Середні значення первинних і вторинних струмів

Найменування величини	Числове значення для сторони		
	115 кВ	38,5 кВ	11 кВ
Первинний номінальний струм трансформатору, А	$\frac{6300}{\sqrt{3} * 115} = 31,7$	$\frac{6300}{\sqrt{3} * 38,5} = 94,5$	$\frac{6300}{\sqrt{3} * 11} = 330,7$
Коефіцієнт трансформації трансформаторів струму пТ	100/5	200/5	400/5
Схема з'єднання обмоток трансформаторів струму	Δ	Δ	Y
Вторинний струм в плечі захисту, А	$\frac{31,7 * \sqrt{3}}{100/5} = 2,74$	$\frac{94,5 * \sqrt{3}}{200/5} = 4,09$	$\frac{330,7 * \sqrt{3}}{400/5} = 7,16$

Струм спрацювання захисту визначається по більшій з двох розрахункових умов:

а) відлаштування від кидка струму намагнічуванні

$$I_{C.3} = k_{от.с} I_{ном} = 1,3 * 31,7 = 41,21 \text{ А}$$

б) відлаштування від струму небалансу, виконується з урахуванням виразів:

$$I_{C.3} = k_3 k_{одн} \varepsilon + \Delta U_1 + \Delta U_{11} * I_{к.макс(к1)}^3 = 1,3 * 1,0 * 0,1 + 0,12 + 0,05 * 576 =$$

Приймається

Попередня перевірка чутливості проводиться по первинним струмам при двофазному КЗ на стороні НН (точка К4, рисунок 2.1):

$$K_ч = \frac{I_{к.минК4}^2}{I_{C.3}} = 1,001 < 2$$

Оскільки захист з реле типу РНТ не забезпечує чутливість, а розрахунковою являється відлаштування від струму небалансу, то слід застосувати реле типу

а) відлаштування від кидка намагнічувального струму:

$$I_{C3} = k_{отс} I_{ном} = 1,5 * 31,7 = 47,5 \text{ А}$$

б) відлаштування від струму небалансу при КЗ на СН:

$$I_{C.3} = k_3 k_{одн} \varepsilon + \Delta U_1 + \Delta U_{11} * I_{к.макс(к1)}^3 = 1,5 * 1,0 * 0,1 + 0,12 + 0,05 * 576 =$$

в) відлаштування від стуму небалансу при КЗ на НН:

$$I_{C.3} = k_3 k_{одн} \varepsilon + \Delta U_1 + \Delta U_{11} * I_{к.макс(к1)}^3 = 1,5 * 1,0 * 0,1 + 0,12 * 231 = 76,1 \text{ А}$$

Приймаємо реле ДЗТ-11 з встановленням гальмівної обмотки зі сторони СН, Тоді відлаштування буде забезпечене за рахунок гальмування, а струм спрацювання захисту приймається по більшому з умова б) і в).

$$I_{C.3} = 76,1 \text{ А}$$

					БР.141.506.ЕТЗ-81с.ПЗ	Лист
						47
З м	А р	№ д о к у м.	П і д п	Д а		

Визначається чутливість захисту при КЗ на стороні НН при мінімальному регулюванні:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин}}^{(2)}}{I_{\text{с.з}}} = \frac{123}{76,1} = 1,62$$

Це означає  $k_{\text{ч}}$  декілька менше нормованого, однак при номінальному коефіцієнті трансформації трансформатора струму КЗ дорівнює:

$$I_{\text{к.мин}}^{(2)} = \frac{115}{2(18 + 230,91 + 125,95)} = 153,4 \text{ А}$$

і потрібний коефіцієнт чутливості забезпечується:

$$k_{\text{ч}} = \frac{153,4}{76,1} = 2,01$$

Тому захист з реле може бути застосоване.

### **3.1 Вибір установок реле ДЗТ-11**

Первинний і вторинний струм сторін трансформатора приведені в таблиці 3.1, з якої видно, що в якості основної сторони слід взяти НН (11кВ), яка має більший вторинний номінальний струм.

Струм спрацювання реле для сторони визначається:

$$I_{\text{ср.осн}} = \frac{I_{\text{с.з}} k_{\text{сх}} \frac{U_{\text{ср.ном}}}{U_{\text{ном}}}}{K_{\text{In}}} = \frac{76,1 * 1 * \frac{115}{11}}{\frac{400}{5}} = 9,94 \text{ А}$$

Розрахункова кількість витків робочої обмотки для основної сторони визначається:



$$w_{\text{осн.расч}} = \frac{F_{\text{ср}}}{I_{\text{с.р.осн}}} = \frac{100}{9,94} = 10,06 \text{ витків}$$

Приймається  $w_{\text{осн.расч}}=10$  витків, що відповідає фактичному струму спрацювання реле  $I_{\text{с.р.осн}} = \frac{100}{10} = 10\text{А}$

Розрахункова кількість витків для других сторін трансформатора визначається:

Для сторони 110 кВ

$$w_{\text{расч1}} = 10 \frac{4,14}{2,74} = 15,11 \text{ Приймається } w_1 = 15$$

$$w_{\text{расч11}} = 10 \frac{4,14}{4,09} = 10,12 \text{ Приймається } w_1 = 15$$

Уточнений струм спрацювання захисту з урахуванням похибки вирівнювання знаходиться:

$$I_{\text{с.з}} = (k_{\text{одн}} \varepsilon + \Delta U_1 + \Delta w_1) I_{\text{к.мин}}^{(\text{к2})} = 1,5(1 + 0,1 + 0,12 + 0,00713) * 231 = 78,5 \text{ А}$$

$$\text{де } \Delta w_1 = \frac{w_{\text{Iрасч}} - w_1}{w_{\text{Iрасч}}} = 0,00713$$

Уточнений розрахунковий струм спрацювання реле:

$$I_{\text{с.р.осн}} = \frac{I_{\text{с.з}} k_{\text{сх}} \frac{U_{\text{ср.ном}}}{U_{\text{номIII}}}}{K_{\text{In}}} = \frac{78,5 * 1 * \frac{115}{11}}{\frac{400}{5}} = 10,26 \text{ А}$$

Розрахунковий струм небалансу захисту при КЗ на стороні СН, де передбачене гальмування, з урахуванням похибки вирівнювання знаходиться

$$I_{\text{нб.роз}} = k_3 (k_{\text{гth}} \varepsilon + \Delta U_1 + \Delta U_{\text{II}} + \Delta w_{11}) I_{\text{к.мин}}^{(\text{к2})} = 1,5(1 + 0,1 + 0,12 + 0,05 + 0,00114) * 348 = 147,1 \text{ А}$$

де  $\Delta w_{II} = 0,0114$

Кількість витків гальмівної обмотки знаходиться:

$$w_{\text{торм}} = \frac{k_3 I_{\text{нб.расч}} * w_{\text{рабн}}}{I_{\text{к.макс(К1)}} * tg\alpha} = \frac{1,5 * 147,1 * 10}{348 * 0,75} = 8,44$$

Таким чином, до установки на реле приймається така кількість витків:

$$w_I = 15, \quad w_{II} = 10, \quad w_{III} = 10, \quad w_{\text{торм}} = 8$$

Чутливість захисту визначається наближено за первинним струмом при розрахунковому КЗ на стороні НН для випадків мінімального і нормального регулювання трансформатору

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин(К4)}}^{(2)}}{I_{\text{с.з}}} = \frac{123}{78,5} = 1,57 \text{ і } k_{\text{ч}} = \frac{154,6}{78,5} = 1,97$$

де  $I_{\text{с.з}}=78,5\text{А}$  фактичний струм спрацювання захисту, при  $I_{\text{с.р}}=10,26\text{А}$

Оскільки коефіцієнт чутливості захисту при нормальному регулюванні напруги практично відповідає номінальному, а при мінімальному регулюванні достатньо високий, то захист з реле ДЗТ-11 рекомендується до установки. Включення гальмівної обмотки на суму вторинних струмів сторін СН і НН дозволяє вибрати струм спрацювання по умові 3 а) і забезпечити  $k_{\text{ч}} \geq 2$  в усіх режимах.

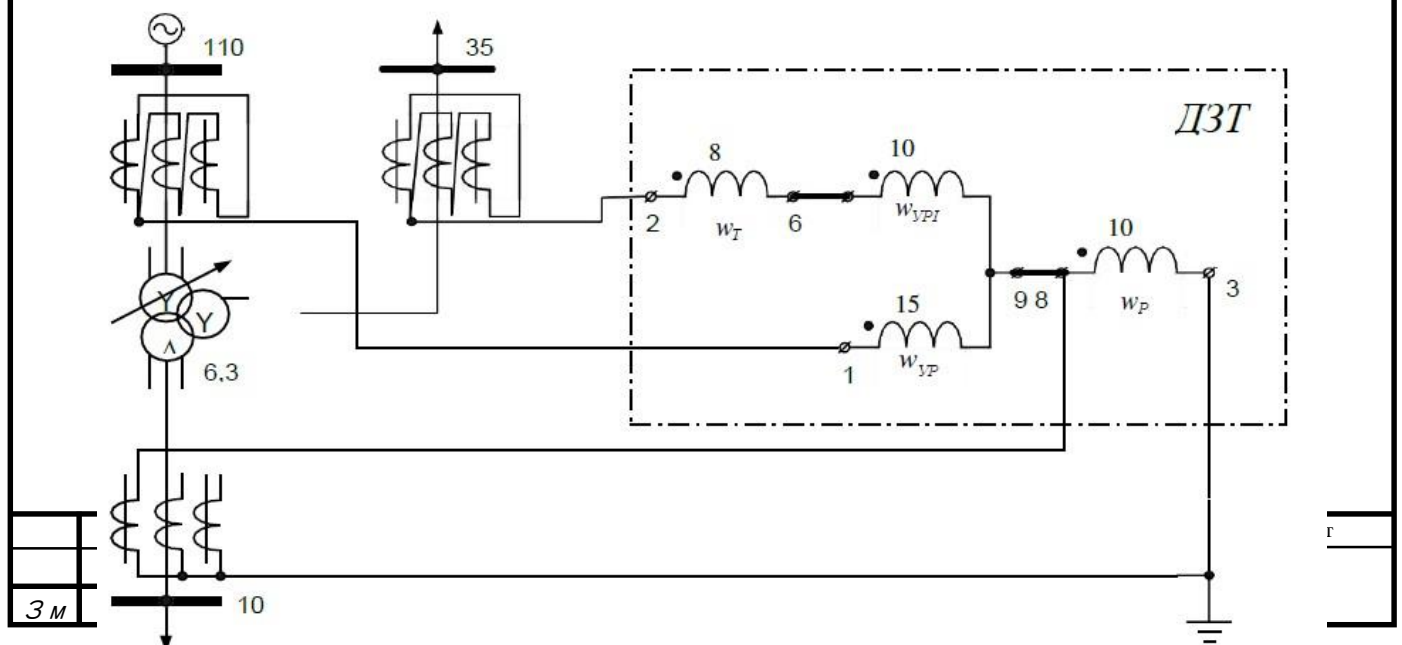


Рис. 3.1 Схема включення обмоток реле типу ДЗТ-11 в диференційному захисті триобмоткового трансформатору.

### 3.2 Розрахунок максимального струмового захисту з комбінованим пуском по напрузі.

Для триобмоткових трансформаторів з одностороннім живленням в якості резервного захисту рекомендується установка на стороні живлення МТЗ з пуском чи без пуску по напрузі.

Спочатку визначається струм спрацювання МТЗ без пуску по напрузі:

$$I_{с.з} = \frac{K_3}{K_B} * K_c * I_{нагр.макс} = \frac{1,2}{0,8} * 2,5 * 31,7 = 118,7 \text{ А}$$

Чутливість захисту перевіримо при КЗ на шиках СН і НН в мінімальних розрахункових режимах:

$$k_{ч} = \frac{I_{к.мин(К1)}^{(2)}}{I_{с.з.}} = \frac{187}{118,7} = 1,57 \text{ і } k_{ч} = \frac{123}{118,7} = 1,04$$

Оскільки чутливість МТЗ без пуску по напрузі виявилась недостатньою, застосуємо блокування по напрузі з сторони СН і НН трансформатора. В цьому випадку струм спрацювання захисту, визначається:

$$I_{с.з} = \frac{K_3}{K_B} * I_{ном} = \frac{1,2}{0,8} * 31,7 = 47,5 \text{ А}$$

а чутливість захисту в тих же розрахункових точках:

$$k_{ч} = \frac{187}{47,5} = 3,93 \text{ і } k_{ч} = \frac{123}{47,5} = 2,6$$

Напругу спрацювання органу блокування при симетричних КЗ визначимо як:

$$U_{c.з} \leq \frac{U_{c.мин}}{k_B} = \frac{0,7 * 115}{2 * \sqrt{3}} = 67,1$$

Напруга спрацювання органу блокування при несиметричних КЗ:

$$U_{2c.з} = 0,06 * U_{ном} = 0,06 * 115 = 6,9 \text{ кВ}$$

Чутливість блокуючих органів перевіряється при КЗ на приймальних сторонах трансформатора, куди і підключені блокувальні реле  $U_{к.защ}^{(3)} = 0$

$$U_{c.з} = \frac{U_{\phi}}{2} = \frac{115}{2 * \sqrt{3}} = 33,24 \text{ кВ}$$

Тоді

$$K_{\phi.U} = \frac{U_{c.з}}{U_{кмакс}} = \frac{67,1}{0} \geq 1,5$$

$$K_{\phi.U} = \frac{U_{2к.защ}}{U_{2c.з}} = \frac{33,24}{6,9} = 4,82 \geq 1,5$$

Оскільки при КЗ на приймальних сторонах трансформатора  $k_{\phi} \geq 1,5$  то диференційні захисти шин на цих сторонах можна не встановлювати.

Струм спрацювання захисту від симетричного перегруза, діючий на сигнал, визначається за умовою відлаштування від номінального струму трансформатора на стороні, де установлений захист

$$I_{c.з} = \frac{K_3}{K_B} * I_{т.ном} = \frac{1.05}{0.8} * 31,7 = 41,56 \text{ А}$$

Витримки часу МТЗ погоджуються з витримки часу захисту ліній на сторонах СН і НН.

## 4 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

При прокладці кабеля вручну вантаж не повинен перевищувати 35 кг для чоловіків і 20 кг для жінок. При прокладці 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

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.

					БР.141.506.ЕТз-81с.ПЗ	Лист
						53
З м	А р	№ док ум.	П і д п	Д а		

#### **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  $10^{\circ}$ . 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, 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;
- 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 дотриманням 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.

					<i>БР.141.506.ЕТз-81с.ПЗ</i>	Лист
						56
<i>З м</i>	<i>А р</i>	<i>№ д о к у м.</i>	<i>П і д п</i>	<i>Д а</i>		



#### **4.8 Обов'язки працівника щодо дотримання вимог нормативно-правових актів з охорони праці**

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 поведінки 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

					<i>БР.141.506.ЕТз-81с.ПЗ</i>	Лист
						57
<i>З м</i>	<i>А р</i>	<i>№ до к у м .</i>	<i>П і д п</i>	<i>Д а</i>		

умовами праці або таких, де є потреба у професійному доборі, а також щорічного обов'язкового медичного огляду осіб віком до 21 року.

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
- 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.

					<i>БР.141.506.ЕТз-81с.ПЗ</i>	Лист
						59
<i>З м</i>	<i>А р</i>	<i>№ д о к у м.</i>	<i>П і д п</i>	<i>Д а</i>		

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.

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 установа 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:

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.

					<i>БР.141.506.ЕТз-81с.ПЗ</i>	Лист
						61
<i>З м</i>	<i>А р</i>	<i>№ д о к у м.</i>	<i>П і д п</i>	<i>Д а</i>		

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.

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 наряду 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 наряду 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 наряду прізвища відповідального керівника, виробника робіт, членів бригади і зміст дорученої роботи; пояснює бригаді, звідки знята

					<i>БР.141.506.ЕТз-81с.ПЗ</i>	Лист
						62
<i>З м</i>	<i>А р</i>	<i>№ док ум.</i>	<i>П і д п</i>	<i>Д а</i>		

напруга, де накладені заземлення, які частини ремонтваного 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.

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 короткочасна 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

					<i>БР.141.506.ЕТз-81с.ПЗ</i>	Лист
						63
<i>З м</i>	<i>А р</i>	<i>№ до к у м .</i>	<i>П і д п</i>	<i>Д а</i>		

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.

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 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.

## ВИСНОВКИ

Під час виконання бакалаврської роботи був повністю використаний увесь обсяг знань та вмінь у проектуванні та розрахунку схеми електричної мережі. В даній роботі було проведено розрахунок устаткування. Також було розраховано релейний захист підстанції. Та було розглянуто охорону праці, організацію робочого місця та проведення робіт.

У першому розділі роботи виконані:

- розрахунок параметрів схеми заміщення лінії і трансформаторів.
- наведені до сторони ВН навантаження трансформаторів (з урахуванням втрат в обмотках трансформаторів);
- розрахункова схема заміщення мережі та визначив розрахункові навантаження вузлів мережі (з урахуванням втрат у вітті намагнічування трансформаторів і реактивної потужності, що генерується лініями;
- розрахунок нормального режиму замкнутої мережі;
- напруги в вузлах мережі, втрати напруги і втрати потужності в мережі.

У другому розділі роботи вибрані силові трансформатори за графіком навантаження, проводились розрахунки струмів короткого замикання, вибір збірних шин 110 кВ та жорстких шин 10 кВ коробчастого перерізу, вибір захисної та комутаційної апаратури (вимикачів на боці високої напруги 110 кВ, вимикачів у колі трансформатора на боці 10 кВ, секційного вимикача 10 кВ, вимикачів на лініях 10 кВ, роз'єднувачів). Виконаний вибір вимірювальних трансформаторів струму та напруги, здійснений вибір трансформаторів власних потреб.

У третьому розділі роботи виконаний релейний захист силового трансформатора.

					<i>БР.141.506.ЕТз-81с.ПЗ</i>	Лист
						66
<i>З м</i>	<i>А р</i>	<i>№ д о к у м.</i>	<i>П і д п</i>	<i>Д а</i>		

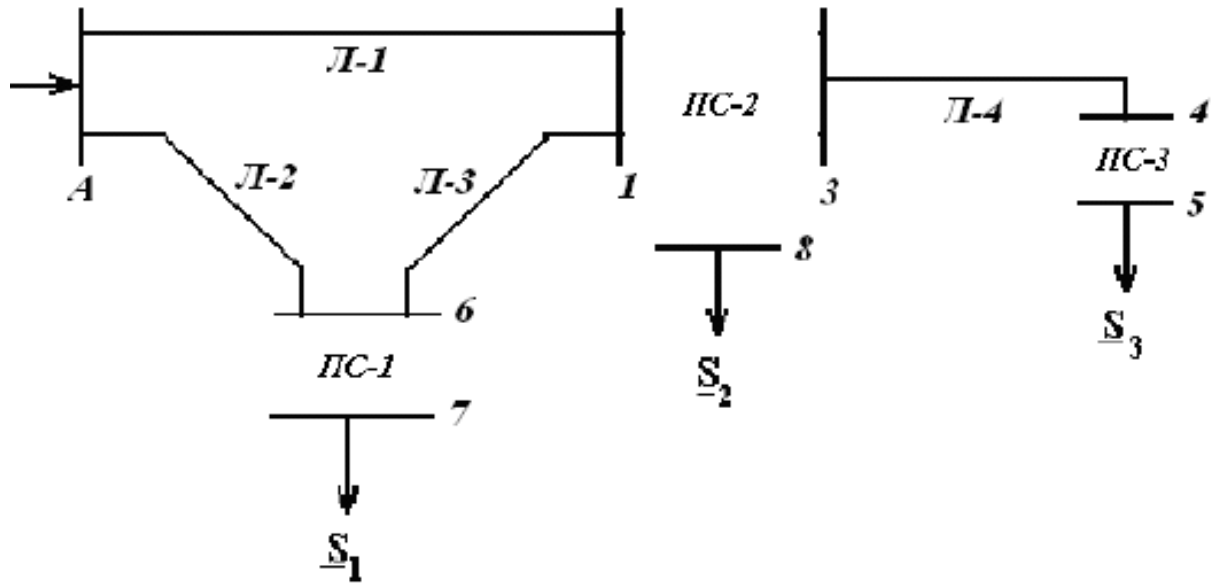
## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів спеціальності 141-Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка /Освітня програма «Електротехнічні системи електроспоживання»/ укладачі: І.Л. Лебединський, І.І. Борзенков – Суми: СумДУ, 2019,-40с.
2. Василега, П.О. Електропостачання: підручник / П.О. Василега. - Суми: СумДУ, 2019. - 521 с.
3. Електричні системи та мережі: конспект лекцій/укладачі: І.Л. Лебединський, В.І. Романовський, Т.М. Загородня. – Суми: Сумський державний університет, 2018.- 214с.
4. 3202 Методичні вказівки до виконання курсового проекту на тему «Розрахунок замкнутої електричної мережі» з курсу «Електричні системи та мережі»/ укладачі: І.Л.Лебединський, С.М. Лебедка, В.І.Романовський, В.В. Волохін. – Суми: Сумський державний університет, 2011.-40с.
5. Програма курсу, контрольні завдання і методичні вказівки до виконання курсового проекту « Електрична частина станцій та підстанцій» для студентів спеціальності 6.05070103 «Електричні системи електроспоживання» усіх форм навчання/ Укладачі: Д.В. Муриков, І.Л.Лебединський, П.О. Василега, С.М. Лебедка. – Суми: Вид-во СумДУ,2017.-34с.
6. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013 – 533 с.
7. СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-54:2011. Визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання.Київ. Міністерства енергетики та вугільної промисловості України №399 від 21.06.2013

					БР.141.506.ЕТЗ-81с.ПЗ	Лист
						67
З м	А р	№ д о к у м.	П і д п	Д а		

8. Яндутьський О.С., Дмитренко О.О. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем [Електронне видання]: навч. посіб. / О.С. Яндутьський, О.О. Дмитренко; під загальною редакцією д.т.н. О.С. Яндутьського. – К.: НТУУ 2016. – 102 с. – Бібліогр.; с. 92 – 102.
9. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2007. – 280 с.
10. Релейний захист і автоматика в системах електропостачання / П.П. Говоров та ін.: навч. посіб. – К.: ІЗМН, 1996. – 288 с.
11. Плєшков П.Г., Мануйлов В.Ф., Коновалов І.В. Релейний захист та автоматика систем електропостачання: навч. посіб. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2007.– 380 с.
12. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник. – М.: Высшая школа, 2006. – 639 с.
13. Перехідні процеси в системах електропостачання: Підр. для вузів / За ред. акад. Г.Г. Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2002. – 597 с.
14. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Згідно з наказом Міністерства палива та енергетики України від 25 липня 2006 2558.- Київ, 2006. – 181

## Додаток А



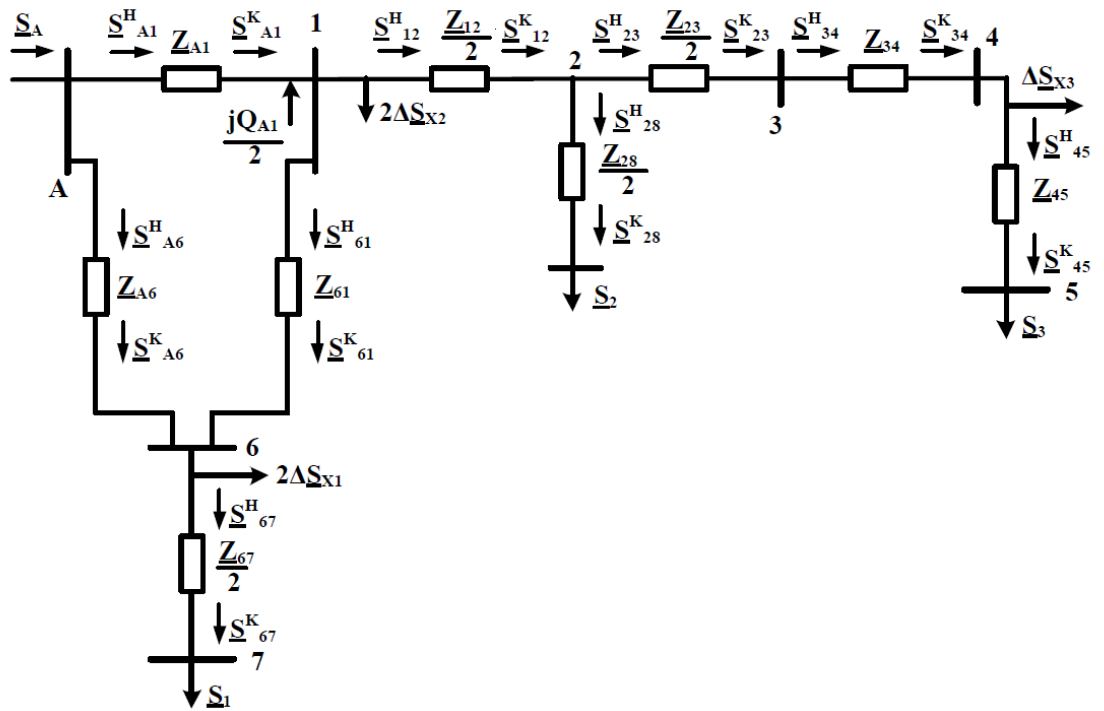
Зм	Ар	№ докум.	Підп	Да
----	----	----------	------	----

БР.141.506.ЕТЗ-81с.ПЗ

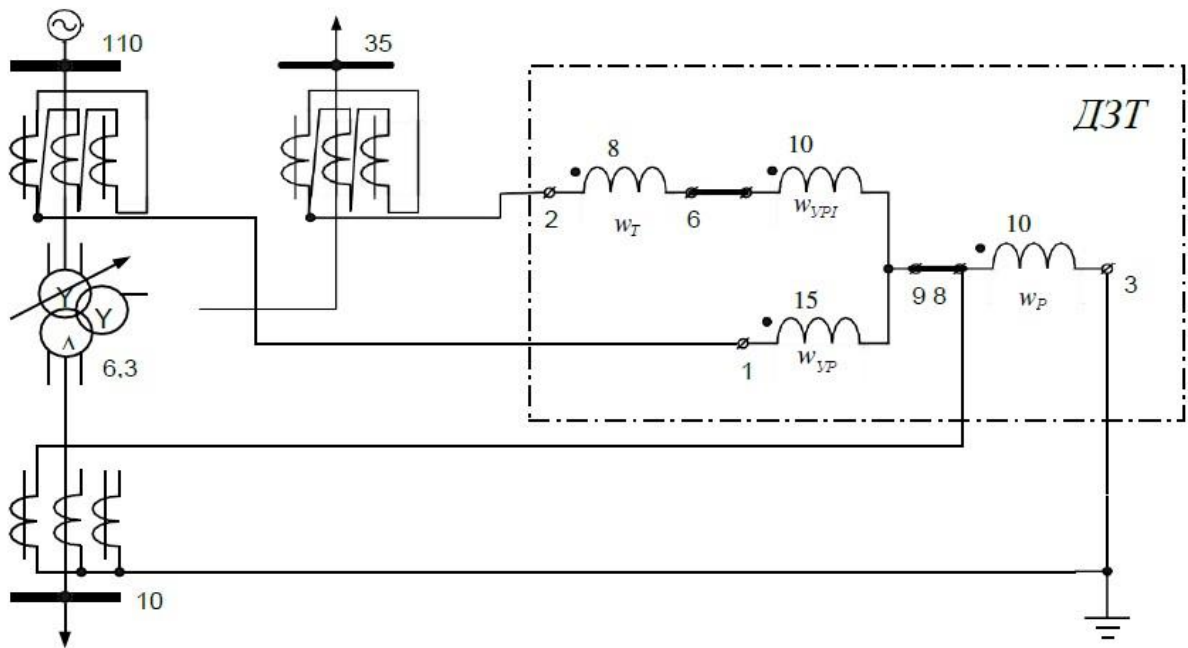
Лист

69

## Додаток Б



## Додаток В



Зм	Ар	№ докум.	Підп	Да
----	----	----------	------	----

БР.141.506.ЕТз-81с.ПЗ

Лист

71

