

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

Робота допущена до захисту
Зав. кафедрою електроенергетики
_____ І.Л. Лебединський
« ____ » _____ 20 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Тема: " Проект електричної мережі та вибір обладнання підстанції "

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав студент гр. ЕТдн-51гл

Біленький В.А.

Керівник

к.т.н., доцент

Волохін В.В.

Сумський державний університет

Центр заочної, вечірньої та дистанційної форми навчання

Кафедра електроенергетики

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. Кафедрою електроенергетики

_____ І.Л. Лебединський

« ____ » _____ 2020р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Біленького Віталія Андрійовича

1. Тема дипломного проекту "Проект електричної мережі та вибір обладнання підстанції"

затверджено наказом по університету № _____ від _____

2. Термін здачі студентом завершеної роботи _____.

3. Вихідні дані до проекту: задана конфігурація електричної мережі, довжини ліній, споживачі мережі, їх потужність і категорія.

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

- розрахунок електричної мережі;
- розрахунок електричної частини підстанції;
- розрахунок релейного захисту;
- індивідуальне завдання;
- охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- вихідна і розрахункова схема мережі;
- схема електричних з'єднань підстанції.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунок електричної мережі	27.04. – 12.05.2020р.	
2	Розрахунок електричної частини підстанції	13.05. – 21.05.2020р.	
3	Розрахунок релейного захисту	22.05. – 27.05.2020р.	
4	Індивідуальне завдання	28.05. – 03.06.2020р.	
5	Оформлення роботи	04.06. – 07.06.2020р.	

Студент-дипломник _____

Керівник роботи _____

РЕФЕРАТ

с. 62, рис. 10, табл. 19, кресл. 2

Бібліографічний опис: Біленький В. А. Проект електричної мережі та вибір обладнання підстанції [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спец.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / В.А. Біленький; наук. керівник В.В. Волохін. – Суми: СумДУ, 2020. - 62 с.

Ключові слова: електрична мережа, лінія електропередавання, перетоки потужності, силове обладнання, трансформатор, релейний захист;

электрическая сеть, линия электропередачи, перетоки мощности, силовое оборудование, трансформатор, релейная защита;

electrical network, power line, power flows, power equipment, transformer, relay protection.

Короткий огляд – Розраховано напруги ділянок мережі, перетоки потужності та струми повітряних ліній. Проведено вибір обладнання підстанцій, перерізів проводів, здійснено перевірку силових трансформаторів на перевантаження. Розраховано струми короткого замикання та релейний захист трансформаторів. Також в роботі розглянуті питання випробування, зберігання і транспортування засобів захисту від перенапруг та проаналізовано інструкцію з охорони праці для електрика.

Зміст

Вступ.....	4
1. Розрахунок параметрів ліній і трансформаторів	5
1.1 Вибір напруги ліній, вибір типу проводів повітряних ліній.....	5
1.2 Вибір трансформаторів	8
1.3 Розрахунок нормального режиму роботи мережі.....	10
1.4 Розрахунок напруги у вузлових точках мережі.....	13
2. Розрахунок електричної частини підстанції	16
2.1 Перевірка вибору потужностей силових трансформаторів.....	16
2.2 Вибір трансформаторів власних потреб.....	18
2.3 Вибір основної схеми електричних з'єднань підстанції.....	19
2.4 Розрахунок струмів короткого замикання.....	20
2.5 Вибір електричних апаратів РУ і струмопровідних частин.....	22
2.6 Вибір вимірювальних трансформаторів струму і напруги.....	27
2.7 Вибір ошиновки розподільних пристроїв	30
2.8 Компонування розподільних пристроїв 110кВ.....	31
2.9 Компонування розподільних пристроїв 6-35 кВ.....	32
3. Розрахунок релейного захисту.....	33
3.1 Розрахунок опору трансформатора.....	33
3.2 Розрахунок струму КЗ для захисту трансформатора.....	34
3.3 Розрахунок поздовжнього диференціального струмового захисту.....	34
3.4 Розрахунок максимального струмового захисту	37
4. Індивідуальне завдання. Випробування, правила зберігання і транспортування засобів захисту від перенапруг	39
4.1 Випробування обмежувачів перенапруг нелінійних.....	39
4.2 Випробування вентильних та довгоіскрових розрядників.....	41

					БР 5.6.141.671 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Біленький				Лит.	Лист	Листов
Провер.	Волохін				3	62	
Реценз.					СумДУ гр. Етдн-51гп		
Н. Контр.							
Утверд.	Лебединський						

4.3	Правила зберігання і транспортування.....	46
5.	Охорона праці. Інструкція з охорони праці для електрика.....	48
5.1	Загальні положення.....	48
5.2	Вимоги безпеки перед початком роботи.....	51
5.3	Вимоги безпеки під час виконання роботи.....	53
	Висновки	61
	Список літератури.....	62

Вступ

Електроенергетика – базова галузь економіки та одна з найважливіших складових життєдіяльності країни. Вона є матеріальною основою науково-технічного прогресу, зростання продуктивності праці в усіх галузях суспільного виробництва. Ефективне використання енергетичного потенціалу виступає основою подальшого економічного розвитку країни, впливає на рівень добробуту громадян, є запорукою енергетичної безпеки країни, суспільно-політичної стабільності. Забезпечення належного функціонування вітчизняного енергетичного сектору спроможне реально сприяти інтегруванню України до європейської та світової спільноти. В умовах постійного розвитку промисловості виникає все більше нових підприємств, це призводить до зростання енергоспоживання, а отже і до збільшення передавальних потужностей, зміни конфігурації та протяжності мереж, комплектації підстанцій.

Відповідно до завдання, під час виконання роботи необхідно вирішити такі завдання:

- провести попередній розрахунок перетоків потужності в мережі з метою визначення класу напруг та марки проводу ліній;
- розрахувати параметри схеми заміщення лінії і трансформаторів;
- скласти розрахункову схему заміщення мережі та визначити розрахункові навантаження вузлів мережі;
- виконати розрахунок нормального режиму замкнутої мережі та визначити напругу у вузлових точках;
- розрахувати струми короткого замикання;
- вибрати потужність силових трансформаторів і трансформаторів власних потреб на підстанції;
- провести вибір електричного обладнання підстанції: вимикачів РП, вимірювальних трансформаторів струму і напруги; шин та струмопровідних частин.

					БР 5.6.141.671 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

1. Розрахунок параметрів ліній і трансформаторів

На рис. 1.1 задана однолінійна схема електричної мережі. В табл. 1.1 наведено вихідні дані для розрахунку: довжини ліній, потужності та категорії навантажень. Для зручності розрахунків шини на вихідній схемі було пронумеровано.

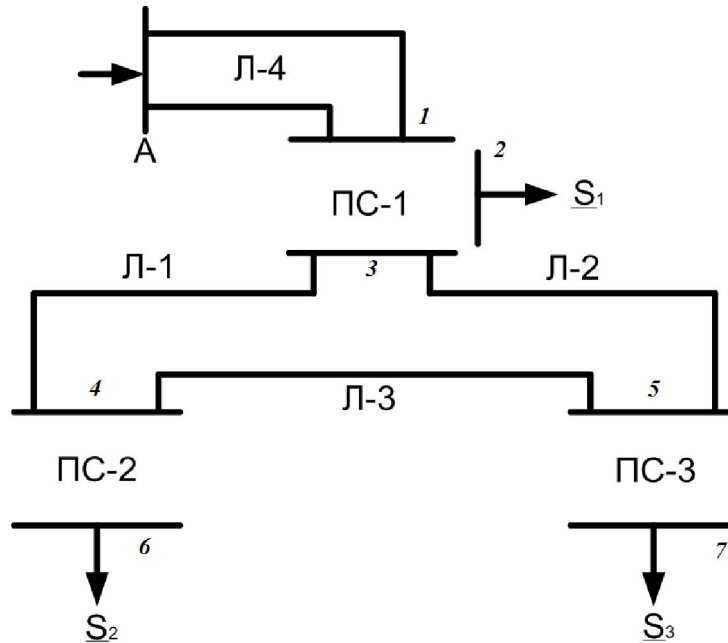


Рисунок 1.1 – Вихідна схема мережі

Таблиця 1.1 – Вихідні дані електричної мережі

Довжина ВЛ, км				Потужності навантаження, МВА		
Л-1	Л-2	Л-3	Л-4	S-1	S-2	S-3
30	50	20	100	$\frac{80+j50}{III}$	$\frac{70+j30}{II}$	$\frac{30+j15}{III}$

1.1 Вибір напруг ліній, вибір типу проводів повітряних ліній

Для розрахунку напруг ліній необхідно визначити перетоки потужностей в мережі без урахування втрат в лініях та трансформаторах. Почнемо із замкненої ділянки мережі, що складається з ліній Л-1, Л-2, Л-3 (рис.1.2).

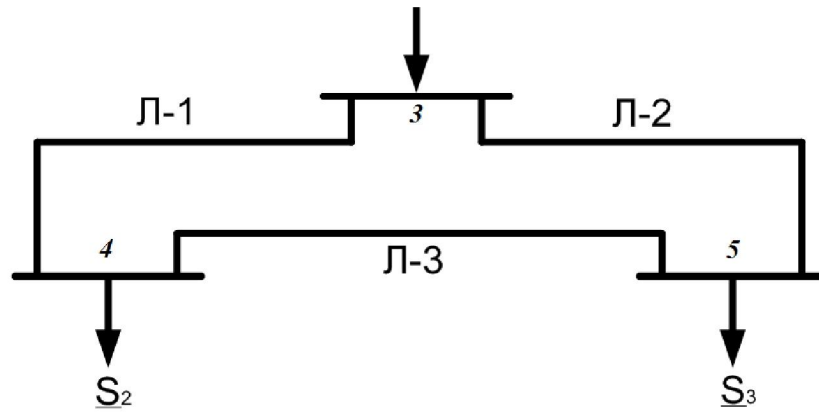


Рисунок 1.2 – Схема спрощеної замкненої мережі

Розімкнемо замкнену мережу, наведену на рисунку 1.2, в точці живлення (рисунок 1.3) і позначимо потужності на ділянках мережі.

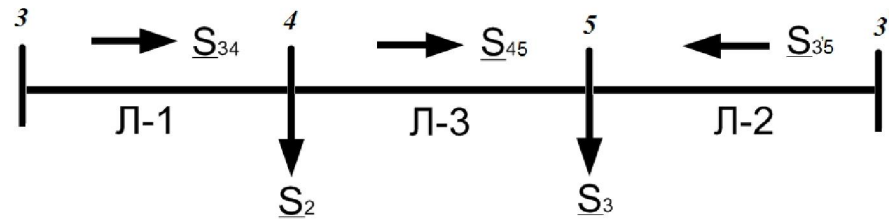


Рисунок 1.3 – Схема розімкненої мережі

Визначаємо потужності на ділянках розімкненої мережі.

$$\underline{S}_{3'5} = \frac{\underline{S}_3(l_{53}) + \underline{S}_2(l_{43})}{(l_{34} + l_{45} + l_{53'})} = 36 + j16,5 \text{ МВА}$$

$$\underline{S}_{34} = \frac{\underline{S}_2(l_{43'}) + \underline{S}_3(l_{53'})}{(l_{34} + l_{45} + l_{53'})} = 64 + j28,5 \text{ МВА}$$

$$\underline{S}_{45} = \underline{S}_{34} - \underline{S}_2 = -6 - j1,5 \text{ МВА};$$

Складемо рівняння балансу потужності

$$\underline{S}_3 + \underline{S}_2 = \underline{S}_{34} + \underline{S}_{3'5}$$

$$100 + j45 = 100 + j45 \text{ МВА.}$$

Баланс потужності виконується. Потужність ділянки 4-5 вийшла від'ємною, тому точка 4 є точкою потокорозділу.

Таблиця 1.5 – Розрахункові параметри повітряної лінії мережі

		Л-1	Л-2	Л-3	Л-4
R _Л	Ом	7,47	12,45	4,98	11,8
X _Л	Ом	12,81	21,35	8,54	43,5
Q _Л	МВАр	0,93	1,55	0,62	12,6

1.2 Вибір трансформаторів

За напругою мережі і навантаженням обираємо трансформатори:

Для ПС-1:

Потужність навантаження підстанції ПС-1 становить 203,5 МВА, при цьому напруга високої сторони становить 220 кВ, тож для ПС-1 обираємо один трансформатор Т1: АТДЦТН-250000/220/110.

Каталожні дані трансформатора АТДЦТН-250000/220/110:

$S_{НОМ}=250$ МВА; $U_{ВН}=220$ кВ; $U_{СН}=121$ кВ; $U_{НН}=10,5$ кВ; $\Delta P_X=145$ кВт;
 $\Delta P_{КВС}=520$ кВт; $\Delta P_{КВН}=430$ кВт; $\Delta P_{КСН}=390$ кВт; $U_{КВС}=11\%$; $U_{КВН}=32\%$;
 $U_{КСН}=20\%$; $I_X=0,5\%$.

Визначаємо коефіцієнт завантаження:

$$k_3 = \frac{203,5}{250} = 0,814;$$

якщо коефіцієнт завантаження $k_3 = 0,814 < 1,0$, то трансформатор задовольняє пред'явленим вимогам.

Для ПС-2:

$$S_2 = \sqrt{70^2 + 30^2} = 76 \text{ МВА};$$

$$S_{2Т} = \frac{76}{1,4} = 54,4 \text{ МВА}$$

За напругою і потужністю навантаження обираємо два трансформатори 2 X Т-2: ТДН-63000/110/38,5.

Каталожні дані трансформатора ТДН-63000/110/38,5:

$S_{НОМ}=63$ МВА; $U_{ВН}=115$ кВ; $U_{НН}=38,5$ кВ; $\Delta P_X=245$ кВт; $U_{КВН}=10,5\%$;
 $I_X=0,5\%$; $\Delta Q_X=315$ кВАр.

Визначаємо коефіцієнт завантаження:

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$k_3 = \frac{76}{63 \cdot 2} = 0,6;$$

якщо коефіцієнт завантаження $k_3 = 0,6 < 0,75$, то трансформатор задовольняє пред'явленим вимогам.

Для ПС-3:

$$S_3 = \sqrt{30^2 + 15^2} = 33,5 \text{ МВА};$$

За напругою і потужністю навантаження обираємо трансформатор

Т-3: ТД-40000/110/10,5

Каталожні дані трансформатора ТД-40000/110/10,5:

$$S_{\text{НОМ}}=40 \text{ МВА}; U_{\text{ВН}}=121 \text{ кВ}; U_{\text{НН}}=10,5 \text{ кВ}; \Delta P_{\text{Х}}=50 \text{ кВт}; \Delta P_{\text{КВН}}=160 \text{ кВт};$$

$$U_{\text{КВН}}=10,5\%; I_{\text{Х}}=0,7\%; \Delta Q_{\text{Х}}=260 \text{ кВАр}.$$

Визначаємо коефіцієнт завантаження:

$$k_3 = \frac{33,5}{40} = 0,8;$$

якщо коефіцієнт завантаження $k_3 = 0,8 < 1,0$, то трансформатор задовольняє пред'явленим вимогам.

Знайдемо параметри схеми заміщення трансформаторів.

Для тансформатора Т-1 втрати потужності:

$$\Delta P_{\text{КВ}}=0,5(\Delta P_{\text{КВС}}+\Delta P_{\text{КВН}}-\Delta P_{\text{КСН}})=0,5(520+430-390)=280 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{\text{КС}}=0,5(\Delta P_{\text{КВС}}-\Delta P_{\text{КВН}}+\Delta P_{\text{КСН}})=0,5(520-430+390)=240 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{\text{КН}}=0,5(-\Delta P_{\text{КВС}}+\Delta P_{\text{КВН}}+\Delta P_{\text{КСН}})=0,5(-520+430+390)=150 \text{ кВт};$$

$$U_{\text{КВ}}=0,5(U_{\text{КВС}}+U_{\text{КВН}}-U_{\text{КСН}})=0,5(11+32-20)=11,5\%;$$

$$U_{\text{КС}}=0,5(U_{\text{КВС}}-U_{\text{КВН}}+U_{\text{КСН}})=0,5(11-32+20)\approx 0\%;$$

$$U_{\text{КН}}=0,5(-U_{\text{КВС}}+U_{\text{КВН}}+U_{\text{КСН}})=0,5(-11+32+20)=20,5\%.$$

Знаходимо опір обмоток:

$$R_{\text{ОВ}} = \frac{\Delta P_{\text{КВ}} \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}^2} = \frac{280 \cdot 230^2}{250000^2} \cdot 10^3 = 0,237 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{ОС}} = \frac{\Delta P_{\text{КС}} \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}^2} = \frac{240 \cdot 230^2}{250000^2} \cdot 10^3 = 0,203 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{ОН}} = \frac{\Delta P_{\text{КН}} \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}^2} = \frac{150 \cdot 230^2}{250000^2} \cdot 10^3 = 0,127 \text{ Ом};$$

$$X_{\text{ОВ}} = \frac{U_{\text{КВ}} \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{100 \cdot S_{\text{НОМ}}^2} = \frac{11,5 \cdot 230^2}{100 \cdot 250000} \cdot 10^3 = 24,334 \text{ Ом};$$

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$X_{oc} = \frac{U_{кв} \cdot U_{ном}^2}{100 \cdot S_{ном}^2} = 0 \text{ Ом};$$

$$X_{он} = \frac{U_{кв} \cdot U_{ном}^2}{100 \cdot S_{ном}^2} = \frac{20,5 \cdot 230^2}{100 \cdot 250000} \cdot 10^3 = 43,378 \text{ Ом};$$

$$\Delta S_{x1} = 0,145 + j1,25.$$

Для двох паралельних трансформаторів Т-2 опір обмоток:

$$R_{T2} = \frac{\Delta P_{квн} \cdot U_{ном}^2}{2 \cdot S_{ном}^2} = \frac{245 \cdot 110^2}{2 \cdot 63^2} = 3,73 \text{ Ом};$$

$$X_{T2} = \frac{U_{квн} \cdot U_{ном}^2}{2 \cdot 100 \cdot S_{ном}^2} = \frac{10,5 \cdot 110^2}{2 \cdot 100 \cdot 63} = 10,85 \text{ Ом};$$

$$\Delta S_{x2} = 0,05 + j0,315.$$

Аналогічно для трансформатора Т-3:

$$R_{T3} = 1,46 \text{ Ом}; \quad X_{T3} = 38,4 \text{ Ом}; \quad \Delta S_{x3} = 0,16 + j0,26.$$

Таким чином, розрахункова схема заміщення мережі має вигляд, як показано на рис. 1.4.

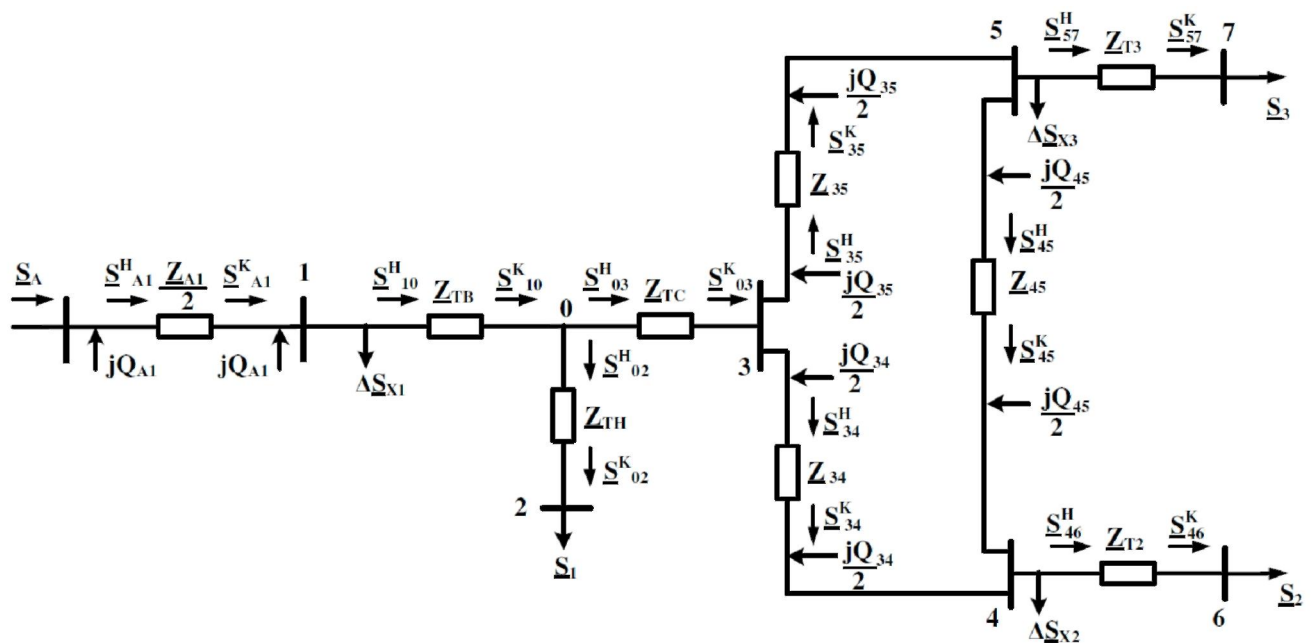


Рисунок 1.4 – Розрахункова схема заміщення мережі

1.3 Розрахунок нормального режиму роботи мережі

Напругу на всіх вузлових точках приймають рівній номінальній. На цій умові знаходиться розподіл потужності з урахуванням втрат в мережі.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Втрату потужності на ділянці знаходимо за формулою:

$$\Delta S_n = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{ном}^2} \cdot (R_n + jX_n);$$

Потужність на ділянці знаходимо так:

$$S_n = (P_n + \Delta P_n) + j(Q_n + \Delta Q_n - \sum \Delta Q_n).$$

Знаходимо потужність на всіх ділянках мережі (рис. 1.4). Вітка намагнічування трансформаторів враховується в схемі заміщення повністю.

$$\Delta S_{xx} = \Delta P_{xx} + j\Delta Q_{xx} = \Delta P_{xx} + j \frac{I_{xx}^2 \%}{100} \cdot S_{ном}.$$

$$\Delta S_{57} = \frac{30^2 + 15^2}{110^2} (1,46 + j38,4) = 0,136 + j3,57 \text{ МВА};$$

$$\Delta S_{46} = \frac{70^2 + 30^2}{110^2} (3,73 + j10,85) = 1,79 + j5,2 \text{ МВА};$$

$$S_{57}^H = S_{57}^K + \Delta S_{57} = 30 + j15 + 0,136 + j3,57 = 30,136 + j18,57 \text{ МВА};$$

$$S_{46}^H = S_{46}^K + \Delta S_{46} = 70 + j30 + 1,79 + j5,2 = 71,79 + j35,2 \text{ МВА};$$

Тепер проведемо розрахунок замкнутої ділянки мережі.

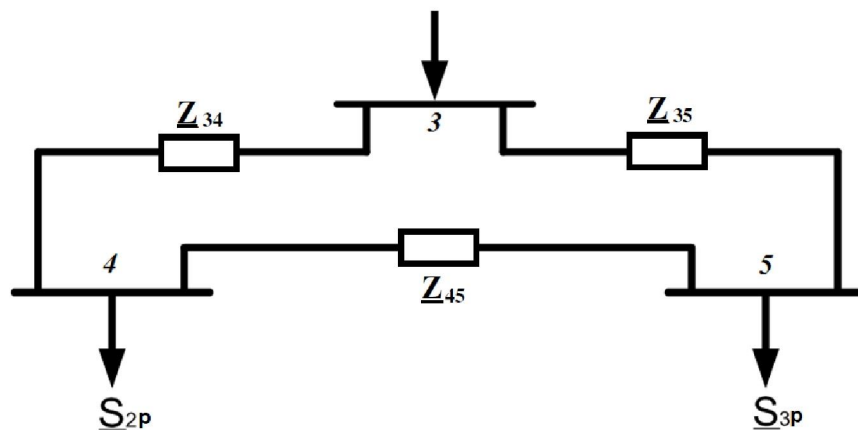


Рисунок 1.5 – Схема для розрахунку потужності в замкнутому контурі

$$S_{2p} = S_{46}^H + \Delta S_{x2} = 71,79 + j35,2 + 0,05 + j0,315 = 71,84 + j35,515 \text{ МВА};$$

$$S_{3p} = S_{57}^H + \Delta S_{x3} = 30,3 + j18,8 \text{ МВА};$$

Уточнюючий розрахунок потокорозподілу в контурі, що з'єднує вузли 3, 4, 5 проводимо аналогічно розділу 1.1, з тією різницею, що замість довжин ліній в формули підставляємо спряжені опори ліній.

$$\underline{S}_{3'5} = \frac{\underline{S}_3(\dot{z}_{53}) + \underline{S}_2(\dot{z}_{43})}{(\dot{z}_{34} + \dot{z}_{45} + \dot{z}_{53'})} = 36,5 + j19,58 \text{ MVA}$$

$$\underline{S}_{34} = \frac{\underline{S}_2(\dot{z}_{43'}) + \underline{S}_3(\dot{z}_{53'})}{(\dot{z}_{34} + \dot{z}_{45} + \dot{z}_{53'})} = 65,56 + j33,65 \text{ MVA}$$

$$\underline{S}_{45} = \underline{S}_{34} - \underline{S}_{2p} = -6,28 - j1,865 \text{ MVA};$$

Розрахунок показує, що вузол 4 залишається точкою поточкорозділу. Тож для подальших розрахунків «розриваємо» замкнену ділянку в точці 4 і розраховуємо мережу з одностороннім живленням з урахуванням втрат (рис. 1.6).

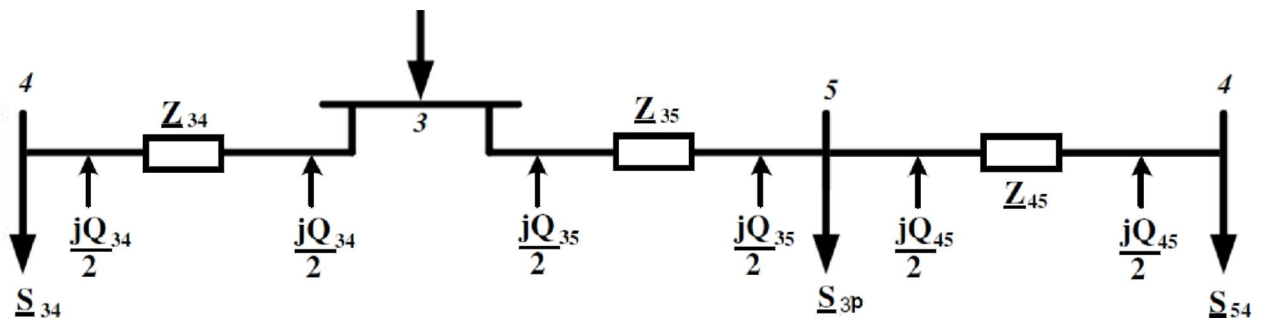


Рисунок 1.6 – Схема заміщення для закненої ділянки

$$\underline{S}_{34}^K = \underline{S}_{34} - j \frac{Q_{34}}{2} = 65,56 + j33,2 \text{ MVA};$$

$$\Delta \underline{S}_{34} = \frac{(\underline{S}_{34}^K)^2}{U_C^2} \cdot \underline{Z}_{34} = 3,33 + j5,71 \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_{34}^H = \underline{S}_{34}^K + \Delta \underline{S}_{34} = 68,9 + j38,9 \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_{45}^K = \underline{S}_{45} - j \frac{Q_{45}}{2} = 6,28 + j1,1 \text{ MVA};$$

$$\Delta \underline{S}_{45} = \frac{(\underline{S}_{45}^K)^2}{U_C^2} \cdot \underline{Z}_{45} = 0,04 + j0,07 \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_{45}^H = \underline{S}_{45}^K + \Delta \underline{S}_{45} = 6,32 + j1,17 \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_{35}^K = \underline{S}_{3p} + \underline{S}_{45}^H - j \left(\frac{Q_{45}}{2} + \frac{Q_{35}}{2} \right) = 36,62 + j18,73 \text{ MVA};$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$\Delta \underline{S}_{35} = \frac{(S_{35}^K)^2}{U_C^2} \cdot \underline{z}_{35} = 1,74 + j3 \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_{35}^H = \underline{S}_{35}^K + \Delta \underline{S}_{35} = 38,36 + j21,73 \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_{03}^K = \underline{S}_{35}^H + \underline{S}_{34}^H - j \left(\frac{Q_{34}}{2} + \frac{Q_{35}}{2} \right) = 107,26 + j53,72 \text{ MVA};$$

$$\Delta \underline{S}_{03} = \frac{(S_{03}^K)^2}{U_B^2} \cdot \underline{z}_{TC} = 0,06 \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_{03}^H = \underline{S}_{03}^K + \Delta \underline{S}_{03} = 107,32 + j53,72 \text{ MVA};$$

$$\Delta \underline{S}_{02} = \frac{(S_{02}^K)^2}{U_B^2} \cdot \underline{z}_{TH} = 0,02 + j7,98 \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_{02}^H = \underline{S}_{02}^K + \Delta \underline{S}_{02} = 80,02 + j57,98 \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_{10}^K = \underline{S}_{02}^H + \underline{S}_{03}^H = 187,32 + j111,7 \text{ MVA};$$

$$\Delta \underline{S}_{10} = \frac{(S_{10}^K)^2}{U_B^2} \cdot \underline{z}_{TB} = 0,23 + j23,91 \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_{10}^H = \underline{S}_{10}^K + \Delta \underline{S}_{10} = 187,55 + j135,61 \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_{A1}^K = \underline{S}_{10}^H + \Delta \underline{S}_{X1}^H - jQ_{A1} = 187,7 + j132,66 \text{ MVA};$$

$$\Delta \underline{S}_{A1} = \frac{(S_{A1}^K)^2}{U_B^2} \cdot \frac{\underline{z}_{A1}}{2} = 6,44 + j24,01 \text{ MVA};$$

$$\underline{S}_A = \underline{S}_{A1}^K + \Delta \underline{S}_{A1} - jQ_{A1} = 194,14 + j144,07 \text{ MVA};$$

1.4 Розрахунок напруги у вузлових точках мережі.

Вихідними даними при цьому є напруга на шинах джерела живлення і знайдені на попередньому етапі розрахунку потужності на початку кожної з ділянок. Напругу джерела живлення прийемо рівною 231 кВ, що на 5 % більше за номінальну (згідно ПУЕ).

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Напруга в кінці першої ділянки (рахуючи від джерела живлення) і на початку другої:

$$\dot{U}_1^{(k)} = U_2^{(H)} = U_1^{(H)} - \frac{P_1^{(H)} R_1 + Q_1^{(H)} X_1}{U_1} - j \frac{P_1^{(H)} X_1 - Q_1^{(H)} R_1}{U_1}.$$

Наприклад, для вузла 1 напругу знаходять за формулою:

$$U_1 = \sqrt{\left(U_A - \frac{P_{A1}^H \cdot R_{A1} + Q_{A1}^H \cdot X_{A1}}{U_A} \right)^2 + \left(\frac{P_{A1}^H \cdot X_{A1} - Q_{A1}^H \cdot R_{A1}}{U_A} \right)^2} = 228,6 \text{ кВ};$$

Розрахунок напруги в інших вузлових точках мережі виконують аналогічно.

$$U_0 = \sqrt{\left(U_1 - \frac{P_{10}^H \cdot R_{10} + Q_{10}^H \cdot X_{10}}{U_1} \right)^2 + \left(\frac{P_{10}^H \cdot X_{10} - Q_{10}^H \cdot R_{10}}{U_1} \right)^2} = 214,06 \text{ кВ};$$

$$U'_2 = \sqrt{\left(U_0 - \frac{P_{02}^H \cdot R_{02} + Q_{02}^H \cdot X_{02}}{U_0} \right)^2 + \left(\frac{P_{02}^H \cdot X_{02} - Q_{02}^H \cdot R_{02}}{U_0} \right)^2} = 201,77 \text{ кВ};$$

$$U'_3 = \sqrt{\left(U_0 - \frac{P_{03}^H \cdot R_{03} + Q_{03}^H \cdot X_{03}}{U_0} \right)^2 + \left(\frac{P_{02}^H \cdot X_{03} - Q_{03}^H \cdot R_{03}}{U_0} \right)^2} = 197,72 \text{ кВ};$$

U' – напруга середньої та низької обмоток, приведені до напруги високої сторони. Знайдемо фактичні значення напруг у вузлі 2 та 3.

$$U_3 = \frac{U'_3}{U_{\text{ВН}}/U_{\text{СН}}} = 107,1 \text{ кВ};$$

$$U_2 = \frac{U'_2}{U_{\text{ВН}}/U_{\text{НН}}} = 9,63 \text{ кВ};$$

$$U_5 = \sqrt{\left(U_3 - \frac{P_{35}^H \cdot R_{35} + Q_{35}^H \cdot X_{35}}{U_3} \right)^2 + \left(\frac{P_{35}^H \cdot X_{35} - Q_{35}^H \cdot R_{35}}{U_3} \right)^2} = 106,8 \text{ кВ};$$

Напругу вузла 4 знайдемо двома шляхами: від вузла 5 і від вузла 3.

$$U_{4(5)} = \sqrt{\left(U_5 - \frac{P_{45}^H \cdot R_{45} + Q_{45}^H \cdot X_{45}}{U_5} \right)^2 + \left(\frac{P_{45}^H \cdot X_{45} - Q_{45}^H \cdot R_{45}}{U_5} \right)^2} = 106,63 \text{ кВ};$$

$$U_{4(3)} = \sqrt{\left(U_3 - \frac{P_{34}^H \cdot R_{34} + Q_{34}^H \cdot X_{34}}{U_3} \right)^2 + \left(\frac{P_{34}^H \cdot X_{34} - Q_{34}^H \cdot R_{34}}{U_3} \right)^2} = 106,58 \text{ кВ};$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Різниця між знайденими значеннями напруги у вузлі 4 складає 0,065 %.

Приймаємо напругу $U_4 = 106,6$ кВ.

$$U'_7 = \sqrt{\left(U_5 - \frac{P_{57}^H \cdot R_{57} + Q_{57}^H \cdot X_{57}}{U_5}\right)^2 + \left(\frac{P_{57}^H \cdot X_{57} - Q_{57}^H \cdot R_{57}}{U_5}\right)^2} = 104,57 \text{ кВ};$$

$$U'_6 = \sqrt{\left(U_4 - \frac{P_{46}^H \cdot R_{46} + Q_{46}^H \cdot X_{46}}{U_4}\right)^2 + \left(\frac{P_{46}^H \cdot X_{46} - Q_{46}^H \cdot R_{46}}{U_4}\right)^2} = 101 \text{ кВ};$$

Знайдемо фактичні значення напруг у вузлах 6 та 7.

$$U_7 = \frac{U'_7}{U_{\text{ВН}}/U_{\text{НН}}} = 9,62 \text{ кВ};$$

$$U_6 = \frac{U'_6}{U_{\text{ВН}}/U_{\text{НН}}} = 35,35 \text{ кВ}.$$

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

2 Розрахунок електричної частини підстанції

Необхідно провести перевірку силових трансформаторів на перевантаження, а також вибір схеми електричних з'єднань та основного обладнання підстанції.

2.1 Перевірка вибору потужності силових трансформаторів

Перевірку трансформаторів на перевантаження проведемо на прикладі ТДН 63000/110/38,5. Його параметри та добовий графік навантаження наведені в табл. 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Параметри трансформатора

Тип тр-ра	Потужність S, МВА	Напруга U, кВ	X _Т , Ом	I, W ₁ , км	X _л , W ₁ , Ом	I, W ₂ , км	X _л , W ₂ , Ом	S _с , кВА	X _с , Ом
ТДН 63000/110	63	110	10,85	30	0,375	70	9,5	2300	5,26

Таблиця 2.2 – Навантаження споживачів впродовж доби

Год	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
МВА	28,35	34,65	37,8	56,7	56,7	50,4	50,4	63	56,7	81,9	88,2	63

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

$$k_1 = \frac{1}{S_{\text{ном}}} \cdot \sqrt{\frac{S_1^2 \cdot t_1 + S_2^2 \cdot t_2 + \dots + S_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}, \text{ де}$$

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.

Звідси:

$$k_1 = \frac{1}{S_{\text{ном}}} \cdot \sqrt{\frac{S_1^2 \cdot t_1 + S_2^2 \cdot t_2 + S_3^2 \cdot t_3 + S_4^2 \cdot t_4 + S_5^2 \cdot t_5 + S_6^2 \cdot t_6 + S_7^2 \cdot t_7 + S_9^2 \cdot t_9}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_9}}$$

$$k_1 = \frac{1}{63} \cdot \sqrt{\frac{28,35^2 \cdot 2 + 34,65^2 \cdot 2 + 37,8^2 \cdot 2 + 56,7^2 \cdot 2 + 56,7^2 \cdot 2 + 50,4^2 \cdot 2 + 50,4^2 \cdot 2 + 63^2 \cdot 2 + 56,7^2 \cdot 2}{2+2+2+2+2+2+2+2+2}} = 0,756$$

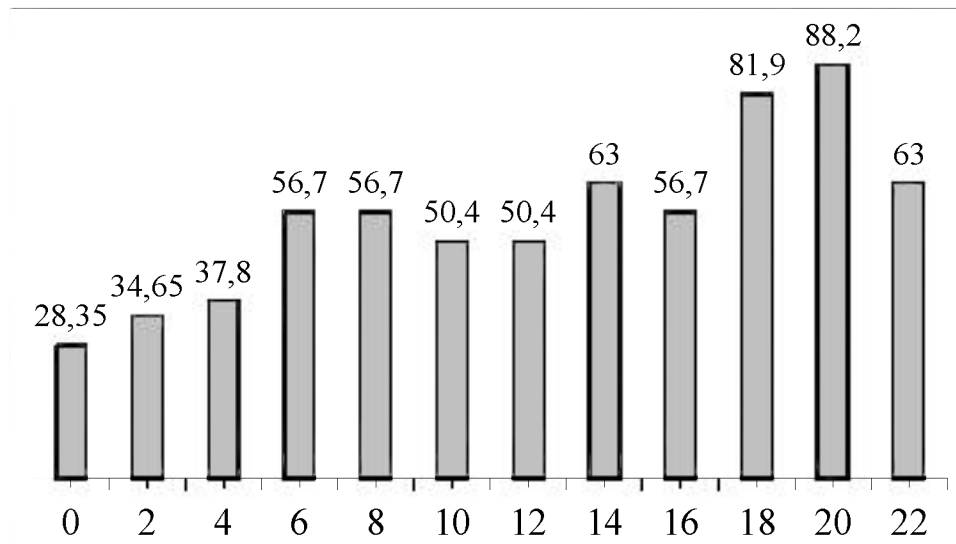


Рис. 2.1 – Графік навантаження підстанції

Аналогічно визначається другий ступінь еквівалентного графіка, але при цьому беруться ступені, розміщені вище лінії номінальної потужності трансформатора:

$$k_2 = \frac{1}{S_{\text{ном}}} \cdot \sqrt{\frac{S_8^2 \cdot t_8 + S_{10}^2 \cdot t_{10} + S_{11}^2 \cdot t_{11} + S_{12}^2 \cdot t_{12}}{t_8 + t_{10} + t_{11} + t_{12}}}$$

$$k_2 = \frac{1}{63} \cdot \sqrt{\frac{63^2 \cdot 2 + 81,9^2 \cdot 2 + 88,2^2 \cdot 2 + 63^2 \cdot 2}{2+2+2+2}} = 1,188$$

Максимальне перевантаження трансформатора складає:

$$k_{\text{max}} = \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{ном}}} = \frac{88,2}{63} = 1,4$$

Попереднє значення k_2' необхідно порівняти із значенням k_{max} :

$$k_2' = k_2 \cdot 0,9 k_{\text{max}} = 1,188 \cdot 0,9 \cdot 1,4 = 1,5$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Якщо $k_2' = 1,5 > k_2 = 1,188$, приймаємо $k_2 = 1,5$. Значення k_2 за ГОСТом більше, ніж реальне, значить трансформатор обраний правильно.

2.2 Вибір трансформаторів власних потреб

Приймачами власних потреб є:

- оперативні кола;
- електродвигуни, системи охолодження силових трансформаторів, висвітлення і електроопалення 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 таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок потужності приймача власних потреб

№ п/п	Найменування споживача	Кількість одиниць	Потужність одиниць, кВт	Коеф. попиту	cosφ	Споживана потужність
1.	Охолодження трансформаторів	2	3	0,82	0,86	4,23
2.	Підігрів високовольтних вимикачів зовнішньої установки	2	2	1	1	4
3.	Підігрів приводів роз'єднувачів зовнішньої установки	6	0,5	1	1	3
4.	Опалення, висвітлення, вентиляція закритого РУ	1	6	0,65	0,95	3,7
5.	Висвітлення РУ	1	2	0,65	0,93	1,2
Сумарне навантаження власних потреб без урахування ремонту, $S_{сн}$ кВА						16,13

На підстанції передбачається установка двох трансформаторів власних потреб.

Номінальна потужність вибирається з умов: $S_{тсн} \geq S_{сн}$, де

$S_{тсн}$ - потужність трансформатора власних потреб, кВ·А;

$S_{сн}$ – потужність споживачів власних потреб, кВ·А.

Так як $S_{сн}=16,13$ кВА, потужність трансформатора власних потреб беремо рівній 20 кВА.

Ремонтну потужність на підстанції беремо 20 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: $S_{тсн} = \frac{20+16,13}{1,2} = 30,1$ кВА.

Беремо стандартну потужність трансформатора $S_{тсн}=40$ кВА. Остаточо для живлення споживача власних потреб беремо два живлення за двома тупиковими лініями: схеми заміщення для розрахунку струмів короткого замикання наведена на рис. 2.3. трансформатори ТМ-40/10 потужністю по 40 кВА.

2.3 Вибір основної схеми електричних з'єднань підстанції

Основна схема електричних з'єднань повинна задовольняти такі вимоги:

- забезпечувати надійність електропостачання в нормальних післяаварійних режимах;
- враховувати перспективи розвитку;
- допускати можливість розширення;
- забезпечувати можливість виконання ремонтних і експлуатаційних робіт на окремих елементах схеми і без відключення преднань.

При цьому варто застосовувати найпростіші схеми. Так як даний РУ має невелике число приєднань, то доцільно застосування спрощеної схеми без збірних шин або з короткими перемичками між приєднаннями.

Спрощена принципова схема електричних з'єднань приведена на рис. 2.2.

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

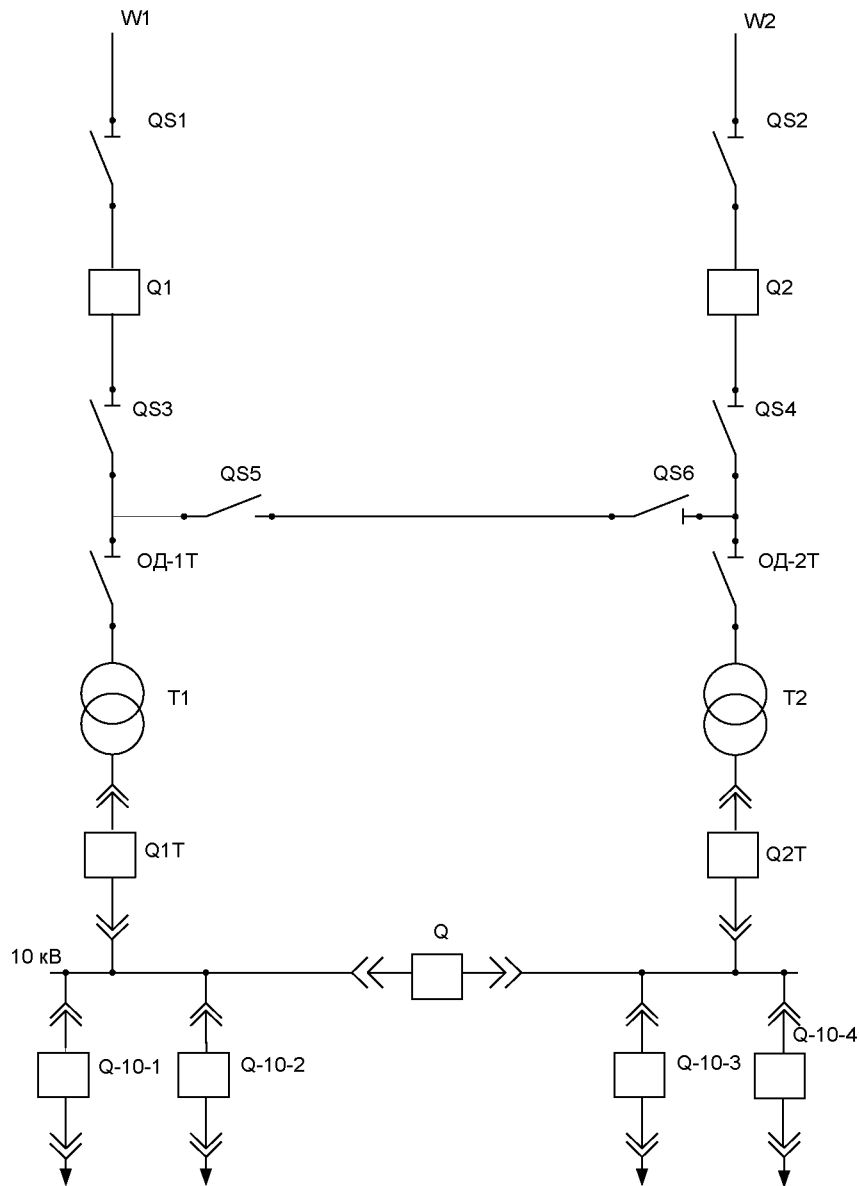


Рис. 2.2 – Спрощена схема електричних з'єднань підстанції

2.4 Розрахунок струмів короткого замикання

Значення струмів короткого замикання необхідні для правильного вибору устаткування на стороні 110 кВ і 35 кВ. Підстанція

Розрахунок струмів короткого замикання виконаємо в іменованій системі одиниць. Потужність короткого замикання на шинах 110кВ центра живлення складає $S_c=2300$ кВА.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

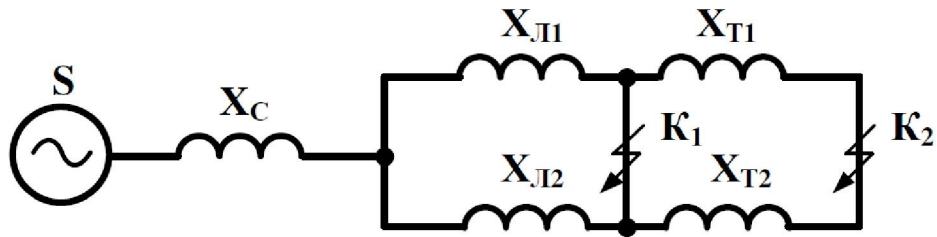


Рис. 2.3 – Схема заміщення для розрахунку струмів короткого замикання

Опір системи дорівнює:

$$X_c = \frac{U_{л}^2}{S_c} = \frac{110^2}{2300} = 5,26 \text{ Ом};$$

Опір працюючих ліній $X_{л}=0,361 \text{ Ом};$

Періодична складова СКЗ у точці k_1 :

$$I_{k1} = \frac{U_{л}}{\sqrt{3(X_c + X_{л})}} = \frac{110}{\sqrt{3(5,26 + 0,361)}} = 11,29 \text{ кА};$$

у точці k_2 , приведена до напруги вищої сторони:

$$I_{k2}^B = \frac{U_{л}}{\sqrt{3(X_c + X_{л} + X_T)}} = \frac{110}{\sqrt{3(5,26 + 0,361 + 10,85)}} = 3,85 \text{ кА};$$

Реальний СКЗ у точці k_2 :

$$I_{k2} = I_{k2}^B \frac{110}{35} = 3,85 \frac{110}{35} = 12,1 \text{ кА}.$$

Ударний струм:

$$\text{у точці } k_1 = \sqrt{2} \cdot 1,61 \cdot 11,29 = 25,7 \text{ кА};$$

$$\text{у точці } k_2 = \sqrt{2} \cdot 1,61 \cdot 12,1 = 27,5 \text{ кА}.$$

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

$I_{нт1}=I_{к1}=11,29$ кА для точки k_1 ;

$I_{нт2}=I_{к2}=12,1$ кА для точки k_2 .

Аперіодична складова СКЗ до моменту розбіжності контактів вимикача:

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I \cdot e^{-\frac{t}{T_a}}, \text{ де}$$

T_a = постійна часу загасання аперіодичної складової :

для k_1 - $T_a=0,025$ с, для k_2 - $T_a=0,05$ с;

t – розрахунковий час розходження контактів після початку КЗ. Для вимикачів на вищій стороні $t_1=0,06$ с, на нижчій стороні $t_2=0,1$ с.

в точці k_1 $i_{a1} = \sqrt{2} \cdot 11,29 \cdot e^{-\frac{0,06}{0,025}} = 1,47$ кА;

в точці k_2 $i_{a2} = \sqrt{2} \cdot 12,1 \cdot e^{-\frac{0,1}{0,05}} = 2,4$ кА;

Інтеграл Джоуля:

для k_1 : $V_{к1} = I_{к1}^2(t+T_{a1}) = 11,29^2(0,06+0,025) = 10,83$ кА²·с;

для k_2 : $V_{к2} = I_{к2}^2(t+T_{a2}) = 12,1^2(0,1+0,05) = 21,9$ кА²·с.

Результати розрахунків зведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Струми короткого замикання

Струми короткого замикання	СКЗ у початковий момент часу, кА	Ударний СКЗ; $i_{уд}$, кА	СКЗ у момент розбіжності контактів вимикача, кА	Аперіодична складова СКЗ, кА	Інтеграл Джоуля; $V_{к}$, кА ² ·с
Шини 110кВ(k_1)	11,29	25,7	11,29	1,47	10,83
Шини 35кВ(k_2)	12,1	27,5	12,1	2,4	21,9

2.5 Вибір електричних апаратів РУ і струмопровідних частин

Високовольтні електричні апарати вибираються за умовою тривалого режиму роботи і перевіряються за умовами коротких замикань. При цьому для апаратів виконується:

- вибір за напругою;
- вибір за нагріванням при тривалих струмах;
- перевірка на електродинамічну стійкість;
- перевірка на термічну стійкість;
- вибір з виконання (для зовнішньої або внутрішньої установи).

Вибору підлягають:

- вимикачі на боці вищої напруги;
- вступні вимикачі на боці 35 кВ;
- секційні вимикачі на боці 35 кВ;
- вимикачі ліній, що відходять, 35 кВ;
- роз'єднувачі вищої напруги;
- трансформаторі струму і напруги 110 кВ і 35 кВ.4
- ошиновка розподільних пристроїв 110 кВ і 35 кВ.

Для вибору апаратів і струмоведучих частин необхідно визначити струми нормального і післяаварійного режимів. Визначення струмів виконується для випадку установки на підстанції силового трансформатора, розрахованого відповідно до графіка навантаження підстанції (63 МВА).

Максимальний струм на вищій стороні:

$$I_{\text{маx}}^{110} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot 110} = \frac{1,4 \cdot 63000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 462,93 \text{ А.}$$

Струм в колі вступних вимикачів на боці 35 кВ:

$$I_{\text{маx}}^{\text{нв}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 2} = \frac{1,4 \cdot 63000}{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 2} = 727,461 \text{ А.}$$

Струм в колі секційного вимикача:

$$I_{\text{маx}}^{\text{св}} = \frac{0,7 \cdot S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot 35} = \frac{1,4 \cdot 63000}{\sqrt{3} \cdot 35} = 727,461 \text{ А.}$$

Струм в колі лінії, що відходить (якщо на одне приєднання приходять 3 МВА):

$$I_{\text{маx}}^{\text{лв}} = \frac{3000}{\sqrt{3} \cdot 35} = 49,487 \text{ А.}$$

На боці вищої напруги рекомендується установка електрогазових вимикачів типу S1-145-F3/4031. Вибір вимикача наведений у таблиці 2.5.

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Таблиця 2.5 – Вибір вимикача на стороні 110 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_{ном}$	110 кВ	123 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	462 А	3150 А
$I_{по} \leq I_{пр.скв}$	11,29 кА	40 кА
$I_{уд} \leq I_{скв}$	25,7 кА	100 кА
$I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	11,29 кА	40кА
$I_{ат} \leq I_{а ном}$	1,47 кА	14,2 кА
$B_k \leq I_T^2 t_T$	10,83 кА ² ·с	48 кА ² ·с

Вимикач S1-145-F3/4031 цілком задовольняє умові вибору.

Останнім часом помітна тенденція в заміні частини повітряних вимикачів елегазовими. Так, наприклад, повітряні вимикачі 110 і 220 кВ нормального або автоматичного виконання зняті з виконання і замінені елегазовими. Елегаз (SF₆ шестифториста сірка) являє собою інертний газ, щільність якого перевищує щільність повітря в 5 разів. Електрична міцність елегазу в 2-3 рази вище міцності повітря; при тиску 0,2 МПа електрична міцність елегазу порівнянна з міцністю оливи. У елегазі при атмосферному тиску може бути погашена дуга зі струмом, який в 100 разів перевищує струм, що відключається в повітрі при тих же умовах. Здатність елегазу гасити дугу пояснюється тим, що його молекули вловлюють електрони дугового стовпа і утворюють щодо нерухомі негативні струми. Втрата електронів робить дугу нестійкою, і вона легко гасне.

На боці низької напруги рекомендується обирати повітряні і вакуумні вимикачі.

Вибір вимикачів з боку низької напруги приведений в таблицях 2.6-2.8.

Таблиця 2.6 – Вибір вимикачів в колі трансформатора на боці 35 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_{ном}$	35 кВ	35 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	727,461 А	3150 А
$I_{по} \leq I_{пр.скв}$	12,1 кА	40 кА
$I_{уд} \leq I_{скв}$	27,5 кА	80 кА
$I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	12,1 кА	31,5кА
$I_{ат} \leq I_{а ном}$	2,4 кА	-
$B_k \leq I_T^2 t_\gamma$	21,9 кА ² ·с	3969 кА ² ·с

Рекомендується установка повітряних вимикачів типу ВВУ-35А-40/3150У.

Таблиця 2.7 – Вибір секційного вимикача на боці 35 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_{ном}$	35 кВ	35 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	727,461 А	3150 А
$I_{по} \leq I_{пр.скв}$	12,1 кА	40 кА
$I_{уд} \leq I_{скв}$	27,5 кА	80 кА
$I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	12,1 кА	31,5кА
$I_{ат} \leq I_{а ном}$	2,4 кА	-
$B_k \leq I_T^2 t_\gamma$	21,9 кА ² ·с	3969 кА ² ·с

Рекомендується брати до установки, як секційний вимикач типу ВВУ-35А-40/3150У.

Таблиця 2.8 – Вибір вимикачів на лінію, що відходить, 35 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_{ном}$	35 кВ	35 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	49,487 А	2000 А
$I_{по} \leq I_{пр.скв}$	12,1 кА	40 кА
$I_{уд} \leq I_{скв}$	27,5 кА	80 кА
$I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	12,1 кА	31,5кА
$I_{ат} \leq I_{а ном}$	2,4 кА	-
$B_k \leq I_T^2 t_\gamma$	21,9 кА ² ·с	3969 кА ² ·с

На лінію, що відходить рекомендується встановлення повітряного вимикача типу ВВУ-35А-40/2000У.

В таблиці 2.9 наведений вибір роз'єднувачів на боці 110 кВ. Роз'єднувачі необхідні з одним або з двома комплектами ножів, що заземлюють.

Таблиця 2.9 – Вибір роз'єднувачів 110 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_{ном}$	110 кВ	110 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	462,93 А	1000 А
$I_{уд} \leq I_{скв}$	25,7 кА	80 кА
$B_k \leq I_{Г}^2 t_{Г}$	10,83 кА ² ·с	3969 кА ² ·с

Рекомендується брати до установки на боці 110 кВ роз'єднувачі типу РНД 31-110/1000 УХЛ1 та РНД 32-10/1000 УХЛ1.

Роз'єднувачі призначені для відключення і включення ланцюгів без струму і для створення видимого розриву ланцюга в повітрі. В установках максимальної потужності дозволяється відключати роз'єднувачем ненавантажені трансформатори, вмикати та вимикати струм до 15А при напрузі 10кВ і нижче. Слід прагнути до застосування роз'єднувачів триполюсного типу. Щоб виключити помилкову дію з роз'єднувачем, встановлюють блокування (механічні, електричні), які дозволяють оперувати з роз'єднувачем тільки в тому випадку, якщо пов'язаний з ним вимикач відключений.

Важливим елементом електричної установки високої напруги є заземлюючі роз'єднувачі. Блокування дозволяє включення заземлюючих роз'єднувачів тільки при відключенні основного і навпаки. Вони виконуються з одним і двома ножами (число ножів вказується цифрою 1 або 2 після першої риси) РНДЗ 1-200 / 2000 або РРНД-2-220 / 1000.

В установках із збірними шинами в якості шинних роз'єднувачів вибирають роз'єднувачі з одним заземлюючим ножом, як лінійних – з двома заземлюючими ножами.

Вимикачі навантаження використовуються для відключення ланцюга робочого струму.

Роз'єднувачі і вимикачі навантаження обираються по номінальній напрузі $U_{ном}$, номінальному тривалому току $I_{ном}$, а в режимі КЗ перевіряють на термічну і електродинамічну стійкість.

Вимикачем навантаження перевіряють додатково по струму відключення.

2.6 Вибір вимірювальних трансформаторів струму і напруги

Для підключення електровимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту необхідна установка трансформаторів струму і напруги. У цьому проекті релейний захист детально не розробляється, тому перевірка трансформаторів по вторинному навантаженні виконується тільки з урахуванням підключення вимірювальних приладів.

У колі силового трансформатора з боку нижчої напруги встановлюється амперметр, ватметр, вольтметр, лічильники активної і реактивної енергії, на шинах 110 кВ - вольтметр з перемикачем для вимірювання трьох міжфазових напруг, на секційному вимикачі 35 кВ - амперметр, на лініях, що відходять 35 кВ - амперметр, лічильники активної і реактивної енергії.

Розрахунок вторинної навантаження трансформатора струму наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – 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

продовження таблиці 2.10

Сумарне навантаження струму в колі секц. Вимикать 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 трансформатора струму приведений в таблицях 2.11-2.13.

Таблиця 2.11 – Вибір трансформатора струму в колі силового трансформатора на боці вищої напруги

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_c \leq U_{ном}$	110 кВ	110 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	462,93 А	2000 А
$I_{уд} \leq I_{скв}$	25,7 кА	100 кА
$B_k \leq I_T^2 t_\gamma$	10,83 кА ² ·с	1156 кА ² ·с
$Z_H \leq Z_{H.ном}$	1,25 Ом	4 Ом

Для перевірки за вторинним навантаженням визначаємо опір приладів:

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

Тоді опір сполучних проводів може бути:

$$Z_{тр} = Z_{ном} - Z_{прил} - Z_k = 4 - 0,02 - 0,1 = 3,88 \text{ Ом, де:}$$

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

$Z_{прил}$ – опір приборів, Ом;

Z_k – опір контактів, Ом.

Переріз сполучних проводів за умовами механічної міцності повинний бути не менше ніж 4 мм² для алюмінієвих жил.

Переріз жил при довжині кабеля $l = 160\text{м}$:

$$Z = \rho \frac{l}{F} = 0,028 \frac{160}{4} = 1,13 \text{ Ом,}$$

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

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

F – переріз жил, мм^2 .

Загальний опір струмового кола:

$$Z_{\text{н}} = Z_{\text{прил}} + Z_{\text{к}} + Z_{\text{пр}} = 0,02 + 0,1 + 1,13 = 1,25 \text{ Ом},$$

що менше ніж 4 Ом, припустимих при роботі трансформатора в класі точності 1.

Трансформатор струму ТФЗМ 110Б-11 відповідає умовам вибору.

Таблиця 2.12 – Вибір трансформатора струму в колі трансформатора з боку низької напруги

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_{\text{с}} \leq U_{\text{ном}}$	35 кВ	35 кВ
$I_{\text{расч}} \leq I_{\text{ном}}$	427,461 А	1000 А
$I_{\text{уд}} \leq I_{\text{скв}}$	27,5 кА	100 кА
$B_{\text{к}} \leq I_{\Gamma}^2 t_{\gamma}$	21,9 $\text{кА}^2\cdot\text{с}$	3675 $\text{кА}^2\cdot\text{с}$
$Z_{\text{н}} \leq Z_{\text{н.ном}}$	1,25 Ом	4 Ом

Перевірка по вторинному навантаженню виконується аналогічно. Беремо трансформатор ТПОЛ-35.

Таблиця 2.13 – Вибір трансформатора струму на лінії, що відходить

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_{\text{с}} \leq U_{\text{ном}}$	35 кВ	35 кВ
$I_{\text{расч}} \leq I_{\text{ном}}$	49,487 А	800 А
$I_{\text{уд}} \leq I_{\text{скв}}$	27,5 кА	130 кА
$B_{\text{к}} \leq I_{\Gamma}^2 t_{\gamma}$	21,9 $\text{кА}^2\cdot\text{с}$	2700 $\text{кА}^2\cdot\text{с}$
$Z_{\text{н}} \leq Z_{\text{н.ном}}$	1,25 Ом	2 Ом

Беремо до установки трансформатор ТФЗМ-35А.

В якості трансформаторів напруги вибираємо на боці 110 кВ трансформатори НКФ-110-58, з боку 35 кВ – НОМ-35.

2.7 Вибір шин розподільних пристроїв

Ошиновку в РУ 110кВ виконують, як правило, сталелегалюмінієвими проводами марки АС. Вибір перетину здійснюється за довго допустимим струмом. При максимально робочому 462,93 А вибираємо переріз 185 мм² з допустимим струмом 510 А. Мінімальний переріз, виходячи з умови термічної стійкості, визначається за формулою:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{C} = \frac{\sqrt{32,55}}{91 \cdot 10^{-3}} = 62,7 \text{ мм}^2, \quad \text{де } C = 91 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кА} \cdot \text{с}^{1/2}}{\text{мм}^2}.$$

Переріз 185мм² підходить і за термічною стійкістю, тому для ошиновки підстанції приймаємо АС-185.

Ошиновка закритих РУ 35кВ виконується жорсткими шинами. Вибираємо алюмінієві шини перерізом 5 × 0,6 см з тривало припустимим струмом 740 А при розрахунковому робочому струмі 727,461 А.

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 шини менше 30 і більше 200 Гц. Частота власних коливань для алюмінієвих шин визначається за формулою:

$$f_0 = \frac{173,2}{l^2} \sqrt{\frac{\gamma}{q}} = \frac{173,2}{1,5^2} \sqrt{\frac{0,09}{3}} = 13,3 \text{ Гц},$$

де: l – довжина прольоту між ізоляторами ($l=1,5$ м);

γ – момент інерції поперечного перерізу шини відносно вісі, перпендикулярній до напрямку згинаючої сили, см²;

$q = b \cdot h = 5 \cdot 0,6 = 3 \text{ см}^2$ – поперечний переріз шини.

$$\gamma = \frac{bh^3}{12} = \frac{5 \cdot 0,6^3}{12} = 0,09 \text{ см}^4,$$

де: $b = 0,6 \text{ см}$ – товщина шини; $h = 5 \text{ см}$ – ширина шини.

Власна частота коливань шини менше 30, що відповідає умові.

Умовою механічної міцності шин є:

$$\sigma_{\text{розр}} \leq \sigma_{\text{доп}},$$

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

де: $\sigma_{розр}$ – розрахунково механічна напруга в матеріалі шин;

$\sigma_{доп} = 75$ МПа – припустимо механічна напруга в матеріалі шин для алюмінієвого сплаву ДДЗТ.

Розрахунково механічна напруга визначається за формулою:

$$\sigma_{розр} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{I_{уд}^2 \cdot 1,5^2}{W \cdot a} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{27500 \cdot 1,5^2}{2,5 \cdot 0,5} = 71,234 \text{ МПа,}$$

$$\text{де: } W = \frac{hb^2}{6} = \frac{0,6 \cdot 5^2}{6} = 2,5 \text{ см}^3 - \text{момент опору шини;}$$

$a = 0,5$ м – відстань між фазами.

Так як $71,234 < 75$ МПа, умова виконується. Отже дана шина задовольняє всім умовам вибору.

2.8 Компонування розподільних пристроїв 110кВ

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

Спорудження закритих ПС напругою 110 кВ допускається в наступних випадках:

- розташування ПС з трансформаторами 16 МВА і вище на службовій території міст;
- розташування ПС на території міст, коли це допускається містобудівними міркуваннями;
- розташування ПС з великими сніговими заметами, в зонах сильних промислових викидів і в прибережних зонах з сильно засоленої атмосферою.

На ПС 110 кВ зі спрощеними схемами на боці ВН з мінімальною кількістю апаратури, розміщеної в районах із забрудненою атмосферою, рекомендується відкрита установка обладнання ВН і трансформаторів з посиленою зовнішньою ізоляцією.

На ПС електропостачання промислових підприємств передбачається водяне опалення, приєднане до теплових мереж підприємств.

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Будівлі ЗРУ (закритих РУ) допускається виконувати як окремі, так і зблоковані з будинками РПУ в тому числі і по вертикалі.

КРПЕ напругою 110 кВ і вище беруть при техніко-економічному обґрунтуванні при обмежених умовах, а також в районах із забрудненою атмосферою. Трансформатори 110 кВ слід встановлювати відкритими, а в районах із забрудненою атмосферою – з посиленою ізоляцією. В ЗРУ 110 кВ і в закритих камерах трансформаторів необхідно передбачати стаціонарні вантажопідйомні пристрої або можливість застосування вантажопідіймальних машин (самохідних, пересувних) для механізації ремонту і технічного обслуговування.

2.9 Компонування розподільних пристроїв 6-35 кВ

РУ 6-35 кВ для комплектних трансформаторів ПС виконується у вигляді КРУН або КРУ, встановлюваних в закритих приміщеннях.

РУ 6-35 кВ закритого типу (в будинках, в тому числі з УТБ або полегшених конструкцій типу панелі «сендвіч» і ін.) можуть застосовуватися:

а) в районах, де за кліматичними умовами (забруднення атмосфери або наявність снігових заметів або заповоршених забирає) неможливе застосування КРУН;

б) при кількості шаф більше 25;

в) при наявності техніко-економічного обґрунтування.

В ЗРУ 6-35кВ рекомендується встановлювати шафи КРУ заводського виготовлення. Для їх ремонту і зберігання викочування візка в ЗРУ слід передбачати спеціальне місце.

					БР 5.6.141.671 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

3. Розрахунок релейного захисту

Розрахувати захист трифазного триобмоткового автотрансформатора:

Тип трансформатора Реле захисту
 АТДЦТН-250000/220/110 РНТ-560

Таблиця 3.1 – Технічні дані трансформатора

Тип	Номінальна потужність, МВА	Номінальна напруга обмоток, кВ			Втрати, кВт		Напруга			Струм XX %
		ВН	СН	НН	XX	КЗ	ВН	ВС	СН	
АТДЦТН- 250000/220/110	250	230	121	10,5	190	670	11	32	20	0,4

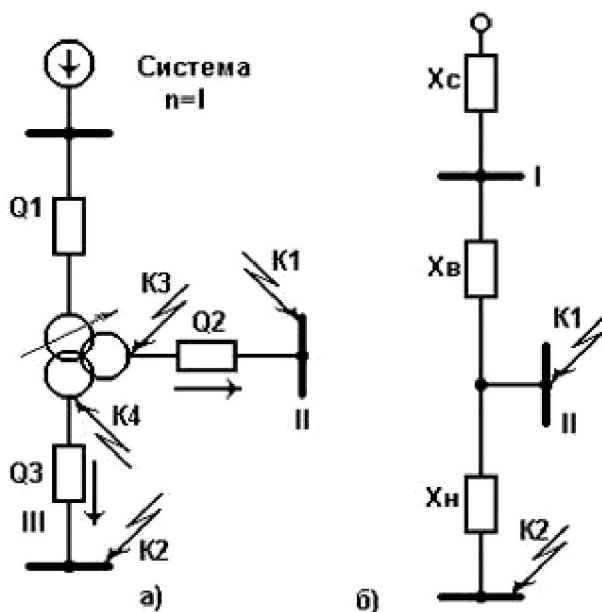


Рис.3.1 – Пояснювальна схема (а) і схема заміщення (б) для розрахунку захисту понижувального трансформатора

3.1 Розрахунок опору трансформатора

Для складання схеми заміщення (рис.3.1б) розраховуються опори трансформатора:

$$U_{кВ} = 0,5(U_{кВН} + U_{кВС} - U_{кСН}) = 0,5(11+32-20) = 11,5\%;$$

$$U_{кС} = 0\%;$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$U_{кН} = 0,5(-U_{кВН} + U_{кВС} + U_{кСН}) = 0,5(-11+32+20) = 20,5\%$$

$$X_B = \frac{U_{кВ} \cdot U_{ср.ном}^2}{100 \cdot S_H} = \frac{11,5 \cdot 230^2}{100 \cdot 250} = 24,3 \text{ Ом};$$

$$X_H = \frac{U_{кН} \cdot U_{ср.ном}^2}{100 \cdot S_H} = \frac{20,5 \cdot 230^2}{100 \cdot 250} = 43,4 \text{ Ом};$$

3.2 Розрахунок струму КЗ для захисту трансформатора

Струм КЗ на шинах СН (точка К1, рис.3.1):

$$I_{к.макс(К1)}^{(3)} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} \cdot X_B} = \frac{230}{\sqrt{3} \cdot 24,3} = 5,5 \text{ кА};$$

$$I_{к.макс(К1)}^{(2)} = \frac{U_{ср.ном}}{2X_B} = \frac{230}{2 \cdot 24,3} = 4,7 \text{ кА}.$$

Струм на шинах НН (точка К2, рис.3.1):

$$I_{к.макс(К2)}^{(3)} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3}(X_B + X_H)} = \frac{230}{\sqrt{3}(24,3 + 43,4)} = 1,96 \text{ кА};$$

$$I_{к.мин(К2)}^{(2)} = \frac{U_{ср.ном}}{2(X_B + X_H)} = \frac{230}{2(24,3 + 43,4)} = 1,69 \text{ кА}$$

3.3 Розрахунок поздовжнього диференціального струмового захисту

Попередній розрахунок диференційного захисту та вибір типу реле.

1. Струм спрацьовування захисту реле визначається за більшим з двох розрахункових умов:

а) відбудування від кидка струму намагнічування:

$$I_{с.з} = k_{отс} I_{ном} = 1,3 \cdot 630 = 819 \text{ А},$$

$$\text{де } I_{ном} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{ср.ном}} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 230} = 0,63 \text{ кА};$$

б) відбудування від струму небалансу:

$$I_{с.з} = k_3 (k_{одн} \varepsilon) I_{к.макс(К1)}^{(3)} = 1,3(1 \cdot 0,1) \cdot 5500 = 715 \text{ А}.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

де $k_{cx.n}$ – коефіцієнт схеми з'єднання вторинних обмоток ТТ на стороні n об'єкта (при з'єднанні обмоток у зірку $k_{cx.}=1,0$; при з'єднанні обмоток в трикутник $k_{cx.}=\sqrt{3}$);

$k_{I.n}$ – коефіцієнт трансформації ТТ, прийнятий на стороні n об'єкта (коефіцієнт ТТ вибираємо так, щоб вторинні номінальні струми істотно не перевищували паспортні значення струмів 5 А).

Дані розрахунку приведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Розрахунок первинних і вторинних струмів сторін трансформатора.

Позначення параметрів	I-ВН-230 кВ	II-СН-121 кВ	III-НН-10,5 кВ
$I_{номп}, A$	$\frac{250}{\sqrt{3} \cdot 230} = 630$	$\frac{250}{\sqrt{3} \cdot 121} = 1190$	$\frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 13700$
K_{In}	600/5	1000/5	18000/5
Схема з'єднання ТТ	зірка	зірка	трикутник
$I_{в.номп}, A$	$\frac{630 \cdot \sqrt{3}}{600/5} = 9,1$	$\frac{1190 \cdot \sqrt{3}}{1000/5} = 10,3$	$\frac{13700 \cdot \sqrt{3}}{18000/5} = 6,6$

За основну сторону беремо сторону основного живлення 230 кВ.

Струм спрацювання реле для основної сторони визначаємо за виразом:

$$I_{ср.осн} = \frac{I_{с.з} \cdot k_{cx} \cdot \frac{U_{ср.ном}}{U_{номВН}}}{K_{IВВ}} = \frac{715 \cdot 1 \cdot \frac{230}{230}}{600/5} = 5,6 A;$$

Знаходимо розрахункове число витків робочої обмотки для основної сторони (ВН):

$$W_{осн.расч} = \frac{F_{ср}}{I_{с.р.осн}} = \frac{100}{5,6} = 18 \text{ витків,}$$

де $F_{ср} = 100 A$ – намагнічуюча сила спрацювання реле РНТ-560.

1. Першочергово визначаємо струм спрацьовування МСЗ без пуску за напругою у відповідності з виразом:

$$I_{с.з} = \frac{k_3}{k_B} k_c I_{нагр.макс} = \frac{1,2}{0,8} \cdot 1,8 \cdot 630 = 1701 \text{ А},$$

Де $k_3=1,2$ – коефіцієнт запасу по вибірковості;

$k_B=0,8$ – коефіцієнт повернення реле РТ-40;

k_c – коефіцієнт самозапуску, що враховує збільшення струму загальмованою рухової навантаження після відновлення напруги $k_c=(1,5-2,5)$;

$I_{нагрмакс}$ – максимальний струм навантаження (приймається рівним номінальному струму трансформатора).

2. Чутливість захисту перевіримо при КЗ на шинах СН і НН в мінімальних розрахункових режимах:

$$k_{ч} = \frac{I_{к.мин(К1)}^{(2)}}{I_{с.з}} = \frac{4700}{1701} = 2,6 \quad \text{і} \quad k_{ч} = \frac{I_{к.мин(К2)}^{(2)}}{I_{с.з}} = \frac{1690}{1701} = 1,01 > 1.$$

Чутливість МСЗ без пуску по напрузі виявляється достатньою.

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

4 Індивідуальне завдання

Випробування, правила зберігання і транспортування засобів захисту від перенапруг

4.1 Випробування обмежувачів перенапруг нелінійних

Під час експлуатації ОПН повинні проводитись вимірювання і випробування відповідно до СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007.

Обсяг і періодичність вимірювань і випробувань нелінійних обмежувачів перенапруги (ОПН) повинні відповідати:

- до монтажу – пунктам 1, 4 та 5 цього розділу;
- після монтажу до увімкнення під робочу напругу – пунктам 1, 2, 4 та 5 цього розділу;
- через 3 - 4 роки після першого увімкнення під робочу напругу – пункту 8 цього розділу;
- під час експлуатації – пункту 8 цього розділу (під робочою напругою) через кожні шість місяців у перші два роки експлуатації, а в наступні роки:
 - один раз на рік перед початком грозового сезону - для ОПН напругою 110-750 кВ;
 - в обсязі та з періодичністю, зазначеними в заводській документації з експлуатації, але не менше одного разу на чотири роки – для ОПН на номінальну напругу до 35 кВ;
 - під час планових випробувань або під час виведення в ремонт обладнання, яке захищається, один раз на шість років – пунктам 2 та 4 цього розділу;
 - у процесі поточної експлуатації (бажано в кінці грозового сезону один раз на рік) – пункту 8 цього розділу;
 - позачергові контрольні випробування після випадків частих спрацьовувань (10 і більше разів на фазу) за показниками реєструвальних пристроїв – пунктам 1, 5 або 8 цього розділу (якщо відсутні з цього приводу окремі вимоги підприємств-виробників).

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

1) Вимірювання опору ізоляції ізолюваної основи або ізолюваного виводу ОПН повинно здійснюватись мегомметром на напругу 2,5 кВ. Значення опору ізоляції між ізолюваним виводом і нижчим фланцем ОПН повинне бути не менше ніж 10 МОм під час приймально-здавальних випробувань і не менше ніж 1 МОм в експлуатації.

2) Вимірювання струму провідності ОПН під робочою напругою виконують відповідно до вимог технічної документації підприємств-виробників.

3) Значення припустимого струму провідності має визначатися за даними підприємств-виробників. Зняття ОПН з експлуатації має виконуватись у випадку перевищення на 50 % значення вимірюваного току над наведеним у паспорті підприємств-виробників на цей ОПН.

4) Електричну міцність ізолюваного виводу за його наявності на вимкнутій від напруги мережі ОПН вимірюють плавним підйомом випробувальної напруги змінного струму промислової частоти до 10 кВ без витримки часу.

5) Вимірювання струму провідності має виконуватись з урахуванням пункту 6.11 цього розділу за температури навколишнього повітря вище 5 °С у суху погоду пристроями, які дозволяють виконати такі вимірювання, уникаючи похибок, викликаних формою випробувальної напруги.

6) Виміряні після монтажу ОПН до увімкнення під робочу напругу значення струму провідності не повинні відрізнятися більше ніж на 20 % від значень, виміряних на підприємствах-виробниках і наведених у паспорті.

7) Результати вимірювань струму провідності ОПН повинні порівнюватися з початковими даними попередніх вимірювань, а також зі значеннями струму провідності сусідніх фаз.

8) Контроль за станом ОПН виконують у суху погоду з використанням тепловізорів і довгохвильових пірометрів з розрізнявальною здатністю в 0,1 °С.

9) Під час міжремонтних випробувань у разі задовільних результатів тепловізійного контролю перевірка стану ОПН згідно з пунктом 6.7 цього розділу не здійснюється.

10) Випробувальна напруга під час проведення випробувань повинна

					БР 5.6.141.671 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

відповідати ГОСТ 13109-97. Якщо параметри випробувальної напруги не відповідають цьому документу, результати випробувань не можуть бути визнані дійсними.

11) Для вимірів струмів провідності ОПН мають бути застосовані джерела живлення з фіксованими параметрами якості напруги. Перед початком вимірювань струму провідності повинна бути виконана перевірка випробувального устаткування на якість напруги.

12) У разі виявлення дефектів ОПН, які пов'язані з внутрішніми його несправностями, розкриття та детальне розбирання ОПН повинні проводитись тільки в присутності представників підприємств-виробників, де був виготовлений цей ОПН.

13) При періодичних випробуваннях ізоляції устаткування підстанції підвищеною напругою ОПН мають бути відключені, щоб уникнути їх пошкодження.

4.2 Випробування вентильних та довгоіскрових розрядників

З метою забезпечення можливості проведення випробувань ВР безпосередньо під робочою напругою без вимикання з мережі вони повинні мати ізолювальну основу, розраховану на однохвилинну випробну напругу 8-10 кВ частотою 50 Гц. Це випробування дозволено замінити перевіркою за допомогою мегомметра. Отримане значення опору повинне бути не менше ніж 10 МОм.

Періодичність та обсяги перевірок вентильних розрядників повинні відповідати:

- до монтажу – пунктам 1, 9 та 12 цього розділу;
- після монтажу, до увімкнення під робочу напругу – пунктам 1 та 9 цього розділу;
- під час експлуатації – пункту 1 цього розділу – один раз на три роки для розрядників зовнішнього установаження і один раз на шість років для розрядників внутрішнього установаження; пункту 12 цього розділу – один раз на шість років;

					БР 5.6.141.671 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		41

пункту 11 цього розділу – один раз на шість років у випадках невідповідності величини опору, вимірюної згідно з пунктом 1 цього розділу; пунктам 11 та 13 цього розділу – один раз на рік.

Перевірки розрядників за пунктами 11 та 13 цього розділу взаємозамінні.

1) Вимірювання опору в розрядниках на номінальну напругу 3 кВ і вище проводять за допомогою мегомметра на напругу 2,5 кВ, у розрядниках на номінальну напругу менше ніж 3 кВ – мегомметром на напругу 1,0 кВ.

2) Опори однотипних елементів багатоелементних розрядників РВС, укомплектованих в одну фазу за значенням опору, повинні відрізнятися між собою не більше ніж на 30 %.

3) Виміряні в процесі експлуатації значення опору елементів розрядників РВМА, РВМГ-110М-330М, РВМК-400В не повинні змінюватися більше ніж на 60 % від початкового, елементів розрядників РВРД – не більше значень, установлених підприємством-виробником, решти типів розрядників (елементів розрядників) – не більше ніж на 30 %.

4) У разі перевищення відхилення опору ізоляції нормованих величин необхідно виміряти струм провідності і зробити висновок про стан елемента розрядника. Якщо вимірний струм провідності задовольняє норми, то такий елемент вважається придатним до експлуатації.

5) Значення, виміряне мегомметром на напругу 1,0 кВ опору імітатора під час експлуатації, не повинне змінюватися більше ніж на 30 % від одержаного перед першим увімкненням.

6) Опір ізоляції ізолювальних основ розрядників з реєстраторами спрацьовування, вимірний мегомметром на напругу 2,5 кВ, повинен бути не менше ніж 10 МОм під час приймально-здавальних випробувань і не менше ніж 1 МОм в експлуатації.

7) Опір ізоляції опірних ізоляторів, які використовуються в двоколонковій конструкції розрядників, повинен бути не менше ніж 1000 МОм.

8) На енергетичних об'єктах, де запроваджений контроль за РВ під робочою напругою без вимикання від мережі, вимірювання струму провідності ВР під

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

робочою напругою виконувати відразу після першого увімкнення ВР, а надалі – один раз на рік перед початком грозового сезону.

Вимірювання струму провідності ВР під робочою напругою необхідно виконувати за плюсової температури ВР. Результати вимірювань порівнюють з даними, одержаними на сусідніх фазах або на однотипних розрядниках інших приєднань, а для розрядників на напругу 110 кВ і вище – з результатами початкових вимірювань.

9) Значення опору розрядників типів РВН, РВП повинно бути не менше ніж 1000 МОм, типу РВО – не менше ніж 5000 МОм, а елементів розрядників типу РВС – від декількох сотень до декількох тисяч МОм.

10) Контроль за станом елементів розрядників виконують у суху погоду з використанням тепловізорів, довгохвильових пірометрів з розрізнявальною здатністю в 0,1 °С.

11) Норми та обсяг випробувань вентиляльних розрядників, які проводяться під час капітального ремонту з розкриттям, визначаються вимогами технічної документації підприємств-виробників.

12) Якщо під час приймально-здавальних випробувань струми провідності елементів вимірювались як з баластовою ємністю, так і без неї, то в подальшій експлуатації за необхідності їх можна вимірювати без цих конденсаторів. Різниця між результатами не повинна перевищувати 30 %.

13) Допустимі струми провідності розрядників та їх елементів при вимірюваннях випрямленою напругою повинні відповідати значенням, наведеним у табл. 4.1.

Допустимі струми провідності розрядників вентиляльних станційних повинні відповідати значенням, наведеним у табл.4.2.

При вимірюванні струмів провідності поверхня фарфорових покриттів повинна бути чистою та сухою. Перед вимірюванням фарфор протирають ганчіркою, змоченою в бензині або ацетоні.

Збільшення струмів провідності є наслідком втрати елементом герметичності та попадання всередину вологи. Зменшення струмів провідності в декілька разів

					БР 5.6.141.671 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

свідчить про обрив кола ШНР.

Таблиця 4.1 – Допустимі струми провідності вентильних розрядників і їх елементів

Тип розрядника або елемента розрядника	Значення випрямленої напруги, за якої вимірюють струм провідності, кВ	Струм провідності, мкА, за температури розрядника 20°C	
		не менше	не більше
РВН-1У1	1		6
РВМ-3	4	380	450
РВМ-6	6	120	220
РВМ-10	10	200	280
РВМ-15	18	500	700
РВМ-20	24	500	700
РВС-15	16	200	340
РВС-20	20	200	340
РВС-35	32	200	340
РВС-15	16	400/450	620
РВС-20	20	400/450	620
РВС-33	32	400/450	620
РВС-35	32	400/450	620
РВРД-3	3	30	85
РВРД-6	6	30	85
РВРД-10	10	30	85
РВ-25	28	400	650
РВЕ-25М	28	400	650
РВМЕ-25	32	400	650
Елементи розрядника РВМА-66	18 30	1000	1350
Елементи розрядника РВМА-220	30	1000	1350
Елементи розрядників РВМГ-110М, 150М, 220М, 330М, 400, 500	30	1000	1350

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

БР 5.6.141.671 ПЗ

Лист

44

напругу 3-10 кВ повинні виконуватись за технічною документацією підприємств-виробників. Допустимі значення пробивної напруги розрядників наведено в табл.4.3.

Норми та обсяг випробувань і вимірювань вентиляльних розрядників, які провадяться під час капітального ремонту з розкриттям, визначаються вимогами документації підприємств-виробників.

У процесі експлуатації довгоіскрові розрядники не підлягають спеціальним випробуванням.

Таблиця 4.3 – Допустимі пробивні напруги вентиляльних розрядників

Тип розрядників	Діюче значення пробивної напруги, кВ	
	не менше	не більше
РВН-1У1	2,1	2,8
РВП-3, РВО-3	9	11
РВП-6, РВО-6	16	19
РВП-10, РВО-10	26	30,5

4.3 Правила зберігання і транспортування

Засоби захисту від перенапруг необхідно упаковувати в тару так, щоб під час транспортування не було їх зміщень і пошкоджень. На упаковці наносяться написи: "Обережно, крихке", "Верх", "Не кантувати", "Не кидати", "Фарфор", "Боїться вогкості". Перевезення ВР, РДІ і ОПН без тари не дозволяється. Тара не повинна підлягати перекочуванню.

Елементи ВР серій РВС, РВМ, РВМГ, РВМ, РВЕ та ОПН, а також ІЕ ОПНІ перевозяться відповідно до вимог підприємств-виробників.

Одноелементні ОПН-220 кВ і вище перевозяться в спеціальній тарі в горизонтальному положенні з обпиранням їх на фланці і дерев'яні хомути посередині фарфорового кожуха.

Тару з ВР або ОПН потрібно піднімати, пересувати та опускати на землю плавно, без поштовхів і ударів. Верх елемента визначається за табличкою на верхньому фланці тари, закріпленою на заводі-виготовлювачі.

Збереження ВР та ОПН на складах та монтажних майданчиках повинно здійснюватися з дотриманням таких особливостей:

- усі елементи ВР та ОПН до 150 кВ зберігаються відповідно до вимог підприємств-виробників (як правило, вертикально) в упаковці з урахуванням напису "Верх". Крапельниці ребер фарфорових кожухів повинні бути повернуті униз. Усі верхні елементи повинні мати кришки, а інші повинні бути захищені від прямого попадання вологи, наприклад накриті листами толю. Елементи потрібно встановлювати на поміст вище рівня зливових вод;

- ОПН-220 кВ і вище зберігаються відповідно до технічної документації підприємств-виробників (як правило, вертикально) у тарі з обпиранням на кінцеві фланці та рознімні хомути всередині фарфорового кожуха із захистом від прямого попадання дощової води;

- при тривалому зберіганні потрібно періодично відновлювати захисні покриття та консервацію;

- РДІ на складах повинні знаходитись в положенні відповідно до маркування тари;

- вантажно-розвантажувальні та монтажні роботи з елементами ВР і ОПН та їх переміщення виконуються за допомогою вантажопідіймальних механізмів. Елемент під час підймання необхідно закріплювати і переміщати плавно, без поштовхів і ударів.

					БР 5.6.141.671 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

5. Охорона праці

Інструкція з охорони праці для електрика

5.1 Загальні положення

Ця інструкція встановлює загальні вимоги з охорони праці для електрика.

До роботи електрика допускаються особи не молодше 18 років, які мають відповідну кваліфікацію, необхідні навички в роботі, пройшли вступний інструктаж з охорони праці та інструктаж на робочому місці.

До самостійної роботи електрики допускаються після стажування на робочому місці під керівництвом досвідченого працівника на протязі 2-15 змін, та які мають групи з електробезпеки: в електроустановках напругою до 1000 В не нижче III; в електроустановках напругою вище 1000 В не нижче IV. До самостійної роботи, електрик допускається за наказом керівника підприємства.

Електрик повинен:

- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- користуватись спецодягом та іншими засобами індивідуального захисту;
- виконувати тільки ту роботу, яка доручена керівником робіт і по якій проінструктований;
- не виконувати вказівки, які суперечать вимогам цієї інструкції;
- вміти надавати першу долікарняну медичну допомогу;
- вміти користуватись первинними засобами пожежегасіння;
- не допускати в робочу зону сторонніх осіб;
- пам'ятати, про особисту відповідальність за виконання вимог правил охорони праці та відповідальність за співробітників.

Основні шкідливі та небезпечні фактори, які діють на електрика:

- ураження електрострумом;
- падіння з висоти;
- опіки;

					БР 5.6.141.671 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		48

- захаращеність робочої зони;
- загазованість приміщень;
- наїзди транспортних засобів;
- недостатнє освітлення робочої зони.

Електрик забезпечується безкоштовно спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту згідно з типовими нормами:

- напівкомбінезон бавовняний – на 12 місяців;
- рукавички на – 3 місяці;
- черевики шкіряні на – 24 місяці;
- калоші діелектричні – чергові;
- рукавиці діелектричні – чергові;
- килимки діелектричні – чергові.

Коллективним договором по підприємству може бути передбачена видача спецодягу і взуття та інших ЗІЗ понад встановлені норми.

Електрику слід користуватись такими засобами захисту: діелектричними рукавичками, килимами і діелектричними калошами або ботами, а також інструментами з ізолюваними ручками.

Слід використовувати захисні засоби, у яких не минув строк чергового випробування, які мають клеймо з позначкою дати наступного випробування та напруги, на яку розраховано використання цього засобу.

Гумові захисні засоби перед їх застосуванням слід оглянути та очистити від пилу, бруду, а у разі зволоженої поверхні їх слід ретельно витерти і висушити.

Не дозволяється застосовувати засоби, які мають проколи і тріщини.

Електрику не дозволяється користуватись захисними засобами, які не пройшли встановлених випробувань, а також такими, у яких минув строк чергового випробування.

Періодичні (контрольні) випробування захисних засобів слід проводити у такі строки:

- раз на 2 роки – ізолювальні кліщі для установок з постійним черговим персоналом;

- раз на 6 місяців – діелектричні рукавички;
- раз на 1 рік – діелектричні калоші;
- раз на 3 роки – ізолюючі підставки (огляд).

Штепсельні вилки, що застосовуються у мережах з напругою 12 і 24 В не дозволяється використовувати у мережах з більшою номінальною напругою.

Електроінструмент, переносні лампи, понижуючі трансформатори електрика слід перевіряти один раз на місяць на відсутність замикання на корпус, на цілісність заземлювального проводу, цілість ізоляції живлячих проводів.

Електрик є оперативним персоналом і може виконувати роботи за такими регламентами:

- за нарядом-допуском;
- за розпорядженням;
- у порядку поточної експлуатації.

Електрику слід виконувати приєднання до мережі електроживлення будь які електроприлади та устаткування через призначені для цього апарати та вимикаючи пристрої (рубильники, пускачі магнітні, автоматичні вимикачі, реле тощо).

Під час виконання робіт електрик зобов'язаний виконувати вимоги санітарних норм та правил особистої гігієни:

- для запобігання простудним захворюванням слід стежити, щоб одяг і взуття не були мокрими, уникати протягів, не допускати переохолодження та перегрівання тіла;
- утримувати у чистоті і порядку робоче місце;
- перед кожним прийманням їжі мити руки з милом;
- після користування бензином, керосином, мастильними матеріалами та іншими небезпечними речовинами обов'язково мити руки з милом;
- правильно і дбайливо користуватись санітарно-побутовими приміщеннями, спецодягом і індивідуальними засобами захисту;
- утримувати спецодяг і спецвзуття у справному стані і чистому вигляді;
- дотримуватись питного режиму з урахуванням особливостей умов праці;
- дотримуватись режиму праці і відпочинку.

У разі погіршення стану здоров'я, пов'язаним з виконанням трудових обов'язків, слід припинити роботу, попередити керівника робіт і звернутися до медичного закладу.

Електрик, що порушує вимоги цієї інструкції несе дисциплінарну, адміністративну кримінальну відповідальність згідно чинного законодавства України.

5.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

Електрик перед початком роботи має впевнитися у наявності власного посвідчення.

Електрику перед початком роботи слід надіти спецодяг і спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту, перевіривши строк їх випробування.

Перевірити справність електрообладнання, ручного інструменту для чого слід впевнитись що:

- ізолювальні підставки, решітки, пускові прилади, заземлення справні;
- держакі кусачок і плоскогубців ізольовані;
- робоча частина викрутки правильно заточена, а держак міцно насаджений та ізольований;

- гайкові ключі справні і відповідають розміру гайок;

Впевнитися, що надійно заземлені:

- корпуси електричних машин, трансформаторів, апаратів, світильників; і
- приводи електричних апаратів;
- вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів;
- каркаси розподільних щитів, щитів управління, щитів і шаф;
- металеві конструкції розподільних пристроїв;
- металеві кабельні конструкції;
- металеві корпуси кабельних муфт;
- металеві оболонки та броня контрольних і силових кабелів;
- металеві оболонки проводів;

– сталеві труби електропроводки та інші конструкції, зв'язані з встановленням електрообладнання;

– металеві корпуси пересувних і переносних електроприймачів.

Ручний інструмент слід зберігати в переносному ящику або спеціальній сумці для інструменту.

Впевнитися, що штепсельні з'єднання на 12 і 24 В пофарбовані у колір, який різко відрізняється від кольорів штепсельних з'єднань на напругу вище 25 В.

У разі позмінної роботи слід прийняти зміну. Під час приймання зміни черговий електрик зобов'язаний:

– ознайомитись зі схемою та режимом роботи устаткування на своїй ділянці особистим оглядом в обсязі, встановленому інструкцією;

– одержати від попереднього чергового інформацію про стан устаткування, за яким слід вести ретельний нагляд щодо запобігання аварійності, а також про стан устаткування, яке знаходиться у ремонті або резерві;

– ознайомитись з усіма записами та розпорядженнями, які були надані з його останнього чергування;

– переконатись у справності приладів, що вмикають і вимикають напругу, приладів сигналізації та блокувань;

– перевірити справність освітлювальних приладів, електропроводки та світильників, ламп;

– оформити прийняття зміни записом у журналі з підписом працівника, який здав зміну та власним підписом про прийняття зміни;

– доповісти безпосередньому керівнику про початок чергування та про недоліки і неполадки під час прийняття зміни.

Прийняття і здача зміни безпосередньо під час ліквідації аварій, виконання перемикачів чи оперативного перемикачів обладнання не дозволяється.

Під час тривалої ліквідації аварії та у разі несправного обладнання, або відхилення від норми, передача зміни може виконуватися тільки з дозволу особи відповідальної за електрогосподарство.

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		52

Під час огляду електроустановки не дозволяється виконувати будь-які роботи. Під час огляду електроустановок понад 1000 В не дозволяється відкривати двері приміщень та комірок, які не обладнані сітчастими огорожами або бар'єрами, якщо відстань до струмовідних частин менше:

в електроустановках 6-35 кВ	0,6 м;
110кВ	1,0м;
150кВ	1,5м;
220 кВ	2,0 м.

В електроустановках до 1000 В відстань до струмовідних частин має бути не менше 0,6 м.

Двері приміщень електроустановок мають бути постійно замкненими.

Для кожного приміщення має бути не менше двох комплектів ключів , один з яких, є запасним. Ключі мають бути пронумеровані і перебувати на зберіганні в адміністративних або оперативних працівників. Ключі підлягають поверненню щоденно після закінчення роботи.

Одержати завдання: наряд-допуск або розпорядження на наступну роботу. Наряд-допуск видається у разі виконання робіт групою електриків. Письмове розпорядження видається особою, який наказом по підприємству надається право надання розпоряджень. Письмове розпорядження видається із записом у журналі обліку робіт за нарядами та розпорядженнями з проведенням відповідного інструктажу та розписом особи, яка видала розпорядження і провела інструктаж та розписом електрика, який отримав завдання.

У випадку виявлення будь-яких відхилень, несправностей, пошкоджень негайно повідомити директора Підприємства.

5.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи.

Для підготовки робочого місця під час робіт з частковим або повним зняттям напруги необхідно виконувати такі технічні заходи:

					БР 5.6.141.671 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

– провести необхідні вимикання та взяти заходів, що унеможливають подачу напруги до місця роботи внаслідок помилкового або довільного вмикання комутаційної апаратури (встановити механічний запір приводів вимикачів, рубильників та роз'єднувачів, ізоляційні прокладки в рубильниках та ін.);

– перевірити відсутність напруги на струмовідних частинах, на яких слід накладати заземлення;

– приєднати переносні заземлення до заземлювального пристрою;

– накласти заземлення на струмовідні частини (безпосередньо після перевірки відсутності напруги), ввімкнути ножі, що заземлюють, або, якщо їх немає, накласти переносне заземлення;

– у разі необхідності обгородити струмовідні частини, що залишилися під напругою;

– вивісити плакати «Не вмикати – працюють люди», «Не вмикати -робота на лінії», «Не відкривати – працюють люди», а при потребі встановити загородження;

– обгородити робоче місце і вивісити плакати: «Стій – напруга!», «Не влізай – уб'є!», «Працювати тут».

Перевіряти відсутність напруги в електроустановках до 1000 В показчиком напруги або переносним вольтметром, перевіривши попередньо справність показчика напруги. В цьому разі користуються діелектричними рукавичками.

Перевірити наявність заземлення електроустановок з напругою 220 В і вище (змінного і постійного струму – у всіх випадках) корпусів електрообладнання, встановлених у приміщеннях з підвищеною небезпекою і в зовнішніх установках з номінальною напругою вище 25 В змінного струму і 110 В постійного струму. В особливо небезпечних а також у вибухонебезпечних приміщеннях – напругою не вище 12 В змінного та 60 В постійного струму.

В електроустановках, конструкція яких така, що накладання заземлення небезпечне або неможливе (наприклад, у деяких розподільних ящиках, контрольно-розподільних пристроях окремих типів тощо), під час підготовки робочого місця необхідно взяти заходів забезпечення безпеки праці:

– замикати на замок привід роз'єднувача.

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

– обгородження ножів або верхніх контактів роз'єднувачів виконувати гумовими ковпаками або жорсткими накладками з ізоляційного матеріалу.

Слід постійно стежити за надійністю приєднання та справністю заземлювального пристрою.

Не дозволяється використовувати для заземлення будь-які провідники, не призначені для цієї мети, а також приєднувати скруткою заземлення.

Дозволяється проведення робіт без зняття напруги в електроустановках напругою 220 В і нижче. Ці роботи слід виконувати не менш як двом електрикам. При цьому необхідно:

– працювати в діелектричних калошах або стоячи на ізолювальній основі (ізолювальній підставці);

– користуватись інструментом з ізольованими держаками (у викруток, крім того, має бути ізольований стержень). У разі відсутності такого інструменту необхідно застосовувати діелектричні рукавички;

– обгородити сусідні струмовідні частини під напругою, до яких можливий випадковий дотик ізолювальними накладками (гумовими матами, електрокартоном, міканітовими листами та ін.);

– працювати з опущеними і застебнутими біля кістів рук рукавами одягу та в головному уборі.

Під час проведення робіт на струмовідних частинах, які знаходяться під напругою, за допомогою основних захисних ізолювальних засобів (оперативні та вимірювальні штанги, покажчики напруги, ізолюючі та струмовимірювальні кліщі та ін.) необхідно:

– користуватись тільки сухими ізолювальними засобами з непошкодженим лаковим покриттям;

– тримати ізолювальні засоби за держаки-захвати не далі обмежувального кільця;

– розміщувати ізолювальні засоби так, щоб унеможливити перекриття по поверхні ізоляції між струмовідними частинами двох фаз або фази на землю.

Не дозволяється під час роботи під напругою застосування ножівок, напилків і металевих метрів.

Під час виконання робіт біля необгороджених струмовідних частин не дозволяється виконувати роботи, якщо струмовідні частини розташовані позаду або з двох боків.

Замінювати плавкі вставки запобіжників у разі наявності рубильника слід без напруги. У разі неможливості зняття напруги (наприклад, на групових щитах, зборках) заміна плавких вставок запобіжників допускається під напругою, але із зняттям навантаження.

Під напругою і під навантаженням в освітлювальних колах та у вторинних колах допускається зняття і встановлення запобіжників трансформаторів напруги та запобіжників пробкового типу.

Замінювати плавкі вставки запобіжників під напругою електрик повинен у захисних окулярах та діелектричних рукавичках, користуючись ізолювальними кліщами.

Замінювати плавкі вставки запобіжників може електрик, із кваліфікацією не нижче III групи, а у разі заміні на висоті з приставних драбин - двоє електриків, один з яких має кваліфікаційну групу не нижче IV.

Вмикання і вимикання, які проводяться на розподільних щитах, у зовнішніх мережах з приставних драбин і риштувань, а також там, де ці операції через місцеві умови утруднені, мають виконувати двоє електриків, з яких один повинен мати кваліфікаційну групу не нижче IV.

У разі вимкнення електрообладнання за заявкою персоналу для проведення будь-яких робіт, наступне вмикання цього обладнання може бути виконано за узгодженням з особою, яка дала заявку на вимкнення, особою, яка у цей час її замінює. Перед пуском обладнання, тимчасово вимкненого за заявкою персоналу, оперативний персонал має його оглянути, переконатись у готовності до прийняття напруги і попередити тих, хто працює на ньому, про вмикання.

Щоб унеможливити трансформацію напруги з низької сторони на високу, слід вимкнути вимірювальні трансформатори з низької сторони.

					БР 5.6.141.671 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		56

У разі наближення грози слід припинити всі роботи на повітряних мережах, у відкритих розподільчих пристроях, у закритих розподільчих пристроях з відгалуженнями повітряних мереж.

Виконання робіт у зоні наведеної напруги та на перетинаннях з діючими електричними мережами виконуються тільки по наряді-допуску.

Освітлювальна арматура (скляні ковпаки, рефлектори, металеві частини тощо) і лампи всіх видів освітлення слід очищати у строки:

– чотири рази на місяць – у приміщеннях із значними виробничими виділеннями пилу;

– два рази на місяць – у приміщеннях із незначними виробничими виділеннями пилу;

– двічі на рік – у зовнішніх установках.

Цил всередині електрообладнання слід прибирати у строки:

– два рази на рік – для електричних машин з нормальним, іскрінням частин;

– один раз у 2-3 місяці – для електрообладнання, встановленого на механізмах, які зазнають трясіння, вібрації тощо;

– один раз на рік – для решти обладнання.

Під час роботи у вибухонебезпечних установках слід:

– ремонтувати електрообладнання електроосвітлення та мережі тільки із знятою напругою;

– експлуатувати електрообладнання із справним блокуванням кришок апаратів;

– вмикати електроустановку, що автоматично вимкнулась, після з'ясування і усунення причини її вимкнення;

– не перевантажувати понад номінальні параметри вибухонебезпечне електрообладнання, проводи і кабелі;

– підключати до джерел живлення іскробезпечних приладів тільки такі апарати I кола, які входять у комплект цього приладу;

– двері приміщень і тамбурів, які відокремлюють енергетичні приміщення від інших приміщень слід тримати закритими;

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

- замінити перегорілі електричні лампи у вибухонебезпечних світильниках слід тими видами ламп які передбачені до даного типу світильників;
- замінити захист (теплові елементи, запобіжники, розчіплювачі) електрообладнання тільки призначеними видами захисту, на яке це електрообладнання розраховане;
- слідкувати за рівнем мастила в мастилонаповненому електрообладнанні.

Під час роботи на висоті, на опорах повітряної лінії електропередачі або з драбин чи риштувань, що проводяться з вимкненою напругою, слід переконатись у відсутності напруги на лінії, а також у міцності опори. На місці виконання робіт слід заземлити струмовідні частини. Приступаючи до роботи на опорі, слід прив'язатись до неї запобіжним поясом і працювати, стоячи на обох ногах. Не дозволяється влізати на опору та злазити з неї без кігтів. Зазначені роботи виконують не менш як двоє електриків.

Під час роботи на драбинах слід користуватись легкими і міцними переносними драбинами і стрем'янками, які своєчасно пройшли випробування статичним навантаженням. Східці мають бути прямокутні, врізані. Не дозволяється застосовувати драбини збиті цвяхами, без врізання сходових і без стяжки тятив болтами, а також без гострих металевих шипів (під час роботи на м'яких підлогах) та гумових наконечників (під час роботи на твердих підлогах).

Драбина не може прогинатись під вагою електрика. Розсувні драбини мають бути міцно з'єднанні між собою гаками, що не допускають довільного розсування під час роботи. Драбини, які приставляються до трубопроводів, слід використовувати із спеціальними ізольованими гаками для захвата за трубу.

Не дозволяється для підставок використовувати випадкові предмети (ящики, бочки тощо). Необхідно користуватись інвентарними підставками.

Під час роботи ручним інструментом не можна класти його на електропроводи та обладнання.

Електрифікований інструмент (дрілі, гайкокрути, шліфувальні машини тощо) застосовувати за умови повної їх справності та з напругою не більш як 220 В, а в приміщеннях з підвищеною небезпекою – не більш як 25 В.

					БР 5.6.141.671 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		58

Корпус електроінструменту, що працює з напругою понад 25 В (незалежно від частоти струму), має вмикатися до мережі з системою захисного заземлення. Під час роботи з електроінструментом слід користуватись діелектричними рукавичками.

Електрику не дозволяється вмикати не передбаченими засобами рубильники та кнопки пускачів і визначати дотиком руки температуру нагріву електричних машин і трансформаторів. Не дозволяється знімати плакати, заземлення та обгородження без дозволу керівника робіт.

Електричні проводи слід захищати від механічних пошкоджень та від дотику сталевих канатів, гарячих поверхонь, шлангів газополуменевої апаратури, мастил та кислот, які руйнівню впливають на ізоляцію. У вогких приміщеннях їх слід підвішувати на підставках.

Зрощувати живильні кабелі і проводи слід тільки гарячим паянням, зварюванням або з'єднувальними муфтами з ізоляцією місць зрощування, рівноцінною непошкодженій ізоляції кабелів і проводів.

Світильники з люмінесцентними лампами напругою 220 В дозволяється встановлювати на висоті не менше 2,5 м. На меншій висоті можна встановлювати тільки за умови захищеності їхніх контактних частин для випадкового дотику.

Усі монтажні і ремонтні роботи на електричних мережах і пристроях (або поблизу від них), а також роботи з приєднання і роз'єднання проводів електрики мають виконувати за умови знятої напруги.

Заміну перегорілих запобіжників електрику слід виконувати із знятою напругою. Встановлювати або замінювати електричні лампи слід із знятою напругою.

Електрик під час ремонту і обслуговування електричних мереж повинен застосовувати ручні переносні світильники. Для переносних світильників під час ремонту електроживлення напруга має бути не вище 25 В, а в особливо небезпечних місцях (шахти, колодязі, металеві резервуари, котли) – не перевищувати 12В. Не дозволяється використовувати стаціонарні світильники замість ручних переносних.

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		59

Під час ведення робіт на вимкнутій частині електроустановки заземлення накладається на струмовідні частини фаз з усіх боків, звідки може бути подана напруга, включаючи зворотну трансформацію. Накладати заземлення слід безпосередньо після перевірки відсутності напруги.

Під час користування переносними заземленнями їх слід розмістити біля місць накладання заземлення і приєднати до затискача «земля». Затискачі переносного заземлення слід накладати в діелектричних рукавичках на струмовідні частини за допомогою штанги з ізоляційного матеріалу. Закріплювати затискачі дозволяється цією ж штангою або безпосередньо руками, але при цьому слід обов'язково користуватись діелектричними рукавичками.

Зняття переносного заземлення із застосуванням штанг та діелектричних рукавичок слід проводити зворотним порядком, тобто спочатку зняти його з струмовідних частин, а потім від'єднати від заземлювального пристрою.

Накладення і зняття переносних заземлень в установках вище 1000 В слід проводити двом електрикам з кваліфікаційною групою не нижче IV, які ознайомлені із схемою електроустановки.

У випадку виявлення будь-яких відхилень, несправностей, пошкоджень негайно повідомити директора Підприємства.

					БР 5.6.141.671 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		60

Висновки

В результаті виконання бакалаврської роботи було проведено розрахунок параметрів електричної мережі, визначені напруги в вузлах мережі, втрати напруги і втрати потужності в мережі.

На підставі добового графіка навантаження споживачів було здійснено перевірку потужності силового трансформатора. Виконано розрахунок електричної частини підстанції, з подальшим вибором комутаційного вимірювального обладнання; в процесі розрахунку була визначена сумарна потужність споживань підстанції.

Також, виходячи з забезпечення надійності електропостачання в нормальних і в післяаварійних режимах, проведено вибір головної схеми електричних з'єднань підстанцій. Було здійснено вибір трансформаторів власних потреб, вимірювальних трансформаторів струму і напруги на стороні високої та низької напруги.

Проведено розрахунок релейного захисту. Диференціальний струмовий захист від усіх видів замикань виконано на реле типу РНТ-560, в якості резервного захисту використано МСЗ на реле РТ-40. МСЗ також перевірено на чутливість, яка була достатньою.

В роботі розглянуті питання випробування, зберігання і транспортування засобів захисту від перенапруг та проаналізовано інструкцію з охорони праці для електрика.

					БР 5.6.141.671 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

