

ЖИТОМИРСЬКИЙ ВІЙСЬКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ С.П.КОРОЛЬОВА
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІНЖЕНЕРІЇ



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

здобувача вищої освіти ступеня «бакалавр» заочної форми навчання
за спеціальністю «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

Тема: «РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ПІДСТАНЦІЇ 110/35/10 КВ
ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ МІСТА»

Виконавець: Дмитро КУЗЬМЕНКО

м. Житомир

2026

РЕФЕРАТ

Метою дипломної роботи є розроблення схеми електричних з'єднань підстанції 110/35/10 кВ, розрахунок основних параметрів її елементів, вибір силових трансформаторів, струмоведучих частин, комутаційних апаратів, засобів захисту від перенапружень, трансформаторів струму і напруги, а також елементів захисного заземлення та грозозахисту.

Об'єктом дослідження є система електроживлення промислового району міста.

Предметом дослідження є схема електричних з'єднань підстанції 110/35/10 кВ, призначеної для забезпечення електропостачання споживачів промислового району міста.

У роботі виконано розрахунок електричних навантажень споживачів, побудовано добові та річні графіки навантаження, визначено основні показники і коефіцієнти, що характеризують режими електроспоживання.

Проведено розрахунок струмів короткого замикання в основних точках схеми підстанції. На підставі отриманих значень здійснено вибір і перевірку струмоведучих частин, гнучких проводів, шин, кабельних ліній, вимикачів, роз'єднувачів, обмежувачів перенапружень, трансформаторів струму, трансформаторів напруги та трансформатора власних потреб.

Розроблена схема підстанції передбачає застосування розподільчих пристроїв високої, середньої та низької напруги з урахуванням вимог надійності, економічності, безпеки експлуатації та можливості подальшого розвитку електромережі.

У роботі також розглянуто питання релейного захисту силових трансформаторів, захисного заземлення, грозозахисту підстанції, охорони праці та безпеки життєдіяльності під час монтажу й експлуатації електротехнічного устаткування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛЕКТРИЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ЗАЗЕМЛЕННЯ, КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ, ОБМЕЖУВАЧ ПЕРЕНАПРУЖЕНЬ, ПІДСТАНЦІЯ, РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ, РОЗПОДІЛЬЧИЙ ПРИСТРІЙ, СИЛОВИЙ ТРАНСФОРМАТОР, СТРУМОВЕДУЧА ЧАСТИНА.

Пояснювальна записка дипломної роботи: 79 с., 36 табл., 19 рис., 8 джерел, графічна частина — 1 аркуш формату А4.

					Кваліфікаційна робота			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат				
Розробив	Кузьменко Д.В.				Розроблення схеми підстанції 110/35/10 кВ промислового району міста	Літ.	Арк8	Аркушів 79
Керівник.	Іщенко І.А							
Реценз.	Карацук Н. М..					ЖВІ 322з		
Н. Контр.								
Затверд.	Ставісюк Р.Л.							

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	10
ВСТУП	11
1. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ ПІДСТАНЦІЇ 110/35/10 кВ ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ МІСТА	12
1.1 Розрахунок електричних навантажень	12
1.1.1 Побудова добових графіків електричних навантажень	12
1.1.2 Побудова річних графіків електричних навантажень	14
1.1.3 Основні показники і коефіцієнти графіків навантажень	16
1.2 Вибір силових трансформаторів підстанції 110/35/10 кВ	18
1.3 Розробка схеми електричних з'єднань підстанції	21
2. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ТА ВИБІР СТРУМОВЕДУЧИХ ЧАСТИН НА ПІДСТАНЦІЇ	23
2.1 Розрахунок струмів короткого замикання	23
2.2 Вибір струмоведучих частин на підстанції	27
2.2.1 Вибір гнучких проводів на стороні високої та середньої напруги	27
2.2.2 Вибір струмопроводу від трансформатора до закритого розподільчого пристрою	29
2.2.3 Вибір кабельних ліній на розподільчому пристрої	31
3. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ РОЗПОДІЛЬЧИХ ПРИСТРОЇВ.	34
3.1 Вибір вимикачів та роз'єднувачів на стороні високої напруги	34
3.2 Вибір вимикачів та роз'єднувачів на стороні середньої напруги ..	37
3.3 Вибір вимикачів та секційного вимикача на низькій напрузі	41
3.4 Вибір лінійного вимикача для розподільчого пристрою на низькій напрузі	43
3.5 Вибір обмежувачів перенапружень	44
3.6 Вибір трансформаторів струму	44
3.7 Вибір трансформаторів напруги	51
3.8 Вибір трансформатора власних потреб	53
3.9 Релейний захист силових трансформаторів	54
4. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ ТА ГРОЗОЗАХИСТУ	59
4.1 Захисне заземлення підстанції	59
4.2 Грозозахист підстанції	62
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	66
ВИСНОВКИ	76
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	78
ДОДАТКИ	79

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ГПП – головна понижуюча підстанція;
ЗРП – закритий розподільчий пристрій;
РП – розподільчий пункт;
ПУЕ- правила улаштування електроустановок;
ВН, СН, НН – висока, середня та нижча напруги;
К1, К2, К3, К4 – струми короткого замикання;
К.З. – коротке замикання;
ОПН – обмежувач перенапружень;
КРП – комплектно розподільчий пристрій;
ТС – трансформатор струму;
ТН – трансформатор напруги;
ТВП – трансформатор власних потреб;
ЛЕП – лінія електричної передачі;
ВЛ – високовольтна лінія;
КЛ – кабельна лінія;
ПЛ – повітряна лінія;
КЛЗ – кабельна лінія зв'язку;
МОП – міжнародна організація праці.

					Кваліфікаційна робота	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

ВСТУП

Споживання електроенергії житловими і громадськими будівлями, комунальними підприємствами і промисловими підприємствами має ряд особливостей, обумовлених складом електроприймачів і режимом їх роботи. Це, перш за все, нерівномірність споживання електричної енергії по годинах доби і сезонах року. У житлових будинках 60% електроенергії витрачається в період між 18 і 22 годинами. Влітку електроенергії споживається на 30-35% менше, ніж взимку.

Максимуми електричного навантаження комунальних підприємств, промислових підприємств та громадських будівель мають добову і сезонну нерівномірність. Це призводить до того, що добовий графік навантаження електричних мереж має яскраво виражений нерівномірний характер з істотним зростанням навантаження ввечері і вранці і різким спадом в нічні години.

Такий різко змінний характер навантаження створює особливі вимоги до системи виробництва і розподілу електричної енергії. Енергосистеми повинні забезпечувати вироблення електроенергії з урахуванням зростання і спаду комунально-побутового навантаження.

Перерва в електропостачанні споживачів призводить до простоїв підприємств, недостатнього випуску продукції, в деяких випадках пошкодження обладнання, що приносить державі великої шкоди, а перерва в електропостачанні житлових кварталів - до припинення подачі води, зупинки ліфтів, порушення роботи теплових ліній, радіо, телевізійних станцій, вузлів зв'язку.

З кожним роком зростає вартість в будівництві, налагодженні, та обслуговуванні електричних мереж, при поліпшенні їх якості, вимагають прийняття найбільш оптимальних рішень по зменшенню капіталовкладень, скорочення енергетичних втрат, поліпшенню структури виробництва і енергозбереження.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		11

1. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ ПІДСТАНЦІЇ 110/35/10 кВ

1.1 Розрахунок електричних навантажень

1.1.1 Побудова добових графіків електричних навантажень

Графіки відображають зміну навантаження за окремий період часу. За цією ознакою їх розділяють на добові, сезонні[рис. 1.1-1.6] та річні[рис.1.7-1.9].

P, МВт

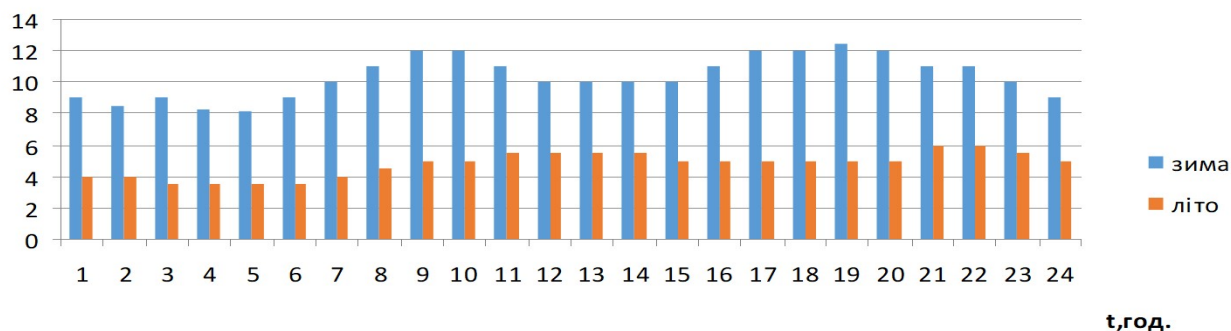


Рисунок 1.1- Сумарний зимовий і літній добовий графік активної потужності НН

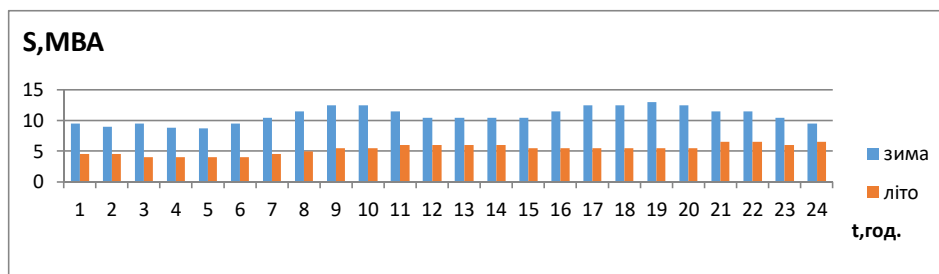


Рисунок 1.2- Сумарний зимовий і літній добовий графік повної потужності НН

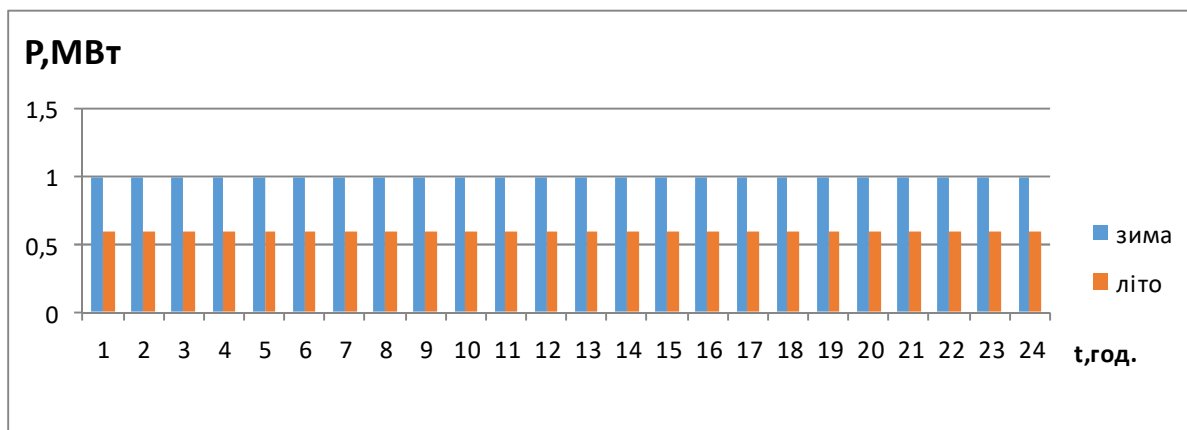


Рисунок 1.3- Сумарний зимовий і літній добовий графік активної потужності СН

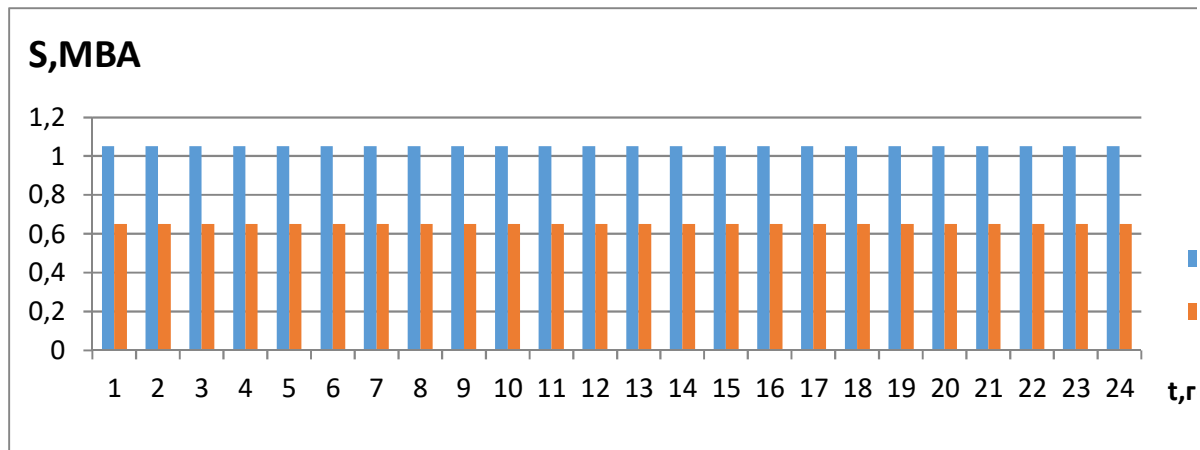


Рисунок 1.4- Сумарний зимовий і літній добовий графік повної потужності СН

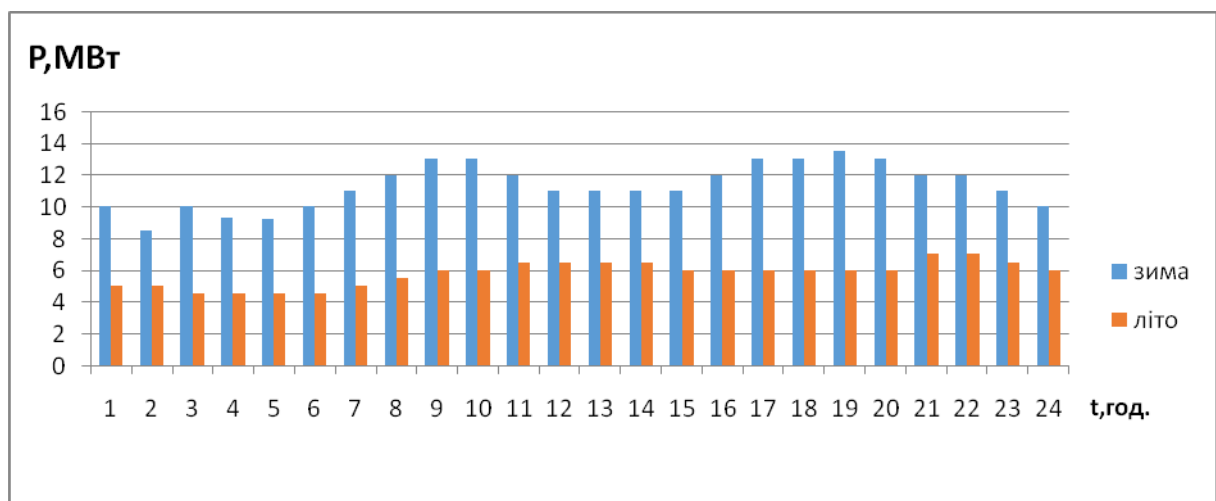


Рисунок 1.5- Сумарний зимовий і літній добовий графік активної потужності ВН

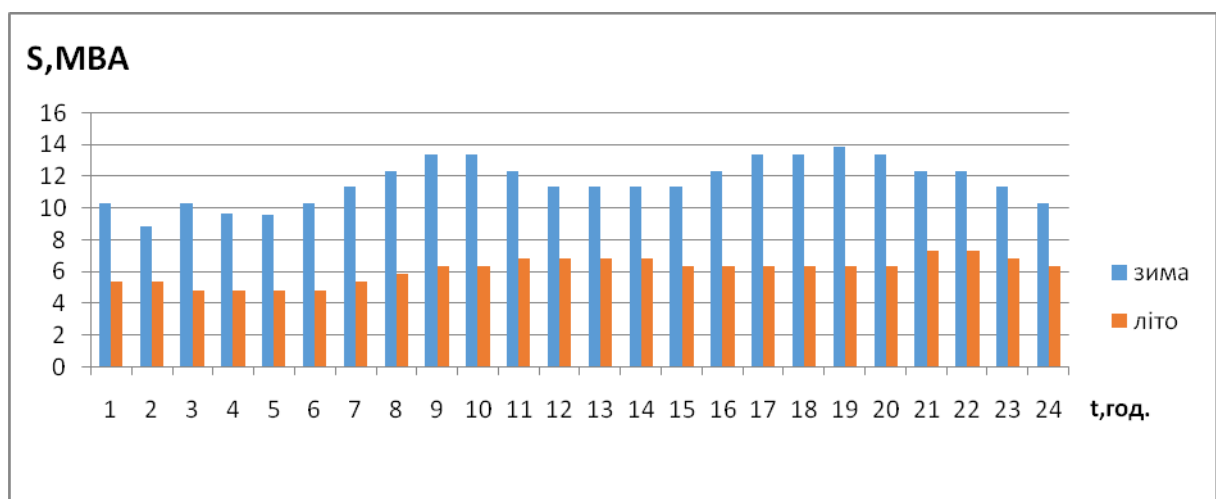


Рисунок 1.6- Сумарний зимовий і літній добовий графік повної потужності ВН

1.1.2 Побудова річних графіків електричних навантажень

Побудова річного графіку навантаження за тривалістю робиться на підставі графіків за літню і зимову добу. При побудові річного графіку по осі ординат відкладаються навантаження, кВт, по осі абсцис - годинник року від 0 до 8760. Навантаження на графіці розташовуються в порядку зменшення від $P_{\max}$ до $P_{\min}$.

Тривалість споживання навантаження T_i визначається по формулі:

$$T_i = t_i \cdot N,$$

де: t_i - тривалість сходинок добових графіків;

N - кількість календарних днів : $N_{\text{зим}} = 200$ днів, $N_{\text{літ}} = 165$ днів.

Результати розрахунків зводимо в таблиці 1.1-1.3.

Річні графіки навантажень за тривалістю представлені на рис. 1.7-1.9.

Таблиця 1.1 - Дані для побудови річного графіку навантаження по тривалості на НН 2023 року

P, МВт	t, год	N, дні	T, год
12,5	1	200	200
12	5	200	1000
11,5	1	200	200
11	4	200	800
10,5	5	200	1000
9	4	200	800
8,6	1	200	200
8,3	2	200	400
6	2	165	330
5,5	6	165	990
5	9	165	1485
4	3	165	495
3,5	4	165	660

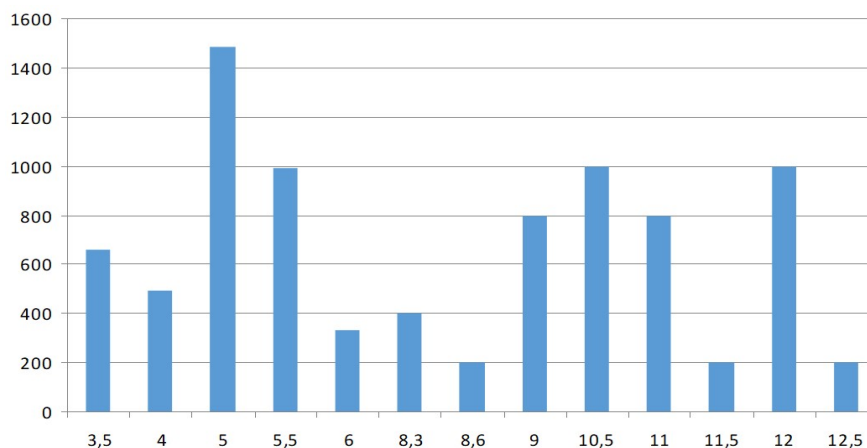


Рисунок 1.7 - Річний графік навантаження за тривалістю на НН 2023 року

Таблиця 1.2 - Дані для побудови річного графіку навантаження по тривалості на СН 2023 року

P, МВт	t, год	N, дні	T, год
1	24	200	4800
0,6	24	165	3960

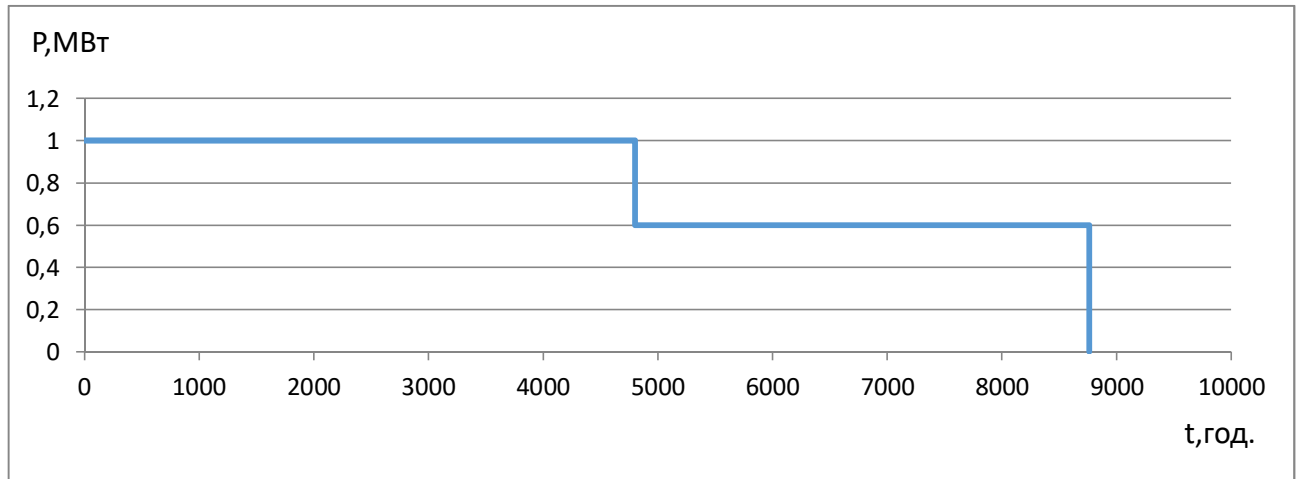


Рисунок 1.8 - Річний графік навантаження за тривалістю на СН 2023 року

Таблиця 1.3- Дані для побудови річного графіку навантаження по тривалості на ВН 2023 року

P, МВт	t, год	N, дні	T, год
13,5	1	200	200
13	5	200	1000
12,5	1	200	200
12	4	200	800
11,5	5	200	1000
10	4	200	800
9,6	1	200	200
9,3	2	200	400
6,6	2	165	330
6,1	6	165	990
5,6	9	165	1485
4,6	3	165	495
4,1	4	165	660

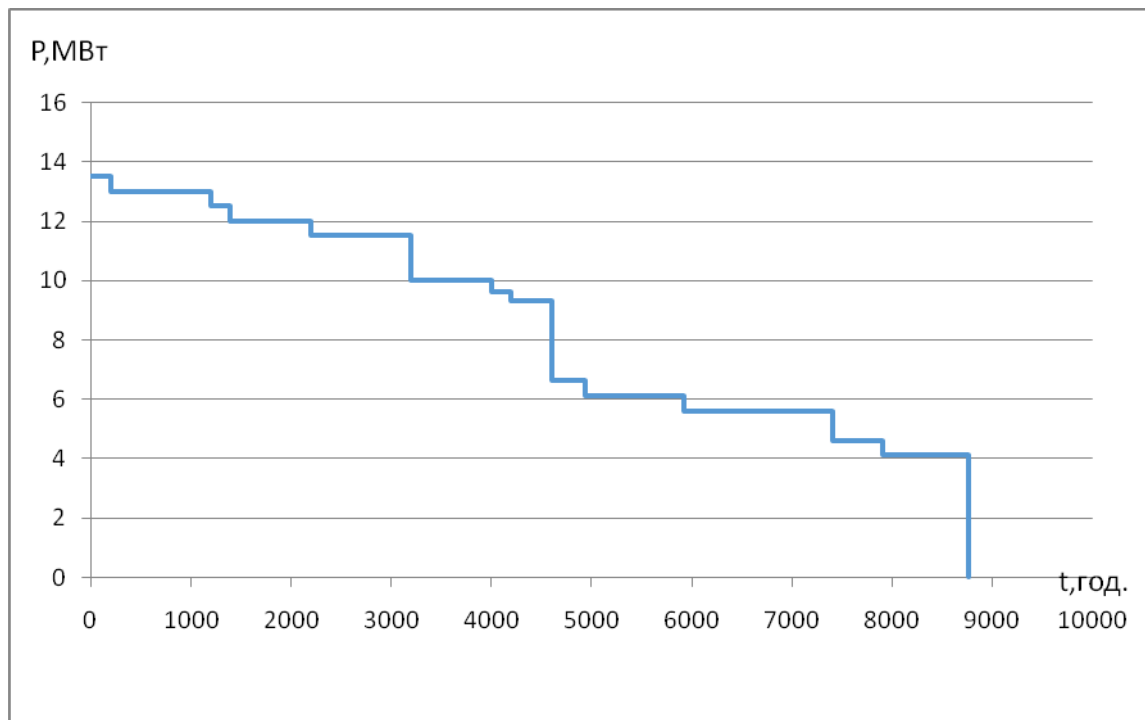


Рисунок 1.9 - Річний графік навантаження за тривалістю на ВН 2023 року

1.1.3 Основні показники і коефіцієнти, що характеризують графіки навантажень

Річне споживання активної енергії, МВт·год:

$$W = \sum_{i=1}^N (P_i \cdot T_i) ; \quad (1.2)$$

де: P_i - потужність i -го ступеня графіку, МВт;

T_i - тривалість i -го ступеня графіку, год.

$$W_{\text{нн}} = 10,5 \cdot 400 + 10 \cdot 1200 + 9,5 \cdot 1600 + 8,5 \cdot 200 + 8 \cdot 400 + 7,5 \cdot 600 + 7 \cdot 400 + 5 \cdot 660 + 4,5 \cdot 1485 + 4 \cdot 990 + 3,5 \cdot 495 + 2 \cdot 330 = 59935 \text{ МВт} \cdot \text{год};$$

Інші розрахунки зводимо в таблицю 1.4.

Середня активна потужність за добу, МВт:

$$P_{\text{ср.з/л}} = \frac{W}{8760} ; \quad (1.3)$$

$$P_{\text{ср.з/л.нн}} = \frac{59935}{8760} = 6,84 \text{ МВт};$$

Інші розрахунки зводимо в таблицю 1.4.

Річне число годин використання максимуму активної потужності

P_{max} навантаження, год:

$$T_{\max} = \frac{W}{P_{\max}} ; \quad (1.4)$$

$$T_{\max \text{ HH}} = \frac{59935}{10,5} = 5708 \text{ ч};$$

Інші розрахунки зводимо в таблицю 1.4.

Час максимальних втрат, год:

$$\tau_{\max} = (0,124 + \frac{T_{\max}}{10000})^2 \cdot 8760 ; \quad (1.5)$$

$$\tau_{\max \text{ HH}} = (0,124 + \frac{5708}{10000})^2 \cdot 8760 = 4229 \text{ год};$$

Інші розрахунки зводимо в таблицю 1.4.

Коефіцієнт заповнення графіку :

$$K_{\text{зп}} = \frac{P_{\text{CP}}}{P_{\max}} ; \quad (1.6)$$

$$K_{\text{зп. HH. ЗМ}} = \frac{6,84}{10,5} = 0,65 ; \quad K_{\text{зп. HH. ЛТ}} = \frac{6,84}{5} = 1,37 ;$$

Інші розрахунки зводимо в таблицю 1.4.

Коефіцієнт нерівномірності :

$$K_{\text{НЕРІВ}} = \frac{P_{\min}}{P_{\max}} ; \quad (1.7)$$

$$K_{\text{НЕРІВ. HH. ЗМ}} = \frac{7}{10,5} = 0,66 ; \quad K_{\text{НЕРІВ. HH. ЛТ}} = \frac{2}{5} = 0,4 ;$$

Інші розрахунки зводимо в таблицю 1.4.

Коефіцієнт літнього зниження навантаження :

$$K_{\text{ЛТ. ЗНИЖ. НАВАН.}} = \frac{P_{\max \text{ ЛТ}}}{P_{\max \text{ ЗМ}}} ; \quad (1.8)$$

$$K_{\text{ЛТ. ЗНИЖ. НАВАН. HH}} = \frac{5}{10,5} = 0,48 ;$$

Таблиця 1.4 Основні показники і коефіцієнти, що характеризують графіки навантажень

Показники	2023 рік		
	НН	СН	ВН
$W_{\text{год.}}, \text{МВт}\cdot\text{год}$	59935	7176	66993,5
$P_{\text{ср. 3/л}}, \text{МВт}$	6,84	0,82	7,65
$T_{\text{max}}, \text{год}$	5708	7176	5825,5
$\tau_{\text{max}}, \text{год}$	4229	6204,6	4373,1
$K_{\text{зп.зм}}$	0,65	0,82	0,66
$K_{\text{зп.лт}}$	1,37	1	1,36
$K_{\text{нерівн. зм}}$	0,66	1	0,65
$K_{\text{нерівн. лт}}$	0,40	1	0,64
$K_{\text{літн. зниж. наван.}}$	0,48	0,6	0,49

Графік навантаження потрібний для того, щоб визначити максимальну потужність або струм, для вибору електричного устаткування і розрахунку втрат напруги в електричній мережі, для визначення добового і річного енергоспоживання, що необхідно для розрахунку техніко-економічних показників електроустановки або системи електропостачання.

1.2 Вибір силових трансформаторів підстанції 110/35/10 кВ

Для умов нормальної роботи на підстанції встановлюють два трифазні трансформатори. Попри те, що відключення трансформаторів досить рідкісні, але таку можливість слід враховувати, і за наявності споживачів I і II категорій встановлюють на ГПП два трансформатори. При аварії будь-який з трансформаторів повинен забезпечити безперебійне живлення споживачів.

Потужність трансформаторів вибирається так, щоб при відключенні найбільш потужного з них на час ремонту або заміни, інший залишилися в роботі, з урахуванням їх допустимого перевантаження і резерву по мережах середньої і нижчої напруги, забезпечували живлення навантаження. Згідно ГОСТ в аварійному режимі допускається робота трансформатора з перевантаженням на 40% не більше 5 діб, і часом перевантаження не більше 6 годин на добу.

Розрахункова потужність трансформатора визначається на підставі побудованих добових графіків навантажень, по яких знаходять максимальне

					Кваліфікаційна робота	Лист
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

навантаження підстанції. Зазвичай потужність кожного трансформатора, двох-трансформаторної підстанції вибирають рівну $(0,65 \div 0,7)$ сумарному максимальному навантаженню підстанції.

Вибір трансформатора проводимо по зимовому добовому графіку навантаження за 2023 рік. Вибір потужності силових трансформаторів проводимо з урахуванням аварійних і допустимих систематичних перевантажень.

Сумарне максимальне навантаження підстанції:

$$S_{\max} = 14 \text{ МВА};$$

Потужність одного трансформатора, МВА:

$$S_{\text{HT}} = (0,65 \div 0,7) \cdot S_{\max} \quad (1.9)$$

$$S_{\text{HT}} = (0,65 \div 0,7) \cdot 14 = 9,1 \div 9,8 \text{ МВА};$$

Вибираємо найближчий по потужності трансформатор [1, ст. 616]:

ТДТН - 16000/110

Перевіряємо трансформатор на перевантажувальну здатність :

Визначаємо коефіцієнт недовантаження K_1 :

$$K_1 = \frac{1}{S_{\text{H.TP-PA}}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k S_i^2 \cdot \Delta t_i}{\sum_{i=1}^k \Delta t_i}}, \quad (1.10)$$

де: S_i - ступінь недовантаження;

Δt_i - тривалість ступеня.

$$K_1 = \frac{1}{16} \sqrt{\frac{9,7^2 \cdot 2}{2}} = 0,6;$$

Визначаємо коефіцієнт перевантаження - K_2 :

$$K_2 = \frac{1}{S_{\text{H.TP-PA}}} \sqrt{\frac{\sum S_i'^2 \cdot \Delta h_i}{\sum \Delta h_i}}; \quad (1.11)$$

де: S_i' - ступінь перевантаження;

Δh_i - тривалість ступеня.

					Кваліфікаційна робота	Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

$$K_2 = \frac{1}{16} \sqrt{\frac{10,5^2 \cdot 5 + 11,5^2 \cdot 1 + 12^2 \cdot 5 + 12,5^2 \cdot 4 + 13^2 \cdot 1 + 13,5^2 \cdot 5 + 14^2 \cdot 1}{22}} = 0,74 ;$$

$$K_{\max} = \frac{S_{\max}}{S_{H.TP-PA}} ;$$

$$K_{\max} = \frac{14}{16} = 0,87 ;$$

$$K_{\max} \cdot 0,9 = 0,87 \cdot 0,9 = 0,78 ;$$

$$K_2 = 0,74 < 0,9 \cdot K_{\max} = 0,78 ;$$

Вибираємо для подальших розрахунків $K_2 = 0,9 K_{\max}$;

Визначаємо $K_{2\text{доп}}$ [2, таблиця 1.36].

$$K_{2\text{доп}} = 1,2 ;$$

Так як $K_{2\text{доп}} = 1,2 > K_2 = 0,78$, трансформатор ТДТН - 16000/110 проходить по систематичних перевантаженнях.

Таблиця 1.5 - Параметри вибраного трансформатора

Тип трансформатора	S _{ном} , МВА	Межі регулювання	Уном обмоток, кВ			ΔРК, кВт	РХ, кВт	I _х , %
			ВН	СН	НН			
ТДТН-16000/110	16	Δ9х1,78%	115	38,5	11	100	21	0,8

Таблиця 1.6 - Параметри вибраного трансформатора по відгалуженнях

Тип трансформатора	Крайнє відгалуження (-ΔU _{РПН})U _к , %			Середнє відгалуження (ΔU _{РПН} =0)U _к , %			Крайнє відгалуження (+ΔU _{РПН})U _к , %		
	ВН- СН	ВН- НН	СН- НН	ВН- СН	ВН- НН	СН- НН	ВН- СН	ВН- НН	СН- НН
ТДТН-16000/110	9,5	16,4	6,0	10,5	17	6,0	11,69	18,5	6,0

1.3 Розробка схеми електричних з'єднань підстанції

Схема електричних з'єднань підстанції вибирається на підставі вимог до надійності, економічності і маневреності, з урахуванням перспективи розвитку. Рекомендується використати типові схеми РП. Для 2-х ланцюгової підстанції 110 кВ з трансформаторами потужністю > 4 МВА.

На високій напрузі застосовується типова схема: поодинокі секціоновані вимикачем системи збірних шин, від другої секції живиться ПЛ- 110 кВ з неавтоматичною перемичкою з боку лінії.

На середній напрузі: застосовується поодинокі секціоновані роз'єднувачем системи збірних шин.

На низькій напрузі застосовується поодинокі секціоновані системи збірних шин.

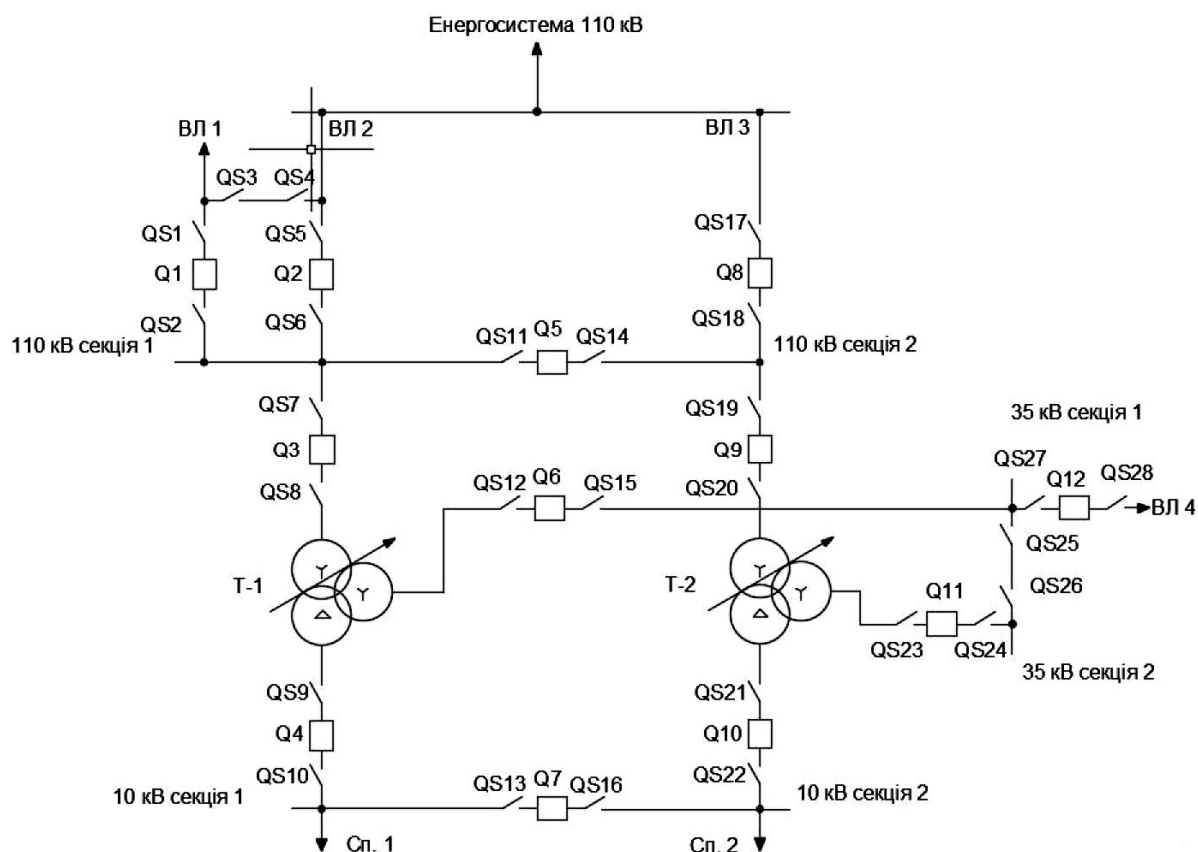


Рисунок 1.10 - Схема підстанції

На рис. 1.10 представлена схема двох-ланцюгової підстанції 110/35/10 кВ.

Нормальний режим роботи :

Живлення здійснюється по лініях: ВЛ 2 і ВЛ 3.

Роз'єднувачі ремонтної перемички : QS3, QS4 - відключені.

Вимикачі: Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q8, Q9, Q10, Q11, Q12 - включені.

Вимикачі: Q6, Q7 - відключені.

Трансформатори: Т- 1, Т- 2 в роботі.

Висновок

Таким чином аналіз електричних навантажень та живильної напруги споживання показує, що для забезпечення електричного постачання заданих об'єктів, необхідно розробити схему підстанції 110/35/10.

На підставі вимог до надійності, економічності і маневреності, з урахуванням перспективи розвитку бажано використати для розподільчих пристроїв підстанції два трансформатори типу ТДТН - 16000/110.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		22

2. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ТА ВИБІР СТРУМОВЕДУЧИХ ЧАСТИН НА ПІДСТАНЦІЇ

2.1 Розрахунок струмів короткого замикання

Згідно ПУЕ перевірка правильності вибору апаратів і провідників напругою 6-35 кВ робиться по струму трифазного К.З., а напругою 110 кВ і вище - по струму трифазного або однофазного К.З. Розрахунок струмів К.З. роблять в основних комутаційних вузлах підстанції. Для визначення найбільшого можливого струму К.З. в кожному вузлі слід вважати включеними усі генератори в системі, усі трансформатори і лінії електропередачі підстанції.

Розрахунок опорів елементів схеми заміщення підстанції:

опір системи :

$$x_c^* = x_c \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_c}; \quad (2.1)$$

де: x_c - еквівалентний опір системи, віднесений до потужності системи S_c ;

S_{σ} - значення базисної потужності, МВА;

$$S_{\sigma} = S_c = 2500 \text{ МВА.}$$

$$x_c^* = 1 \cdot \frac{2500}{2500} = 1 \text{ в.о.}$$

опір повітряної лінії :

$$x_L^* = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\sigma}}{U^2}; \quad (2.2)$$

де: x_0 - опір 1 км лінії, Ом/км;

l - довжина лінії, км;

U - середня напруга ступеня, де знаходиться повітряна лінія, кВ.

$$x_L^* = 0,44 \cdot 87 \cdot \frac{2500}{115^2} = 7,06 \text{ в.о.}$$

опори триобмоткового трансформатора :

$$x_B^* = 0,5 \cdot (x_{KBH-CH} + x_{KBH-HH} - x_{KCH-HH}) \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_{HT}}, \quad (2.3)$$

					Кваліфікаційна робота	Лист
						23
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

$$x_C^* = 0,5 \cdot (x_{кВН-CH} + x_{кCH-НН} - x_{кВН-НН}) \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{HT}}, \quad (2.4)$$

$$x_H^* = 0,5 \cdot (x_{кВН-НН} + x_{кCH-НН} - x_{кВН-CH}) \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{HT}}; \quad (2.5)$$

де: $x_{кВН-CH}$, $x_{кВН-НН}$, $x_{кCH-НН}$ - відповідно опори К.З., між обмотками вищої і середньої, вищої і нижчої, середньої і нижчої напруги для вибраного трансформатора, %;

$$x_B^* = 0,5 \cdot (0,105 + 0,175 - 0,065) \cdot \frac{2500}{16} = 16,8 \text{ В.О.};$$

$$x_C^* = 0,5 \cdot (0,105 + 0,065 - 0,175) \cdot \frac{2500}{16} \approx 0 \text{ В.О.};$$

$$x_B^* = 0,5 \cdot (0,175 + 0,065 - 0,105) \cdot \frac{2500}{16} = 10,5 \text{ В.О.}$$

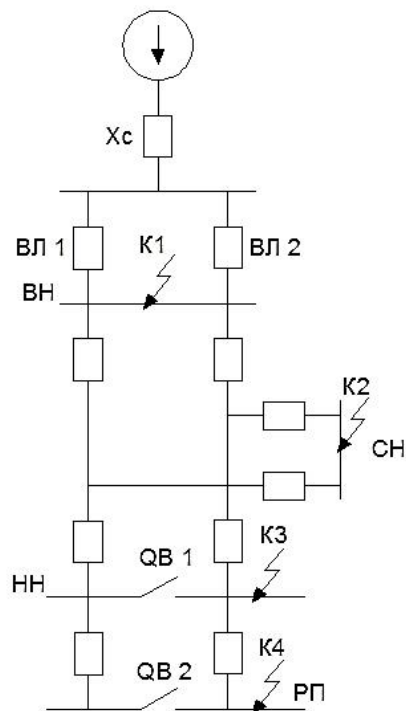


Рисунок 2.1 - Схема заміщення підстанції

Визначення періодичної складової струму К.З.

У загальному випадку значення періодичної складової рівне, кА:

$$I_{\Pi} = \frac{E_e}{x_e^*} \cdot I_{\delta}, \quad (2.6)$$

де: E_e^* - еквівалентна ЕРС джерел живлення;

x_e^* - еквівалентний опір схеми до точки К.З.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		24

Базисне значення струму, кА:

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}}; \quad (2.7)$$

можна прийняти $E^*_e = 1$, тоді

$$I_{\Pi} = \frac{I_{\delta}}{x_e^*}; \quad (2.8)$$

Ударний струм визначається за виразом, кА:

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\Pi}; \quad (2.9)$$

де: K_y - ударний коефіцієнт.

$$K_y = 1 + e^{-0,01/Ta} = 1 + e^{-0,01/0,05} = 1,8;$$

1) для точки К1

$$I_{\delta 1} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 115} = 12,57 \text{ кА};$$

$$x_{e1}^* = x_C^* + \frac{x_L^*}{2};$$

$$x_{e1}^* = 1 + \frac{7,06}{2} = 4,53;$$

По формулі(2.8) визначимо значення періодичної складової

$$I_{\Pi 1} = \frac{12,57}{4,53} = 2,77 \text{ кА};$$

По формулі(2.9) визначимо ударний струм

$$i_{y\delta 1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 2,77 = 7,05 \text{ кА};$$

2) для точки К2

$$I_{\delta 2} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 37} = 39,05 \text{ кА};$$

Сумарний опір схеми в К2 від системи:

$$x_{e2}^* = x_{e1}^* + \frac{x_B^*}{2};$$

$$x_{e2}^* = 4,53 + \frac{16,8}{2} = 12,93 \text{ в.о.};$$

Періодична складова струму від системи:

$$I_{\Pi 2} = \frac{E^* \cdot I_B}{x_{e2}^*} = \frac{39,05}{12,93} = 3,02 \text{ кА};$$

					Кваліфікаційна робота	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		25

ударний струм:

$$i_{y02} = \sqrt{2} \cdot 1,92 \cdot 3,02 = 10,8 \text{ кА};$$

3) для точки КЗ

$$I_{03} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 137,6 \text{ кА};$$

а) вимикач розімкнений:

Сумарний опір схеми в КЗ від системи:

$$x_{e3}^* = x_{e2}^* + x_H^*;$$

$$x_{e3}^* = 12,93 + 10,5 = 23,43 \text{ в.о.}$$

Періодична складова струму від системи:

$$I_{пз} = \frac{E^* \cdot I_B}{x_{e3}^*} = \frac{137,6}{23,43} = 5,87 \text{ кА};$$

ударний струм:

$$i_{y03} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 5,87 = 14,94 \text{ кА};$$

б) вимикач замкнутий

Сумарний опір схеми в КЗ від системи:

$$x_{e3}^* = x_{e2}^* + \frac{x_H^*}{2};$$

$$x_{e3}^* = 12,93 + \frac{10,5}{2} = 18,2 \text{ в.о.};$$

Періодична складова струму від системи:

$$I_{пз} = \frac{E^* \cdot I_B}{x_{e3}^*} = \frac{137,6}{18,2} = 7,56 \text{ кА};$$

Ударний струм:

$$i_{y03} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 7,56 = 19,32 \text{ кА};$$

Результати розрахунків струмів К.З. зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Струми коротких замикань в точках К1, К2, КЗ

Точка К.З. Струм	К1,кА	К2,кА	КЗ,кА	
			Q ₁₂ замкнутий	Q ₁₂ розімкнутий
I _п	2,77	3,02	7,56	5,87
i _у	7,05	8,2	19,32	14,94

2.2 Вибір струмоведучих частин на підстанції

2.2.1 Вибір гнучких проводів на ВН і СН

Переріз провідників вибирається по економічній щільності струму і перевіряється на стійкість до нагріву у форсованому режимі, термічну стійкість і за умовами коронування.

Підраховуємо струм в робочому режимі, А:

$$I_{НОРМ} = \frac{S_{\max ВН}}{\sqrt{3} \cdot U_{ВН} \cdot 2} ; \quad (2.10)$$

де: $S_{\max ВН}$ - максимальна повна потужність підстанції, МВА;

$U_{ВН}$ - номінальна висока напруга, кВ.

$$I_{НОРМ} = \frac{14}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 2} = 36,74 \text{ А.}$$

Переріз провідників вибирається по економічній щільності струму.

Підраховується економічний переріз, мм²:

$$q_{ек} = \frac{I_{НОРМ}}{j_{ек}} ; \quad (2.11)$$

де: $I_{НОРМ}$ - струм в робочому режимі, А;

$j_{ек}$ - економічна щільність струму, А/мм² (визначається в залежності від $T_{\max ПС}$) [4, таблиця, П.8, ст. 35].

$$T_{\max ПС} = 5115,3 \text{ ч;}$$

$$j_{ек} = 1 \text{ А/мм}^2$$

$$q_{ек} = \frac{36,74}{1} = 36,74 \text{ мм}^2$$

Вибираємо найближчий стандартний переріз [5, таблиця 3.158]

Вибираємо кабель марки : АС - 50/8 мм², $I_{доп} = 210 \text{ А}$

Згідно ПУЕ по умові механічної міцності переріз алюмінієвого кабелю має бути не менше 70 мм².

Вибираємо кабель марки : АС - АС95/16 мм², $I_{доп} = 330 \text{ А.}$

Перевірка:

1. По форсованому режиму:

Умова перевірки : $I_{\phi} < I_{доп}$

					Кваліфікаційна робота	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		27

Струм форсованого режиму :

$$I_{\Phi} = 2 \cdot I_{\text{НОРМ}} ; \quad (2.12)$$

$$I_{\Phi} = 2 \cdot 36,74 = 73,48 \text{ А.}$$

Висновок: $I_{\Phi} = 73,48 \text{ А.}$ $< I_{\text{дод}} = 330 \text{ А}$ - дріт проходить по умові форсованого режиму.

2. Перевірка по термічній стійкості не робиться, оскільки струмопровід виконаний голими дротами на відкритому повітрі.

3. По умові корони :

При перевірці дротів за умовами коронування повинна виконуватися умова:

$$1,07 \cdot E \leq 0,9 \cdot E_0 \quad (2.13)$$

де: E - напруженість електричного поля біля поверхні нерозщепленого дроту, кВ/см;

E_0 - критична початкова напруженість поля, при якій виникає розряд у вигляді корони, кВ/см.

$$E = \frac{0,354 \cdot U_{\text{ВН}}}{r_0 \cdot \lg \left(\frac{D_{\text{ср}}}{r_0} \right)} ; \quad (2.14)$$

де: r_0 - радіус дроту, см;

$$r_0 = D_{\text{ДП}} / 2 = 1,14 / 2 = 0,57 ;$$

$D_{\text{ДП}}$ - діаметр дроту [5, таблиця 3.151]

$D_{\text{ср}}$ - середня геометрична відстань між дротами фаз, см

$$D_{\text{ср}} = 1,26 \cdot D = 1,26 \cdot 300 = 378 ;$$

$D = 300$ відстань між дротами фаз, см

$$E_0 = 30,3 \cdot m \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_0}} \right) ; \quad (2.15)$$

де: $m = 0,82$ - коефіцієнт, що враховує шорсткість поверхні дроту.

По формулах (2.14) і (2.15) визначимо значення E і E_0 :

$$E = \frac{0,354 \cdot 110}{0,57 \cdot \lg \left(\frac{378}{0,57} \right)} = 24,34 \text{ кВ / см} ;$$

					Кваліфікаційна робота	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		28

$$E_0 = 30,3 \cdot 0,82 \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{0,57}} \right) = 34,54 \text{ кВ/см};$$

$$1,07 \cdot E \quad 0,9 \cdot E_0;$$

Висновок: $1,07 \cdot 24,34 = 26,04 < 0,9 \cdot 34,54 = 31,08$ - дріт проходить по умові корони.

По умові механічної міцності згідно ПУЕ переріз алюмінієвого дроту має бути не менше 70 мм^2 . В нашому випадку - АС95/16 - переріз $95 \text{ мм}^2 > 70 \text{ мм}^2$, проходить по умові механічної міцності.

2.2.2 Вибір струмопроводу від трансформатора до ЗРП

Вибираються шини прямокутного перерізу з алюмінію.

Відповідно до ПУЕ струмопровід в ЗРП виконуємо алюмінієвими жорсткими шинами прямокутного перерізу.

Вибір проводимо по допустимому струму, економічній доцільності, і перевіряється на термічну стійкість та електродинамічну стійкість :

$$I_{\text{ф.р.}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (2.16)$$

$$I_{\text{ф.р.}} = \frac{S_{\text{max HH}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{HH}}} = \frac{13}{\sqrt{3} \cdot 10} = 750,58 \text{ А}; \quad (2.17)$$

де: $S_{\text{max HH}}$ - максимальна повна потужність підстанції, МВА;
 U_{HH} - номінальна висока напруга, кВ.

$$q_{\text{розр}} = \frac{I_{\text{ф.р.}}}{j_{\text{э}}} = \frac{750,58}{1} = 750,58 \text{ мм}^2; \quad (2.18)$$

$j_{\text{э}} = 1$ для алюмінієвих шин при $T_{\text{max}} = 5398,4$ год.

Вибираємо [4,с.322] алюмінієві односмугові шини перерізом 60×6 з $I_{\text{дод}} = 870 \text{ А}$, оскільки $I_{\text{ф.р.}} = 750,58 \text{ А} < I_{\text{дод}} = 870 \text{ А}$. Розташування шин горизонтальне, відстань між фазами $0,3 \text{ м}$.

Перевірка:

По термічній стійкості:

Умова перевірки :

$$q_{\text{min}} \leq q \quad (2.19)$$

де: q_{min} - мінімальний переріз по термічній стійкості, мм^2 .

q - вибраний переріз, мм^2 .

					Кваліфікаційна робота	Лист
						29
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C}, \quad (2.20)$$

де: B_K - тепловий імпульс, $\text{кА}^2\text{с}$;

$C = 91$ - коефіцієнт, що враховує матеріал провідника, для алюмінієвих шин [4, таблиця П.12].

$$B_K = I_{П.КЗ}^2 \cdot (t_{П.З.\max} + t_{П.В.} + T_a)$$

$$t_{П.З.\max} = 1 \text{ з}; \quad t_{П.В.} = 0,04 \text{ с}; \quad T_a = 0,045 \text{ с}.$$

$$B_K = 7,56^2 \cdot (1 + 0,04 + 0,045) = 620,1 \text{ кА}^2\text{с};$$

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{620,1}}{91} = 273,6 \text{ мм}^2 < q = 60 \cdot 6 = 360 \text{ мм}^2;$$

Висновок: Шини 60×6 мм проходять по термічній стійкості.

На механічну міцність:

Шини механічно міцні якщо:

$$\sigma_{\text{розрах}} \leq \sigma_{\text{дод}}; \quad (2.21)$$

де: $\sigma_{\text{дод}}$ - допустиме механічне напруження в матеріалі шин, для алюмінію $\sigma_{\text{дод}} = 40 \text{ МПа}$ [4, таблиця 4.2].

Напруга в матеріалі шини, що виникає при дії моменту, що її вигинає, МПа:

$$\sigma_{\text{розрах}} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{i_{\text{уд}}^2 \cdot l^2}{W \cdot a} \quad (2.22)$$

де: W - момент опору шини відносно осі, перпендикулярної дії зусилля, см^3 ;

a - відстань між фазами, м;

l -довжина прольоту між опорними ізоляторами шинної конструкції, м;

$i_{\text{уд}}$ - ударний струм при К.З., А;

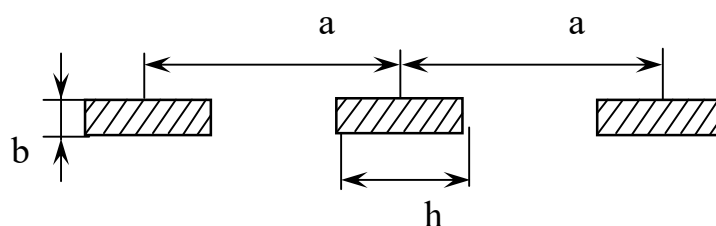


Рисунок 2.2 - Розташування шин.

де: b і h - розміри шин, см;

a - відстань між фазами, м.

Визначаємо момент опору, см^3 :

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,6 \cdot 6^2}{6} = 3,6 \text{ см}^3$$

$$\sigma_{\text{розр}} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{14060^2 \cdot 2^2}{3,6 \cdot 0,3} = 12,6 \text{ МПа};$$

Висновок: оскільки $\sigma_{\text{розр}} = 12,6 \text{ МПа} < \sigma_{\text{доп}} = 40 \text{ МПа}$ - шини $60 \times 6 \text{ мм}$ проходять по механічній міцності.

2.2.3 Вибір кабельних ліній на РП

Кабельні лінії до РП мають можливість двостороннього живлення.

Вибирається кабель РП Ф31-10кВ :

Струм нормального режиму, А:

$$I_{\text{норм.РП}} = \frac{S_{\text{max РП}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НН}}} ; \quad (2.23)$$

де: $S_{\text{maxРП}}$ - максимальна повна потужність РП, МВА;

$U_{\text{НН}}$ - номінальна напруга на низькій стороні, кВ;

$$I_{\text{норм.РП}} = \frac{2,5}{\sqrt{3} \cdot 10} = 144,34 \text{ А.}$$

Переріз провідників вибирається по економічній щільності струму.

Підраховується економічний переріз, мм^2 :

$$q_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{нормРП}}}{j_{\text{эк}}} ; \quad (2.24)$$

де: $I_{\text{норм.РП}}$ - струм в робочому режимі, А;

$j_{\text{ек}}$ - економічна щільність струму, А/мм (визначається в залежності від $T_{\text{max.РП}}$), [4, таблиця ст. 312].

$$T_{\text{max РП}} = 5398,4 \text{ год.} \rightarrow j_{\text{ек}} = 1,2 \text{ А/мм}^2.$$

$$q_{\text{ек}} = \frac{144,34}{1,2} = 120,3 \text{ мм}^2.$$

Вибирається найближчий більший переріз [4, таблиця П.10].

					Кваліфікаційна робота	Лист
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Вибираємо кабель: ААБ- 10(3×150), $I_{\text{доп}}=275 \text{ А}$.

Перевірка:

1. По форсованому режиму:

Умова перевірки :

$$I_{\Phi} < I'_{\text{доп}} \quad (2.25)$$

Струм форсованого режиму :

$$I_{\Phi} = 2 \cdot I_{\text{НОРМ.РП}}; \quad (2.26)$$

$$I_{\Phi} = 2 \cdot 144,34 = 288,68 \text{ А}.$$

Допустимий струм з урахуванням поправочного коефіцієнта:

$$I'_{\text{доп}} = K \cdot I_{\text{доп}} \quad (2.27)$$

де: K -коефіцієнт, що враховує число паралельно прокладених кабелів (для двох кабелів, відстані між кабелями приймаємо 100 мм, $K=0,9$).

$$I'_{\text{доп}} = 0,9 \cdot 275 = 247,5 \text{ А}$$

Висновок: так як. $I_{\Phi} = 288,68 \text{ А} > I'_{\text{доп}} = 247,5 \text{ А}$ - кабель ААБ-10(3×150) не проходить по умові форсованого режиму.

Вибираємо кабель: ААБ- 10(3×185), $I_{\text{доп}}= 310 \text{ А}$.

Перевірка:

Умова перевірки :

$$I_{\Phi} < I'_{\text{доп}}$$

$$I'_{\text{доп}} = 0,9 \cdot 310 = 279 \text{ А}.$$

Висновок: так як $I_{\Phi} = 288,68 \text{ А} > I'_{\text{доп}} = 279 \text{ А}$ - кабель ААБ-10(3×185) не проходить по умові форсованого режиму.

Вибираємо кабель: ААБ- 10(3×240), $I_{\text{доп}} = 355 \text{ А}$.

Перевірка:

Умова перевірки :

$$I_{\Phi} < I'_{\text{доп}}$$

$$I'_{\text{доп}} = 0,9 \cdot 355 = 319,5 \text{ А}.$$

Висновок: так як $I_{\Phi} = 288,68 \text{ А} < I'_{\text{доп}} = 319,5 \text{ А}$ - кабель ААБ-10(3×240) проходить по умові форсованого режиму.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		32

2. По термічній стійкості:

Умова перевірки :

$$q_{\min} < q \quad (2.28)$$

Визначається мінімальний переріз кабелю, що відповідає вимозі термічній стійкості:

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_{\kappa}}}{C}, \quad (2.29)$$

де: B_{κ} - тепловий імпульс, $\text{кА}^2\text{с}$;

C - коефіцієнт, що враховує матеріал провідника [4,таблиця П.12], $C = 92 \text{ Ас}^{1/2}/\text{мм}^2$.

$$B_{\kappa} = I_{\text{п.кз}}^2 \cdot (t_{\text{п.з.мах}} + t_{\text{п.в.}} + T_a), \text{ А}^2 \cdot \text{с}; \quad (2.30)$$

де: $t_{\text{п.з.мах}} = 0,5 \text{ с}$; $t_{\text{п.в.}} = 0,04 \text{ с}$

T_a - постійна загасання аперіодичної складової струму К.З.

$$B_{\kappa} = 7,56^2 \cdot (0,5 + 0,04 + 0,045) = 33434856 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$$

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{33434856}}{92} = 62,85 \text{ мм}^2$$

Висновок: оскільки $q_{\min} = 62,85 \text{ мм}^2 < q = 240 \text{ мм}^2$ – кабель ААБ-10(3×240) проходить по умові термічної стійкості.

Висновок

Таким чином проведений розрахунок можливих струмів короткого замикання дає можливість обрати з'єднуючі проводи, шини та кабельні лінії розподільчого пристрою.

Для приєднань високої і середньої напруги було обрано провід марки АС95/16. Обрано шини від трансформатора до ЗРП 60×6 мм. Обрано кабельні лінії до РП ААБ- 10(3×240).

3 ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ РОЗПОДІЛЬЧИХ ПРИСТРОЇВ

3.1 Вибір вимикачів та роз'єднувачів на стороні ВН

Вибір вимикачів

Вимикач - це комутаційний апарат, призначений для включення і відключення струму. На ВН вибирається вимикач [4, таблиця П.14] типу: ВГБ-110-25/1250У1 - вимикач елегазовий, баковий з електромагнітним приводом, на напругу 110 кВ, для помірно клімату, зовнішньої установки.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики вимикача ВГБ-110-25/1250У1

Промислова напруга		$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$
Номінальний струм		$I_{\text{ном}} = 1250 \text{ А}$
Номінальний струм відключення		$I_{\text{відк.}} = 25 \text{ кА}$
Струм електродинамічної стійкості	Максимальне пікове значення	$i_{\text{дин}} = 64 \text{ кА}$
	Діюче значення	$I_{\text{дин}} = 25 \text{ кА}$
Струм термічної стійкості		$I_{\text{терм.}} = 25 \text{ кА}$
Час дії струму термічної стійкості		$t_{\text{терм.}} = 3 \text{ с}$
Власний час відключення		$T_{\text{вл.відк}} = 0,035 \text{ с}$
Повний час відключення		$t_{\text{пв}} = 0,06 \text{ с}$
Власний час включення		$T_{\text{вл.вкл}} = 0,1 \text{ с}$

Перевірка:

1. По здатності відключати симетричний струм К.З.

Умова перевірки :

$$I_{\text{п.к1}} \leq I_{\text{вим}} \quad (3.1)$$

Висновок: оскільки $I_{\text{п.к1}} = 2,77 \text{ кА} < I_{\text{вим}} = 25 \text{ кА}$ вибраний вимикач проходить по здатності відключати симетричний струм К.З.

2. По здатності відключати аперіодичну складову струму К.З.

Умова перевірки :

$$\sqrt{2} \cdot I_{\text{п.к1}} + i_{\text{ат}} \leq \sqrt{2} \cdot I_{\text{откл}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{\text{н}}}{100}\right) \quad (3.2)$$

де: $i_{\text{ат}}$ - аперіодична складова струму К.З. у момент розбіжності контактів, кА;

$\beta_{\text{н}}$ - нормоване значення змісту аперіодичної складової в струмі, що відключається, %.

$$a) i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{II.K1} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_a}} \quad (3.3)$$

де: τ - час розбіжності контактів, с;

$t_{в.ч.}$ - власний час відключення [4, таблиця П.14].

$T_a = 0,05$ - постійна загасання аперіодичної складової струму К.З.
[4, таблиця 2.1].

$$\tau = t_{р.з.мін} + t_{в.ч.} = 0,01 + 0,035 = 0,045 \text{ з;}$$

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot 2,77 \cdot e^{-\frac{0,045}{0,115}} = 2,6 \text{ кА;}$$

$$\sqrt{2} \cdot 2,77 + 2,6 = 6,52 \text{ кА.}$$

$$б) \sqrt{2} \cdot I_{виск} \cdot (1 + \frac{\beta_n}{100})$$

де: β_n - нормоване значення змісту аперіодичної складової в струмі,
що відключається, [4, таблиця П.13]

$$\beta_n = 35\% (\text{при } \tau = 0,045 \text{ с})$$

$$\sqrt{2} \cdot 6,52 \cdot (1 + \frac{35}{100}) = 12,41 \text{ кА}$$

Висновки:

$$\text{оскільки } \sqrt{2} \cdot 2,77 + 2,6 = 6,52 \text{ кА} < \sqrt{2} \cdot 6,52 \cdot (1 + \frac{35}{100}) = 12,41 \text{ кА}$$

Висновок: вимикач проходить по здатності відключати аперіодичну складову струму К.З.

3. По електродинамічній стійкості.

$$\text{Умова перевірки: } I_{II.K1} \leq I_{дин} \text{ і } i_{уд.K1} \leq i_{дин} \quad (3.4)$$

$$I_{II.K1} = 2,77 \text{ кА} < I_{дин} = 25 \text{ кА}; \quad i_{уд.K1} = 7,05 \text{ кА} < i_{дин} = 64 \text{ кА}$$

Висновок: вимикач проходить по динамічній стійкості.

4. По термічній стійкості.

$$\text{Умова перевірки: } B_K \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм} \quad (3.5)$$

де: B_K - тепловий імпульс, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$;

$I_{терм}^2$ - струм термічної стійкості, кА^2

$t_{терм}$ - час термічної стійкості, с.

$$a) B_K = I_{II.K1}^2 \cdot (t_{р.з.макс} + t_{II.B.} + T_a) \quad (3.6)$$

					Кваліфікаційна робота	Лист
						35
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

$$t_{P.3.\max} = 1 \text{ с}; \quad t_{П.В.} = 0,06 \text{ с}; \quad T_a = 0,115 \text{ с}.$$

$$B_K = 2,77^2 \cdot (1 + 0,06 + 0,115) = 9,02 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$б) \quad I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 25^2 \cdot 3 = 1875 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Висновок: оскільки $9,02 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < 1875 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ - вимикач проходить по термічній стійкості.

Таблиця 3.2 - Вибір вимикача на стороні ВН

Умови вибору	Розрахункові данні	Каталожні данні
$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{уст}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$
$I_{\text{ф.р.}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{ф.р.}} = 73,48 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 1250 \text{ А}$
$I_{\text{П.К1}} \leq I_{\text{відкл.}}$	$I_{\text{П.К1}} = 2,77 \text{ кА}$	$I_{\text{відкл.}} = 25 \text{ кА}$
$(\sqrt{2} \cdot I_{\text{ПК1}} + i_{a\tau}) \leq$ $\leq (\sqrt{2} \cdot I_{\text{откл}} \cdot (1 + \frac{\beta_H}{100}))$	6,52 кА	12,41 кА
$I_{\text{П.К1}} \leq I_{\text{дин}}$ $i_{\text{уд.К1}} \leq i_{\text{дин}}$	$I_{\text{П.К1}} = 2,77 \text{ кА}$ $i_{\text{уд.К1}} = 7,05 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 25 \text{ кА}$ $i_{\text{дин}} = 64 \text{ кА}$
$B_K \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}$	$B_K = 9,02 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 1875 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Висновок: вимикач ВГБ-110-25/1250У1 підходить за усіма параметрами

Вибір роз'єднувачів на стороні ВН

Роз'єднувач - це контактний комутаційний апарат призначений для відключення і включення електричного ланцюга без струму або з незначним струмом. При ремонтних роботах роз'єднувачем створюється видимий розрив між частинами, що залишилися під напругою і апаратами, виведеними в ремонт. Роз'єднувачі дозволяють проведення наступних операцій :

- відключення і включення нейтралі трансформаторів і заземлюючих дугогасильних реакторів за відсутності в мережі замикання на землю;
- зарядного струму шин і устаткування усієї напруги (окрім батарей конденсаторів);
- струму навантаження до 15А триполюсними роз'єднувачами зовнішньої установки при напрузі 10 кВ і нижче.

До роз'єднувачів пред'являються наступні вимоги:

					Кваліфікаційна робота	Лист
						36
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

- створення видимого розриву в повітрі, електрична міцність якого відповідає максимальній імпульсній напрузі;
- електродинамічна і термічна стійкість при протіканні струмів короткого замикання;
- виключення мимовільних відключень;
- чітке включення і відключення за найгірших умов роботи (обмерзання, вітер).

На ВН вибирається роз'єднувач [4, таблиця П.16] типу:

РДЗ -110/1000УХЛ1 - роз'єднувач, двохколонковий із заземлюючими ножами на напругу 110 кВ. Для помірно-холодного клімату, зовнішньої установки.

$$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ};$$

$$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А};$$

$$i_{\text{дин}} = 80 \text{ кА};$$

$$I_{\text{терм.}} = 31,5 \text{ кА}.$$

Перевірка:

Таблиця 3.3 - Вибір роз'єднувачів на стороні ВН

Умови вибору	Розрахункові данні	Каталожні данні
$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{уст}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$
$I_{\text{ф.р.}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{ф.р.}} = 73,48 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$
$i_{\text{удК1}} \leq i_{\text{дин}}$	$i_{\text{удК1}} = 7,12 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 80 \text{ кА}$
$B_K \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}$	$B_K = 9,02 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 1875 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Висновок: роз'єднувач РДЗ - 110 / 1000 УХЛ 1 підходить за усіма показниками.

3.2 Вибір вимикачів та роз'єднувачів на стороні СН

Вибір вимикача на СН

На СН вибирається вимикач [4, таблиця П.14] типу:

ВГБЕ-35-12,5/630УХЛ1 - вимикач елегазовий, баковий з електромагнітним приводом, на напругу 35 кВ, для помірно-холодного клімату, зовнішньої установки.

Перевірка:

1. По здатності відключати симетричний струм К.З.

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики вимикача ВГБЕ-35-12,5/630УХЛ1

Промислова напруга		$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$
Номінальний струм		$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$
Номінальний струм відключення		$I_{\text{відк.}} = 12,5 \text{ кА}$
Струм електродинамічної стійкості	Максимальне пікове значення	$i_{\text{дин}} = 35 \text{ кА}$
	Діюче значення	$I_{\text{дин}} = 12,5 \text{ кА}$
Струм термічної стійкості		$I_{\text{терм.}} = 12,5 \text{ кА}$
Час дії струму термічної стійкості		$t_{\text{терм.}} = 3 \text{ с}$
Власний час відключення		$T_{\text{вл.відк}} = 0,04 \text{ с}$
Повний час відключення		$t_{\text{пв}} = 0,065 \text{ с}$

Умова перевірки :

$$I_{\text{п.к2}} \leq I_{\text{вик}} \quad (3.7)$$

Висновок: оскільки $I_{\text{п.к2}} = 3,02 \text{ кА} < I_{\text{вик}} = 12,5 \text{ кА}$, вибраний вимикач проходить по здатності відключати симетричний струм К.З.

По здатності відключати аперіодичну складову струму КЗ.

Умова перевірки :

$$\sqrt{2} \cdot I_{\text{п.к2}} + i_{\text{ат}} \leq \sqrt{2} \cdot I_{\text{откл}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{\text{н}}}{100}\right) \quad (3.8)$$

де: $i_{\text{ат}}$ - аперіодична складова струму К.З. у момент розбіжності контактів, кА;

$\beta_{\text{н}}$ - нормоване значення змісту аперіодичної складової в струмі, що відключається, %.

$$\text{а) } i_{\text{ат}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{п.к2}} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{\text{а}}}} \quad (3.9)$$

де: τ - час розбіжності контактів, с;

$t_{\text{в.ч.}}$ - власний час відключення, [4, таблиця П.14].

$T_{\text{а}} = 0,115$ - постійна загасання аперіодичної складової струму К.З. [4, таблиця 2.1].

$$\tau = t_{\text{р.з.мін}} + t_{\text{в.ч.}} = 0,01 + 0,04 = 0,05 \text{ с};$$

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot 3,02 \cdot e^{\frac{0,05}{0,115}} = 2,76 \text{ кА};$$

$$\sqrt{2} \cdot 3,02 + 2,76 = 7,03 \text{ кА.}$$

$$\text{б) } \sqrt{2} \cdot I_{откл} \cdot (1 + \frac{\beta_n}{100})$$

де: β_n - нормоване значення змісту аперіодичної складової в струмі, що відключається, [4, таблиця П.13]. $\beta_n = 30\%$ (при $\tau = 0,05\text{с}$)

$$\sqrt{2} \cdot 12,5 \cdot (1 + \frac{30}{100}) = 22,98 \text{ кА};$$

Висновок:

$$\text{оскільки } \sqrt{2} \cdot 3,02 + 2,76 = 7,03 \text{ кА} < \sqrt{2} \cdot 12,5 \cdot (1 + \frac{30}{100}) = 22,98 \text{ кА}$$

Вимикач проходить по здатності відключати аперіодичну складову струму К.3.

3. По електродинамічній стійкості.

Умова перевірки :

$$I_{П.К2} \leq I_{дин} \text{ и } i_{уд.К2} \leq i_{дин} \quad (3.10)$$

$$I_{П.К2} = 3,02 \text{ кА} < I_{дин} = 20 \text{ кА}; \quad i_{уд.К2} = 8,2 \text{ кА} < i_{дин} = 35 \text{ кА}$$

Висновок: вимикач проходить по динамічній стійкості.

4. По термічній стійкості.

Умова перевірки :

$$B_K \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм} \quad (3.11)$$

де: B_K - тепловий імпульс, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$;

$I_{терм}^2$ - струм термічної стійкості, кА^2 ;

$t_{терм}$ - час термічної стійкості, с.

$$\text{а) } B_K = I_{П.К2}^2 \cdot (t_{р.з.макс} + t_{П.В.} + T_a) \quad (3.12)$$

$$t_{р.з.макс} = 1 \text{ з}; \quad t_{П.В.} = 0,065 \text{ с}; \quad T_a = 0,115 \text{ с.}$$

$$B_K = 3,02^2 \cdot (1 + 0,065 + 0,115) = 10,76 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$\text{б) } I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 12,5^2 \cdot 3 = 468,75 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Висновок: оскільки $10,76 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < 468,75 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ - вимикач проходить по термічній стійкості.

					Кваліфікаційна робота	Лист
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 3.5 - Вибір вимикача на стороні СН

Умови вибору	Розрахункові данні	Каталожні данні
$U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст} = 35 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$
$I_{ф.р.} \leq I_{ном}$	$I_{ф.р.} = 16,5 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$I_{п.к2} \leq I_{відкл.}$	$I_{п.к2} = 3,02 \text{ кА}$	$I_{відкл.} = 12,5 \text{ кА}$
$(\sqrt{2} \cdot I_{пк2} + i_{ат}) \leq$ $\leq (\sqrt{2} \cdot I_{откл} \cdot (1 + \frac{\beta_H}{100}))$	7,03 кА	22,98 кА
$I_{п.к2} \leq I_{дин}$ $i_{уд.к2} \leq i_{дин}$	$I_{п.к2} = 3,02 \text{ кА}$ $i_{уд.к2} = 8,2 \text{ кА}$	$I_{дин} = 20 \text{ кА}$ $i_{дин} = 35 \text{ кА}$
$B_K \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}$	$B_K = 10,76 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 468,75 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Висновок: вимикач ВГБЕ-35-12,5/630УХЛ1 підходить за усіма параметрами.

Вибір роз'єднувачів на стороні СН

На СН вибирається роз'єднувач [4, таблиця П.16] типу:

РДЗ-35/1000УХЛ1 - роз'єднувач, двохколонковий із заземлюючими ножами на напругу 35 кВ. Для помірно-холодного клімату, зовнішньої установки.

$$U_{ном} = 35 \text{ кВ};$$

$$I_{ном} = 1000 \text{ А};$$

$$i_{дин} = 63 \text{ кА};$$

$$I_{терм.} = 25 \text{ кА}.$$

Перевірка:

Таблиця 3.6 - Вибір роз'єднувачів на стороні СН

Умови вибору	Розрахункові данні	Каталожні данні
$U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст} = 35 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$
$I_{ф.р.} \leq I_{ном}$	$I_{ф.р.} = 16,5 \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$
$i_{удк2} \leq i_{дин}$	$i_{удк2} = 8,2 \text{ кА}$	$i_{дин} = 63 \text{ кА}$
$B_K \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}$	$B_K = 10,76 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 468,75 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Висновок: роз'єднувач РДЗ - 35 / 1000 УХЛ 1 підходить за усіма показниками.

3.3 Вибір вимикачів та секційного вимикача на НН

Вибір вимикача на НН

На НН вибирається вимикач [4,таблиця П.15]типу:

ВВЕ-М-10-20/1000 - вимикач вакуумний, з електромагнітним приводом, на напругу 10 кВ.

Таблиця 3.7 - Технічні характеристики вимикача ВВЕ-М- 10-20/1000

Промислова напруга		$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
Номінальний струм		$I_{ном} = 1000 \text{ А}$
Номінальний струм відключення		$I_{відк.} = 20 \text{ кА}$
Струм електродинамічної стійкості	Максимальне пікове значення	$i_{дин} = 52 \text{ кА}$
	Діюче значення	$I_{дин} = 20 \text{ кА}$
Струм термічної стійкості		$I_{терм.} = 20 \text{ кА}$
Час дії струму термічної стійкості		$t_{терм.} = 3 \text{ с}$
Власний час відключення		$T_{вл,відк} = 0,1 \text{ с}$
Повний час відключення		$t_{пв} = 0,04 \text{ с}$

Перевірка:

1. По здатності відключати симетричний струм К.З.

$$\text{Умова перевірки : } I_{п.кз} \leq I_{вик} \quad (3.13)$$

Висновок: оскільки $I_{п.кз} = 7,56 \text{ кА} < I_{вик} = 20 \text{ кА}$, вибраний вимикач проходить по здатності відключати симетричний струм К.З.

2. По здатності відключати аперіодичну складову струму К.З.

Умова перевірки :

$$\sqrt{2} \cdot I_{п.кз} + i_{a\tau} \leq \sqrt{2} \cdot I_{откл} \cdot \left(1 + \frac{\beta_n}{100}\right) \quad (3.14)$$

$$\text{а) } i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{п.кз} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_a}} \quad (3.15)$$

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot 7,56 \cdot e^{-\frac{0,03}{0,045}} = 5,45 \text{ кА};$$

$$\sqrt{2} \cdot 7,56 + 5,45 = 16,14 \text{ кА.}$$

$$\text{б) } \sqrt{2} \cdot I_{откл} \cdot \left(1 + \frac{\beta_n}{100}\right) \quad (3.16)$$

$$\beta_n = 50\% (\text{при } \tau = 0,05 \text{ с})$$

$$\sqrt{2} \cdot 20 \cdot \left(1 + \frac{50}{100}\right) = 42,3 \text{ кА};$$

$$\text{Оскільки } \sqrt{2} \cdot 7,56 + 5,45 = 16,14 \text{ кА} < \sqrt{2} \cdot 20 \cdot \left(1 + \frac{50}{100}\right) = 42,3 \text{ кА},$$

вимикач проходить по здатності відключати аперіодичну складову $i_{ат}$ К.З.

3. По електродинамічній стійкості.

$$\text{Умова перевірки: } I_{п.кз} \leq I_{дин} \quad \text{и} \quad i_{уд.кз} \leq i_{дин} \quad (3.17)$$

$$I_{п.кз} = 7,56 \text{ кА} < I_{дин} = 20 \text{ кА}; \quad i_{уд.кз} = 19,32 \text{ кА} < i_{дин} = 52 \text{ кА}$$

Висновок: вимикач проходить по динамічній стійкості.

4. По термічній стійкості.

$$\text{Умова перевірки: } B_K \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм} \quad (3.18)$$

$$\text{а) } B_K = I_{п.кз}^2 \cdot (t_{р.з.макс} + t_{п.в.} + T_a) \quad (3.19)$$

$$t_{р.з.макс} = 1 \text{ с}; \quad t_{п.в.} = 0,04 \text{ с}; \quad T_a = 0,045 \text{ с.}$$

$$B_K = 7,56^2 \cdot (1 + 0,04 + 0,045) = 62 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$\text{б) } I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Висновок: оскільки $62 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ вимикач проходить по термічній стійкості.

Таблиця 3.8 - Вибір ввідного вимикача на стороні НН

Умови вибору	Розрахункові данні	Каталожні данні
$U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{ф.р.} \leq I_{ном}$	$I_{ф.р.} = 750,58 \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$
$I_{п.кз} \leq I_{відкл.}$	$I_{п.кз} = 7,56 \text{ кА}$	$I_{відкл.} = 20 \text{ кА}$
$(\sqrt{2} \cdot I_{п.кз} + i_{ат}) \leq$ $\leq (\sqrt{2} \cdot I_{откл} \cdot (1 + \frac{\beta_H}{100}))$	16,14 кА	42,3 кА
$I_{п.кз} \leq I_{дин}$ $i_{уд.кз} \leq i_{дин}$	$I_{п.кз} = 7,56 \text{ кА}$ $i_{уд.кз} = 19,32 \text{ кА}$	$I_{дин} = 20 \text{ кА}$ $i_{дин} = 52 \text{ кА}$
$B_K \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}$	$B_K = 62 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Висновок: вимикач ВВЕ-М- 10-20/1000 підходить за усіма параметрами.

Вибір секційного вимикача на НН

На НН вибирається вимикач [4,таблиця П.15]типу:

ВВЕ-М-10-20/1000 - вимикач вакуумний, з електромагнітним приводом, на напругу 10 кВ.

Таблиця 3.9 - Технічні характеристики вимикача ВВЕ-М- 10-20/1000

Промислова напруга		$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
Номинальний струм		$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$
Номинальний струм відключення		$I_{\text{відкл.}} = 20 \text{ кА}$
Струм електродинамічної стійкості	Максимальне пікове значення	$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$
	Діюче значення	$I_{\text{дин}} = 20 \text{ кА}$
Струм термічної стійкості		$I_{\text{терм.}} = 20 \text{ кА}$
Час дії струму термічної стійкості		$t_{\text{терм.}} = 3 \text{ с}$
Власний час відключення		$T_{\text{вл.відкл}} = 0,1 \text{ с}$
Повний час відключення		$t_{\text{пв}} = 0,04 \text{ с}$

Перевірку секційного вимикача робимо аналогічно, результати розрахунків заносимо в таблицю 3.10

Таблиця 3.10 - Вибір секційного вимикача на стороні НН

Умови вибору	Розрахункові данні	Каталожні данні
$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ф.р.}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{ф.р.}} = 750,58 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$
$I_{\text{п.кз}} \leq I_{\text{відкл.}}$	$I_{\text{п.кз}} = 7,56 \text{ кА}$	$I_{\text{відкл.}} = 20 \text{ кА}$
$(\sqrt{2} \cdot I_{\text{п.кз}} + i_{\text{ат}}) \leq (\sqrt{2} \cdot I_{\text{откл}} \cdot (1 + \frac{\beta_{\text{н-}}}{100}))$	16,14 кА	42,3 кА
$I_{\text{п.кз}} \leq I_{\text{дин}}$ $i_{\text{уд.кз}} \leq i_{\text{дин}}$	$I_{\text{п.кз}} = 7,56 \text{ кА}$ $i_{\text{уд.кз}} = 19,32 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 20 \text{ кА}$ $i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$
$B_{\text{к}} \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}$	$B_{\text{к}} = 62 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Висновок: вимикач ВВЕ-М-10-20/1000 підходить за усіма параметрами.

3.4 Вибір лінійного вимикача для РП на НН

Для РП на НН вибирається вимикач [4, таблиця П.15] типу:

ВВЕ-М-10-20/630 - вимикач вакуумний, з електромагнітним приводом, на напругу 10 кВ.

Таблиця 3.11 - Технічні характеристики вимикача ВВЕ-М-10-20/630

Промислова напруга		$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
Номинальний струм		$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$
Номинальний струм відключення		$I_{\text{відкл.}} = 20 \text{ кА}$
Струм електродинамічної стійкості	Максимальне пікове значення	$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$
	Діюче значення	$I_{\text{дин}} = 20 \text{ кА}$
Струм термічної стійкості		$I_{\text{терм.}} = 20 \text{ кА}$
Час дії струму термічної стійкості		$t_{\text{терм.}} = 3 \text{ с}$
Власний час відключення		$T_{\text{вл.відкл}} = 0,1 \text{ с}$
Повний час відключення		$t_{\text{пв}} = 0,04 \text{ с}$

Таблиця 3.12 - Вибір лінійного вимикача для РП на стороні НН

Умови вибору	Розрахункові данні	Каталожні данні
$U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{ф.р.} \leq I_{ном}$	$I_{ф.р.} = 750,58 \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$
$I_{п.кз} \leq I_{відкл.}$	$I_{п.кз} = 7,56 \text{ кА}$	$I_{відкл.} = 20 \text{ кА}$
$(\sqrt{2} \cdot I_{п.кз} + i_{ат}) \leq$ $\leq (\sqrt{2} \cdot I_{откл} \cdot (1 + \frac{\beta_H}{100}))$	16,14 кА	42,3 кА
$I_{п.кз} \leq I_{дин}$ $i_{уд.кз} \leq i_{дин}$	$I_{п.кз} = 7,56 \text{ кА}$ $i_{уд.кз} = 19,32 \text{ кА}$	$I_{дин} = 20 \text{ кА}$ $i_{дин} = 52 \text{ кА}$
$B_K \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}$	$B_K = 62 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Висновок: вимикач ВВЕ-М-10-20/630 підходить за усіма параметрами.

3.5 Вибір обмежувачів перенапружень

Обмежувачі перенапружень є основним засобом обмеження атмосферних перенапружень.

Вибір обмежувачів перенапруження робиться відповідно до номінальної напруги устаткування, що захищається, рівнем електричної міцності його ізоляції. Установка ОПН потрібна на введеннях трансформаторів, підключених до повітряних ліній. При цьому не допускається установка між ОПН і введенням високої напруги силового трансформатора комутаційних апаратів.

Вибираємо обмежувач перенапруження типу :

На стороні 110 кВ ОПН - 110 / 146 - 10(II)

На стороні 35 кВ ОПН - 35/42 - 10(I) УХЛ1.

На стороні 10 кВ ОПН - 10(II) УХЛ1.

3.6 Вибір трансформаторів струму

Трансформатори струму призначені для зменшення первинного струму до значень, найбільш зручних для вимірювальних приладів і реле, а також для відділення ланцюгів виміру і захисту від первинних ланцюгів високої напруги.

Трансформатори струму характеризується номінальним коефіцієнтом трансформації :

$$K_I = \frac{I_{1НОМ}}{I_{2НОМ}}; \quad (3.20)$$

де: $I_{1НОМ}$ - номінальне значення первинного струму, А;

$I_{2НОМ}$ - номінальне значення вторинного струму, А.

Трансформатори струму вибираються по номінальній напрузі, струму первинного ланцюга і перевіряються по вторинному навантаженню у відповідному класі точності, термічної і електродинамічної стійкості.

У ланцюгах високої напруги доцільно використати вбудовані ТС. На напрузі 6-10 кВ слід вибирати ТС, якими комплектуються осередки КРП.

Контрольні кабелі підключаються до ТС по умові механічної міцності мають бути не менше 4 мм² для алюмінієвого дроту, і не менше 2,5 мм² для мідного дроту (ПУЕ).

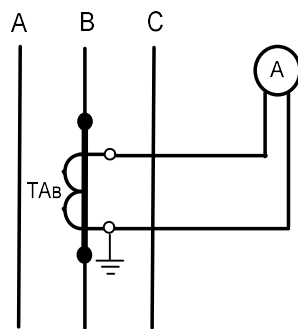


Рисунок 3.1 - Схема з'єднання вимірювальних ТС і приладів на одну фазу.у неповну зірку.

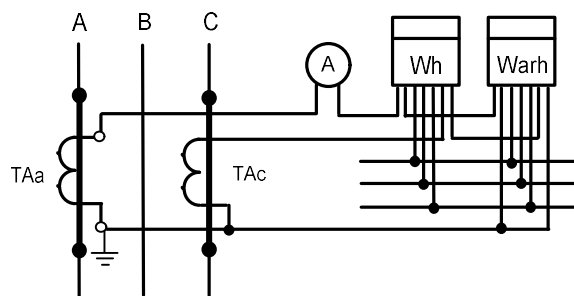


Рисунок 3.2 - Схема з'єднання вимірювальних ТС і приладів на одну фазу.у неповну зірку.

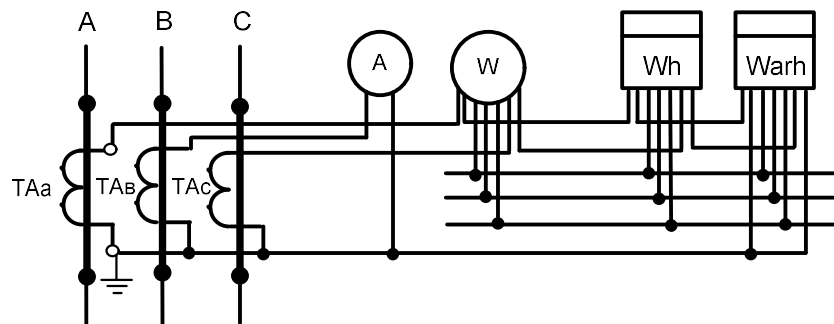


Рисунок 3.3 - Схема з'єднання вимірювальних ТС і приладів в повну зірку.

Вибір ТС на ВН

Вибираємо трансформатор струму : ТВ- 110 - IV 300/5 вбудований у введеннях вимикача ВГБ- 110-25/1250 У1.

Вибір трансформатора струму по вторинному навантаженню, Ом:

$$r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пров}} + r_{\text{к}} \quad (3.21)$$

де: $r_{\text{приб}}$ - опір приладів, Ом;

$r_{\text{пров}}$ - опір сполучних дротів, Ом;

$r_{\text{к}}$ - опір контактів, Ом;

Таблиця 3.13 - Вторинне навантаження трансформатора струму на ВН

Назва приладів	Тип приладів	Навантаження по фазам, ВА		
		А	В	С
1. Амперметр	ЕА-0702	2	2	2
2. Ватметр + Варметр	Ц-301/1	0,2	-	0,2
3. Фіксатор ушкоджень	ИМФ-3Р	0,5	0,5	0,5
4. Фіксатор ушкоджень	ФПМ-01	0,5	0,5	0,5
Сума: $S_{\text{розр}}$		3,2	3	3,2

Вибираємо найбільш завантажену фазу і розраховуємо опір приладів, Ом;

$$r_{\text{прилад}} = \frac{S_{\text{прилад}}}{I_{2\text{ном}}^2} \quad (3.22)$$

де: $S_{\text{прилад}}$ - потужність, споживана приладами, ВА;

I_2 - вторинний номінальний струм приладу.

$$r_{\text{прилад}} = \frac{3,2}{5^2} = 0,13 \text{ Ом.}$$

Підраховуємо опір провідників, Ом :

$$r_{\text{прилад}} = Z_{2\text{ном}} - r_{\text{прилад}} - r_{\text{к}} \quad (3.23)$$

$$r_{\text{прилад}} = 1,2 - 0,13 - 0,05 = 1,02 \text{ Ом;}$$

Необхідний переріз сполучних дротів, мм²:

$$S_{\text{прилад}} = \frac{\rho \cdot \ell}{r_{\text{пров}}} \quad (3.24)$$

де: ρ - питомий опір матеріалу дроту $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;

					Кваліфікаційна робота	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		46

$$\rho = 0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \quad \text{для мідних провідників};$$

ℓ - довжина провідника (для ВРП -110 кВ можна прийняти $\ell = 70 \text{ м}$);

$$S_{\text{прилад}} = \frac{0,0175 \cdot 70}{1,02} = 1,2 \text{ мм}^2$$

Вибираємо контрольний кабель КВВГ перерізом $q = 2,5 \text{ мм}^2$.

Вторинне розрахункове навантаження ТС, Ом;

$$r_2 = 0,13 + \frac{0,0175 \cdot 70}{2,5} + 0,05 = 0,37 \text{ Ом}.$$

Перевірка:

1) По термічній стійкості:

$$\text{Умова перевірки: } B_K \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} \quad (3.25)$$

де: B_K -тепловий імпульс, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$;

$I_{\text{терм}}^2$ - струм термічної стійкості, кА^2 ;

$t_{\text{терм}}$ - час термічної стійкості, с.

$$\text{а) } B_K = I_{\text{П.К1}}^2 \cdot (t_{\text{Р.З.мах}} + t_{\text{П.В.}} + T_a) \quad (3.26)$$

$$t_{\text{Р.З.мах}} = 1 \text{ с}; \quad t_{\text{П.В.}} = 0,06 \text{ с}; \quad T_a = 0,115 \text{ с}.$$

$$B_K = 2,77^2 \cdot (1 + 0,06 + 0,115) = 9,02 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$\text{б) } I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 25^2 \cdot 3 = 1875 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Висновок: оскільки $9,02 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < 1875 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ ТС марки ТВ- 110 - IV 300/5 проходить по термічній стійкості.

2) По електродинамічній стійкості.

$$\text{Умова перевірки: } I_{\text{П.К1}} \leq I_{\text{дин}} \text{ и } i_{\text{уд.К1}} \leq i_{\text{дин}} \quad (3.27)$$

$$I_{\text{П.К1}} = 2,77 \text{ кА} < I_{\text{дин}} = 25 \text{ кА}; \quad i_{\text{уд.К1}} = 7,05 \text{ кА} < i_{\text{дин}} = 25 \text{ кА}$$

ТС марки ТВ-110-IV 300/5 проходить по динамічній стійкості.

По вторинному навантаженню:

$$\text{Умова перевірки: } Z_2 \leq Z_{2\text{ном}} \quad (3.28)$$

де: Z_2 - вторинне навантаження ТС, $Z_2 = 0,76 \text{ Ом}$;

$Z_{2\text{ном}}$ - номінальне допустиме навантаження ТС у вибраному класі точності, Ом.

					Кваліфікаційна робота	Лист
						47
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Вторинне номінальне навантаження ТС, Ом;

$$Z_{2ном} = \frac{S_{2ном}}{I_{2н}^2} = \frac{30}{5^2} = 1,2 \text{ Ом};$$

Висновок: ТС марки ТВ- 110 - IV 300/5 проходить по вторинному навантаженню. Таблиця 3.14- Вибір трансформатора струму на ВН

Умови вибору	Розрахункові данні	Каталожні данні
$U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст} = 110 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 110 \text{ кВ}$
$I_{ф.р.} \leq I_{ном}$	$I_{ф.р.} = 73,48 \text{ А}$	$I_{ном} = 300 \text{ А}$
$i_{уд.К1} \leq i_{дин}$	$i_{уд.К1} = 7,05 \text{ кА}$	$i_{дин} = 25 \text{ кА}$
$B_K \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}$	$B_K = 9,02 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 1875 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
$Z_{2розр} \leq Z_{2ном}$	$Z_{2розр} = 0,37 \text{ Ом}$	$Z_{2ном} = 1,2 \text{ Ом}$

Висновок: вибраний трансформатор струму ТВ- 110 - IV 300/5 підходить по усіх параметрах і працюватиме у вибраному класі точності.

Вибір трансформатора струму вбудованого у введеннях силового трансформатора, робимо аналогічно, дані заносимо в таблиці 3.15 і 3.16.

Вибираємо трансформатор струму : ТВТ- 110 - I - 200/5

Таблиця 3.15- Вторинне навантаження трансформатора струму на ВН

Назва приладів	Тип приладів	Навантаження по фазам, ВА		
		А	В	С
1. Амперметр	ЕА-0702	2	2	2
2. Ватметр + Варметр	Ц-301/1	0,2	-	0,2
Сума: S розрах		2,2	2	2,2

Таблиця 3.16 - Вибір трансформатора струму на ВН

Умови вибору	Розрахункові данні	Каталожні данні
$U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст} = 110 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 110 \text{ кВ}$
$I_{ф.р.} \leq I_{ном}$	$I_{ф.р.} = 73,48 \text{ А}$	$I_{ном} = 200 \text{ А}$
$i_{уд.К1} \leq i_{дин}$	$i_{уд.К1} = 7,05 \text{ кА}$	$i_{дин} = 25 \text{ кА}$
$B_K \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}$	$B_K = 9,02 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 1875 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
$Z_{2розр} \leq Z_{2ном}$	$Z_{2розр} = 0,63 \text{ Ом}$	$Z_{2ном} = 1,2 \text{ Ом}$

Висновок: вибраний трансформатор струму ТВТ- 110 - I 300/5 підходить по усіх параметрах і працюватиме у вибраному класі точності.

Вибір ТС на СН

Вибираємо трансформатор струму : ТВ- 35 - II 300/5 вбудований у введеннях вимикача ВГБЕ-35-12,5/630УХЛ1.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		48

Таблиця 3.17- Вторинне навантаження трансформатора струму на СН

Назва приладів	Тип приладів	Навантаження по фазам, ВА		
		А	В	С
1. Амперметр	ЕА-0702	2	2	2
2. Ватметр + Варметр	Ц-301/1	0,2	-	0,2
Сума: $S_{\text{розрах}}$		2,2	2	2,2

Таблиця 3.18- Вибір трансформатора струму на СН

Умови вибору	Розрахункові данні	Каталожні данні
$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{уст}} = 35 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$
$I_{\text{ф.р.}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{ф.р.}} = 16,5 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 300 \text{ А}$
$i_{\text{уд.к1}} \leq i_{\text{дин}}$	$i_{\text{уд.к1}} = 8,2 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 35 \text{ кА}$
$B_{\text{к}} \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}$	$B_{\text{к}} = 10,76 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 468,75 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
$Z_{2\text{розр}} \leq Z_{2\text{ном}}$	$Z_{2\text{розр}} = 0,56 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{ном}} = 1,2 \text{ Ом}$

Висновок: вибраний трансформатор струму ТВ- 35 - II підходить за всіма параметрами і працюватиме у вибраному класі точності.

Вибір трансформатора струму вбудованого у введеннях силового трансформатора.

Вибираємо трансформатор струму : ТВТ- 35 - II 300/5.

Таблиця 3.19- Вторинне навантаження трансформатора струму на СН

Назва приладів	Тип приладів	Навантаження по фазам, ВА		
		А	В	С
1. Амперметр	ЕА-0702	2	2	2
2. Ватметр + Варметр	Ц-301/1	0,2	-	0,2
3. Лічильник активної і реактивної енергії	Меркурій-230-AR	0,1	-	0,1
Сума: $S_{\text{розрах}}$		2,3	2	2,3

Таблиця 3.20- Вибір трансформатора струму на СН

Умови вибору	Розрахункові данні	Каталожні данні
$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{уст}} = 35 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$
$I_{\text{ф.р.}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{ф.р.}} = 16,5 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 300 \text{ А}$
$i_{\text{уд.к1}} \leq i_{\text{дин}}$	$i_{\text{уд.к1}} = 8,2 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 35 \text{ кА}$
$B_{\text{к}} \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}$	$B_{\text{к}} = 10,76 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 468,75 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
$Z_{2\text{розр}} \leq Z_{2\text{ном}}$	$Z_{2\text{розр}} = 0,56 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{ном}} = 1,2 \text{ Ом}$

Висновок: вибраний трансформатор струму ТВТ- 35 - II підходить за всіма параметрами і працюватиме у вибраному класі точності.

Вибір ТС на НН

Вибираємо трансформатор струму для ввідного осердя: ТЛМ- 10 - I 1000/5

Таблиця 3.21- Вторинне навантаження трансформатора струму ввідного осердя

Назва приладів	Тип приладів	Навантаження по фазам, ВА		
		А	В	С
1. Амперметр	ЕА-0702	-	2	-
2.Ватметр + Варметр	Ц-301/1	0,2	-	0,2
3.Лічильник активної і реактивної енергії	Меркурий-230-AR	0,1	-	0,1
Сума: $S_{\text{розрах}}$		0,3	2	0,3

Таблиця 3.22- Вибір трансформатора струму для ввідного осердя

Умови вибору	Розрахункові данні	Каталожні данні
$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{уст}} = 6 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ф.р.}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{ф.р.}} = 750,58 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$
$i_{\text{уд.К1}} \leq i_{\text{дин}}$	$i_{\text{уд.К1}} = 19,32 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 100 \text{ кА}$
$B_{\text{к}} \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}$	$B_{\text{к}} = 62 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 2028 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
$Z_{2\text{розр}} \leq Z_{2\text{ном}}$	$Z_{2\text{розр}} = 0,165 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{ном}} = 0,4 \text{ Ом}$

Висновок: вибраний трансформатор струму ТЛМ- 10 - I підходить за всіма параметрами і працюватиме у вибраному класі точності.

Вибираємо трансформатор струму осердя до РП: ТЛМ-10-I 300/5.

Таблиця 3.23 - Вторинне навантаження трансформатора струму осердя до РП

Назва приладів	Тип приладів	Навантаження по фазам, ВА		
		А	В	С
1. Амперметр	ЕА-0702	2	-	-
3.Лічильник активної і реактивної енергії	Меркурий-230-AR	0,1	-	0,1
Сума: $S_{\text{розрах}}$		2,1	-	0,1

Таблиця 3.24- Вибір трансформатора струму для осердя до РП

Умови вибору	Розрахункові данні	Каталожні данні
$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{уст}} = 6 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{ф.р.}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{ф.р.}} = 750,58 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$
$i_{\text{уд.К1}} \leq i_{\text{дин}}$	$i_{\text{уд.К1}} = 19,32 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 100 \text{ кА}$
$B_{\text{к}} \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}$	$B_{\text{к}} = 62 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}} = 2028 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
$Z_{2\text{розр}} \leq Z_{2\text{ном}}$	$Z_{2\text{розр}} = 0,165 \text{ Ом}$	$Z_{2\text{ном}} = 0,4 \text{ Ом}$

Висновок: вибраний трансформатор струму ТЛМ- 10 – I підходить за всіма параметрами і працюватиме у вибраному класі точності.

3.7 Вибір трансформаторів напруги

Вибір ТН на стороні ВН

Трансформатори напруги вибираються по номінальній напрузі, конструкції, класу точності і перевіряються по вторинному навантаженню.

Таблиця 3.25- Вторинне навантаження ТН на ВН.

п/н	Назва приладів	Тип приладів	Потужність однієї обмотки. S, А	Число обмоток, шт.	Число Приладів, шт.	Споживана потужність S, ВА
ВЛ-110 кВ «ВЛ 2»						
1	Ватметр + Варметр	Ц-301/1	6,0	2	1	12
2	Фіксатор імпульсної дії	ФИП	3	1	1	3
ВЛ-110 кВ «ВЛ 1»						
3	Ватметр + Варметр	Ц-301/1	6,0	2	1	12
4	Фіксатор імпульсної дії	ФИП	3	1	1	3
5	Фіксатор ушкоджень	ФПМ-01	1,6	3	1	5
6	Фіксатор ушкоджень	ИМФ-ЗР	1,6	3	1	5
Трансформатор						
7	Ватметр + Варметр	Ц-301/1	6,0	2	1	12
СЕКЦІЯ ШИН						
8	Вольтметр	Е -335	2	1	1	2
9	Частотомір	Н-397			1	7
10	Фіксатор імпульсної дії	ФИП	3	1	1	3
Сума:						69

Вибираємо трансформатор напруги[4,таблиця П.22] : НКФ -110-83У1

$S_{ном} = 400 \text{ ВА}$ в класі точності 0,5.

Перевірка:

По вторинному навантаженню.

Висновок: оскільки $S_{2ном} = 400 \text{ ВА} > S_{2розрах} = 50 \text{ ВА}$ вибраний трансформатор напруги НКФ -110-83У1 підходить по вторинному навантаженню.

Вибір ТН на стороні СН

Трансформатори напруги вибираються по номінальній напрузі, конструкції, класу точності і перевіряються по вторинному навантаженню.

Таблиця 3.26- Вторинне навантаження ТН на СН

/п	Назва приладів	Тип приладів	Потужність однієї обмотки. S, ВА	Число обмоток, шт.	Число Приладів, шт.	Споживана потужність S, ВА
1	Ватметр + Варметр	Ц-301/1	6,0	2	1	12
2	Лічильник активної і реактивної енергії	Меркурій-230AR	2,5	3	1	7
3	Вольтметр	Е - 365	2	1	1	1
Сума						20

Вибираємо трансформатор напруги[4,таблиця П.22] : НАМИ -35-УХЛ1,

$$S_{\text{ном}} = 360 \text{ ВА в класі точності } 0,5.$$

Перевірка:

По вторинному навантаженню.

Висновок: оскільки $S_{2\text{ном}} = 360 \text{ ВА} > S_{2\text{розрах}} = 20 \text{ ВА}$ вибраний трансформатор напруги НАМИ -35-УХЛ1 підходить по вторинному навантаженню.

Вибір ТН на стороні НН

Трансформатори напруги вибираються по номінальній напрузі, конструкції, класу точності і перевіряються по вторинному навантаженню.

На одну секцію КРП вибираємо два ТН, оскільки секції знаходяться в двох будівлях.

Таблиця 3.27 - Вторинне навантаження ТН на НН

п/н	Назва приладів	Тип приладів	Потужність однієї обмотки S, ВА	Число обмоток шт.	Число Приладів, шт.	Споживана потужність S, ВА
ВВІД НН						
1	Ватметр + Варметр	Ц-301/1	6,0	2	1	12
2	Лічильник активної і реактивної енергії	Меркурій 230AR	2,5	3	1	7
Лічильники до РП						
3	Лічильник активної і реактивної енергії	Меркурій 230AR	2,5	3	6	42
СЕКЦІЯ ШИН						
4	Вольтметр	Е - 365	2	1	1	2
Сума:						63

Вибираємо трансформатор напруги[4,таблиця П.15] : НАМИ- 10 - УХЛ2

$$S_{\text{ном}} = 300 \text{ В} \square \text{ Ав класі точності 0,5.}$$

Перевірка:

По вторинному навантаженню.

Висновок: оскільки $S_{2\text{ном}} = 300 \text{ ВА} > S_{2\text{розрах}} = 63 \text{ ВА}$ вибраний трансформатор напруги НАМИ- 10 - УХЛ2, підходить по вторинному навантаженню.

Для цього трансформатора вибираємо запобіжник ПKN 001 - 10 УЗ.

3.8 Вибір потужності ТВП

Власні потреби підстанції є одним з найбільш відповідальних споживачів, оскільки від надійної роботи механізмів власних потреб залежить нормальне функціонування підстанції.

Приймачами власних потреб є оперативні ланцюги, електродвигуни систем охолодження трансформаторів, електродвигуни компресорів, освітлення, електроопалювання приміщень, електрообігрів комутаційної апаратури високої напруги і шаф, встановлених на відкритому повітрі, зв'язок, сигналізація і так далі.

Розрахункове літнє активне навантаження, кВт:

$$P_{\text{л}} = \frac{P \cdot \alpha}{\eta} \quad (3.29)$$

Розрахункове літнє реактивне навантаження, кВар :

$$Q_{\text{л}} = P_{\text{л}} \cdot \tan \varphi \quad (3.30)$$

Розрахункове зимове активне навантаження, кВт:

$$P_{\text{з}} = \frac{P \cdot \alpha}{\eta} \quad (3.31)$$

Розрахункове зимове реактивне навантаження, кВар :

$$Q_{\text{з}} = P_{\text{з}} \cdot \tan \varphi \quad (3.32)$$

Визначається повна розрахункова потужність власних потреб літнього і зимового періодів, кВА:

					Кваліфікаційна робота	Лист
						53
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

$$S = \sqrt{\sum P^2 + \sum Q^2} \quad (3.33)$$

$$\sum S_{\text{Л}} = \sqrt{\sum P_{\text{Л}}^2 + \sum Q_{\text{Л}}^2} = \sqrt{60,09^2 + 10,8^2} = \sqrt{3727,4} = 61 \text{ кВА};$$

$$\sum S_3 = \sqrt{\sum P_3^2 + \sum Q_3^2} = \sqrt{236,1^2 + 44,3^2} = \sqrt{57705,7} = 240,2 \text{ кВА}.$$

Для підстанції з чергуванням : $S_{\text{ТП}} = \frac{S_{\text{max}}}{1,3}$ навантаження.

Вибираємо по [4,таблиця П.7]трансформатор власних потреб
ТМ- 250.

Вибраний трансформатор власних потреб підходить по систематичному перевантаженню ТМ- 250,

$$\text{Оскільки } S_{\text{ТП}} \frac{S_{\text{max}}}{1,3} = 184,8 \text{ кВА}$$

Для захисту трансформаторів власних потреб виберемо запобіжники.
Вибір робиться по $U_{\text{ном}}=10$ кВ установки, $I_{\text{р.м}}$ струму короткого замикання, обмеженому реактором $I'_{\text{П}} = 7,56$ кА.

$$I_{\text{р.м.}} = \frac{S_{\text{розр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{HH}}} = \frac{240,2}{\sqrt{3} \cdot 10} = 13,8 \text{ А}$$

Виберемо запобіжник ПН2 - 10 - 31,5 – 25

$$I_{\text{ном.пр.}} = 31,5 \text{ А} > I_{\text{р.м.}}, I_{\text{ном.отк}} = 25 \text{ кА} > I'_{\text{П}}$$

3.9 Релейний захист силового трансформатора

Рішення про вибір захисту знижувального трансформатора на підстанції приймається з урахуванням особливостей її електричної схеми, місця в енергосистемі, струмів і потужності устаткування, а також вид оперативного струму, вживаного на підстанції.

Для силових трансформаторів з обмоткою вищої напруги більше 1000 В передбачається релейний захист від наступних видів пошкодженні і ненормальних режимів роботи:

- 1) багатофазних замикань в обмотках,
- 2) внутрішніх ушкоджень (виткових замикань в обмотках і «пожежі сталі» магнітопроводу),
- 3) однофазних замикань на землю,

4) надструмів в обмотках, обумовлених зовнішніми короткими замиканнями,

5) надструмів в обмотках, обумовлених перевантаженням (якщо вона можлива),

6) зниження рівня масла.

При виконанні захистів трансформатора необхідно враховувати деякі особливості його нормальної роботи: кидки струму намагнічування при включенні трансформатора під напругу, вплив коефіцієнта трансформації і схем з'єднання обмоток трансформатора. Для захисту від багатофазних замикань в обмотках і на виводах трансформаторів потужністю 6300 кВА і вище, що працюють поодинокі, потужністю 4000 кВА і вище, що працюють паралельно, а також потужністю 1000 кВА і вище, якщо струмова відсічка не забезпечує необхідної чутливості, максимальний струмовий захист має витримку часу більше 0,5 с і відсутній газовий захист, передбачається поздовжній диференційний захист з циркулюючими струмами, діє на відключення вимикачів силового трансформатора без витримки часу.

Якщо не передбачається поздовжній диференційний захист (як правило, на поодинокі працюючих трансформаторах потужністю нижче 6300 кВА і паралельно працюючих трансформаторах потужністю нижче 4000 кВА), то в цих випадках з боку джерела живлення встановлюється струмова відсічка без витримки часу, що охоплює частину обмотки трансформатора.

					Кваліфікаційна робота	Лист
						55
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Захист силових трансформаторів

Для захисту від внутрішніх пошкоджень (виткових замикань в обмотках, що супроводжуються виділенням газу) і від пониження рівня масла на трансформаторах потужністю 6300 кВА і вище, а також на трансформаторах потужністю 1000 - 4000 кВА, не мають дифзахисту або відсічки, і якщо максимальний струмовий захист має витримку часу 1 с і більше, застосовується газовий захист з дією на сигнал при слабких і на відключення при інтенсивних газоутворення.

Захист трансформатора від перегріву масла.

Для контролю за температурою верхніх шарів масла встановлюється термометр електроконтакта типу ТСМ-100 (KST1). Згідно з Правилами технічної експлуатації електростанцій і мереж температура масла в трансформаторах не повинна перевищувати $+95^{\circ}\text{C}$. Тому, враховуючи теплову

інерцію масла, контакти термосигналізатора встановлюють так, щоб вони подавали сигнал при досягненні маслом температури $+75\text{—}80^{\circ}\text{C}$. При підвищенні температури масла до $+75^{\circ}\text{C}\text{—}80^{\circ}\text{C}$ подається попереджувальний сигнал про перегрів масла для проведення заходів по ліквідації ненормального режиму.

Захист трансформатора від зниження рівня масла в розширювачі основного бака трансформатора.

Захист трансформатора від зниження рівня масла в розширювачі основного бака трансформатора здійснюється за допомогою реле РУМ (KSL), яке у разі зниження рівня масла в розширювачі подає звуковий сигнал оперативному персоналу.

Газовий захист основного бака трансформатора.

Газовий захист призначений для захисту силового трансформатора з масляним заповненням з розширювачем, від всіх видів пошкоджень всередині трансформатора, коли під дією дуги розкладається масло (виткові замкнення, міжфазні КЗ всередині трансформатора), а також зниження рівня масла нижче за газове реле. Газове реле встановлюється в перетин труби, яка сполучає бак трансформатора з розширювачем. Захист виконується за допомогою газового реле типу РЗТ-50, оскільки трансформатор має потужність 6300 кВА, тобто менше 16000 кВА.

При незначному виділенні газу газове реле замикає контакти, діючі на сигнал (сигнальний елемент газового реле - перший ступінь).

					Кваліфікаційна робота	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		56

При серйозному пошкодженні всередині бака відбувається кидок масла або поява великого об'єму газу, що відключає елемент газового реле (друга ступінь) і діє відразу на відключення трансформатора. Відключаючий елемент спрацьовує також за відсутності масла в газовому реле. Нормально це відбувається при витіканні масла з бака, коли масло цілком вийшло з розширювача і газового реле.

Для забезпечення надійного відключення вимикачів трансформатора при короточасних замиканнях контактів газового реле, виконано самоутримання вихідних проміжних реле.

Захист виконується з можливістю перекладу дії відключаючого контакту на сигнал.

Газовий захист бака РПН.

Оскільки трансформатор з регулюванням під навантаженням (РПН), для захисту баку пристроєм РПН від пошкоджень усередині нього приймається струменеве реле типу РЗТ-25/10. У реле тільки один відключаючий елемент—заслінка замість поплавця. Спрацьовування реле викликає кидок масла, що відбувається при перекритті усередині відсіку РПН; необхідності використання в цьому випадку газового реле немає, оскільки виділення з масла деякої кількості газу в процесі роботи контактора - нормальне явище.

Перемикаючий пристрій не має захисту від відходу масла з бака РПН, тому контакти “min” масловказівника рівня масла контактора перемикаючого пристрою трансформатора з РПН задіяно на відключення трансформатора.

На кришці перемикаючого пристрою встановлена захисна мембрана, яка спрацьовує у разі неспрацьовування захисного реле (струменевого), тобто вона є запасним захистом.

Автоматика включення охолодження трансформатора

На трансформаторах з примусовою циркуляцією повітря і природною циркуляцією масла (система охолодження Д) електродвигуни вентиляторів повинні автоматично включатися при досягненні температури масла до $+55^{\circ}\text{C}$ або номінального навантаження незалежно від температури масла і відключатися при зниженні температури масла до $+50^{\circ}\text{C}$, якщо при цьому струм навантаження менший за номінальний. У зв'язку з цим, проектом передбачається встановлення контактного манометричного термометра типу ТСМ-100 (KST-2) з уставкою $+55^{\circ}\text{C}$ на включення і $+50^{\circ}\text{C}$ на відключення охолодження трансформатора. Для контролю струмового

					Кваліфікаційна робота	Лист
						57
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

навантаження передбачається установка струмового реле (КА5) на стороні ВН з уставкой за струмом рівною номінальному струму трансформатора.

Всі електроустановки обладнані пристроями релейного захисту, призначеними для відключення ділянки в колі, якщо пошкодження спричиняє за собою вихід з ладу елементу або електроустановки в цілому.

Релейний захист спрацьовує і тоді, коли виникають умови, загрозливі порушенням нормального режиму роботи електроустановки. У релейному захисті електроустановок захисні функції покладені на реле, які служать для подачі імпульсу на автоматичне відключення елементів електроустановки або сигналу про порушення нормального режиму роботи устаткування, ділянки електроустановки, лінії і так далі.

Висновок

За проведеними розрахунками струмів короткого замикання та розподіленням струмів навантаження на кожній ділянці схеми, було обрано такі комутаційні апарати:

на стороні ВН: вимикач типу ВГБ-110-25/1250У1,
роз'єднувач типу РДЗ -110/1000УХЛ1,
обмежувач перенапружень типу ОПН-110/146 - 10(II),
трансформатор струму типу ТВ- 110 - IV 300/5,
трансформатор напруги НКФ -110-83У1;

на стороні СН: вимикач типу ВГБЕ-35-12,5/630УХЛ1,
роз'єднувач типу РДЗ-35/1000УХЛ1,
обмежувач перенапружень типу ОПН-35/42-10(I)УХЛ1
трансформатор струму типу ТВ- 35 - II 300/5,
трансформатор напруги НАМИ -35-УХЛ1;

на стороні НН: вимикач типу ВВЕ-М-10-20/1000,
секційний вимикач типу ВВЕ-М-10-20/1000,
обмежувач перенапружень типу ОПН - 10(II) УХЛ1,
лінійний вимикач типу ВВЕ-М-10-20/630,
трансформатор струму типу ТЛМ- 10 - I 1000/5,

трансформатор напруги НАМИ -10-УХЛ2,

Трансформатор власних потреб - ТМ- 250.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		58

4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ

4.1 Захисне заземлення підстанції

Захисне заземлення на підстанції служить:

- для забезпечення безпечної роботи обслуговуючого персоналу;
- для приєднання нейтралі трансформаторів;
- для приєднання засобів грозозахисту, громовідводів.

В цілях вирівнювання потенціалу[4,п.17.51], заземлення має бути виконане у вигляді горизонтальної сітки з подовжніх і поперечних провідників, укладених в землі на глибині 0,7-0,8 м, і вертикальних електродів.

Повздовжні провідники сітки прокладають уздовж осей електроустаткування і конструкцій з боку обслуговування на відстані 0,8-1,0 м від фундаменту або основи устаткування.

Поперечне заземлення слід прокладати в зручних місцях між устаткуванням на глибині 0,5-0,7 м від поверхні землі. Відстань між ними рекомендується приймати таку, що збільшується від периферії до центру заземлюючої сітки. При цьому перші і подальші відстані, починаючи від периферії, не повинні перевищувати відповідно до 4; 5; 6; 7,5; 9; 11; 13,5; 16 і 20 м.

Розрахунковий питомий опір верхнього шару ґрунту визначається по формулі:

$$\rho_1 = \psi \rho_B; \quad (4.1)$$

де: ρ_B - питомий опір верхнього шару землі, $\rho_B = 100 \text{ Ом м}$;

ψ - коефіцієнт сезонності, для III кліматичної зони, $\psi = 1,5$.

Для верхнього шару ґрунту завтовшки $h_1 = 2,8 \text{ м}$:

$$\rho_1 = 1,5 \cdot 100 = 150 \text{ Ом м};$$

Нижні шари землі вважаються несхильними до сезонних змін, тому їх розрахункові питомі опори виявляються рівними виміряним:

$$\rho_2 = 40 \text{ Ом м};$$

Опір природного заземлення системи «Трос - опори», відповідних до підстанції повітряних ліній рівно:

					Кваліфікаційна робота	Лист
						59
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

$$R_E = \sqrt{r_{on} \frac{0,15 \cdot l}{S \cdot n_T}} ; \quad (4.2)$$

$$R_E = \frac{1}{2} \sqrt{12 \cdot \frac{0,15 \cdot 250}{50 \cdot 1}} = 1,5 \text{ Ом} .$$

Необхідний опір штучного заземлення $R_{ш}$ отримаємо за формулою з урахуванням того, що $R_3=0,5 \text{ Ом}$ і $R_E=1,5 \text{ Ом}$:

$$R_{ш} = \frac{R_E \cdot R_3}{(R_E + R_3)} ; \quad (4.3)$$

$$R_{ш} = \frac{1,5 \cdot 0,5}{1,5 + 0,5} = 0,375 \text{ Ом}$$

Складаємо попередню схему заземлювача і наносимо її на план підстанції, прийнявши контурний тип заземлювача, тобто у вигляді сітки з горизонтальних смугових і вертикальних стержневих (завдовжки $l_B=5 \text{ м}$) електродів рис. 4.1. Вертикальні електроди розміщуємо по периметру заземлювача.

За попередньою схемою визначаємо сумарну довжину горизонтальних і кількість вертикальних електродів : $L_{Г}=1786 \text{ м}$; $n=40 \text{ шт.}$

Складаємо розрахункову модель заземлювача у вигляді квадратної сітки площею $S=11967=7973 \text{ м}^2$. Довжина однієї сторони $\sqrt{S} = 90 \text{ м}$.

Кількість осередків по одній стороні моделі :

$$m = \frac{L_{Г}}{2 \cdot \sqrt{S}} - 1 ; \quad (4.4)$$

$$m = \frac{1786}{2 \cdot 90} - 1 = 8,92 = 9$$

Уточнюємо сумарну довжину горизонтальних електродів, м :

$$L_{Г} = 2 \cdot (m + 1) \cdot \sqrt{S} ; \quad (4.5)$$

$$L_{Г} = 2 \cdot (9 + 1) \cdot 90 = 1800 \text{ м} .$$

Довжина сторони осердя в моделі, м :

$$b = \frac{\sqrt{S}}{m} = \frac{90}{9} = 10 \text{ м} . \quad (4.6)$$

Відстань між вертикальними електродами, м :

$$a = \frac{4 \cdot \sqrt{S}}{n} = \frac{4 \cdot 90}{40} = 9 \text{ м}; \quad (4.7)$$

Сумарна довжина вертикальних електродів, м :

$$L_B = n \cdot l_B = 40 \cdot 5 = 200 \text{ м}; \quad (4.8)$$

Відносна глибина занурення в землю вертикальних електродів :

$$t_{\text{отн}} = \frac{(l_B + t_B)}{\sqrt{S}}; \quad (4.9)$$

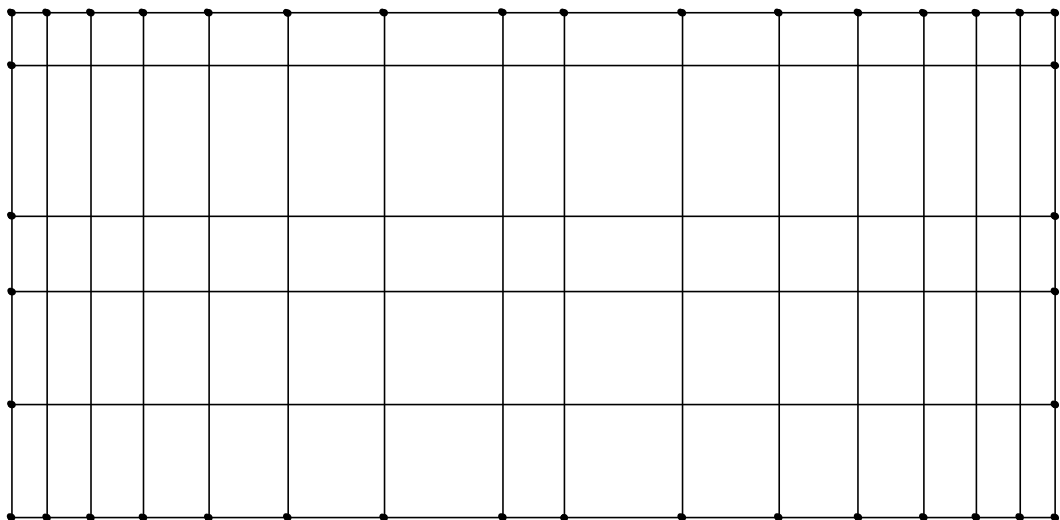
$$t_{\text{отн}} = \frac{(5 + 0,8)}{90} = 0,064;$$

Відносна довжина:

$$l_{\text{отн}} = \frac{(h_1 - t_B)}{l_B}; \quad (4.10)$$

$$l_{\text{отн}} = \frac{1,8 - 0,8}{5} = 0,2;$$

Рисунок 4.1 - Попередня схема сіткового заземлювача підстанції.



Розрахунковий еквівалентний питомий опір ґрунту ρ_e визначаємо по формулі:

$$\rho_e = \rho_2 \cdot \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^k; \quad (4.11)$$

Заздалегідь знаходимо значення ρ_1/ρ_2 і k :

$$\rho_1/\rho_2 = 150/40 = 3,75;$$

Оскільки $1 < \rho_1/\rho_2 < 10$, значення k знаходимо:

$$k = 0,43 \cdot \left(l_{\text{отн}} + 0,272 \cdot \ln \frac{a\sqrt{2}}{l_B} \right); \quad (4.12)$$

					Кваліфікаційна робота	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		61

$$k = 0,43 \cdot \left(0,2 + 0,272 \cdot \ln \frac{9\sqrt{2}}{5} \right) = 0,2 ;$$

Визначаємо ρ_e , Ом м :

$$\rho_e = 40 \cdot \left(\frac{150}{40} \right)^{0,2} = 40 \cdot 3,75^{0,2} = 52 \text{ Ом м};$$

Розрахунковий опір R даного штучного заземлювача.

Заздалегідь знаходимо коефіцієнт A, оскільки $0 < t_{\text{відн}} < 0,1$

$$A = 0,444 - 0,84 \cdot 0,064 = 0,39 ; \quad (4.13)$$

$$R = A \cdot \frac{\rho_e}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_e}{L_{\Gamma} + L_B} ; \quad (4.14)$$

$$R = 0,39 \cdot \frac{52}{90} + \frac{52}{1786 + 200} = 0,25 \text{ Ом}$$

$$R_3 = \frac{R \cdot R_E}{(R + R_E)} = \frac{0,25 \cdot 1,5}{0,25 + 1,5} = 0,214 \text{ Ом}$$

4.2 Грозозахист підстанції

Грозозахист - це комплекс заходів, призначених для забезпечення безпеки людей, збереження будівель і споруд, устаткування і матеріалів від можливих вибухів, займань і руйнувань, що виникають під час грози та дії блискавки.

Пристрій, що приймає прямий удар блискавки, називається громовідводом. Розрізняють стержневі і тросові громовідводи, перші виконують у вигляді вертикальних стержнів(щогл), другі, - у вигляді дротів, горизонтально підвішених на опорах ЛЕП. До облаштування громовідводу входить: блискавкоприймач - верхня частина стержня або провід - трос; спуск - металева частина щогли або опора ЛЕП; заземлювач - пристрій, що виконується в землі під громовідводом для розтікання струму блискавки в землю.

Стержневі громовідводи виконуються як трубчасті щогли до 10 м і гратчасті щогли до 40 м, встановлювані на конструкціях РП і на дахах споруд

					Кваліфікаційна робота	Лист
						62
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

з надійним заземленням. Тросові громовідводи прокладаються над робочим дротом у вигляді сталевого дроту по опорах ЛЕП.

Розрахунок зони захисту громовідводів зводиться до побудови простору поблизу них.

Зона захисту поодинокого стержневого громовідводу заввишки h є круговим конусом(рис 4.2), вершина якого знаходиться на висоті $h_0 < h$. На рівні землі зона захисту утворює круг радіусом r_0 . Горизонтальний переріз зони захисту на висоті спорудження h_x , що захищається, є кругом радіусом r_x .

Зони захисту поодиноких стержневих громовідводів заввишки $h \leq 150$ м мають наступні габаритні розміри.

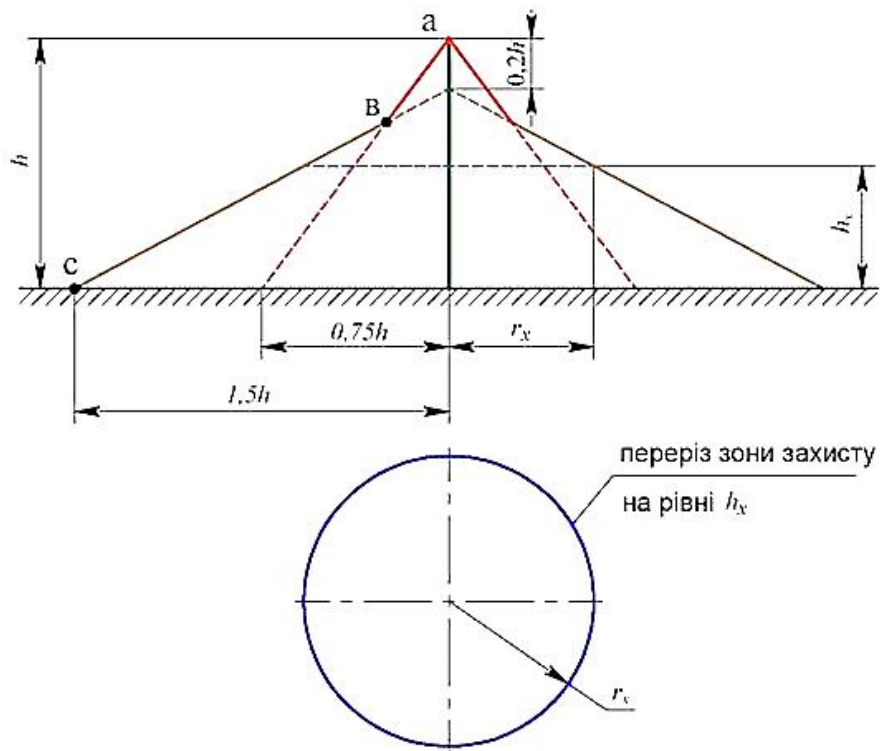


Рисунок 4.2 - Зона захисту поодинокого стержневого громовідводу.

Зона А:

$$h_0 = 0,85h; \quad (4.15)$$

$$r_0 = (1,1 - 0,002h) \cdot h; \quad (4.16)$$

$$r_x = (1,1 - 0,002h) \cdot (h - h_x/0,85); \quad (4.17)$$

Зона захисту подвійного стержневого громовідводу заввишки $h \leq 150$ м представлена на рис. 4.3. Торцеві області зони захисту визначаються як зони

поодиноких стержневих громовідводів, габаритні розміри яких h_0 , r_0 , r_{x1} , r_{x2} .

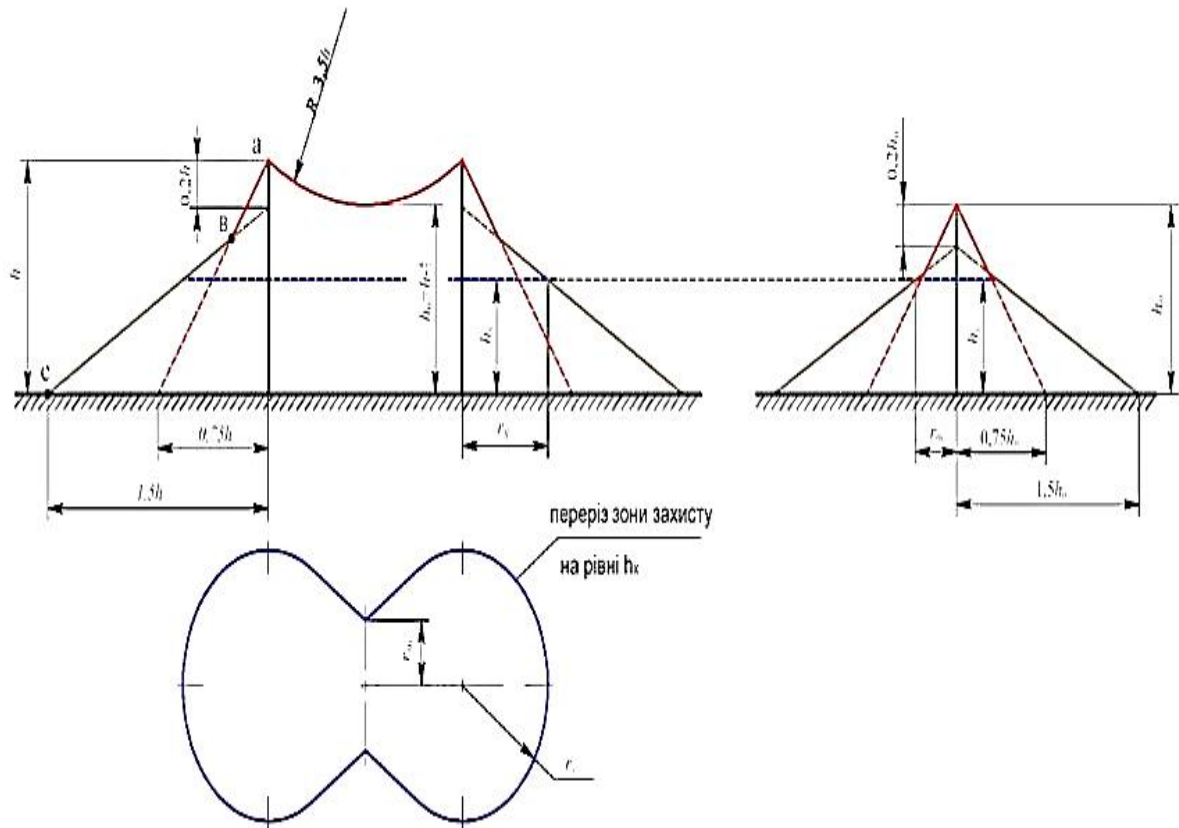


Рисунок 4.3 - Зона захисту подвійного стержневого громовідводу.

- 1 - межа зони захисту на рівні h_{x1} ;
- 2 - межа зони захисту на рівні h_{x2} ;
- 3 - межа зони захисту на рівні землі.

Внутрішні області зон захисту подвійного стержневого громовідводу мають наступні габаритні розміри.

Зона А:

при $L \leq h$

$$h_c = h_0 \quad (4.18)$$

$$r_{cx} = r_x \quad (4.19)$$

$$r_c = r_0 \quad (4.20)$$

при $h < L \leq 2h$

$$h_c = h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} h) \cdot (L - h) \quad (4.21)$$

$$r_c = r_0 \quad (4.22)$$

$$r_{cx} = r_0 (h_c - h_x) / h_c \quad (4.23)$$

при $2h < L \leq 4h$

$$h_c = h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} h)(L - h) \quad (4.24)$$

$$r_c = r_0 \left[1 - \frac{0,2 \cdot (L - 2h)}{h} \right] \quad (4.25)$$

$$r_{cx} = r_c (h_c - h_x) / h_c \quad (4.26)$$

При відстані між стержневими громовідводами $L > 4h$ для побудови зони А громовідводи слід розглядати як поодинокі.

Основною умовою захищеності одного або декількох об'єктів заввишки h_x з надійністю, що відповідає надійності зони А і зони Б, являється виконання нерівності $r_{cx} > 0$ для усіх попарно узятих громовідводів. Інакше побудова зон захисту має бути виконана для поодиноких або подвійних стержневих громовідводів.

Результати розрахунку для відповідних пар громовідводів зведені в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 - Параметри для побудови зони захисту.

Номер пари	$h, \text{м}$	$h_0, \text{м}$	$h_c, \text{м}$	$h_x, \text{м}$	$r_0, \text{м}$	$r_x, \text{м}$	$r_c, \text{м}$	$r_{cx}, \text{м}$	$L, \text{м}$
М1 – М2	30	25,5	17,6	11	31,2	17,7	28,3	6,64	74
М1 – М3	25	21,25	17,73	11	26,25	12,7	28,73	11	38
М3 – М4	25	21,25	17,85	11	26,25	12,7	26,25	10,1	44

Висновок

Таким чином розрахунок захисного заземлення та грозозахисту підстанції дає змогу забезпечити відповідний захист як персоналу так і обладнання.

Штучний заземлювач має бути виконаний з горизонтальних пересічних смугових електродів перерізом 4х40 мм загальною довжиною не менше 1800 м, і вертикальних стержневих в кількості не менше 40 шт. діаметром 12 мм, завдовжки по 5 м. За цих умов опір $R_{ш}$ штучного заземлювача в саму несприятливу пору року не перевищуватиме 0,25 Ом, а опір заземлювача підстанції в цілому R_z , буде не більше 0,5 Ом.

					Кваліфікаційна робота	Лист
						65
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Організаційні заходи, що забезпечують безпеку робіт

Організаційними заходами, що забезпечують безпеку робіт в електроустановках, являються:

- оформлення робіт нарядом або розпорядженням, що виконуються в порядку поточної експлуатації;
- допуск до роботи;
- нагляд під час роботи;
- оформлення перерви в роботі, переходу на інше робоче місце;
- закінчення роботи.

Відповідальними за безпечне ведення робіт є:

- працівник, який видав наряд, розпорядження;
- працівник, який видав дозвіл на підготовку робочого місця та на допуск;
- працівник, який готує робоче місце;
- працівник, який допускає до роботи;
- керівник робіт;
- працівник наглядач за безпечним виконанням робіт;
- член бригади, працівник.

Видаючий наряд, що віддає розпорядження визначає необхідність і можливість безпечного виконання роботи. Він відповідає за достатність і правильність вказаних в наряді(розпорядженні) заходів безпеки, за якісний і кількісний склад бригади і призначення відповідальних за безпеку, а також за відповідність виконуваних робіт груп перерахованих в наряді працівників.

Право видачі нарядів і розпоряджень надається працівникам з числа адміністративно-технічного персоналу організації, що має групу V - в електроустановках напругою вище 1000 В і групу IV - в електроустановках напругою до 1000 В.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		66

У разі відсутності працівників, що мають право видачі нарядів і розпоряджень, при роботах по відвертанню аварій або ліквідації їх наслідків допускається видача нарядів і розпоряджень працівниками з числа оперативного персоналу, що мають групу IV. Надання оперативному персоналу права видачі нарядів має бути оформлене письмовою вказівкою керівника організації.

Відповідальний керівник робіт призначається, як правило, при роботах в електроустановках напругою вище 1000 В. В електроустановках напругою до 1000 В відповідальний керівник може не призначатися.

Відповідальний керівник робіт відповідає за виконання усіх вказаних в наряді заходів безпеки і їх достатність, за додаткові заходи безпеки, що вживаються їм, за повноту і якість цільового інструктажу бригади, у тому числі що проводиться таким, що допускає і виробником робіт, а також за організацію безпечного ведення робіт.

Відповідальними керівниками робіт призначаються працівники з числа адміністративно-технічного персоналу, що мають групу V. У тих випадках, коли окремі роботи необхідно виконувати під наглядом і управлінням відповідального керівника робіт, видаючий наряд повинен зробити запис про це в рядку «Окремі вказівки» наряду.

Відповідальний керівник робіт призначається при виконанні робіт :

- з використанням механізмів і вантажопідійомних машин;
- з відключенням електроустаткування, за винятком робіт в електроустановках, де напруга знята з усіх струмопровідних частин, в електроустановках з простою і наочною схемою електричних з'єднань, на електродвигунах і їх приєднаннях в РП;
- на КЛ і КЛС в зонах розташування комунікацій і інтенсивного руху транспорту;
- по установці і демонтажу опор усіх типів, заміні елементів опор ВЛ;

					Кваліфікаційна робота	Лист
						67
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

- у місцях перетину ВЛ з іншими ВЛ і транспортними магістралями;
- по підключенню знову спорудженої ВЛ;
- по зміні схем приєднань дротів і тросів ВЛ;
- на відключеному ланцюзі багатоланцюгової ВЛ з розташуванням ланцюгів одна над іншою або числом ланцюгів більше 2, коли одна або усі інші ланцюги залишаються під напругою;
- при одночасній роботі двох і більше бригад;
- по пофазному ремонту ВЛ;
- під наведеною напругою;
- без зняття напруги на струмоведучих частинах з ізоляцією людини від землі;
- при випробуванні КЛС, на фільтрах приєднань без включення заземлюючого ножа конденсатора зв'язку.

Необхідність призначення відповідального керівника робіт визначає видаючий наряд, якому дозволяється призначати відповідального керівника робіт і при інших роботах, окрім перерахованих.

Той, що допускає відповідає за правильність і достатність прийнятих заходів безпеки і відповідність їх заходам, вказаним в наряді, характеру і місцю роботи, за правильний допуск до роботи, а також за повноту і якість інструктажу членів бригади, що проводиться ним.

Ті, що допускають повинні призначатися з числа оперативного персоналу, за винятком допуску на ВЛ. У електроустановках напругою вище 1000 В того, що допускає повинен мати групу IV, а в електроустановках до 1000 В - групу III.

Виконувач робіт відповідає:

- за відповідність підготовленого робочого місця вказівкам наряду, додаткові заходи безпеки, необхідні за умовами виконання робіт;
- за чіткість і повноту інструктажу членів бригади;

					Кваліфікаційна робота	Лист
						68
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

- за наявність, справність і правильне застосування необхідних засобів захисту, інструменту, інвентаря і пристосувань;
- за збереження на робочому місці обгороджувальних плакатів, заземлень, замикаючих пристроїв;
- за безпечне проведення роботи і дотримання [5]ним самим і членами бригади;
- за здійснення постійного контролю за членами бригади.

Той, що спостерігає повинен призначатися для нагляду за бригадами, що не мають права самостійно працювати в електроустановках.

Той, що спостерігає відповідає:

- за відповідність підготовленого робочого місця вказівкам, передбаченим в наряді;
- за наявність і збереження встановлених на робочому місці заземлень, обгороджувальних плакатів і знаків безпеки, замикаючих обладнання приводів;
- за безпеку членів бригади відносно поразки електричним струмом електроустановки.

Спостерігачем може призначатися працівник, що має групу III.

Відповідальним за безпеку, пов'язану з технологією роботи, являється працівник, що очолює бригаду, який входить до її складу і повинен постійно знаходитися на робочому місці. Його прізвище вказується в рядку «Окремі вказівки» наряду.

Кожен член бригади повинен виконувати вимоги [5] і інструктивні вказівки, отримані при допуску до роботи і під час роботи, а також вимоги інструкцій по охороні праці відповідних організацій.

Письмовою вказівкою керівника організації має бути оформлене надання його працівникам прав :

- що видає наряд, розпорядження;
- допускачу, відповідального керівнику робіт;
- виконувача робіт(що спостерігає), а також права одноосібного огляду.

					Кваліфікаційна робота	Лист
						69
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Допускається поєднання обов'язків відповідальних за безпечне ведення робіт відповідно до таблиці 5.1.

Допускаючий з числа оперативного персоналу може виконувати обов'язки члена бригади.

На ВЛ усіх рівнів напруги допускається поєднання відповідальним керівником або виробником робіт з числа ремонтного персоналу обов'язків того, що допускає в тих випадках, коли для підготовки робочого місця вимагається тільки перевірити відсутність напруги і встановити переносні заземлення на місці робіт без оперування комутаційними апаратами.

Таблиця 5.1 - Поєднань обов'язків відповідальних за безпечне ведення робіт

Відповідальний працівник	Поєднувані обов'язки
Видаючий наряд	Відповідальний керівник робіт
	Виробник робіт Що допускає(у електроустановках, що не мають місцевого оперативного персоналу)
Відповідальний керівник робіт	Виробник робіт Що допускає(у електроустановках, що не мають місцевого оперативного персоналу)
Виробник робіт з числа оперативного персоналу	Що допускає(у електроустановках з простою і наочною схемою)
Виробник робіт, що має групу IV	Що допускає

Стан справ з охороною праці у світі стає все більш актуальною проблемою як для профспілок, так і для міждержавних структур, насамперед Міжнародної організації праці. МОП розглядає цю тему як частину своєї Програми гідної праці. Підвищена увага до проблем безпеки праці пояснюється в першу чергу тим, що з кожним роком, незважаючи на заходи, що вживаються, у різних країнах зростає рівень виробничого травматизму, у тому числі зі смертельними наслідками, і кількість профзахворювань. Причому це стосується і тих країн, де їм приділяється підвищена увага.

До сфери безпеки праці все більшою мірою залучаються питання, пов'язані з самопочуттям працівника, і фактори, що побічно впливають на трудову діяльність.

Правові, економічні і соціальні пріоритети державної політики у сфері охорони праці спрямовується на забезпечення:

- конституційного права працівників на безпечні і здорові умови праці, створення ефективної системи запобігання нещасним випадкам на виробництві і виникненню професійних захворювань;
- зменшення втрат економіки України в результаті виробничого травматизму і професійних захворювань, інвалідизації, в наслідок яких виробництво втрачає професійно підготовлені кадри, створення умов для забезпечення інноваційного розвитку економіки здоровими, продуктивними і професійними робітничими кадрами.
- створення належних гарантій соціального захисту потерпілих на виробництві та сімей загиблих на виробництві.

Впровадження загальнодержавної системи запобігання виробничому травматизму і професійним захворюванням

Своєчасне виявлення та усунення причин виникнення виробничих травм і професійних захворювань, а також вжиття відповідних профілактичних заходів дозволяє значно знизити рівень виробничого травматизму та захворюваності, економічні втрати підприємств, зберегти здоров'я, високу професійну працездатність працівників.

Для організації системної роботи у цій сфері необхідно забезпечити:

- розробку сучасної технології соціально-гігієнічного моніторингу умов праці і здоров'я працюючих, яка б передбачала зокрема проведення комплексної атестації робочих місць не тільки за умовами праці, але і на їх відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці, оцінку та прогнозування професійних ризиків, створення та підтримування в актуальному стані відповідної єдиної інформаційної бази;
- розробку і запровадження на загальнодержавному, галузевому, регіональному рівнях, а також на рівні підприємств, установ, організацій системи запобігання (профілактики) виробничому травматизму і

					Кваліфікаційна робота	Лист
						71
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

професійним захворюванням, з чіткими законодавчо визначеними завданнями і сферами відповідальності;

- забезпечення працівників засобами колективного та індивідуального захисту згідно з діючими нормами та колективними договорами;

- відновлення трудової (промислової) медицини, системи періодичних медичних оглядів, загальної диспансеризації працюючого населення, ранньої діагностики професійної патології та професійних захворювань на виробництві;

- фінансування роботодавцями заходів з охорони праці відповідно до вимог статті 19 Закону України «Про охорону праці»;

- проведення роботодавцями в установлені законодавством терміни атестації робочих місць на відповідність вимогам нормативно-правових актів з охорони праці та реалізацію заходів з поліпшення умов праці, усунення або істотного зменшення негативної дії шкідливих факторів виробництва на робочих місцях, приведення у відповідність з вимогами охорони праці режимів роботи, технічних засобів, в тому числі засобів індивідуального захисту, обладнання;

- підвищення економічної відповідальності власників підприємств за створення безпечних і здорових умов праці;

- впровадження економічних стимулів роботодавцю за створення належних умов праці;

- внесення змін до законодавства направлених на недопущення підміни офіційних трудових відносин цивільно-правовими угодами при виконанні робіт підвищеної небезпеки, а також застосування інших нетипових видів найманої праці з метою виведення працівника з під дії Закону України «Про охорону праці», Кодексу Законів про працю України та інших нормативно-правових актів з охорони праці;

- удосконалення нормативно-правової бази з охорони праці, гармонізація її з Європейським законодавством.

					Кваліфікаційна робота	Лист
						72
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Побудова сучасної системи реагування на випадки виробничого травматизму і професійного захворювання на основі:

- забезпечення об'єктивного і повного розслідування нещасних випадків на виробництві;
 - удосконалення порядку розслідування нещасних випадків на виробництві, гострих професійних отруєнь і професійних захворювань, запровадження системи правових і організаційно-технічних заходів, направлених на забезпечення чесного і об'єктивного їх розслідування;
 - запобігання масовим випадкам приховування нещасних випадків від розслідування і обліку;
 - розвитку системи невідкладної медичної допомоги постраждалим на виробництві, їх лікування, медична та професійна реабілітація, повернення до професійної діяльності;
 - підвищення адміністративної і кримінальної відповідальності за порушення законних прав потерпілих, порядку обліку і розслідування випадків травматизму;
 - забезпечення невідкладної медичної допомоги на виробництві;
- формування системи медичної та професійної реабілітації потерпілих на виробництві.

Безпека у надзвичайних ситуаціях.

Безпека у надзвичайних ситуаціях – це стан захищеності населення, робітників та службовців, об'єктів економіки та довкілля від небезпеки у надзвичайних ситуаціях.

Надзвичайна ситуація техногенного та природного характеру – порушення нормальних умов життя і діяльності людей на окремій території, чи об'єкті, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом або іншою небезпечною подією, в тому числі епідемією, епізоотією, пожежею, яке

призвело або може призвести до неможливості проживання населення на території чи об'єкті, ведення там господарської діяльності, загибелі людей або значних матеріальних втрат.

Цивільний захист населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій – це система організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів, які здійснюються центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підпорядкованими їм силами і засобами, підприємствами, установами та організаціями незалежно від форми власності, добровільними рятувальними формуваннями, що забезпечують виконання цих заходів з метою запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій, які загрожують життю та здоров'ю людей, завдають матеріальних збитків у мирний час і в особливий період.

Стійкість об'єкту господарювання при надзвичайній ситуації

Головну небезпеку для наземних об'єктів становлять ударна хвиля, світлове (теплове) випромінення, вторинні уражаючі фактори і радіоактивне зараження місцевості. Проте іноді доводиться враховувати і вплив проникаючої радіації та електромагнітного імпульсу.

Інженерно-технічні заходи щодо підвищення стійкості промислового об'єкта: над контрольно-вимірювальною апаратурою та апаратурою програмного керування установити металеві каркаси, створити запас найбільш нестійких вузлів і деталей; наземні кабельні лінії міцно закріпити; в комп'ютерному класі установити на відстані 1-1,5 м від стелі металеву сітку; при реконструкції або капітальному ремонті на промисловому об'єкті спланувати раціональне компонування технологічного устаткування, що по можливості виключає ушкодження його уламками конструкцій та ослаблює вплив ударної хвилі вибуху газоповітряної суміші.

Технологічні заходи щодо підвищення стійкості промислового об'єкта: на період відбудовних робіт передбачити роботу промислового об'єкта з випуску продукції з використанням портативного вимірювального та

					Кваліфікаційна робота	Лист
						74
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

комп'ютерного обладнання; завчасне проведення інженерно-технічних заходів дозволить підвищити стійкість роботи об'єкта при аварії на виробництві, пов'язаної з вибухом газоповітряної суміші, а своєчасне оповіщення виробничого персоналу про аварії дозволить швидко сховатися в укриття і забезпечити його надійний захист.

Висновки

Охорона праці – це багатогранне поняття, під ним слід розуміти не тільки забезпечення безпеки працівників під час виконання ними службових обов'язків, насправді воно охоплює різні заходи. Наприклад, профілактика професійних захворювань, організація повноцінного відпочинку й харчування працівників під час робочих перерв, забезпечення їх необхідним спецодягом і гігієнічними засобами й навіть виконання соціальних пільг і гарантій. Правильний підхід до організації охорони праці на підприємстві, грамотне використання різних нематеріальних способів стимулювання працівників дають останнім необхідне почуття надійності, стабільності й зацікавленості керівництва у своїх співробітниках. Таким чином, завдяки налагодженій охороні праці знижується також плинність кадрів, що в свою чергу благотворно впливає на стабільність усього підприємства.

Вивчення й вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням здорових і безпечних умов, у яких відбувається праця людини – одне з найбільш важливих завдань у розробці нових технологій і систем виробництва. Дослідження й виявлення можливих причин виробничих нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж, і розробка заходів і вимог, спрямованих на усунення цих причин дозволяють створити безпечні й сприятливі умови для праці людини. Комфортні й безпечні умови праці – один з основних факторів, який впливає на продуктивність і безпеку праці, здоров'я працівників.

					Кваліфікаційна робота	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		75

ВИСНОВКИ

Згідно завдання в дипломній роботі розроблена схема розподільчих пристроїв підстанції 110/35/10, та розраховані головні параметри, які дають змогу обрати потрібне обладнання.

Аналіз електричних навантажень та живильної напруги споживання показує, що для забезпечення електричного постачання заданих об'єктів, на підставі вимог до надійності, економічності і маневреності, з урахуванням перспективи розвитку бажано використати для розподільчих пристроїв підстанції два трансформатори ТДТН - 16000/110.

Для приєднань високої і середньої напруги було обрано провід марки АС95/16. Обрано шини від трансформатора до ЗРП 60×6 мм. Обрано кабельні лінії до РП ААБ- 10(3×240).

За проведеними розрахунками струмів короткого замикання та розподіленням струмів навантаження на кожній ділянці схеми, було обрано такі комутаційні апарати:

- на стороні ВН: вимикач типу ВГБ-110-25/1250У1,
роз'єднувач типу РДЗ -110/1000УХЛ1,
обмежувач перенапружень типу ОПН-110/146 - 10(II),
трансформатор струму типу ТВ- 110 - IV 300/5,
трансформатор напруги НКФ -110-83У1;
- на стороні СН: вимикач типу ВГБЕ-35-12,5/630УХЛ1,
роз'єднувач типу РДЗ-35/1000УХЛ1,
обмежувач перенапружень типу ОПН-35/42-10(I)УХЛ1
трансформатор струму типу ТВ- 35 - II 300/5,
трансформатор напруги НАМИ -35-УХЛ1;
- на стороні НН: вимикач типу ВВЕ-М-10-20/1000,
секційний вимикач типу ВВЕ-М-10-20/1000,
обмежувач перенапружень типу ОПН - 10(II) УХЛ1,
лінійний вимикач типу ВВЕ-М-10-20/630,
трансформатор струму типу ТЛМ- 10 - I 1000/5,
трансформатор напруги НАМИ -10-УХЛ2;

					Кваліфікаційна робота	Лист
						76
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

- трансформатор власних потреб - ТМ- 250.

Розрахунок захисного заземлення та грозозахисту підстанції дає змогу забезпечити відповідний захист як персоналу так і обладнання. Розроблено штучний заземлювач який має бути виконаний з горизонтальних пересічних смугових електродів перерізом 4x40 мм загальною довжиною не менше 1800 м, і вертикальних стержневих в кількості не менше 40 шт. діаметром 12 мм, завдовжки по 5 м. За цих умов опір $R_{ш}$ штучного заземлювача не перевищуватиме 0,25 Ом, а опір заземлювача підстанції в цілому R_z , буде не більше 0,5 Ом.

					Кваліфікаційна робота	Лист
						77
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Неклепаев Б.І., Крючков І.П. Електрична частина електростанцій і підстанцій: Довідкові матеріали для курсового та дипломного проектування: навчальний посібник для вузів - М: Енергоатомиздат, 1989 р.

2. Петрук М.Д., Федяєв О.Л., Ступак Д.Є. Електричні системи та мережі: Навчальний посібник. Житомир: ЖВІ НАУ. 2008. – 316 с.

3. Проектування електричної частини електричних станцій: навчальний посібник / П. Д. Лежнюк, В. М. Лагутін, В. В. Тептя. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 194 с.

4. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х.: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.

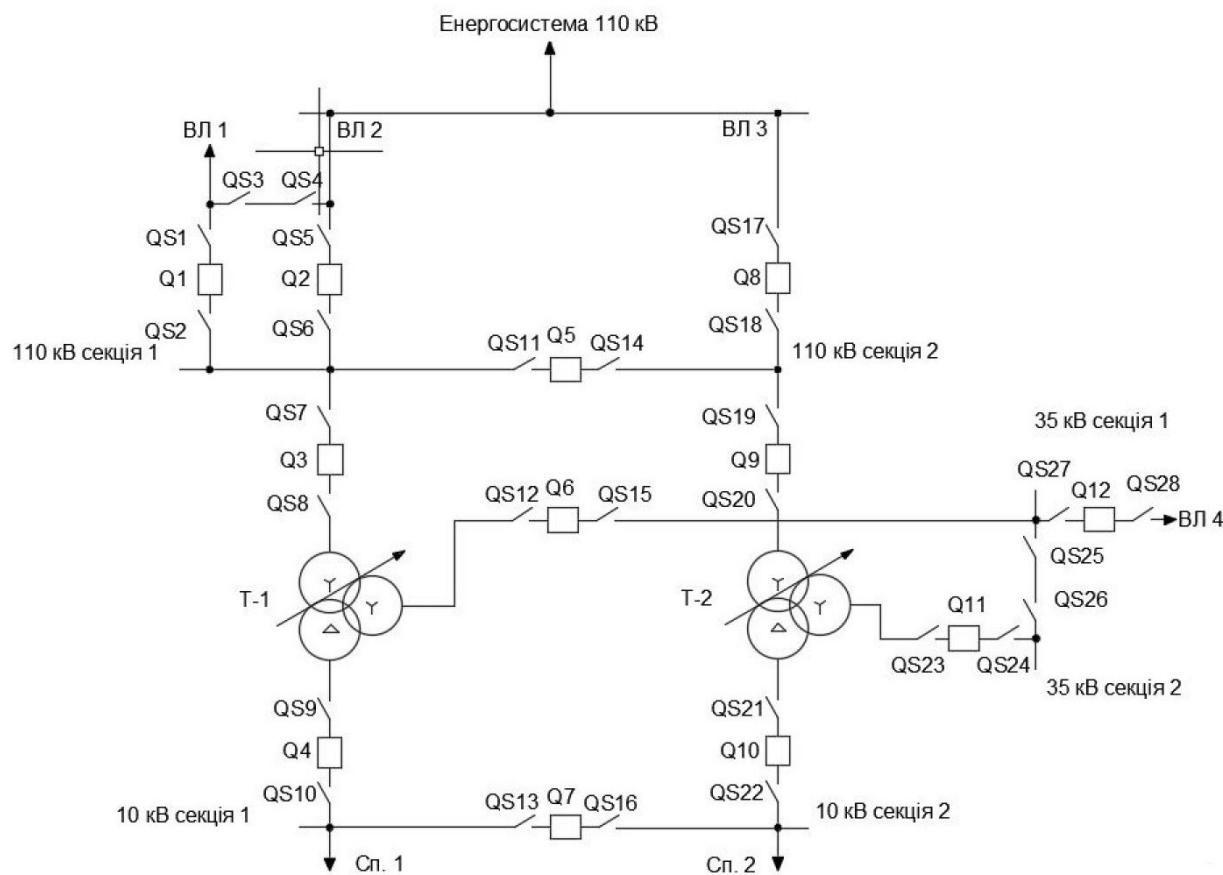
5. Рожкова Л.Д., Козулін В.С. Електрообладнання станцій та підстанцій: Підручник для технікумів. - 3-е вид., Перероб. і доп. - М.: Енергоатомиздат, 1987. -648 С.

6. Електрична частина станцій та підстанцій: Навчальний посібник / М.Д. Петрук, О.І. Рибачук, О.А. Новіков, Д.Є. Ступак. – Житомир: ЖВІ НАУ, 2011, – 304 с.

7. Посібник з вивчення Правил технічної експлуатації електричних станцій і мереж. Охорона праці./ Сидоренко О.І. – К.: ДП НТУКЦ «АсЕлЕнерго», 2005. – 312 с.

8. Методичні вказівки щодо виконання практичних та контрольної робіт з навчальної дисципліни «Електробезпека» для студентів усіх форм навчання зі спеціальності 263 – «Цивільна безпека» / Укл.: Д. В. Резнік, С. В. Сукач, Ю. І. Чеберячко. – Кременчук: Видавничий відділ КНУ ім. М. Остроградського. – 2019. – 50 с.

					Кваліфікаційна робота	Лист
						78
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		



					Кваліфікаційна робота			
					Розрахунок підстанції 110/ 35/10 кВ промислового району міста	Літера	Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розробив								
Перевірив								
Т.Контроль						Аркуш		Аркушів
Рецензія						ЖВІ 322з .		
Н.Контроль								
Затвердив								