

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання

Кафедра електроенергетики

Завідувач кафедри
електроенергетики

_____ І.Л. Лебединський

"__" _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

На тему: Розрахунок параметрів, режимів та обладнання
електричних мереж

Спеціальність: 141– Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

Виконав студент гр. ЕТз-71с _____ А.Ю. Серeda

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри
 електроенергетики
 _____ Лебединський І.Л.
 “ ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
 до виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра

Серета Андрій Юрійович

1. Тема роботи :« Розрахунок параметрів, режимів та обладнання електричних мереж»

затверджена наказом по університету № _____ від “ ___ ” _____ 20__ р.

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 10.06.2021 р. _____

3. Вихідні дані до роботи: : Конфігурація мережі, довжини ліній, потужність навантажень та категорії споживачів

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

Вступ.

1. Розробка конфігурації мереж та їх розрахунок.
2. Вибір та перевірка силового трансформатора
3. Розрахунок диференціального захисту трансформатора дзт-11
4. Охорона праці.

Висновки.

Список використаної літератури.

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

1. Схема електричної мережі.
2. Схема релейного захисту.
3. Електрична схема підстанції.

					БР 6.050701.235 ПЗ			
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Серета А.Ю.</i>			Розрахунок параметрів, режимів та обладнання електричних мереж	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Василега П.О.</i>				2	68	
<i>Реценз.</i>						<i>Сум ДУ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський І. Л.</i>						

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунок електричної мережі	До 15.03.2021	
2	Розрахунок електричної частини підстанції	До 01.04.2021	
3	Релейний захист	До 15.05.2021	
4	Охорона праці	До 01.06.2021	
5	Оформлення графічного матеріалу	До 05.06.2021	
6	Оформлення пояснювальної записки	До 10.06.2021	
7	Здача роботи на перевірку	До 10.06.2021	

Студент _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

РЕФЕРАТ

с. 70, рис. 18, табл. 42, джерел 19, додатків 3

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

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

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

Ключові слова: електрична мережа, підстанція, силовий трансформатор, схема електричних з'єднань, перехідні процеси, релейний захист, допуск до роботи;

электрическая сеть, подстанция, силовой трансформатор, схема электрических соединений, переходные процессы, релейная защита, допуск к работе;

electrical network, substation, power transformer, electrical circuit of electrical connections, transients, relay protection, admission to work.

Короткий огляд: Виконано аналіз режимів роботи високовольтних мереж. Проведено розрахунок перетоків потужностей на лініях і трансформаторах. Розраховано розподіл напруг на електричній мережі. Проведено розрахунок номінальних струмів, струмів при короткому замиканні найбільш завантаженої лінії. Окремо проведено розрахунок втрат напруги. Проведено розрахунки по вибору електричного високовольтного обладнання для підстанції даної мережі.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
						4
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- ПЛ – повітряна лінія;
ВН – висока напруга;
ДЖ – джерело живлення;
КЛ – кабельна лінія;
ЛЕП – лінія електропередач;
НН – низька напруга;
ПУЕ – правила улаштування електроустановок;
ПС – підстанція;
РПН – регулювання напруги під навантаження;
СН – середня напруга;
ТП – трансформаторна підстанція.
СП – само утриманий ізолюваний провід
К.З. – коротке замикання
ГОСТ – державний стандарт
РП – розподільний пристрій

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 РОЗРОБКА КОНФІГУРАЦІЇ МЕРЕЖ ТА ЇХ РОЗРАХУНОК	9
1.1 Завдання бакалаврської роботи і послідовність її виконання	9
1.2 Вихідні дані для виконання роботи.....	10
1.3 Вибір параметрів електричної мережі	10
1.3.1 Вибір номінальної напруги.....	10
1.3.2 Вибір проводів.....	11
1.3.3 Вибір трансформаторів.....	12
1.3.4 Розрахунок параметрів заступної електричної мережі.....	14
1.3.5 Розрахункові та каталожні дані вихідної електричної мережі.....	16
1.4 Визначення поточкорозподілу у схемі електричної мережі.....	17
1.4.1 Розрахунок поточкорозподілу у замкнених мережах.....	18
1.5 Визначення робочих рівнів напруги у вузлах мережі.....	21
2 ВИБІР ТА ПЕРЕВІРКА СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА.....	25
2.1 Вибір потужності силового трансформатора.....	25
2.2 Розрахунок струмів трифазних коротких замикань	28
2.3 Вибір вимикачів і роз'єднувачів.....	31
3 РОЗРАХУНОК ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТРАНСФОРМАТОРА ДЗТ-11	35
3.1 Розрахунок струмів кз.....	36
3.1.1 На шинах вн 220 кв	36
3.1.2 На шинах нн 10,5 кв.....	37
3.2 Розрахунок подовжнього диференціального струмового захисту.....	38
3.3 Визначення струму спрацювання реле	39

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

3.4	Розрахунок уточненого струму спрацювання реле	40
4	ОХОРОНА ПРАЦІ	42
4.1	Організація монтажних робіт.....	42
4.2	Послідовність виконання усіх видів монтажних операцій.....	44
4.3	Вимоги техніки безпеки під час виконання монтажних робіт	46
4.4	Загальні вимоги. працівники, які відповідають за безпечне проведення робіт, їх права та обов'язки.....	46
4.5	Видачі наряду, розпорядження.....	50
4.6	Склад бригади.....	52
4.7	Видача дозволу на підготовку робочого місця і на допуск	53
4.8	Підготовка робочого місця і допуск.....	53
4.9	Нагляд під час проведення робіт	55
4.10	Переведення на інше робоче місце	56
4.11	Оформлення перерв у роботі та її закінчення.....	577
4.12	Включення електроустановки після повного закінчення робіт	59
4.13	Гарантії прав працівників на охорону праці	60
4.14	Фінансування охорони праці	60
	ВИСНОВКИ.....	62
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	63
	ДОДАТОК А.....	66
	ДОДАТОК Б	67
	ДОДАТОК В.....	68

ВСТУП

У даній бакалаврській роботі передбачений аналіз режимів роботи електричної мережі, яка безпосередньо забезпечує електроенергією споживачів, розрахунок електричних частини підстанцій та розрахунок релейного захисту для підстанцій.

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

Значення напруги у вузлових точках електричної системи повинні мати допустимі відхилення в усіх трьох режимах роботи, що відповідає правилам, та нормативним документам проектування. Ці відхилення визначаються конфігурацією мережі, навантаженням та іншими чинниками, від яких залежить падіння напруги.

Крім того, окремо пункт присвячено перевірці трансформатора на певній підстанції в режимі максимального навантаження. Для даної підстанції необхідно обрати вимикачі на високій стороні, низькій стороні, секційний вимикач на низькій стороні.

Окремим пунктом було розраховано струмовий захист трансформатора.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
						8
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 РОЗРОБКА КОНФІГУРАЦІЇ МЕРЕЖ ТА ЇХ РОЗРАХУНОК

Головна мета даного розділу це спроектувати мережу електропостачання за даними потужностями та коефіцієнтами потужності споживачів. Необхідно спроектувати дві різні електричні мережі, знайти перетоки потужності та визначити напругу на кожному з вузлів. Всі значення потужностей та напруг занести в таблиці. Спроектвані електричні мережі будуть прикріплені у додатках.

1.1 Завдання бакалаврської роботи і послідовність її виконання

У процесі виконання роботи необхідно вирішити такі завдання:

- скласти розрахункову схему заміщення мережі та виконати розрахунок параметрів схеми заміщення лінії і трансформаторів;
- визначити розрахункові навантаження вузлів мережі (з урахуванням втрат у вітці намагнічування трансформаторів та реактивної потужності, що генерується лініями);
- виконати розрахунок нормального режиму замкненої мережі (всі лінії включені в роботу). Визначити напруги у вузлах мережі, втрати напруги і втрати потужності в мережі. Виконати аналіз отриманих результатів.

					БР 6.050701.235 ПЗ			
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розрахунок параметрів, режимів та обладнання електричних мереж	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Середа А.Ю.</i>					9	68
<i>Перевір.</i>		<i>Василега П.О.</i>				Сум ДУ		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський І. Л.</i>						

1.2 Вихідні дані для виконання роботи

Для успішного виконання роботи достатньо таких вихідних даних та матеріалів:

- 1) однолінійна електрична схема з'єднань заданої електричної мережі, показана на рис. 1.1;
- 2) довжини ліній і потужності навантажень наведені в табл. 1.1;
- 3) марки проводів і трансформаторів.

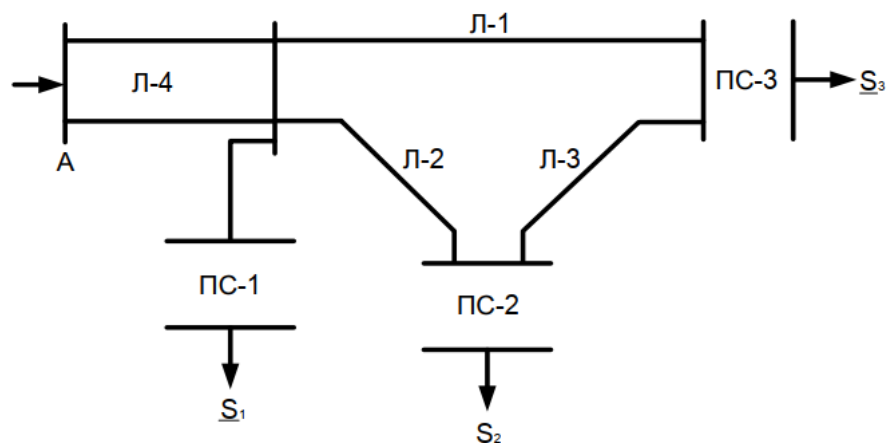


Рисунок 1.1 – Вихідна схема для розрахунку

Таблиця 1.1 – Вихідні дані до схеми на рисунку 1.1

Довжина ПЛ, км				Потужності навантажень, МВА			
Л-1	Л-2	Л-3	Л-4	S-1	S-2	S-3	
70	60	30	20	40+j50	40+j30	40+j20	–

1.3 Вибір параметрів електричної мережі

1.3.1 Вибір номінальної напруги

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Для розрахунку струмів та напруг на всіх ділянках мережі необхідно визначити орієнтовні потоки потужності.

$$\underline{S}_{2'3'} = \frac{\underline{S}_{P3} \cdot (L_{Л1} + L_{Л3}) + \underline{S}_{P2} \cdot L_{Л2}}{L_{Л1} + L_{Л3} + L_{Л2}} = 40 + j23.73 \text{ МВА}$$

$$\underline{S}_{3'1'} = \underline{S}_{2'3'} - \underline{S}_{P3} = j3.75 \text{ МВАр} \quad (1.1)$$

$$\underline{S}_{1'2'} = \underline{S}_{P1} - \underline{S}_{3'1'} = 40 + j46.25 \text{ МВА}$$

Виходячи із довжин ліній і потужностей яка йде по них визначаємо напругу по емпіричній формулі Ілларіонова:

$$U = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}} \quad (1.2)$$

де U – напруга відповідної лінії, кВ;

L – довжина відповідної лінії, км;

P – активна потужність відповідної лінії, МВт.

Для нашої вихідної достатньо визначити для ділянки Л4, оскільки після неї йде замкнена мережа. Тому маємо такі результати розрахунку котрі показані в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Результати розрахунку

Відрізок лінії	A-2	2-1	2-3	3-1
n, шт	2	1	1	1
U, кВ	147,71	119,829	118,818	19,934
U _{ном} , кВ	110	110	110	110

1.3.2 Вибір проводів

Також визначаємо струм в лініях за формулою (1.3):

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (1.3)$$

де I – струм у відповідній лінії, А;
 S – повна потужність лінії, МВА;
 U_H – обрана номінальна напруга.

Згідно методу економічної густини струму, економічний переріз розраховуємо за формулою (1.4):

$$F_e = \frac{I_M}{j_e} \quad (1.4)$$

де F_e – економічний переріз проводу, мм²;
 I_M – струм в лінії в режимі максимальних навантажень, що відповідає нормальному режиму роботи мережі, А;
 j_e – економічна густина струму, А/мм²

Таблиця 1.3 – Вибір перерізів проводів схеми мережі «А»

Лінія	$U_{ном.}$, кВ	N	I_p , А	Провід	$I_{доп.}$, А
А-2	110	2	410	АС-240/32	605
2-1	110	1	321	АС-240/32	605
2-3	110	1	244	АС-240/32	605
3-1	110	1	20	АС-240/32	605

1.3.3 Вибір трансформаторів

Вибір кількості трансформаторів (автотрансформаторів) залежить від вимог до надійності електропостачання споживачів і є, таким чином, техніко-економічною задачею.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

У відповідності з практикою проектування, потужність трансформаторного обладнання на понижуючих підстанціях може вибиратися за умови допустимого перенавантаження у після аварійних режимах до 40% (на період максимуму загальної добової тривалості не більше 5 годин на протязі не більше 6 діб).

$$S_{m.розр} \geq \frac{P_{maxi}}{1.4(n_T - 1) \cos \varphi} = \frac{S_{maxi}}{1.4(n_T - 1)}$$

$$S_{m.розр} \geq \frac{S_{CHmaxi} + S_{HHmaxi}}{1.4(n_T - 1)}$$

де n_T – число однотипних трансформаторів, установлених на підстанції;
 S_{CHmaxi} , S_{HHmaxi} – максимальні повні потужності навантаження відповідно на стороні середньої (СН) і нижчої (НН) напруги.

Визначаємо коефіцієнт завантаження для кожної підстанції враховуємо категорії, котрі наведені в табл.1.1 та розраховано в табл.1.4.

$$K_3 = \frac{S_{m.розр}}{n_T \cdot S_{m.ном}} \quad (1.5)$$

Також для одно трансформаторних ТП його значення не повинно перевищувати 0.9, а для двох трансформаторних ТП – 0.5÷0.7.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Таблиця 1.4 – Результати розрахунку для вибору трансформаторів

№ ПС	Категорія споживачів	$S_{т.розр},$ МВА	$S_{т.ном},$ МВА	K_3	Кількість трансформаторів
1	I	45,737	ТРДЦН- 63000/110	0,7 26	2
2	II	35,714	ТРДЦН- 63000/110	0,5 67	2
3	III	44,721	ТРДЦН- 63000/110	0,7 1	1

1.3.4 Розрахунок параметрів заступної електричної мережі

Заступну схему електричної мережі складають, об'єднуючи заступні схеми окремих елементів мережі у відповідності з послідовністю цих елементів у розрахунковій мережі. Заступні схеми окремих елементів мережі і розрахунок параметрів цих схем наведені нижче:

ЛЕП напругою 110-330 кВ:

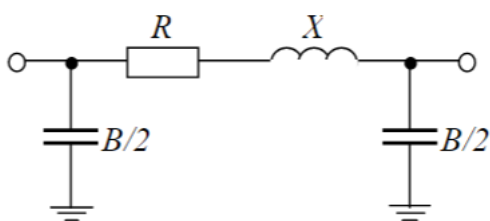


Рисунок 1.2 – Заступні схеми ЛЕП 35-330 кВ

$$R = \frac{r_0 \cdot l}{n_y}; \quad X = \frac{x_0 \cdot l}{n_y}; \quad \frac{B}{2} = \frac{b_0 \cdot l \cdot n_y}{2} \quad (1.6)$$

де r_0 , x_0 , b_0 відповідно, питомі параметри (на 1 км довжини) активного і реактивного опорів, а також ємнісна провідність лінії;

l довжина лінії;

n кількість ланцюгів.

Зарядна потужність лінії рис. 1.3:

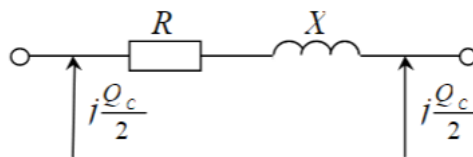


Рисунок 1.3 – Заступні схеми ЛЕП з зарядною потужністю

$$Q_c = U_n^2 \cdot B.$$

Двообмоткові трансформатори зображуються заступними схемами рис. 1.4, рис. 1.5.

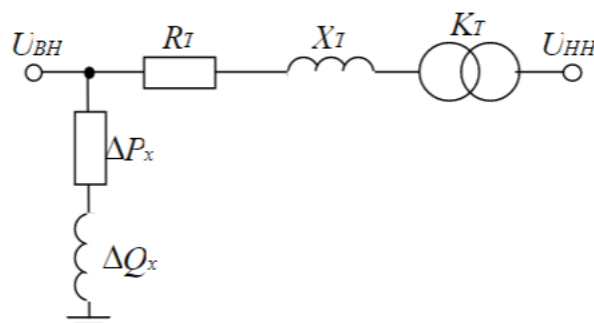


Рисунок 1.4 – Заступна схема двообмоткового трансформатора

Параметри R_T , X_T , K_T , ΔP_x , ΔQ_x можуть бути визначені за довідником або визначені за формулами:

$$R_T = \frac{\Delta P_x \cdot U_H^2}{n \cdot S_{НОМ}^2}; \quad X_T = \frac{U_k \% \cdot U_H^2}{100 \cdot n \cdot S_{НОМ}}; \quad \Delta Q_x = n \cdot \frac{I_x \%}{100} \cdot S_{НОМ},$$

де U_H номінальна напруга тієї сторони, до рівня якої зводяться параметри схеми заміщення;

$S_{ном}$ номінальна потужність трансформатора;

n кількість паралельно працюючих трансформаторів.

Триобмоткові трансформатори і автотрансформатори зображуються заступною схемою

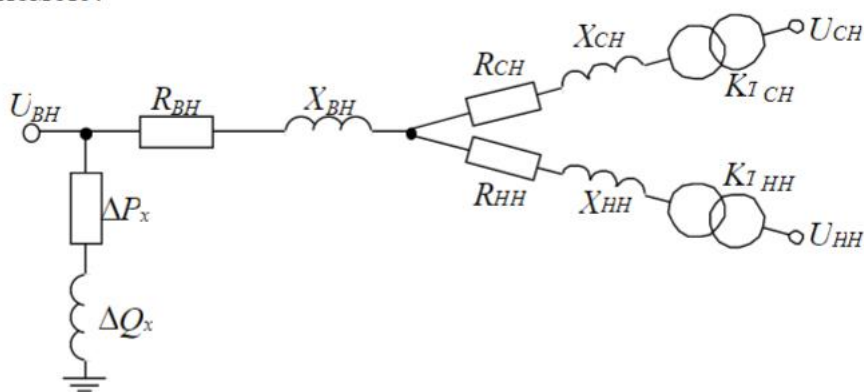


Рисунок 1.5 – Заступна схема триобмоткового трансформатора

Основні каталожні і розрахункові дані трансформаторів і автотрансформаторів наведені в довідниках.

1.3.5 Розрахункові та каталожні дані вихідної електричної мережі

Таблиця 1.5 – Параметри схеми заміщення лінії

Лінія	Провод	L, км	N	R _Л , Ом	X _Л , Ом	B _Л · 10 ⁻⁶ , Ом	Q _В , МВАр
A-2	АС-240/32	20	2	1,2	4,05	-	-
2-1	АС-240/32	70	1	8,4	28,35	-	-
2-3	АС-240/32	60	1	7,2	24,3	-	-
3-1	АС-240/32	30	1	3,6	12,15	-	-

Таблиця 1.6 – Технічні дані трансформаторів

№ ПС	S_H , МВА	ΔP_K , кВт	U_K , %	ΔP_X , кВт	I_X , %
1	63	260	10,5	59	0,6
2	63	260	10,5	59	0,6
3	63	260	10,5	59	0,6

Таблиця 1.7 – Параметри трансформаторів

№ ПС	S_H , МВА	N	R_T , Ом	X_T , Ом	ΔP_{XX} , МВА	ΔQ_{XX} , МВА
1	63	2	0,435	11	0,118	0,82
2	63	2	0,435	11	0,118	0,82
3	63	1	0,8	22	0,059	0,378

1.4 Визначення поточкорозподілу у схемі електричної мережі

Поточкорозподіл визначають за розрахунковими навантаженнями, починаючи з більш віддалених пунктів мережі, приймаючи напругу мережі номінальною (нульова ітерація).

Втрати потужності в мережі враховують при $U_H \geq 110$ кВ

Визначивши потужність в кінці лінії S_L'' , визначають значення потужності на початку лінії S_L' :

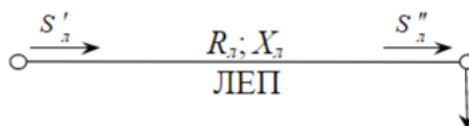


Рисунок 1.6 – Схема електричної мережі

У вузлових пунктах проводять складання значень потужності власного навантаження і навантаження відгалужень. Розрахунок продовжують до визначення повної потужності, яка надходить у мережу з пункту постачання.

$$\begin{aligned} \dot{S}'_n &= \dot{S}''_n + \Delta \dot{S}'_n = (P''_n + jQ''_n) + (\Delta P_n + j\Delta Q_n) = \\ &= \left[P''_n + \frac{(P''_n)^2 + (Q''_n)^2}{U_n^2} \cdot R_n \right] + j \left[Q''_n + \frac{(P''_n)^2 + (Q''_n)^2}{U_n^2} \cdot X_n \right]. \end{aligned} \quad (1.7)$$

1.4.1 Розрахунок поточкорозподілу у замкнених мережах

Замкненими мережами називаються мережі, в яких електроенергія до споживачів подається не менше як з двох сторін. Точки, в яких сходяться не менше трьох ліній, називаються вузловими точками мережі. Замкнені мережі з вузловими точками називаються складно замкненими. Найпростішим видом замкненої мережі є кільцева, яка містить в собі лише один замкнений контур. При цьому мережа може мати відгалуження, які замінюються еквівалентним розрахунковим навантаженням.

У розрахунках схема заміщення замкненої мережі складається із послідовних активних і реактивних опорів схем заміщення окремих елементів мережі. Якщо в схему замкненої мережі входять мережі декількох напруг, то всі опори поздовжніх віток схеми заміщення приводять до однієї напруги.

$$Z(\dot{U}_1) = Z(U_2) \cdot \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2. \quad (1.8)$$

Кільцева мережа (рис. 1.7) може розглядатися як лінія з двостороннім постачанням, у якій напруги на кінцях рівні за модулем і фазою. Напрямки потоків потужностей на окремих ділянках (рис. 1.8) лінії приймаються довільно, дійсне їх направлення визначається у результаті розрахунків:

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

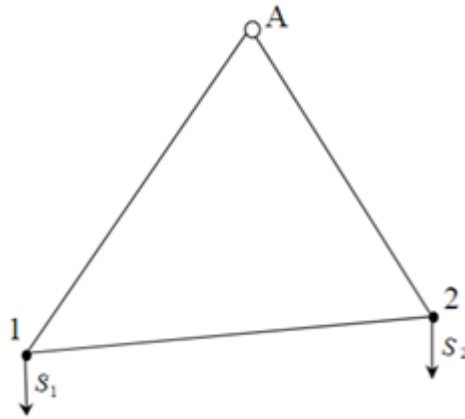


Рисунок 1.7 – Кільцева мережа

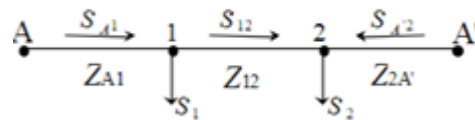


Рисунок 1.8 – Схема заміщення кільцевої схеми

На першому етапі розрахунку напруги у вузлах приймають рівними номінальному значенню $U_{ном}$ мережі, втрати потужності в мережі не враховують $\Delta S_{л}=0$. При цих припущеннях визначають потужність на головних ділянках лінії:

$$\begin{aligned} \dot{S}_{A1} &= \frac{\sum \dot{S}_i Z_{iA'}^*}{Z_{\Sigma}^*} = \frac{\dot{S}_1 \cdot (Z_{12}^* + Z_{2A'}^*) + \dot{S}_2 \cdot Z_{2A'}^*}{Z_{A1}^* + Z_{12}^* + Z_{2A'}^*}, \\ \dot{S}_{A'2} &= \frac{\sum \dot{S}_i Z_{iA}^*}{Z_{\Sigma}^*} = \frac{\dot{S}_1 \cdot Z_{A1}^* + \dot{S}_2 \cdot (Z_{A1}^* + Z_{12}^*)}{Z_{A1}^* + Z_{12}^* + Z_{2A'}^*}. \end{aligned} \quad (1.9)$$

Потужність на інших ділянках мережі визначають, виходячи із балансу потужності у вузлах $S_{12}=S_{A1}-S_1$.

У результаті такого попереднього розрахунку визначають точку поточкорозподілу (струм розподілу), точку, в яку потужність поступає з двох кінців.

На другому етапі розрахунку кільцевої мережі її розмикають у точці поточкорозподілу. Навантаження відповідного вузла теж розподіляється на дві частини, кожна з яких визначається потужністю, що поступає по приєднаній до неї лінії (рис. 1.9):

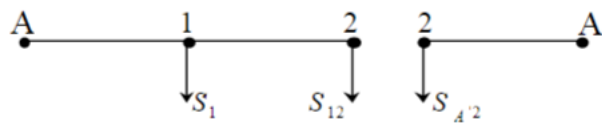
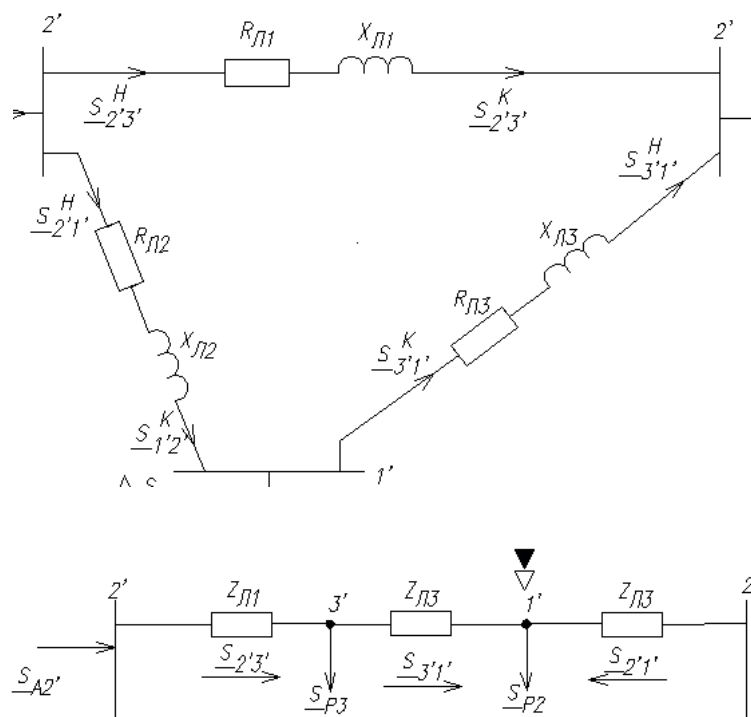


Рисунок 1.9 – Схема електричної мережі для розрахунку втрат потужності

Подальший розрахунок ведуть так, як і для розімкненої мережі, враховуючи втрати потужності на ділянках ЛЕП $U_n \geq 110$ кВ.

Зобразимо кільце $1'-3'-2'-1'$ (рис. 1.10) згідно нашого варіанту для визначення потужностей у ній.



Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Рисунок 1.10 – Вихідна кільцева схема

$$\begin{aligned} \underline{S}_{2'3'} &= \frac{\underline{S}_{P3} \cdot (\underline{Z}_{Л1}^* + \underline{Z}_{Л3}^*) + \underline{S}_{P1} \cdot \underline{Z}_{Л2}^*}{\underline{Z}_{Л1}^* + \underline{Z}_{Л3}^* + \underline{Z}_{Л2}^*} = 40,084 + j24,376 \text{ MVA} \\ \underline{S}_{3'1'} &= \underline{S}_{2'3'} - \underline{S}_{P3} = 0,022 + j3,891 \text{ MVA} \\ \underline{S}_{1'2'} &= \underline{S}_{P1} - \underline{S}_{3'1'} = 40,098 + j26,97 \text{ MVA} \end{aligned} \quad (1.10)$$

Перевірка:

$$\begin{aligned} \underline{S}_{P1} + \underline{S}_{P3} &= 80,182 + j51,346 \text{ MVA} \\ \underline{S}_{2'3'} + \underline{S}_{1'2'} &= 80,182 + j51,346 \text{ MVA} \end{aligned} \quad (1.11)$$

Як бачимо із розрахунків вузол 1' є точкою поточкорозподілу, для нього визначаємо поточкорозподіл із урахуванням втрат, але як зазначалося вище втрати потужності в мережі враховують при $U_n \geq 110$ кВ, в нашому випадку номінальна напруга кільцевої мережі 110 кВ, тому потужність на кінці лінії є початковою потужністю (зарядною потужністю так само нехтуємо)(рис. 1.10).

$$\begin{aligned} \underline{S}_{2'3'}^H &= \underline{S}_{2'3'}^K = \underline{S}_{2'3'} \\ \underline{S}_{1'2'}^H &= \underline{S}_{1'2'}^K = \underline{S}_{1'2'} \end{aligned} \quad (1.12)$$

1.5 Визначення робочих рівнів напруги у вузлах мережі

Розрахунок робочих рівнів напруги у вузлових точках мережі виконується від точки живлення до найбільш віддалених точок мережі.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Якщо відома напруга на одному з кінців лінії U_1 , то напругу другого кінця U_2 можна визначити за формулами:

$$\begin{aligned} \dot{U}_2 &= \dot{U}_1 - \Delta \dot{U}_{12} = \dot{U}_1 - \Delta U_{12} - j\delta U_{12} = \\ &= \dot{U}_1 - \frac{P'_{12}R_{12} + Q'_{12}X_{12}}{U_1} - j \frac{P'_{12}R_{12} - Q'_{12}X_{12}}{U_1}, \end{aligned} \quad (1.13)$$

де ΔU_{12} , δU_{12} відповідно поздовжня і поперечна складові спаду напруги (поперечна складова враховується для мереж 220 кВ і вище).

Так як нам невідома напруга джерела живлення А, однак понижувальний автотрансформатор на 330 кВ, то приймаємо напругу 330 кВ, але краще обирати із запасом на 10% більшу для дослідження нормального та аварійного режиму роботи мережі. В нашому випадку приймемо, що мережа працює у мінімальному режимі.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$U_A = 121 \text{ кВ}$$

$$U_2 = U_A - \frac{P_{A4}^K R_{A4} + Q_{A4}^K X_{A4}}{U_A} = 116,461 \text{ кВ}$$

$$U_2^B = U_2 - \frac{P_{T1}^K \frac{R_{T1}}{2} + Q_{T1}^K \frac{X_{T1}}{2}}{U_2} = 111,542 \text{ кВ}$$

$$U_{2H} = \frac{U_2^B}{K_T} = \frac{111,542}{\frac{115}{10,5}} = 10,184 \text{ кВ}$$

$$U_{3'} = U_2 - \frac{P_{23'}^K R_{J1} + Q_{23'}^K X_{J1}}{U_2} = 108,849 \text{ кВ}$$

$$U_3^B = U_3 - \frac{P_{T3}^K R_{T3} + Q_{T3}^K X_{T3}}{U_2} = 104,487 \text{ кВ}$$

$$U_{3H} = \frac{U_3^B}{K_T} = \frac{104,487}{\frac{115}{10,5}} = 9,54 \text{ кВ}$$

$$U_1 = U_2 - \frac{P_{12'}^K R_{J2} + Q_{12'}^K X_{J2}}{U_2} = 106,955 \text{ кВ}$$

$$U_1^B = U_1 - \frac{P_{T2}^K \frac{R_{T2}}{2} + Q_{T1}^K \frac{X_{T2}}{2}}{U_1} = 103,707 \text{ кВ}$$

$$U_1 = \frac{U_1^B}{K_T} = \frac{103,707}{\frac{115}{6,3}} = 5,681 \text{ кВ}$$

Визнаємо на скільки напруга відрізняється від номінального значення, за формулою (1.14):

$$U_i \% = \frac{U_i}{U_{НОМ}} \quad (1.14)$$

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Таблиця 1.8 – Відхилення напруги в вузлах мережі від номінального значення.

№ вузла	Діюче значення, кВ	Відхилення напруги від номінального
А	121	1
2	10,184	0,97
2'	116,416	1,058
3'	108,849	0,95
3	9,54	0,909
1'	106,955	0,972
1	5,581	0,886

Якщо $U_i\% < 0.95$, то споживач працює з недостатнім напругою. Якщо $0.95 \leq U_i\% \leq 1.05$, то споживач працює в нормально допустимому діапазоні напруги. Якщо $1.05 \leq U_i\% \leq 1.10$, то споживач працює в гранично допустимому діапазоні напруги. Якщо $U_i\% > 1.10$, то споживач працює в режимі перенапруги.

Аналізуючи, отримані значення бачимо, що споживач 1, 2 і 3 працюють із недостатньою напругою, в майбутньому для вирішення цієї проблеми за допомогою РПН у трансформаторах є можливість регулювати напругу ступенево. Зрозуміло, що при аварійному чи нормальному режимі значення ступені РПН буде меншою, та і не всюди буде необхідно це робити, оскільки можливо усі споживачі будуть працювати у гранично допустимому діапазоні напруги, а при аварійному режимі – перенапруга.

2 ВИБІР ТА ПЕРЕВІРКА СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

2.1 Вибір потужності силового трансформатора

Вибрати потужність силових трансформаторів для підстанції з максимальною потужністю активного навантаження $P_{\text{макс}}=29$ МВт і $\cos\phi=0.89$.

Від підстанції живляться споживачі всіх категорій. Еквівалентна температура навколишнього середовища становить $+20^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані підстанції

№ з/п	$P_{\text{ном. нав}}$, МВт	$\cos\phi_{\text{нав}}$	X_{L1} , Ом	X_{L2} , Ом	$S_{\text{кз. с}}$, МВА	t , $^{\circ}\text{C}$
2	16	0,94	24	10	2600	+20

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для графіку навантаження

Номер варіанта	Навантаження у % від номінальної потужності											
	Кількість годин, t	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
2	50	40	70	90	90	80	80	100	100	120	130	105

Повна потужність навантаження підстанції становить:

$$S_{\text{макс}} = \frac{P_{\text{ном. нав}}}{\cos\phi_{\text{нав}}} = \frac{16}{0.94} = 17 \text{ МВА}$$

З урахуванням припустимого аварійного перевантаження на 40% понад номінальне значення потужність трансформатора складає:

					БР 6.050701.235 ПЗ			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Серета А.Ю.			Розрахунок параметрів, режимів та обладнання електричних мереж	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Василега П.О.					25	68
Реценз.						Сум ДУ		
Н. Контр.								
Затверд.		Лебединський І. Л.						

$$S_{\text{ном. тр}} = \frac{S_{\text{max}}}{k_{\text{ан}}} = \frac{17}{1.4} = 12.158 \text{ МВА}$$

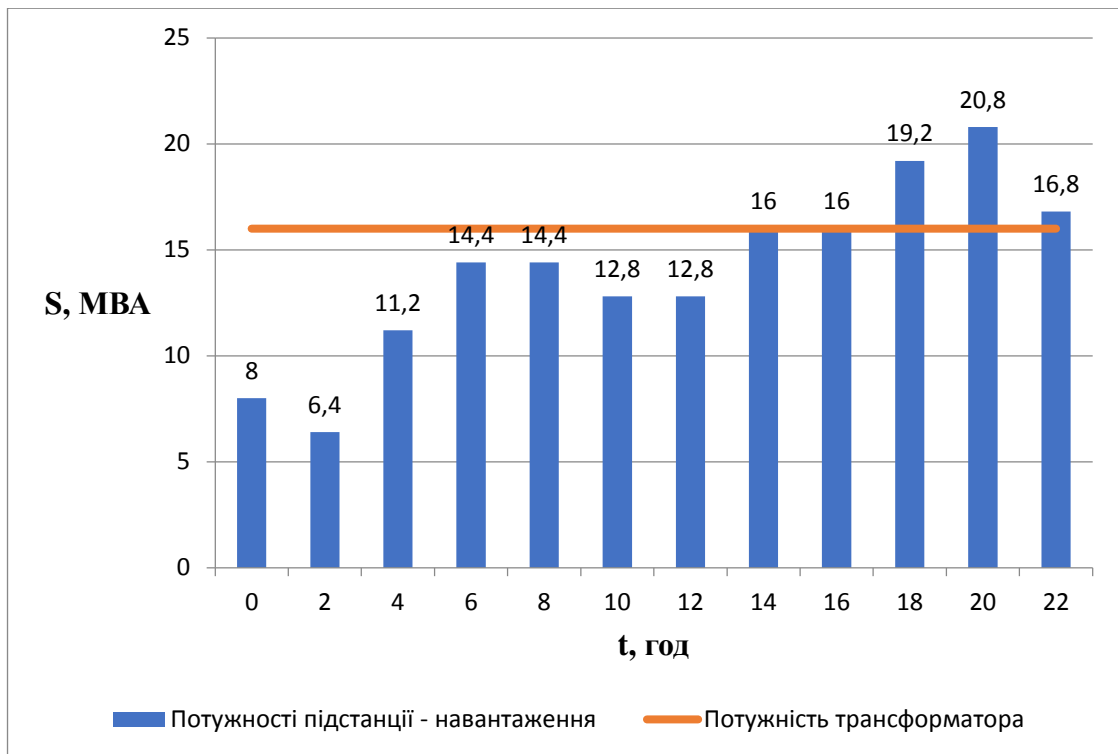


Рисунок 2.1 – Графік навантаження

Приймаємо стандартну потужність трансформатора 16 МВА.

Знаходимо значення навантажень для кожного періоду часу.

$$S_i = \frac{S_{\text{ном. тр.}} \cdot S_i (\%)}{100} \quad (2.1)$$

Відповідно до ГОСТ 14209-97 перевіряємо правильність вибору з урахуванням графіка навантаження (рис. 2.1). Для цього на графіку навантаження проводиться лінія номінальної потужності 16 МВА, яка поділяє графік на дві частини: недовантаження і перевантаження після чого графік перетворюється в еквівалентний двоступінчастий.

Коефіцієнт початкового навантаження еквівалентного графіка визначається за формулою (2.2):

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$K_1 = \frac{1}{S_{\text{ном.тр}}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^k S_n^2 \cdot t_n}{\sum_{n=1}^k t_n}} = \quad (2.2)$$

$$= \frac{1}{16} \cdot \sqrt{\frac{8^2 \cdot 2 + 6.4^2 \cdot 2 + 11.2^2 \cdot 2 + 14.4^2 \cdot 4 + 12.8^2 \cdot 4 + 16^2 \cdot 4}{2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 4}} = 0.803$$

де S_1, S_2, \dots, S_n – потужність навантаження відповідного ступеня графіку ($S_1, S_2, \dots, S_n \leq S_{\text{ном.тр}}$);

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

Попереднє значення коефіцієнта перевантаження визначається за формулою:

$$K_2' = \frac{1}{S_{\text{ном.тр}}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^k S_n^2 \cdot h_n}{\sum_{n=1}^k h_n}} = \frac{1}{16} \cdot \sqrt{\frac{19.2^2 \cdot 2 + 20.8^2 \cdot 2 + 16.8^2 \cdot 2}{2 + 2 + 2}} = 1.118$$

Визначене попереднє значення K_2' порівнюється зі значенням

$$K_{\text{max}} = \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{20.8}{16} = 1.3 \text{ вихідного графіка. } K_2 = 0.9 \cdot K_{\text{max}} = 0.9 \cdot 1.3 = 1.17.$$

Приймаємо $K_{2\text{реал}} = 1.17$

Згідно отриманих значень $K_1=0.803$ та часу перевантаження $h=6$ (годин) знаходимо у табл. Норми допустимих аварійних перевантажень трансформаторів при температурі охолодження $t_{\text{охол}}=+20^\circ\text{C}$, для трансформатора ТДН-16000/110 $K_{2\text{гост}}=1.4$. $K_{2\text{гост}} > K_{2\text{реал}}$, трансформатор обраний вірно.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2.2 Розрахунок струмів трифазних коротких замикань

На підстанція 110 кВ встановлені два силові трансформатори потужністю 16 МВА. Живлення здійснюється двома повітряними лініями W_1 (24 Ом) і W_2 (10 Ом). Система задана потужністю короткого замикання на шинах 110 кВ джерела живлення і складає 2600 МВА. Знайти струму КЗ у точка K_1 і K_2 .

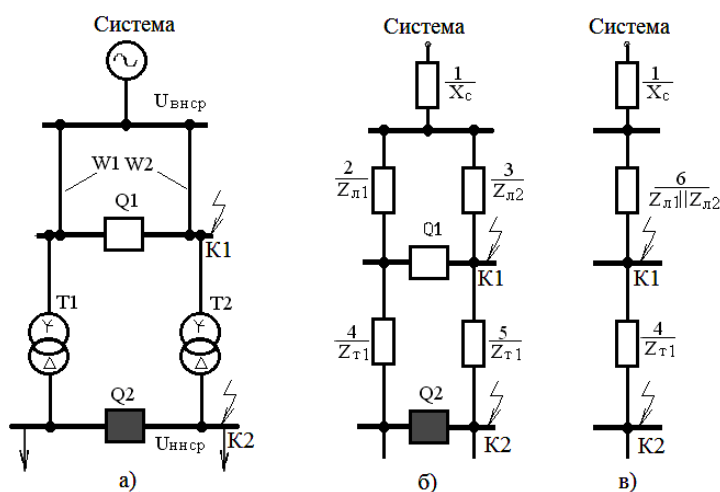


Рисунок 2.2 – Схема заміщення для розрахунку струмів короткого замикання

Таблиця 2.3 – Табличні дані ТДН-16000/110

Тип трансформатора	S _н , МВ А	Каталожні дані							Розрахункові дані				
		U _{ном} , кВ		U _к , %	ΔP _к , кВт	ΔP _х , кВт	I _х , %	Регулювання напруги		R _т , Ом	X _т , Ом	ΔQ _{хкВ} , Ар	пт
		ВН	НН					Кі-льк ст.	% на ст..				
ТДН-16000/110	16	11 5	11	10, 5	85	19	0, 7	±9	1.78	4,38	86,7	112	10, 9

Опір системи:

$$X_C = \frac{U_{BH}^2}{S_C} = \frac{110^2}{2600} = 4.654 \text{ Ом}$$

Опір трансформатора, приведений до сторони НН

$$X_{T.нн} = \frac{u_k \cdot U_{HH}^2}{100 \cdot S_{ном}} = \frac{10.5 \cdot 10^2}{100 \cdot 16} = 0.656 \text{ Ом}$$

Опір до точки короткого замикання K_1 :

$$X_{екв}^{K1} = X_C + \frac{X_{L1} \cdot X_{L2}}{X_{L1} + X_{L2}} = 4.654 + \frac{24 \cdot 10}{24 + 10} = 11.713 \text{ Ом}$$

Визначаємо параметри СКЗ в точці K_1 . Значення періодичної складової СКЗ

$$I_{ПО}^{K1} = \frac{U_{BH}}{\sqrt{3} \cdot X_{екв}^{K1}} = \frac{110}{\sqrt{3} \cdot 11.713} = 5.422 \text{ кА}$$

$$\text{Ударний струм } i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{ПО}^{K1} = \sqrt{2} \cdot 1.61 \cdot 5.422 = 12.345 \text{ кА}$$

Аперіодична складова СКЗ в момент розбіжності контактів

$$i_{ар} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО}^{K1} \cdot e^{-\tau/T_a} = \sqrt{2} \cdot 5.422 \cdot e^{-0.06/0.025} = 0.696 \text{ кА}$$

Повний інтеграл Джоуля СКЗ

$$B_k = (I_{ПО}^{K1})^2 \cdot (\tau + T_a) = 5.422^2 \cdot (0.06 + 0.025) = 2.499 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Для визначення СКЗ в точці K_2 необхідно привести опори елементів до сторони низької напруги. Еквівалентний опір системи, ліній і трансформатора, приведені до сторони 10.5 кВ становить

$$X_{екв}^{K2} = \left(X_C + \frac{X_{L1} \cdot X_{L2}}{X_{L1} + X_{L2}} \right) \cdot \frac{U_{HH}^2}{U_{BH}^2} + \frac{X_{T.HH}}{2} = 11.713 \cdot \frac{10^2}{110^2} + \frac{0.656}{2} = 0.425 \text{ Ом}$$

Значення періодичної складової СКЗ в точці K_2

$$I_{ПО}^{K2} = \frac{U_{HH}}{\sqrt{3} \cdot X_{екв}^{K2}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0.425} = 13.585 \text{ кА}$$

Ударний струм в точці K_2

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{ПО}^{K2} = \sqrt{2} \cdot 1.61 \cdot 13.585 = 30.931 \text{ кА}$$

Аперіодичний СКЗ

$$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО}^{K2} \cdot e^{-\tau/T_a} = \sqrt{2} \cdot 13.585 \cdot e^{-0.1/0.05} = 2.6 \text{ кА}$$

Інтеграл Джоуля для цього струму

$$B_k = \left(I_{ПО}^{K2} \right)^2 \cdot (\tau + T_a) = 13.585^2 \cdot (0.1 + 0.05) = 27.683 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Вважаємо, що амплітуда ЕРС та періодична складова струму КЗ незмінні у часі, тому через час, рівний часу відключення $I_{\pi\pi} = I_{K1} = 5.422 \text{ кА}$; $I_{\pi\pi} = I_{K2} = 13.585 \text{ кА}$.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Таблиця 2.4 – Струми КЗ на шинах підстанції

Точка КЗ	Періодична складова струму КЗ в початковий момент часу, кА	Ударний струм КЗ, кА	Періодична складова струму КЗ в момент спрацювання вимикача, кА	Аперіодична складова струму КЗ, кА	Інтеграл Джоуля, кА ² ·с
Шини 110 кВ (К ₁)	5.422	12.345	5.422	0.696	2.499
Шини 10 кВ (К ₂)	13.585	30.931	13.585	2.6	27.683

2.3 Вибір вимикачів і роз'єднувачів

Струм навантаження визначається за умови можливого перевантаження трансформатора за формулою

$$\text{На стороні 110 кВ: } I_{\text{розр}} = \frac{1.4S_{\text{т.ном.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1.4 \cdot 16}{\sqrt{3} \cdot 110} = 118 \text{ A}$$

$$\text{На стороні 10 кВ: } I_{\text{розр}} = \frac{1.4S_{\text{т.ном.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1.4 \cdot 16}{\sqrt{3} \cdot 10} = 1293 \text{ A}$$

Струм у колі секційного вимикача:

$$I_{10}^{\text{С.В.}} = \frac{0.7S_{\text{т.ном.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{0.7 \cdot 16}{\sqrt{3} \cdot 10} = 647 \text{ A}$$

Струм у колі лінії, що відходять (приймаємо що відходять 14 лінії):

$$I_{10}^{\text{овв.}} = \frac{1.4S_{\text{т.ном.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot n_{\text{лін}}} = \frac{1.4 \cdot 16}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 14} = 92 \text{ A}$$

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

На відвідній лінії передбачаємо установку вимикача типу ВВЭ-10-31.5/630У3.

Таблиця 2.9 – Вибір вимикача на відвідну лінію

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	10 кВ	10 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	92 А	630 А
$I_{\pi 0} \leq I_{пр.СКВ}$	13.585 кА	31.5 кА
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	30.931 кА	80 кА
$I_{пт} \leq I_{відк.ном.}$	13.585 кА	31.5 кА
$I_{ат} \leq I_{а.ном}$	2.6 кА	$\frac{40 \cdot 31.5}{100} = 12.6 \text{ кА}$
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	27.683 кА ² ·с	31.5 ² ·3 кА ² ·с

Тобто, обрані вимикачі задовольняють умовам вибору.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

3 РОЗРАХУНОК ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТРАНСФОРМАТОРА

Потрібно розрахувати релейний захист автотрансформатора типу ТРД-125000/220/110

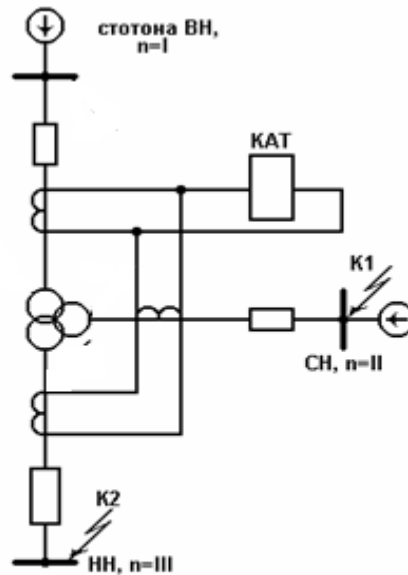


Рисунок 3.1 – Пояснювальна схема і схема заміщення захисту трансформатора

БР 6.050701.235 ПЗ								
					Розрахунок параметрів, режимів та обладнання електричних мереж			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Літ.	Арк.	Аркуші
Розроб.	Серета А.Ю.						35	68
Перевір.	Василега П.О.					Сум ДУ		
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.	Лебединський І. Л.							

Таблиця 3.1 Каталожні дані трансформатора

Тип трансформатора	S _н , МВ А	Каталожні дані								Розрахункові дані			
		U _{ном} , кВ		U _к , %	ΔP к, кВ т	ΔP х, кВ т	I _х , %	Регулювання напруги		R _т , Ом	X _т , Ом	ΔQ _{хкВ} Ар	пт
		В Н	Н Н					Кі- льк ст.	% на ст..				
ТДН- 125000/220	125	24 2	10, 5	11	38 0	13 5	0, 5	±2	2,5	1,4	51,5	625	10, 9

Енергосистема с параметрами: X_{с.маx} = 12 Ом; X_{с.мін} = 12 Ом;

1) Розраховуємо опір обмоток трансформатора:

$$X_{В тр max} = \frac{u_{кз в}}{100} \cdot \frac{(U_{ном} \cdot (1 + \Delta U_{ВН}))^2}{S_{ном}} = \frac{11}{100} \cdot \frac{(242 \cdot (1 + 0,5))^2}{125} = 115,957 \text{ Ом}$$

$$X_{В тр min} = \frac{u_{кз в}}{100} \cdot \frac{(U_{ном} \cdot (1 - \Delta U_{ВН}))^2}{S_{ном}} = \frac{11}{100} \cdot \frac{(242 \cdot (1 - 0,5))^2}{125} = 12,884 \text{ Ом}$$

$$X_{Н тр max} = \frac{u_{кз н}}{100} \cdot \frac{(U_{ном} \cdot (1 + \Delta U_{ВН}))^2}{S_{ном}} = \frac{11}{100} \cdot \frac{(13,8 \cdot (1 + 0,5))^2}{125} = 0,377 \text{ Ом}$$

$$X_{Н тр min} = \frac{u_{кз н}}{100} \cdot \frac{(U_{ном} \cdot (1 - \Delta U_{ВН}))^2}{S_{ном}} = \frac{11}{100} \cdot \frac{(13,8 \cdot (1 - 0,5))^2}{125} = 0,042 \text{ Ом}$$

3.1 Розрахунок струмів кз

3.1.1 На шинах вн 220 кВ

- максимальний режим: X_{с.маx} = 12 Ом

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$\Sigma X = X_{c.max} + X_{B тр.min} = 12 + 12,884 = 24,884 \text{ Ом}$$

$$I_{кз max(к1)}^{(3)} = \frac{242000}{\sqrt{3} \cdot 24,884} = 5641,803 \text{ А}$$

- мінімальний режим: $X_{c.min} = 18 \text{ Ом}$

$$\Sigma X = X_{c.min} + X_{B тр.max} = 18 + 115,957 = 133,957 \text{ Ом}$$

$$I_{кз min(к1)}^{(2)} = \frac{242000}{2 \cdot 133,957} = 1204,919 \text{ А}$$

3.1.2 На шинах нн 10,5 кВ

- максимальний режим: $X_{c.max} = 12 \text{ Ом}$

$$\Sigma X = X_{c.max} + X_{B тр.min} + X_{H тр.min} = 12 + 12,884 + 0,377 = 25,261 \text{ Ом}$$

$$I_{кз max(к2)}^{(3)} = \frac{13800}{\sqrt{3} \cdot 25,261} = 315,405 \text{ А}$$

- мінімальний режим: $X_{c.min} = 18 \text{ Ом}$

$$\Sigma X = X_{c.min} + X_{B тр.max} + X_{H тр.max} = 18 + 115,957 + 0,042 = 133,999 \text{ Ом}$$

$$I_{кз min(к2)}^{(2)} = \frac{138000}{2 \cdot 133,999} = 59,459 \text{ А}$$

Визначаємо розрахункові первинні і вторинні номінальні струму для всіх сторін, що захищається автотрансформатора, відповідні його прохідної потужності:

Таблиця 3.2 – Розрахункові первинні і вторинні номінальні струми

	242 кВ	13,8 кВ
Ном. струм, А $I_{НОМ}$	298,218	5229,622
$K_{ТТ}$	300/5	6000/5
Схема. ТТ	Δ	Y
$i_{НОМ} = \frac{I_{НОМ} \cdot K_{СХ}}{K_{ТТ}}$	$\frac{298,218 \cdot \sqrt{3}}{\frac{300}{5}} =$ 8,609А	$\frac{5229,622 \cdot 1}{\frac{6000}{5}} =$ 4,358А

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР 6.050701.235 ПЗ

Арк.

37

3.2 Розрахунок подовжнього диференціального струмового захисту.

Попередній розрахунок диференційного захисту та вибір типу реле.

Струм спрацьовування захисту визначається за великим з двох розрахункових умов:

а) відбудова від кидка струму намагнічування:

$$I_{сз} = K_H \cdot I_{НОМ} = 1,5 \cdot 298,218 = 447,327 \text{ А}$$

б) Налаштування від струму небалансу:

$$I_{нб.расч} = I'_{нб.расч} + I''_{нб.расч} = (k_{одн} + \Delta U_B + \Delta U_C) \cdot I_{кз \max(k1)}^{(3)} = \\ = (0,1 + 0,5) \cdot 5641,803 = 3368,882 \text{ А}$$

$$I_{сз} = K_H \cdot I_{нб} = 1,5 \cdot 3368,882 = 5053,323 \text{ А}$$

Встановлюємо реле ДЗТ-11 с уставкою тормозної обмотки на стороні 242 кВ (ВН), а струм спрацьовування захисту приймається $I_{сз} = 5053,323 \text{ А}$

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

$$K_{ч} = \frac{I_{кз \min}^{2\phi}}{I_{сз}} = \frac{1204,919}{5053,323} = 0,23 < 2$$

Це значення $K_{ч}$ менше нормируемого, но при номинальном коэффициенте трансформации трансформатора ток КЗ складе:

$$I_{кз \min(k2)}^{(2)} = \frac{U_{НОМ}}{2 \cdot (X_{с.min} + X_B + X_H)} = \frac{242000}{2 \cdot (18 + 51,5)} = 1741,007 \text{ А}$$

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

і коефіцієнт

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз min(к2)}}^{(2)}}{I_{\text{сз}}} = \frac{1741,007}{5053,323} = 0,35 < 2$$

Захист с реле ДЗТ-11 приймаємо задовільною.

3.3 Визначення струму спрацювання реле

Струм спрацювання реле для основної сторони визначається за виразом

$$I_{\text{ср.осн}} = \frac{I_{\text{с.з.}} \cdot k_{\text{сх}} \cdot \frac{U_{\text{ср.ном}}}{U_{\text{ном нн}}}}{K_{\text{тт}}} = \frac{5053,323 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{242}{13,8}}{\frac{6000}{5} \cdot \frac{4,358}{8,609} \cdot 8,609} = 29,35 \text{ А}$$

Розрахункове число витків робочої обмотки для основної сторони

$$W_{\text{осн.расч.}} = \frac{F_{\text{ср}}}{I_{\text{ср.осн}}} = \frac{100}{29,35} = 3,407 \text{ витков}$$

Приймаємо $w_{\text{осн.раб}} = 4$ витків, що відповідає фактичному току спрацювання реле $I_{\text{ср.осн.}} = \frac{100}{4} = 25 \text{ А}$

Розрахункові числа витків для інших сторін трансформатора для сторони 13,8 кВ

$$W_{\text{расч.І}} = 4 \cdot \frac{4,358}{8,609} = 2,025 \text{ витков.}$$

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Приймаю $W_I = 2$ витків.

Уточнений струм спрацювання захисту з урахуванням похибок вирівнювання W за виразом:

$$I_{с.з.} = K_3 \cdot (K_{одн} \cdot \varepsilon + \Delta U_I + \Delta W) \cdot I_{кз.мах(к1)}^{(3)} =$$
$$= 1,5(1,0 \cdot 0,1 + 0,5 - 0,174) \cdot 5614,803 = 3587,859 \text{ А}$$

$$\Delta W = \frac{W_{осн.расч.} - W}{W_{осн.расч.}} = \frac{3,407 - 4}{3,407} = -0,174$$

3.4 Розрахунок уточненого струму спрацювання реле

$$I_{ср.осн} = \frac{I_{с.з.} \cdot k_{сх} \frac{U_{ср.ном}}{U_{ном нн}}}{K_{тт}} = \frac{3587,859 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{242}{13,8}}{\frac{6000}{5} \cdot \frac{4,358}{8,609} \cdot 8,609} = 20,839 \text{ А}$$

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

$$I_{нб.расч.} = K_3 \cdot (K_{одн} \cdot \varepsilon + \Delta U_I + \Delta U_{II} + \Delta W_I) \cdot I_{кз.мах(к1)}^{(3)} =$$
$$= 1,5(1,0 \cdot 0,1 + 0,12 + 0,012) \cdot 315,405 = 289,542 \text{ А}$$

$$\Delta W_I = \frac{W_{I расч.} - W_I}{W_{I расч.}} = \frac{2,025 - 2}{2,025} = 0,012$$

Число витків гальмівної обмотки.

$$W_{торм.} = \frac{K_3 \cdot I_{нб.расч.} \cdot W_I}{I_{кз.мах(к2)}^{(3)} \cdot 0,75} = \frac{1,5 \cdot 289,542 \cdot 2}{315,405 \cdot 0,75} = 3,672 \text{ ВИТКОВ}$$

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Приймаємо:

$$W_T = 5 \text{ витків}$$

На реле вставляються наступні витки:

$$W_{\text{расч1}} = 2; W_{\text{осн.расч}} = 4; W_T = 5.$$

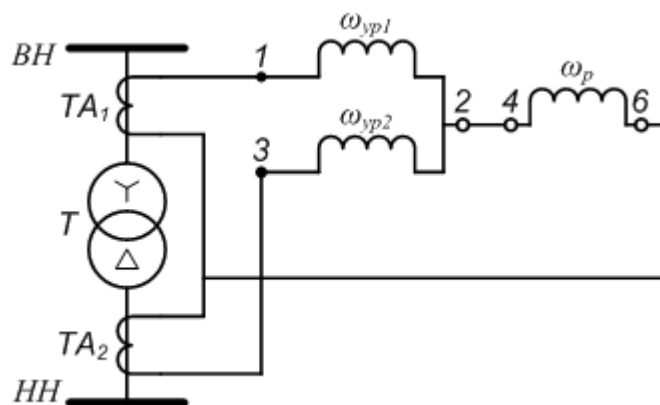


Рисунок 3.2 – Схема включення ДЗТ-11

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Організація монтажних робіт

Організація електромонтажних робіт доручається підряднику і складається з трьох основних етапів:

1. На інженерно-технічному етапі виконується прийомка, перевірка і вивчення проектно-кошторисної документації; в проектній документації має бути передбачений проект організації будівництва (ПОБ), на підставі якого електромонтажною організацією розробляється проект виробництва електромонтажних робіт.

2. На організаційному етапі виконується прийомка від будівельників під монтаж обладнання будівель, споруд, фундаментів, прорізів (отворів) та ніш в конструкціях будівель і споруд; контролюється установка закладних деталей, перевіряється наявність передбачених проектом стаціонарних кран-балок, монтажних візків і талів.

3. На матеріально-технічному етапі здійснюється забезпечення і комплектація електромонтажних робіт обладнанням, матеріалами, виробами, монтажними заготовками; на цьому ж етапі виконується оснащення монтажних робіт механізмами, інструментами, інвентарем і засобами безпечної праці.

Важливим моментом організації електромонтажних на складних об'єктах, що вимагають визначеної черговості виконання будівельних і електромонтажних робіт, являється складання проекту виробництва електромонтажних робіт.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 6.050701.235 ПЗ			
Розроб.		Середа А.Ю.			Розрахунок параметрів, режимів та обладнання електричних мереж	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Василега П.О.					42	68
Реценз.						Сум ДУ		
Н. Контр.								
Затверд.		Лебединський І. Л.						

Цей проект обов'язково розробляється для виконання електромонтажних робіт, які супроводжуються складними такелажними роботами з використанням механізмів (автокранів, автовишок), верхолазних робіт, а також для робіт, що виконуються в діючих електроустановках, наприклад, при реконструкції існуючих підстанцій.

Проект виробництва електромонтажних робіт розробляється спеціальними групами підготовки виробництва монтажних організацій і затверджується її технічним керівником (головним інженером). ПВЕР має бути узгодженим з замовником або технічним керівником експлуатуючої організації.

3.2 Планування являється однією з головних функцій управління процесом електромонтажних робіт. Однією з задач планування являється знаходження варіантів раціонального взаємозв'язку етапів виробництва електромонтажних робіт. Важливим моментом планування являється взаємне узгодження виконання робіт по часу при умові безперервності їх виконання, особливо при виробництві робіт в діючих електроустановках.

Найбільш простою формою планування робіт являється складання календарного плану-графіку робіт, який являє собою документ, регламентуючий поставку по часу обладнання і комплектуючих виробів, потребу в механізмах, машинах, трудових і енергетичних ресурсах, розподіл капітальних вкладень і об'ємів електромонтажних робіт.

У плані організації робіт відображається графік поставки обладнання, матеріалів і їх монтажу, інструкції з виконання основних монтажних операцій; робочі схеми розстановки такелажних пристроїв і механізмів; схеми подачі на монтажний майданчик електроенергії, води, стисненого повітря і порядок доставки кисню, карбиду кальцію або ацетилену.

3.3 Монтажна бригада приступає до роботи з монтажу після отримання завдання від майстра або іншої особи інженерно-технічного персоналу монтажного підприємства. Разом із завданням майстер передає монтажній бригаді робочий наряд – план організації робіт (ПОР), план розміщення

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

обладнання за проектом, схеми трубопроводів, робочі креслення окремих вузлів і деталей, специфікації обладнання та матеріалів.

Бригада отримує необхідний монтажний інструмент і обладнання, монтажні матеріали, спецодяг, проходить інструктаж з правил техніки безпеки на робочому місці.

4.2 Послідовність виконання усіх видів монтажних операцій

При організації та виконанні робіт з монтажу та налагодження електротехнічних пристроїв слід дотримуватись вимог державних стандартів, технічних умов, правил улаштування електроустановок, затверджених Міненерго, і відомчих нормативних документів, затверджених в порядку, встановленому СНіП 1.01.01-82.

Роботи з монтажу та налагодження електротехнічних пристроїв слід проводити відповідно до робочих креслень основних комплектів електротехнічних марок; по робочій документації електроприводів, виконаної проектною організацією; по робочій документації підприємств - виробників технологічного обладнання, що поставляють разом з ним шафи харчування і управління.

Монтаж електротехнічних пристроїв слід здійснювати на основі застосування вузлового і комплектно-блокового методів будівництва, з установкою обладнання, що поставляється укрупненими вузлами, що не вимагають при установці правки, різання, свердління або інших підгінних операцій і регулювання. При прийманні робочої документації до виробництва робіт слід перевіряти облік в ній вимог індустріалізації монтажу електротехнічних пристроїв, а також механізації робіт по прокладці кабелів і установці технологічного устаткування.

Електромонтажні роботи слід виконувати, як правило, в дві стадії.

– У першій стадії всередині будівель і споруд проводяться роботи по монтажу опорних конструкцій для встановлення електрообладнання та шинопроводів, для прокладки кабелів і проводів, монтажу тролей для

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
						44
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричних мостових кранів, монтажу сталевих та пластмасових труб для електропроводок, прокладання проводів прихованої проводки до штукатурних та оздоблювальних робіт, а також роботи з монтажу зовнішніх кабельних мереж та мереж заземлення. Роботи першої стадії слід виконувати в будівлях і спорудах по суміщеному графіку одночасно з виконанням основних будівельних робіт, при цьому повинні бути вжиті заходи щодо захисту встановлених конструкцій і прокладених труб від поломок і забруднень.

– У другій стадії виконуються роботи по монтажу електрообладнання, прокладання кабелів і проводів, шинопроводів і підключенню кабелів і проводів до висновків електрообладнання. В електротехнічних приміщеннях об'єктів роботи другої стадії слід виконувати після завершення комплексу загальнобудівельних та оздоблювальних робіт і після закінчення робіт по монтажу сантехнічних пристроїв, а в інших приміщеннях і зонах - після установки технологічного устаткування, електродвигунів та інших електроприймачів, монтажу технологічних, санітарно-технічних трубопроводів і вентиляційних коробів.

Електрообладнання, вироби і матеріали слід постачати за узгодженим з електромонтажною організацією графіком, який повинен передбачати першочергову поставку матеріалів і виробів, включених в специфікації на блоки, що підлягають виготовленню на складально-комплектувальних підприємствах електромонтажних організацій.

Закінченням монтажу електротехнічних пристроїв є завершення індивідуальних випробувань змонтованого електроустаткування і підписання робочою комісією акту про приймання електрообладнання після індивідуального випробування. Початком індивідуальних випробувань електрообладнання є момент введення експлуатаційного режиму на даній електроустановці, що оголошується замовником на підставі повідомлення пусконаладжувальної і електромонтажної організацій.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

На кожному об'єкті будівництва в процесі монтажу електротехнічних пристроїв слід вести спеціальні журнали виробництва електромонтажних робіт згідно СНіП 3.01.01-85, а при завершенні робіт електромонтажна організація зобов'язана передати генеральному підрядчикові документацію, що пред'являється робочої комісії згідно СНіП III-3-81.

4.3 Вимоги техніки безпеки під час виконання монтажних робіт

До початку виконання електромонтажних робіт на об'єкті мають бути виконаними наступні заходи:

– отримана підрядником проектно-технічна документація, затверджена штампом замовника «до виробництва робіт»;

– узгоджені між підрядником і підприємствами-постачальниками графік поставки обладнання з врахуванням технологічної послідовності виконання робіт, перелік складного електрообладнання, що монтується з притягненням персоналу підприємств-постачальників, умови транспортування до місця монтажу важкого і великогабаритного електрообладнання;

– підготовлені приміщення для розташування бригад робочих, інженерно-технічних працівників, виробничої бази, а також для складування матеріалів і інструменту;

– виконані передбачені нормами і правилами заходи з охорони праці, протипожежній безпеки, охорони навколишнього середовища.

4.4 Загальні вимоги. працівники, які відповідають за безпечне проведення робіт, їх права та обов'язки

Для безпечного проведення робіт слід вживати таких організаційних заходів:

- призначення співробітників, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- видачі наряду або розпорядження;

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

- видача дозволу на підготовку робочих місць і на допуск;
- підготовка робочого місця і допуск до роботи;
- нагляд під час виконання роботи;
- переведення на інше робоче місце;
- оформлення перерв в роботі та її закінчення.

Відповідальними за безпечне проведення робіт є:

- особа, яка видає наряд, віддає розпорядження;
- працівник, який дає дозвіл на підготовку робочого місця і на допуск;
- працівник, який готує робоче місце;
- працівник, який допускає до роботи (допускає);
- керівник робіт;
- працівник, який наглядає за безпечним виконанням робіт (наглядач);
- член бригади.

Право на видачу нарядів і віддачі розпоряджень надається керівникам і фахівцям підприємства, які мають групу V.

Особа, яка видає наряд або розпорядження, встановлює можливість безпечного виконання роботи. Він відповідає за достатність і правильність зазначених у наряді (розпорядженні) заходів безпеки, за якісний і кількісний склад бригади і призначення працівників, відповідальних за безпечне проведення робіт, а також за відповідність груп з електробезпеки працівників, які зазначені в наряді (розпорядженні), роботі, що виконується.

Працівник, який дає дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск, несе відповідальність за достатність передбачених заходів для виконання робіт з відключення та заземлення обладнання і можливість їх здійснення, а також – за координацію часу і місця роботи бригад, які допускаються.

Працівник, який дає дозвіл на підготовку робочого місця і на допуск, повинен повідомити чергових або працівників зі складу оперативно-виробничих працівників, які готують робоче місце, а також допускають про попередньо виконані операції з вимкнення та заземлення обладнання.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

В електроустановках, що не обслуговуються оперативними або оперативно-виробничими працівниками (майстерні, гаражі, приміщення і т.д.), дозвіл на підготовку робочих місць і допуск можуть давати посадові особи з групою IV, яким надані такі права.

Працівник, який готує робоче місце, відповідає за правильне і точне виконання заходів з підготовки робочого місця, вказаних у наряді, а також тих, які потрібні умовами роботи.

Готувати робочі місця мають право чергові або працівники зі складу оперативно-виробничих працівників, допущених до оперативних перемикачів в цій електроустановці.

Допускає відповідає за правильність і достатність вжитих заходів безпеки та їх відповідність характеру і місцю роботи, зазначених у наряді, за правильний допуск до роботи, а також за повноту та якість проведеного ним інструктажу.

Допускають слід призначати працівників зі складу оперативних або оперативно-виробничих працівників, за винятком допуску на ПЛ, при виконанні умов.

В електроустановках понад 1000 В допускає повинен мати групу IV, а в електроустановках до 1000 В - групу III.

Керівник робіт призначається при виконанні робіт за нарядами і розпорядженнями, крім тих, які виконуються одноосібно.

Керівник робіт відповідає за:

- виконання заходів безпеки, передбачених нарядом або розпорядженням, та їх достатність;
- чіткість і детальність інструктажу членів бригади;
- наявність, справність і правильність використання необхідних засобів захисту, інструменту, інвентарю;
- наявність та збереження встановлених на робочому місці заземлень, огорожень, знаків і плакатів безпеки і запірних пристроїв протягом робочої зміни;

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

- організацію і безпечне виконання роботи і дотримання вимог Правил.

Керівник робіт, що виконуються за нарядом в електроустановках понад 1000 В, повинен мати групу IV, а в електроустановках до 1000 В - групу III, крім робіт в підземних спорудах, де можуть утворюватися шкідливі гази, і під напругою, - в цьому випадку керівник робіт повинен мати групу IV.

При виконанні найскладніших і найнебезпечніших робіт керівником робіт за нарядом повинен призначатись працівник з групою V зі складу керівників або спеціалістів. До таких робіт відносяться:

- роботи, що виконуються із застосуванням вантажопідіймальних машин і механізмів, за винятком робіт, що виконуються оперативним або оперативно-виробничими працівниками з використанням автовишки; роботи в зонах розташування комунікацій та інтенсивного руху транспорту;
- монтаж і демонтаж опор, проводів, а також роботи, пов'язані із заміною їх елементів;
- роботи на ПЛІ понад 1000 В в місцях перетину з іншими ПЛІ;
- зміна схеми приєднання проводів і тросів ПЛІ понад 1000 В;
- роботи на вимкненому колі багатокільної ПЛІ понад 1000 В з розташуванням кіл одне над одним або кількістю більше двох, коли одне або всі кола перебувають під напругою;
- земляні, пов'язані з ремонтом або прокладанням кабелю в зонах розташування підземних комунікацій.

Перелік цих робіт може бути розширений в залежності від місцевих умов.

Спостерігач з групою не нижче III призначається для нагляду за бригадами працівників, які не мають права самостійно працювати в електроустановках.

Спостерігач відповідає за:

- безпеку членів бригади відносно ураження електричним струмом електроустановки;

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

- відповідність підготовленого робочого місця вказівкам наряду;
- наявність та збереження встановлених на робочому місці заземлень, огорожень, плакатів і знаків безпеки, запірних пристроїв.

Відповідальним за безпеку, пов'язану з технологією робіт, є працівник, який очолює бригаду і входить до її складу. Цей працівник повинен постійно перебувати на робочому місці. Його прізвище вказується в рядку "Окремі вказівки" наряду.

Кожен член бригади повинен виконувати ці Правила та інструктивні вказівки, отримані при допуску до роботи або працює, а також - вимоги місцевих інструкцій з охорони праці.

Після перевірки знань в комісії підприємства працівникам можуть надаватися права:

- видачі нарядів, розпоряджень;
- керівника робіт;
- здійснення допуску до роботи (допускає);
- наглядача;
- виконання спеціальних робіт з підвищеною небезпекою.

Надання цих прав оформлюється письмовою вказівкою керівництва підприємства, а на спеціальні роботи - записом в посвідченні.

4.5 Видачі наряду, розпорядження

Наряд виписується у двох, а в тому випадку, якщо він передається по телефону, радіо, - у трьох примірниках. В останньому випадку особа, яка видає наряд, виписує один примірник, а працівник, який приймає текст у вигляді телефонограми або радіограми, заповнює два примірники наряду і після зворотної перевірки зазначає на місці підпису працівника, який видав наряд, його прізвище та ініціали, підтверджуючи правильність запису своїм підписом .

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

У тому випадку, коли керівник робіт суміщає обов'язки допускача, наряд, незалежно від способу його передачі, заповнюється в двох примірниках, один з яких залишається у працівника, який видав наряд, або у працівника, який дає дозвіл на підготовку робочого місця і на допуск (диспетчера).

Наряди на планові роботи слід видавати заздалегідь.

Кількість нарядів, що видаються на одного керівника робіт, визначає працівник, який видає наряд.

Допускає і керівника робіт (наглядача) може бути видано одночасно кілька нарядів і розпоряджень для почергового допуску і роботи за цими нарядами і розпорядженнями.

Видавати наряд дозволяється на строк тривалості робіт згідно з оперативною заявкою. Наряд може бути продовжений один раз на термін не більше 5 діб. При перервах в роботі наряд залишається дійсним.

Продовжити наряд може працівник, який видав його, або інший працівник, який має право видачі нарядів на роботи в даній електроустановці.

Дозвіл на продовження наряду може оформлятися особисто особою, яка видала наряд, або передаватися по телефону, радіо або з нарочним допускає або керівнику робіт, які в цьому випадку за власним підписом вказують у наряді прізвище та ініціали працівника, продовжив наряд.

Наряди, роботи за якими повністю завершена, слід зберігати протягом 30 діб, після чого їх можна знищити.

Розпорядження має разовий характер, термін його дії визначається тривалістю робочого дня (зміни) виконавців.

Розпорядження можна передавати безпосередньо або за допомогою засобів зв'язку з подальшим записом в оперативний журнал.

Розпорядження на роботу віддається керівнику робіт і допускає або працівникові, який дає дозвіл на підготовку робочого місця і на допуск.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

В електроустановках без місцевих оперативних працівників в тих випадках, коли допуск на робочому місці не потрібен, розпорядження слід віддавати безпосередньо тому працівнику, який буде виконувати роботу.

Роботи, виконання яких передбачено за розпорядженням, можна проводити за нарядом з рішенням працівника, який видає наряд.

4.6 Склад бригади

Чисельність бригади та її склад з урахуванням груп з електробезпеки повинні визначатися виходячи зі ступеня безпеки виробництва робіт, а також можливості забезпечення нагляду за членами бригади з боку керівника робіт (наглядача).

Член бригади повинен мати групу II. При виконанні роботи під напругою член бригади повинен мати групу III, за винятком робіт на ПЛ, виконувати які повинен член бригади з групою IV.

До складу бригади на кожного її члена з групою III дозволяється залучати одного працівника з групою I, але загальна кількість членів бригади з групою I не повинно перевищувати трьох.

Черговий, з дозволу старшого чергового, може залучатися до роботи в ремонтній бригаді без занесення в вбрання, але із записом в оперативний журнал.

Змінювати склад бригади дозволяється, який видає наряд, або іншій особі, має право видавати наряд для роботи в цій електроустановці. Перевірка зміни складу бригади можна передавати по телефону, радіо або з нарочним керівнику робіт або допускає, які в наряді за своїм підписом вказують прізвище та ініціали працівника, який дав вказівки щодо змін.

Керівник робіт повинен проінструктувати працівників, введених до складу бригади, про заходи щодо безпечного виконання робіт.

У разі зміни керівника робіт або зміни складу бригади більше ніж наполовину наряд необхідно видавати знову.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

4.7 Видача дозволу на підготовку робочого місця і на допуск

Підготовку робочих місць і допуск слід проводити тільки після отримання дозволу від чергового.

Дозвіл можна передавати працівнику, який виконує підготовку робочого місця і допуск працівників особисто, по телефону, радіо, з нарочним або через чергового проміжної підстанції. Забороняється видавати такий дозвіл на попередньо обумовлений час.

Давати дозвіл на підготовку робочих місць можна тільки за умови, якщо у працівника, який видає цей дозвіл, є оригінал або копія наряду (розпорядження) або заявка, якими визначено зміст роботи і технічні заходи для підготовки робочого місця.

Допуск бригади дозволяється тільки за одним нарядом (розпорядженням).

4.8 Підготовка робочого місця і допуск

У тому випадку, коли керівник робіт суміщає обов'язки допускатча, підготовку робочого місця він може виконувати з одним із членів бригади з групою Ш.

Працівники, які не беруть участі в підготовці робочого місця, повинні перебувати за межами електроустановки.

Забороняється змінювати передбачені нарядом (розпорядженням) заходи по підготовці робочих місць.

Допускає перед допуском повинен переконатися у виконанні всіх технічних заходів з підготовки робочого місця (особистого огляду, по записках в оперативному журналі, за оперативною схемою або за повідомленням чергових, оперативно-виробничих працівників і працівників підприємств-споживачів).

Керівник робіт (наглядач) перед допуском повинен з'ясувати у допускатча повноту виконання заходів з підготовки робочого місця. Після

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

цього керівник робіт повинен перевірити підготовку робочого місця особистим оглядом разом з допускає. Якщо керівник робіт суміщає обов'язки допускача, то перевірку підготовки робочого місця він виконує з одним із членів бригади.

Допуск до роботи за нарядами і розпорядженнями слід проводити безпосередньо на робочому місці.

Допуск до роботи за розпорядженням у тому випадку, коли підготовка робочого місця не передбачена, проводити на робочому місці необов'язково, а на ПЛ, ПЛЗ і КЛ - не потрібно.

Допуск проводиться після перевірки підготовки робочого місця. У цьому допускає повинен:

- ✓ перевірити, склад бригади зазначеному у наряді або розпорядженні. Перевірку слід проводити за іменними посвідченнями;
- ✓ провести інструктаж: ознайомити бригаду зі змістом наряду, розпорядження; зазначити межі робочого місця і підходи до нього; показати найближче до робочого місця устаткування та струмовідних частини, що ремонтуються, та суміжних приєднань, до яких забороняється наближатися незалежно від того, знаходяться вони під напругою чи ні;
- ✓ довести бригаді, що напруга відсутня показом встановлених заземлень та перевіркою відсутності напруги, якщо заземлення не видно з робочих місць, а в електроустановках 35 кВ і нижче (де дозволяє конструктивне виконання без підняття) - наступним дотиком рукою до струмоведучих частин після перевірки відсутності напруги.

Бригаду у разі допуску, крім допускає, повинен проінструктувати керівник робіт щодо безпечного виконання робіт, використання інструменту, приладів, механізмів і вантажопідіймальних машин. Без проведення інструктажу допускати бригаду до роботи забороняється.

Підготовка робочого місця, проведення інструктажів та допуск оформлюються підписами допускає і керівника робіт (наглядача) наряду із

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

зазначенням дати, часу. Цільовий інструктаж членів бригади проводиться у випадку первинного допуску та оформляється в наряді. Такий же порядок оформлення цільових інструктажів повинен бути і в разі введення до складу бригади нових працівників.

Допуск до роботи оформляється в обох примірниках наряду, один з яких залишається у керівника робіт (наглядача), а другий - у допускача.

Якщо керівник робіт суміщає обов'язки допускається, допуск оформляється в одному примірнику наряду.

Допуск до роботи за розпорядженням оформлюється в оперативному журналі або журналі обліку робіт за нарядами і розпорядженнями. При виконанні роботи оперативними працівниками достатньо оформити розпорядження тільки в оперативному журналі.

4.9 Нагляд під час проведення робіт

Після допуску до роботи нагляд за бригадою щодо виконання вимог безпеки покладається на керівника робіт (наглядача), якому слід так організувати свою роботу, щоб здійснювати контроль за членами бригади, перебуваючи, по можливості, на тій ділянці робочого місця, де виконується найбільш небезпечна робота.

Забороняється наглядачеві поєднувати нагляд з виконанням будь-якої роботи.

У разі необхідності тимчасово залишити робоче місце керівник робіт (наглядач) повинен вивести бригаду з місця роботи.

У електроустановках до 1000 В при роботі за розпорядженням дозволяється, якщо буде потреба, тимчасова відсутність керівника робіт. У цьому випадку дозволяється залишатися на робочому місці і продовжувати роботу одному або декільком членам бригади з групою III.

З дозволу керівника робіт один або кілька членів бригади можуть тимчасово залишити робоче місце. В цьому випадку виводити їх зі складу бригади не потрібно. В електроустановках понад 1000 В має бути не менше

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

двох, включно з керівником робіт, членів бригади, що залишаються на робочому місці.

Члени бригади з групою III можуть самостійно виходити з РУ і повертатися на робоче місце, члени бригади з групами I і II - тільки у супроводі члена бригади з групою III або працівника, що має право одноосібно оглядати електроустановки.

Забороняється після виходу з РУ залишати двері, не закритими на замок.

Члени бригади, які повернулися, можуть стати до роботи тільки з дозволу керівника робіт. До їх повернення керівнику робіт забороняється залишати робоче місце, якщо приміщення, в якому знаходиться електроустановка, не можна замкнути на замок.

Розосередження членів бригади по різних робочих місцях допускається тоді, коли наряд виданий для одночасного виконання роботи на різних робочих місцях.

У разі виявлення порушень або виявлення інших обставин, що загрожують безпеці працівників, що виконують роботу, бригаду слід вивести з робочого місця і у керівника робіт необхідно відібрати наряд. Тільки після усунення виявлених порушень бригада може бути знову допущена до роботи з виконанням вимог первинного допуску.

4.10 Переведення на інше робоче місце

В електроустановках понад 1000 В електростанцій і підстанцій переведення бригади на інше робоче місце здійснює допускає. Переводити бригаду на інше робоче місце може також керівник робіт, якщо про це є запис у рядку "Окремі вказівки" наряду.

На різних робочих місцях однієї ПЛ, ПЛЗ, КЛ і в електроустановках до 1000 В електростанцій, підстанцій переведення на інше робоче місце здійснюється керівником робіт без оформлення в наряді.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

В електроустановках електростанцій і підстанцій, при виконанні робіт без відключення обладнання, оформлення в наряді вимагається тільки в разі переведення бригади з одного РУ на інше.

Переведення на інше робоче місце оформлюється в таблиці наряду.

У всіх електроустановках під час виконання робіт за розпорядженням оформляти переведення на інше робоче місце не вимагається.

4.11 Оформлення перерв у роботі та її закінчення

Під час перерви в роботі протягом робочого дня (на обід, за умовами роботи) бригаду необхідно вивести з робочого місця, а двері РУ закрити на замок.

Наряд залишається у керівника робіт (наглядача). Члени бригади не мають права повертатися після перерви на робоче місце без керівника робіт (наглядача). Після перерви керівник робіт зобов'язаний повторно перевірити підготовку робочого місця і здійснити допуск бригади до роботи без оформлення в наряді.

Під час перерви в роботі у зв'язку із закінченням робочого дня бригада необхідно вивести з робочого місця. В цьому випадку плакати, огороження, прапорці та заземлення не знімають.

Керівник робіт (наглядач) повинен здати наряд черговому, а в його відсутність залишити наряд у відведеному для цього місці, наприклад, в папці діючих нарядів. В електроустановках без місцевих оперативних працівників керівнику робіт (наглядачеві) дозволяється після закінчення робочого дня залишати наряд у себе.

Закінчення роботи керівник роботи (наглядач) оформляє підписом в своєму примірнику наряду.

Повторний допуск в наступні дні на підготовлене робоче місце здійснює допускає. У цьому випадку дозвіл на допуск від старшого оперативного працівника не вимагається.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Керівник робіт (наглядач) може самостійно допустити бригаду до роботи на підготовлене робоче місце, якщо йому це дозволено, із записом в рядку "Окремі вказівки" наряду.

Перед повторним допуском бригади на робоче місце керівник робіт (наглядач) повинен упевнитися в цілості й надійності заземлень, огорожень, плакатів, прапорців.

Допуск, здійснений допускає зі складу оперативних або оперативно-виробничих працівників, оформлюється в обох примірниках наряду; допуск, здійснений керівником робіт (наглядачем), - тільки в своєму примірнику наряду.

При необхідності проведення під час ремонту пробних включень обладнання, електричних випробувань або вимірювань, необхідно:

- вивести з місць роботи все бригади, допущені до роботи;
- здати черговому наряди з оформленими перервами та записом в таблиці;
- зняти тимчасові огороження, переносні плакати і заземлення, а постійні огороження встановити на своє місце;
- отримати дозвіл на пробне включення, електричні випробування або вимірювання від чергового або працівника зі складу керівників або спеціалістів, які мають право видавати розпорядження на оперативне обслуговування цієї електроустановки. Підготовку робочого місця і допуск бригади до роботи після пробного включення, випробування або вимірювання проводять, як при первинному допуску.

У тому випадку, коли характер роботи, що виконується, вимагає багаторазових пробних включень, дозволяється тимчасові огорожі не знімати, перерви в наряді не оформляти і не здавати наряд черговому.

Дозвіл на тимчасове зняття і наступне встановлення заземлень керівником робіт слід записувати в рядку "Окремі вказівки" наряду.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Після повного закінчення роботи керівник робіт (наглядач) повинен вивести бригаду з робочого місця, відновити схему, зняти встановлені бригадою тимчасові огорожі, переносні плакати, прапорці та заземлення, зачинити двері електроустановки на замок, повідомити допускає, а в разі його відсутності - працівника, видав дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск, про повне закінчення робіт і оформити в наряді повне закінчення робіт своїм підписом.

Після оформлення повного закінчення робіт керівник робіт (наглядач) повинен здати наряд допускає, а при його відсутності - залишити у відведеному для цього місці, наприклад, в папці діючих нарядів.

4.12 Включення електроустановки після повного закінчення робіт

Вмикати електроустановку можна тільки після одержання на це дозволу (розпорядження) працівника, який видає дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск.

Працівник зі складу оперативних або оперативно-виробничих працівників, які перебувають на зміні та якого допущено до оперативного управління та до оперативних перемикачів, отримавши дозвіл (розпорядження) на вмикання електроустановки після повного закінчення робіт, повинен перед включенням зняти тимчасові огороження, переносні плакати і заземлення, які були встановлені під час підготовки робочих місць, відновити постійні огороження.

Допускає зі складу оперативно-виробничих працівників може бути надано право після закінчення роботи на електроустановці увімкнути її без отримання дозволу (розпорядження) працівника, який видає дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск. Надання права на таке ввімкнення має бути записано в рядку "Окремі вказівки" наряду і підтверджено під час видачі дозволу допускає на підготовку робочих місць і на допуск. Оформляти в наряді таке підтвердження не потрібно.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

В аварійних випадках черговий або допускає можуть включити виведену в ремонт електроустановку під час відсутності бригади до повного закінчення робіт за умови, що до прибуття керівника робіт або повернення ним наряду на робочих місцях розставлені працівники, які зобов'язані попереджувати керівника робіт і членів бригади про включення електроустановки та заборону відновлення робіт.

4.13 Гарантії прав працівників на охорону праці

Згідно Закону «Про охорону праці» працівник – це особа, яка працює на підприємстві, в організації, установі та виконує обов'язки або функції згідно з трудовим договором (контрактом). Гарантії його прав на охорону праці починаються вже з моменту обговорення та укладання трудової угоди, оскільки згідно ст. 5 Закону умови трудового договору не можуть містити положень, що суперечать законам та іншим НПАОП.

Під час укладання трудового договору роботодавець повинен проінформувати працівника під розписку про умови праці та про наявність на його робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які ще не усунуто, можливі наслідки їх впливу на здоров'я та про права працівника на пільги і компенсації за роботу в таких умовах.

Під час прийому працівника на роботу відбувається обов'язкове страхування його роботодавцем від нещасних випадків і професійних захворювань. Вище було зазначено, що для такого страхування не потрібно згоди або заяви працівника. У разі ушкодження здоров'я чи в разі моральної шкоди, заподіяної працівникові, він має право на відшкодування шкоди.

4.14 Фінансування охорони праці

Стаття 19 Закону «Про охорону праці» встановлює, що фінансування охорони праці на підприємстві здійснюється роботодавцем.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

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

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

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

Фінансування профілактичних заходів з охорони праці, виконання загальнодержавної, галузевих та регіональних програм поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, інших державних програм, спрямованих на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням, передбачається у державному і місцевих бюджетах, що виділяються окремим рядком.

Додатковим джерелом фінансування заходів, спрямованих на запобігання нещасним випадкам, усунення загрози здоров'ю працівників, викликані умовами праці, є Фонд соціального страхування від нещасного випадку на виробництві (ФССНВ). Фінансування заходів з охорони праці системою страхування є ефективним методом економічного впливу на стан безпеки, гігієни праці та виробничого середовища в ринкових умовах.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

ВИСНОВКИ

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

Було розроблено схему електропостачання для споживачів. Для даних схем було розраховано довжини ліній електропередач, струми та напруги на ділянках без урахування втрат та вибір проводів, що з'єднують трансформаторні підстанції. Був здійснений вибір трансформаторів для споживачів.

Також були проведені розрахунки електричної частини підстанції. Для даної підстанції були обрані два трансформатори потужністю 16 МВА типу ТДН. Були розраховані струми КЗ та на основі них були обрані високовольтні апарати розподільчого пристрою. Для ВН був обраний вимикач типу МКП-110-10000-20ХЛ1, вимикач у колі трансформатора з НН – типу ВЕ – 10-3600-31,5-УЗ, секційний вимикач НН – типу ВВЕ-10-31,5/2000УЗ, вимикач на лінії НН – типу ВВЕ-10-31,5/630УЗ. Також були обрані роз'єднувачі ВН – РДЗ.1-110У/1000У1. Було обрано трансформатор струму ТШЛК-10 та трансформатори напруги НКФ-110-58У1 та НОМ-10-66У2. Трансформатори власних потреб - ТМ-25/10.

В даній бакалаврській роботі також було проведено розрахунок релейного захисту трансформатора. Було обрано релейний захист на базі ДЗТ-11 та обрано обладнання для нього.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів спеціальності 141–Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/Освітня програма «Електротехнічні системи електроспоживання»/ укладачі: І.Л. Лебединський, І.І. Борзенков – Суми: СумДУ, 2019. – 40 с.
2. ГОСТ 14209-85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки
3. Програма курсу, контрольні завдання і методичні вказівки до виконання курсового проекту «Електрична частина станцій та підстанцій» для студентів спеціальності 6.05070103 «Електротехнічні системи електроспоживання» усіх форм навчання / Укладачі: Д.В. Муриков, І.Л. Лебединський, П.О. Василега, С.М. Лебеда. – Суми: Вид-во СумДУ, 2017. – 34 с.
4. Основи проектування та експлуатації електричної частини електричних станцій: Навчально-методичний посіб. / Уклад.: М. В. Костерев, Є. І. Бардик, Ю. В. Безбереж'єв та ін. – К.: ІВЦ. “Видавництво «Політехніка»”, 2003. – 120 с.
5. Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. –608 с.: ил.
6. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1980. – 600 с., ил.
7. Шабад М.А. Трансформаторы тока в схемах релейной защиты, 2002.
8. Беляков Ю.С. Расчетные схемы замещения трансформаторов и автотрансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой и особенности расчета токов короткого замыкания с их учетом, 2001.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

9. Жуков С.Ф. Расчет защит трансформаторов и автотрансформаторов. Учебное пособие. – Мариуполь: 2001.

10. Методические указания к выполнению курсовой работы по курсу ‘Релейная защита и Автоматика’ Составители В.С. Ноздренков, В.И. Романовский – Сумы, СумГУ, 2008

11. Електропостачання : підручник / П. О. Василега. –Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с

12. ДСТУ 2790-94. Системи електропостачання номінальною напругою до 1000 В; джерела, мережі, перетворювачі та споживачі електричної енергії. Терміни та визначення.

13. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Згідно з наказом Міністерства палива та енергетики України від 25 липня 2006 року 258. – Київ, 2006. – 181

14. Черкасова Н.И. Электропитающие системы и электрические сети: Учебное пособие для студентов специальности 140211 всех форм обучения/Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2010. – 202 с.

15. Самонесущие изолированные провода. Издание пятое <https://www.el-com.ru/upload/iblock/35a/35ad810a1556a3cdc59ddcfb4214b358.pdf>

16. Методичні вказівки до проведення практичних занять з курсу “Електричні станції і підстанції” зі спеціальності 6.000008 “Енергоменеджмент” профілізації “Електроенергетичні системи” / Укладачі: Д.В.Муриков, І.Л.Лебединський, П.О.Василега. – Суми: Вид-во СумДУ, 2005.-93 с.

17. ГОСТ 14209-85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки (с Изменением N1). 14.Методичні вказівки до виконання курсового проекту “Понижувальна підстанція 35/110 кВ” з курсу «Електрична частина станцій та підстанцій (для студентів 3, 4 курсів денної та 4 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 “Електротехніка та електротехнології” зі спеціальності “Електротехнічні

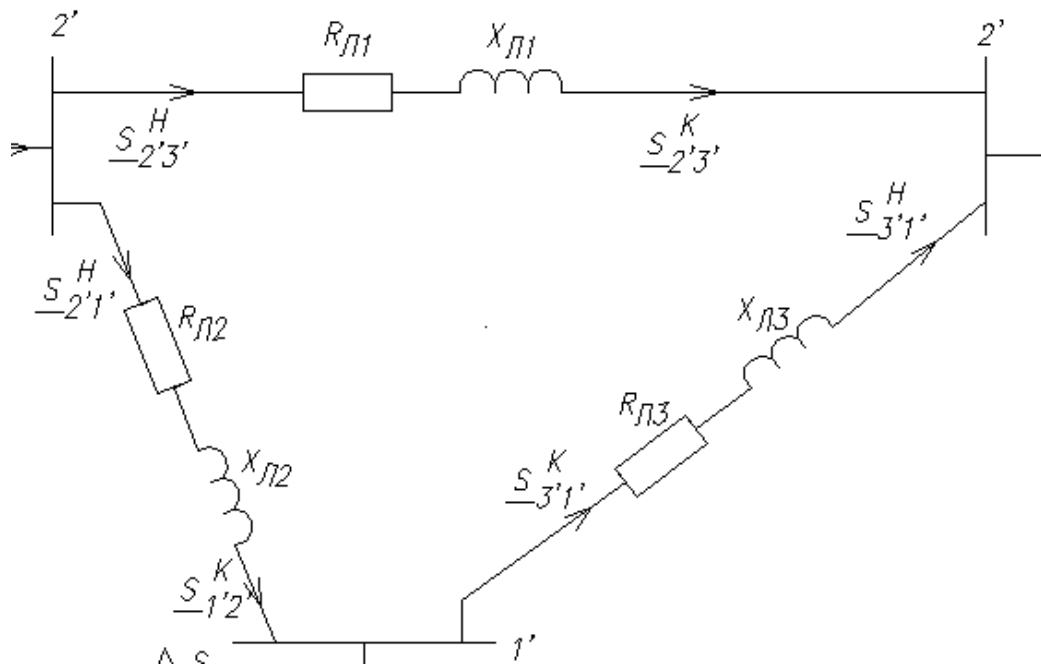
					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

системи електроспоживання”) / Харк. нац. ун-т міськ. госпа ім. О. М. Бекетова; уклад.: В. Г. Воропай, В. М. Гаряжа, Є. Д. Дьяков, В. В. Скопенко. – Х.: ХНУМГ, 2014. - 92 с.

18. Ефанов, А.В. Проектирование подстанции: учебное пособие для выполнения курсового проекта по дисциплине «Электрические станции и подстанции» / А.В. Ефанов. – Ставрополь: АГРУС, 2014.-70 с.

					БР 6.050701.235 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

ДОДАТОК А



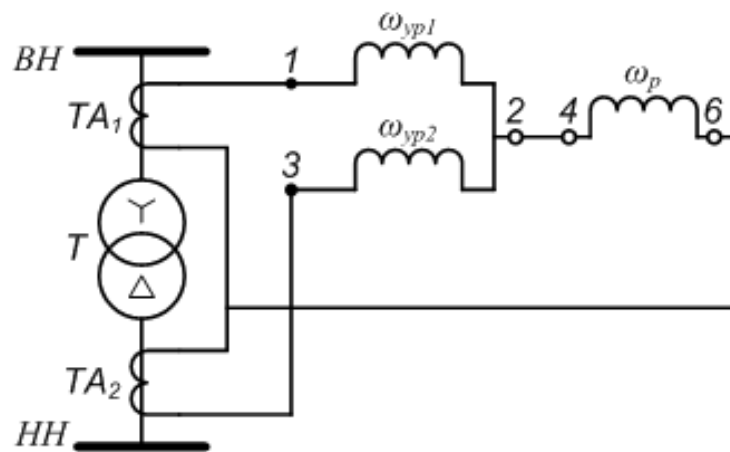
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР 6.050701.235 ПЗ

Арк.

66

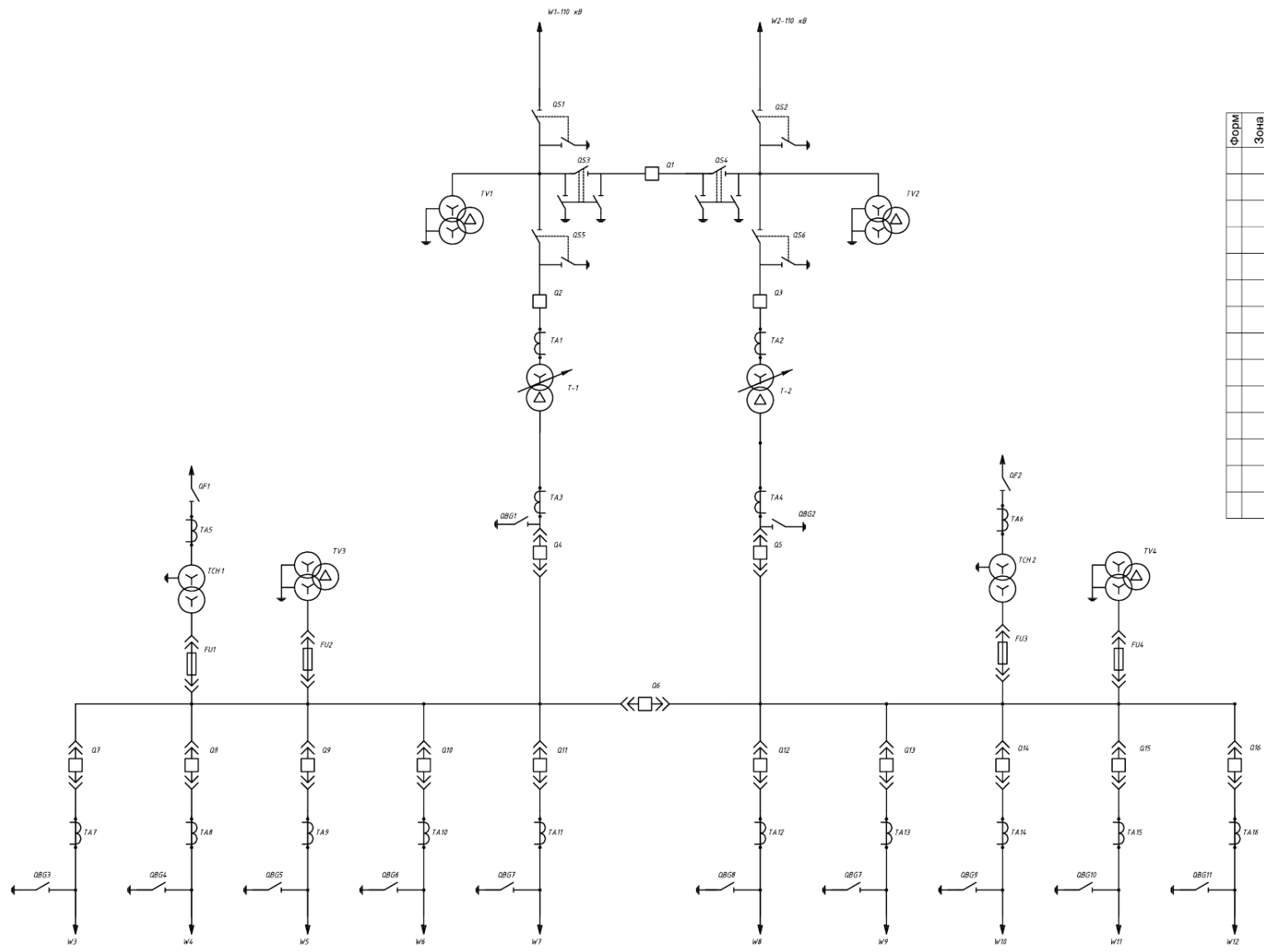
ДОДАТОК Б



Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР 6.050701.235 ПЗ

Арк.
67



Перелік апаратів

Форм.	Зона	Поз	Позначення	Найменування	К-ть	Прим
		1	T1, T2	Трансформатор силовий ТДН-16000/110	2	
		2	Q1...Q3	Вимикач МКП-110-10000-20ХЛ1	3	
		3	Q4, Q5	Вимикач ВЗ-10-3600-31,5-У3(Т3)	2	
		4	Q6	Вимикач ВВЗ-10-31,5/2000У3	1	
		5	Q7...Q16	Вимикач ВВЗ-10-31,5/630У3	10	
		6	QS1...QS6	Роз'єднувач зовн. РДЗ 1-110У/1000У1	6	
		7	TA1...TA2	Трансформатор струму ТФМ110Б-III	2	
		8	TV1, TV2	Трансформатор напруги НКФ-110-58У1	2	
		9	FU1...FU4	Розрядник вентиляний	2	
		10	QSG1...QSG3	Заземлювач однополюсний	3	
		11	TA3, TA4	Трансформатор струму ТШЛК-10	2	
		12	TA5...TA16	Трансформатор струму ТОЛ-10	12	
		13	T3, T4	Трансформатор власних потреб ТМ-25/10	2	
		14	TV3, TV4	Трансформатор напруги НОМ-10-66У2	2	

БР 6.050701.235 ПЗ

Зн	Арх	№ докум.	Підпис	Дата	Розроб	Серед	Перевр.	Василько	Лист	Арк	Масштаб
											1:1
Розрахунок параметрів та вибір електрообладнання системи електропостачання											
Затверд. Леbedьський											СумДУ ЕТЗ - 71 с