

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

Проект допущено до захисту
Зав. кафедрою електроенергетики
_____ І.Л. Лебединський
«__» _____ 20 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
тема «Розробка системи електропостачання
комплексу кол-центрів»

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав студент гр. ЕТдн-61п _____ С. М. Яцун

Керівник _____ к.т.н., доцент В.В. Волохін

Суми 2020

РЕФЕРАТ

с. 55, рис. 8, таблиць 17, джерел 11.

Бібліографічний опис: Яцун С.М. Розробка системи електропостачання комплексу кол-центрів [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спец.: 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / С.М. Яцун; наук. керівник В.В. Волохін. – Суми: СумДУ, 2020. – 55 с.

Ключові слова: електричні мережі, електроспоживачі, електроосвітлення, електропостачання, пристрій захисного відключення, струми короткого замикання;

электрические сети, электропотребители, электроосвещения, электроснабжения, устройства защитного отключения, токи короткого замыкания;

electric networks, electric consumers, electric lighting, power supply, arrangement of protective switching off, short-circuit currents;

Короткий огляд – Визначено електричні навантаження, параметри і характеристики електропостачання об'єкту. Розраховано та проведено вибір обладнання трансформаторних підстанцій різної потужності. Виконано розрахунок і перевірка перерізу кабелів, вибір апаратів захисту. Проведено техніко-економічне обґрунтування вибору схеми електроживлення комплексу. Розглянуто та проаналізовано інструкцію з охорони праці для електромонтера з ремонту та обслуговування електроустаткування.

Сумський державний університет

Центр заочної, вечірньої та дистанційної форми навчання

Кафедра електроенергетики

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою електроенергетики

_____ І.Л. Лебединський
“ ____ ” _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Яцуна Сергія Миколайовича

1 Тема роботи «Розробка системи електропостачання комплексу кол-центрів»

затверджено наказом по університету № _____ від _____

2 Термін здачі студентом завершеної роботи 06.06.2020 р.

3 Вихідні дані до роботи: генеральний план приміщень із зазначенням місць розташування основних електроприймачів (світильників, розеток); перелік електроприймачів із зазначенням їхньої потужності та кількості.

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

- Вступ;
- Розрахунок електричних навантажень;
- Розробка варіантів схем електропостачання;
- Техніко-економічне обґрунтування схеми електропостачання;
- Вибір електричного обладнання;
- Охорона праці;
- Висновки;
- Список використаної літератури.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним позначенням обов'язкових креслень)

- Варіанти схем електропостачання проектного об'єкта;
- Схема розподільної мережі 10 кВ.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи дипломного проекту	Термін виконання етапів роботи
1	Розрахунок електричних навантажень	06.05.2020
2	Розробка схем електропостачання	12.05. 2020
3	Розрахункова частина	19.05. 2020
4	Виконання креслень	26.05. 2020
5	Охорона праці	30.05. 2020
6	Оформлення пояснювальної записки	04.06. 2020

Студент-дипломник _____
(підпис)

Керівник проекту _____
(підпис)

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Розрахунок електричних навантажень та вибір трансформаторів	5
1.1 Розрахунок електричних навантажень	5
1.2 Вибір потужності трансформаторів	13
2 Обґрунтування вибору схеми електропостачання.....	15
2.1 Вибір схеми електропостачання.....	15
2.2 Розрахунок перерізу кабелю живлення	17
2.3 Розрахунок втрат електроенергії.....	20
3 Розрахункова частина	23
3.1 Розрахунок втрат потужностей в кабельних лініях.....	23
3.2 Розрахунок потужностей трансформаторних підстанцій	24
3.3 Розрахунок струмів КЗ	25
3.4 Вибір апаратів захисту	34
4 Інструкція з охорони праці для електромонтера з ремонту та обслуговування електроустаткування.....	42
4.1 Загальні положення.....	42
4.2 Вимоги безпеки перед початком роботи	44
4.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи	47
4.4 Вимоги безпеки після закінчення роботи.....	51
4.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	52
Висновки	55
Список літератури	55

БР 5.6.141.832 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум	Підпись	Дата
Разроботал	Яцун С.М.			
Руковод.	Волохін В.В.			
Реценз.				
Н. контр.				
Зав. каф	Лебединський			
Розробка системи електропостачання комплексу кол-центрів			Лит.	Лист
				3
			Листов	
			55	
ЕТдн – 61п				

Вступ

Сучасне суспільство важко представити без використання електричної енергії. Вона застосовується у всіх галузях народного господарства: у промисловості, у сільському господарстві, на транспорті, у будівництві, комунальному господарстві й побуті. Для нормального електропостачання споживачів створені більші електроенергетичні системи (ЕЕС). При функціонуванні цієї складної електроенергетичної системи пред'являються підвищені вимоги до надійності електропостачання і якості електричної енергії.

Одночасно із цим триваючий процес збільшення електричних навантажень, ріст одиничних потужностей агрегатів промислових підприємств, розширення й поглиблення електрифікації технологічних процесів, автоматизації й інформатизації у свою чергу пред'являють ще більш високі вимоги до надійності електропостачання і якості електричної енергії. З іншого боку, великий обсяг дорогого енергетичного будівництва, тривалі строки будівництва висувають вимоги економії капітальних вкладень і відшукування простих і сучасних рішень по розвитку й експлуатації систем електропостачання споживачів.

Завданням даної роботи є розробка надійної системи електропостачання комплексу будівель. Розглядається два варіанти зовнішнього електропостачання: змішаний варіант (радіальна і двопроменева схеми) і варіант підключення за двопроменевою схемою. Необхідно вирішити наступні задачі:

- провести розрахунок електричних навантажень;
- з двох варіантів системи електропостачання вибрати найбільш економічний;
- вибрати необхідне електричне обладнання;
- розрахувати ступінь короткого замикання та вибрати апарати захисту;
- вжити заходів з енергозбереження (в результаті впровадження сучасного електротехнічного устаткування, знижуються витрати на споживання електроенергії і експлуатаційні витрати на технічне обслуговування електромереж, покращуються умови роботи експлуатаційного персоналу).

Компенсація реактивної потужності для електроприймачів проєктованих громадських будівель не робиться.

					БР 5.6.141.832 ПЗ	<i>Лист</i>
						4
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1 Розрахунок електричних навантажень та вибір трансформаторів

1.1 Розрахунок електричних навантажень

Метою роботи є надійне електропостачання комплексу будівель, до якого входять 3 кол-центри, для простоти позначимо їх як «КЦ1», «КЦ2» та «КЦ3». Зовнішнє електропостачання 10 кВ забезпечує головна понижувальна підстанція (ГПП). Об'єкт має споживачів I і II категорії. Для безперебійної роботи I категорії передбачається додатковий дизель генератор, що живить окрім своїх споживачів ще і аварійне освітлення на основних шляхах пересування людей.

Знайдемо розрахункове електричне навантаження комплексу. Найменування електроприймачів і їх загальні встановлені потужності приведені в таблицях 1.1-1.3. Потужності по кожному електроприймачу окремо і їх кількість приведені в таблицях 1.4-1.6.

Таблиця 1.1 - Електроприймачі «КЦ1».

Найменування електроприймачів «КЦ1»	Сумарна встановлена потужність, кВт
Освітлення	399
Побутові розетки	126
Теплові завіси	315
Вентсистема	304
Кондиціонери	315
Ескалатори	24
Ліфти	31,2
Холодильні вітрини	72
Всього	1586,2

Таблиця 1.2 - Електроприймачі «КЦ2».

Найменування електроприймачів «КЦ2»	Сумарна встановлена потужність, кВт
Освітлення	104,5
Побутові розетки	36,1
Теплові завіси	72
Вентсистема	186
Кондиціонери	84
Всього	482,6

Таблиця 1.3 - Електроприймачі «КЦЗ».

Найменування електроприймачів «КЦЗ»	Сумарна Встановлена потужність, кВт
Освітлення	55,2
Побутові розетки	24
Теплові завіси	90
Вентсистема	96,5
Кондиціонери	78
Ліфти	15,6
Всього	359,3

1.1.1 Розрахунок електричних навантажень

Розрахунок електричних навантажень проведемо на прикладі «КЦІ». Розбиваємо електроприймачі на групи з урахуванням технологічного циклу і режиму роботи, визначаємо відповідно до режиму роботи ЕП коефіцієнт використання K_H (табл. 1.4).

Розрахований середньозважений коефіцієнт використання:

для гр.№1 (див. табл. 1.4)

$$K_H = \frac{\sum P_c}{\sum P_H} \quad (0.1)$$

$$K_H = \frac{434,83}{525,14} = 0,83$$

Визначаємо ефективне число електроприймачів:

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum P_H}{P_{H \text{ МАКС}}} \quad (0.2)$$

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot 525,14}{0,15} \approx 7002$$

Залежно від середньозваженого коефіцієнта використання $K_H = 0,83$ і ефективного числа електроприймачів $n_{\text{э}} = 7002$ визначається коефіцієнт розрахункового навантаження рівний $\kappa_p = 1$.

Середня активна (чи реактивна) потужність групи дорівнює сумі середніх активних (чи реактивних) потужностей ЕП, що входять до групи :

$$P_c = \sum_1^n P_c = 434,83 \text{ кВт}; \quad (0.3)$$

$$Q_C = \sum_1^n q_c = 165,82 \text{кВАр} \quad (0.4)$$

Розрахункова активна потужність груп ЕП напругою до 1 кВ

$$P_P = \kappa_P \cdot P_C \quad (0.5)$$

$$P_P = 1 \cdot 434,83 = 434,83 \text{кВт}$$

Середній тангенс φ :

$$\text{tg}\varphi = \frac{Q_C}{P_C} \quad (0.6)$$

$$\text{tg}\varphi = \frac{165,82}{434,83} = 0.38$$

Розрахункова реактивна потужність визначається таким чином.

Для мереж живлення напругою до 1 кВ в залежності від n_0 :

$$\text{при } n_0 \leq 10 \quad Q_P = 1,1 Q_C;$$

$$\text{при } n_0 > 10 \quad Q_P = Q_C.$$

$$Q_P = 1 \cdot 165,82 = 165,82 \text{кВАр}$$

Повне навантаження групи складе:

$$S_P = \sqrt{P_{P\Sigma}^2 + Q_{P\Sigma}^2} \quad (0.7)$$

$$S_P = \sqrt{434,83^2 + 165,82^2} = 465,37 \text{кВА}$$

Розрахунковий струм

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (0.8)$$

$$I_P = \frac{465,37}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 707,06 \text{А}$$

Розраховуємо потужність ЕП для інших груп і зводимо в таблицю 1.4.

Потужність навантаження, приведена до шин 0,4кВ ТП складає:

$$S_P = \sqrt{P_{P\Sigma}^2 + Q_{P\Sigma}^2} \quad (0.9)$$

$$S_P = \sqrt{1129,77^2 + 582,8^2} = 1271,23 \text{кВА}$$

Аналогічні розрахунки для «КЦ3» і «КЦ2» зводимо в розрахункову таблицю 1.5 і таблицю 1.6.

					MP 5.8.141.336 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Таблиця 1.4 - Розрахунок електричних навантажень «КЦП»

Замовлення		Початкові дані										Сер. потужність групи ЕП			Ефективне число електроприймачів	Коефіцієнт розрахункового навантаження	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм
		Кількість ЕП		Номінальна встановлена потужність		К _л	коefficient		tgφ	Активна		Q _c , квар	p ₃	к _p			Активна	Реактивна	Повна	
				Одного ЕП	Загальна роб/рез		cosφ	sinφ		P _н , кВт	P _в , кВт									
		P _{вст} , кВт	P _н , кВт	K _л	cosφ	tgφ	P _c , кВт	Q _c , квар	p ₃	к _p	P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА	I _p , А						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
Гр. №1																				
Світильник ARS/R 4x18	3961	0,072	285,2	0,90	0,43	256,67	109,34													
Світильник люм.2x36	264	0,072	19,0	0,90	0,43	17,11	7,29													
Світильник люм. Line 1x28	1353	0,028	37,9	0,90	0,33	34,10	11,21													
Світильник люм.2x26	365	0,052	19,0	0,90	0,43	17,08	7,28													
Прожектор МГЛ 150	70	0,15	10,5	0,90	0,62	9,45	5,86													
Світильник точковий 1x35	788	0,035	27,6	0,90	1	24,82	0,00													
Побутові розетки	2100	0,06	126,0	0,60	0,95	75,60	24,85													
Разом по Гр. №1	8901	0,469	525,14	0,83	0,38	434,83	165,82	7002	1	434,83	165,82	465,37	707,06							
Гр. №2																				
Теплова завіса	8	18	144	0,80	0,33	115,20	37,86													
Теплова завіса	6	9	54	0,80	0,33	43,20	14,20													
Теплова завіса	2	24	48	0,80	0,33	38,40	12,62													
Теплова завіса	3	15	45	0,80	0,33	36,00	11,83													
Теплова завіса	4	6	24	0,80	0,33	19,20	6,31													
Разом по Гр. №2	23	72	315	0,80	0,33	252,00	82,83	23	1	252,00	82,83	265,26	403,03							

Таблиця 1.5 - Розрахункова потужність «КЦЗ»

Початкові дані		За завданням технологів				За довідковими даними			Сер. потужність групи ЕП		Ефективне число електроприймачів	Коефіцієнт розрахункового навантаження	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм				
		Найменування характерних електроприймачів підключених до вузла живлення	Кількість ЕП	Номінальна встановлена потужність		Використання	коєфіцієнт		Активна	Реактивна			Рр, кВт	Qс, квар	Активна		Реактивна	Повна		
				Одного ЕП	Загальна раб/рез		cosφ	tgφ											Рс, кВт	Qс, квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
Гр. №1																				
Світильник ARS/R 4x18	766	0,072	55,2	0,90	0,92	0,43	21,15													
Побутові розетки	400	0,06	24,0	0,60	0,95	0,33	4,73													
Разом по Гр. №1	1166	0,132	79,15	0,81	0,93	0,40	25,88	1166	1	64,04	25,88	69,07	104,94							
Гр. №2																				
Теплова завіса	4	18	72	0,80	0,95	0,33	18,93													
Теплова завіса	2	9	18	0,80	0,95	0,33	4,73													
Разом по Гр. №2	6	27	90	0,80	0,95	0,33	23,67	6	1	72,00	23,67	75,79	115,15							
Гр. №3																				
Вентсистема з ел.нагрів.	1	21	21	0,65	0,95	0,33	4,49													
Вентсистема з ел.нагрів.	2	34	68	0,65	0,95	0,33	14,53													
Вентсистема водяна	1	7,5	7,5	0,65	0,8	0,75	3,66													
Разом по Гр. №3	4	62,5	96,5	0,65	0,94	0,36	22,67	4	1	62,73	22,67	66,70	101,33							

Продовження Таблиці 2.5 - Розрахункова потужність «КЦЗ»

Гр. №4																				
Кондиціонер	6	9	54	0,50	0,85	0,62	27,00	16,73												
Кондиціонер	4	6	24	0,50	0,85	0,62	12,00	7,44												
Ліфт	2	7,8	15,6	0,20	0,6	1,33	3,12	4,16												
Разом по Гр. №4	12	22,8	93,6	0,45	0,83	0,67	42,12	28,33	12	1	42,12	28,33	50,76	77,12						
разом по 0,4кВ	1188	112,4	359,3	0,67	0,92	0,42	240,88	100,54	1	1	240,88	110,60	265,06	402,71						
втрати в тр-рах											1,51	12,98	13	19,85						
разом приведена до 10 кВ											242,39	123,58	272,08	15,71						

Таблиця 1.6 - Розрахункова потужність «КЦ2»

Найменування характерних електроприймачів підключених до вузла живлення	Початкові дані										Сер. потужність групи ЕП				Коефіцієнт розрахункової навантаженні			Розрахункова потужність			Розрахунковий струм						
	За завданням технологів		Кількість ЕП		Номинальна встановлена потужність		За довідковими даними		коefficient		Активна		Реактивна		Ефективне число електроприймачів		Активна			Реактивна			Повна				
			Одного ЕП	Загальна раб/рез	Р _{уст} , кВт	Р _н , кВт	К _н	cosφ	tgφ	Р _с , кВт	Q _с , квар	Р _с , кВт	Q _с , квар	Р _р , кВт	Q _р , квар	Р _р , кВт	Q _р , квар	Р _р , кВт	Q _р , квар	Р _р , кВт		Q _р , квар	Р _р , кВт	Q _р , квар	Р _р , кВт	Q _р , квар	
	Р _{уст} , кВт	Р _н , кВт	К _н	cosφ	tgφ	Р _с , кВт	Q _с , квар	Р _с , кВт	Q _с , квар	Р _р , кВт	Q _р , квар	Р _р , кВт	Q _р , квар	Р _р , кВт	Q _р , квар	Р _р , кВт	Q _р , квар	Р _р , кВт	Q _р , квар	Р _р , кВт		Q _р , квар	Р _р , кВт	Q _р , квар	Р _р , кВт	Q _р , квар	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14														
Гр. №1																											
Світильник ARS/R 4x18	1451	0,072	104,5	0,90	0,92	94,02	40,05																				
Побутові розетки	602	0,06	36,1	0,60	0,95	21,67	7,12																				
Разом по Гр. №1	2053	0,132	140,59	0,82	0,93	115,70	47,18	2053	1	115,70	47,18	124,95	189,84														

1.2 Вибір потужності трансформаторів

1.2.1 Вибір потужності трансформаторів для «КЦ1»

Розрахункова потужність складає $S_p=1129,77$ кВт, $\cos\varphi=0.91$.

Категорія електропостачання I і II.

$$S_{ном.тр} \geq \frac{S_p}{n \cdot K_3} = \frac{1129,77}{2 \cdot 0,7} = 807 \text{кВА}$$

За шкалою потужності трансформаторів вибираємо трансформатор на 1000 кВА.

Коефіцієнт завантаження трансформаторів в цьому випадку складає:

$$K_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{ном.тр}} = \frac{1129,77}{2 \cdot 1000} = 0.56$$

Перевіримо можливість роботи в аварійному режимі:

$$1.4S_{НОМ.ТР} \geq S_p$$

$$1.4 \cdot 1000 = 1400 \text{кВА} > 1129.77 \text{кВА}$$

Трансформатор можна використовувати.

1.2.2 Вибір потужності трансформаторів для «КЦ2»

Розрахункова потужність складає $S_p=366,16$ кВт, $\cos\varphi=0.93$

Категорія електропостачання I і II.

Для двотрансформаторної підстанції і $K_3=0,7$ номінальна потужність вибраного трансформатора складатиме:

$$S_{ном.тр} \geq \frac{S_p}{n \cdot K_3} = \frac{366,16}{2 \cdot 0,7} = 261,54 \text{кВА} \quad (2.12)$$

За шкалою потужності трансформаторів вибираємо трансформатор на 400кВА.

Коефіцієнт завантаження трансформаторів в цьому випадку складає:

$$K_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{ном.тр}} = \frac{366,16}{2 \cdot 400} = 0.46 \quad (2.13)$$

Можливість роботи в аварійному режимі очевидна $S_p < S_{ном.тр}$

Спробуємо вибрати трансформатор на 250 кВА. Коефіцієнт завантаження в цьому випадку складе:

$$K_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{ном.тр}} = \frac{366,16}{2 \cdot 250} = 0.73$$

Перевіримо можливість роботи в аварійному режимі:

$$1.4S_{НОМ.ТР} \geq S_p \quad (2.14)$$

					БР 5.6.141.832 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		13

$$1.4 \cdot 250 = 350 \text{ кВА} < 366.16 \text{ кВА}$$

У аварійному режимі потужності трансформатора бракує, щоб забезпечити необхідне навантаження, тому остаточно вибираємо трансформатори по 400кВА.

1.2.3 Вибір потужності трансформаторів для «КЦЗ»

Розрахункова потужність складає $S_p = 265.06 \text{ кВт}$, $\cos\varphi = 0.92$

Категорія електропостачання I і II.

Для двотрансформаторної підстанції і $K_3 = 0,7$ номінальна потужність вибраного трансформатора складатиме:

$$S_{\text{ном.тр}} \geq \frac{S_p}{n \cdot K_3} = \frac{265,06}{2 \cdot 0,7} = 189,32 \text{ кВА}$$

За шкалою потужності трансформаторів вибираємо трансформатор на 250кВА.

Коефіцієнт завантаження трансформаторів в цьому випадку складає:

$$K_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{265,06}{2 \cdot 250} = 0.53$$

Перевіримо можливість роботи в аварійному режимі:

$$1.4 S_{\text{НОМ.ТР}} \geq S_p \quad 1.4 \cdot 250 = 350 \text{ кВА} > 265.06 \text{ кВА}$$

Трансформатор можна використовувати.

Перевіримо можливість використання трансформаторів потужністю 160кВА.

$$\text{Коефіцієнт завантаження : } K_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{\text{ном.тр}}} = \frac{265,06}{2 \cdot 160} = 0.83$$

Аварійний режим:

$$1.4 S_{\text{НОМ.ТР}} \geq S_p$$

$$1.4 \cdot 160 = 224 \text{ кВА} < 265.06 \text{ кВА}$$

За аварійним режимом трансформатор не проходить. Залишаємо трансформатор 250 кВА.

Характеристики обраних трансформаторів надані в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 - Характеристики трансформаторів

Трансформатор	Втрати ХХ, Вт.	Втрати КЗ, Вт.	Струм ХХ, %	Напруга КЗ, %
ТМГ 250кВА	550	3100	2,3	4,5
ТМГ 400 кВА	800	5500	2,1	4,5
ТМГ 1000 кВА	1550	10200	2	5,5

2 Обґрунтування вибору схеми електропостачання

2.1 Вибір схеми електропостачання

Категорія електроприймачів – I і II.

Розрахункове навантаження складає $S_p=1948,46\text{кВА}$.

Розглянемо дві схеми електропостачання

Варіант №1 має вигляд, як показано на рисунку 2.1.

Окремий кабельний ввід від ГПП на ТП2 «КЦ3» $l=2x1768\text{м}$. $S=265,06\text{кВА}$ і окремих кабельних ввідів від ГПП на ТП1 «КЦ1» і ТП3 «КЦ2» $l=2x1807\text{м}$. $S=1637,39\text{кВА}$ з підключенням за двопроменевою схемою.

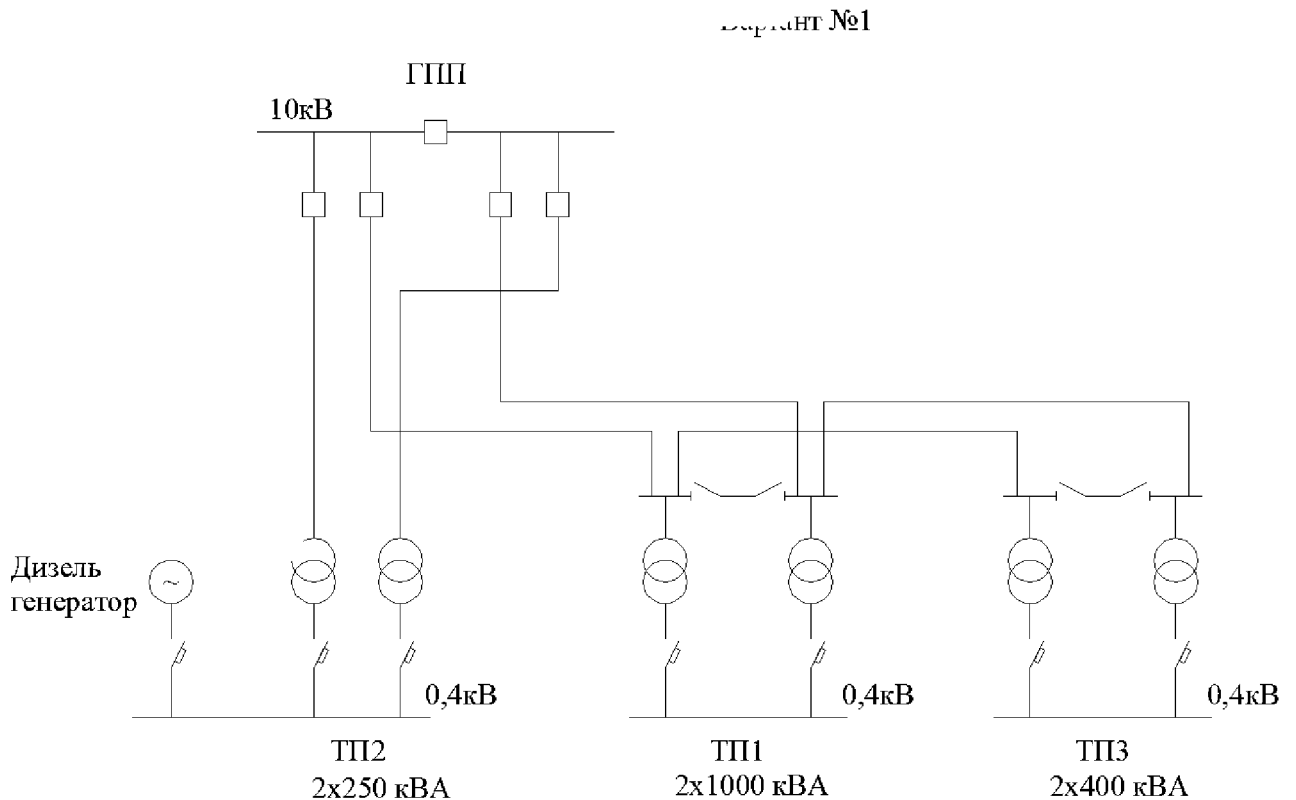


Рисунок 2.1 - Електрична схема підключення (1 варіант).

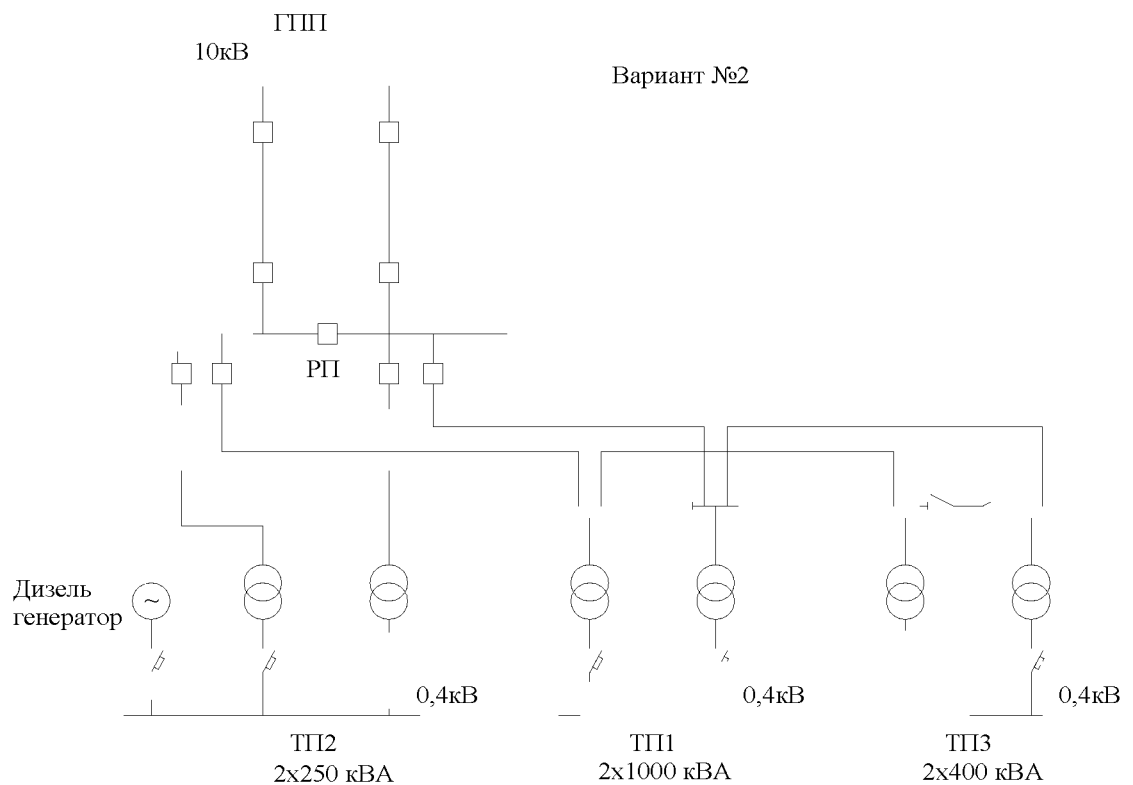
Використовуємо комірки КСО - 285, трансформатори ТМГ, кабель АПвЭП. Вартість устаткування зведемо до табл. 2.1.

					БР 5.6.141.832 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		15

Таблиця 2.1 - Вартість устаткування, варіант 1.

камера №	к-ть	ціна, у.о.	всього
8	6	223 700	1 342 200
9	6	55 700	334 200
6	4	194 400	777 600
24	4	43 400	173 600
Трансформатор			
(ТМГ) 400/6 - 10/0.4	2	187 000	374 000
(ТМГ) 250/6 - 10/0.4	2	147 000	294 000
(ТМГ) 1000/6 - 10/0.4	2	465 000	294 000
		всього	3 589 600
кабель			
АПвЭП-10 3x120	7480	520	3 889 600
		разом	7 479 200

Варіант № 2 представлено на рис. 2.2. Кабельний ввід на РП «КЦ3» $l=2 \times 1768 \text{ м}$, $S=1902,45 \text{ кВА}$ і підключення від РП за двопроменевою схемою ТП «КЦ1» і ТП «КЦ2».



Використовуємо комірки КСО - 285, трансформатори ТМГ, кабель АПвЭП. Вартість устаткування зведемо до табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Вартість устаткування, варіант 2.

камера №	к-ть	ціна, у.о.	всього
8	6	223 700	1 342 200
9	6	55 700	334 200
6	4	194 400	777 600
24	4	43 400	173 600
13	2	94 500	189 000
1	2	185 000	370 000
Трансформатор			
(ТМГ) 400/6 - 10/0.4	2	187 000	374 000
(ТМГ) 250/6 - 10/0.4	2	147 000	294 000
(ТМГ) 1000/6 - 10/0.4	2	465 000	294 000
		всього	4 148 600
кабель			
АПвЭП-10 3x120	3974	520	2 066 480
		разом	6 215 080

2.2 Розрахунок перерізу кабелю живлення

Спочатку розглянемо Варіант 2. Знайдемо необхідний переріз кабелю живлення, довжиною $L=1987\text{м}$ (2 кабелі), що прокладено від ГПП до РП. Дані по струмах на шинах джерел живлення наведені в розділі 1.

Дійсний час відключення лінії $t_{\text{л}}=0,7c_{\text{(захисту)}} + 0,03c_{\text{(вимикача)}} = 0,73\text{с}$.

Кількість кабелів $n=2$.

1. Розрахунковий струм одного кабелю :

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U \cdot n} \quad (2.1)$$

$$I_p = \frac{1948,46}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 56,24\text{А}$$

2. Перевіримо переріз по економічній щільності струму :

$$S = \frac{I}{J_{\text{ЭК}}} \quad (2.2)$$

де $J_{\text{ЭК}}$ - нормоване значення економічної щільності струму, А/мм² вибирається по ПУЕ і залежить від часу використання максимуму навантаження.

За показниками витрат електроенергії міст, використання річного максимуму навантаження складає 5400 годин. Тоді для кабелів з полівінілхлоридною ізоляцією з алюмінієвими жилами $J_{\text{ЭК}}=1,2$.

$$S = \frac{I}{J_{\text{ЭК}}} = \frac{56,24}{1,2} = 46,87 \text{ мм}^2$$

Вибираємо стандартний переріз кабелю в меншу сторону $S_{\text{ст}}=35\text{мм}^2$.

Для кабелю АПВЭВнг-10 3х35 прокладеного в землі допустимий тривалий струм складає $I_{\text{доп}}=119\text{А}$.

3. Перевірка на нагрів в нормальному режимі роботи кабелю.

Допустима тривала температура жили кабелю АПВЭП-10 складає 90 °С.

Для кабелю при t° землі 15 °С (тех. характеристики кабелю АПВЭП-10) поправочний коефіцієнт складе $K1=1,04$.

У районі прокладення кабелю пісчано-глинистий ґрунт вологістю 12-14%. По таблиці знаходимо поправочний коефіцієнт $K2=1$.

Є два працюючих кабелі, що лежать в землі на відстані 100мм. По таблиці знаходимо поправочний коефіцієнт $K3=0,9$.

Таким чином, фактично допустимий тривалий струм $I_{\text{фак.доп}}$ для кабелю в нормальному режимі перерізом 35мм², складає:

$$I_{\text{фак.доп}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,04 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 119 = 111,38\text{А}$$

Умова виконується оскільки $I_{\text{фак.доп}} \geq I_p \Rightarrow 111,38\text{А} \geq 56,24\text{А}$

4. Перевірка на нагрів в післяаварійному режимі (при виході з ладу одного кабелю).

Допустима температура кабелю в післяаварійному режимі складає 130 °С. Тривалість роботи кабелю в післяаварійному режимі не має бути більше 8 годин на добу і не більше 1000 годин за термін служби.

Коефіцієнт завантаження кабелю в нормальному режимі:

$$K_3 = \frac{I_p}{I_{\text{фак.доп}}} = \frac{56,24}{111,38} = 0,51 \quad (2.3)$$

Розрахунковий струм в післяаварійному режимі по кабелю складе.

$$I_p^* = I_p \cdot 2 = 56,24 \cdot 2 = 112,48\text{А} \quad (2.4)$$

У післяаварійному режимі кабель можна перевантажувати на 30%.

					БР 5.6.141.832 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		18

$$I_{\text{ФАК.ДОП.}}^* = 1,3 \cdot I_{\text{ФАК.ДОП.}} = 1,3 \cdot 111,38 = 144,8A \quad (2.5)$$

Умова виконується оскільки $I_{\text{ФАК.ДОП.}}^* \geq I_p^* \Rightarrow 144,8A \geq 112,48A$

5. Перевірка на термічну стійкість до струмів к.з. в післяаварійному режимі

$$S_{\text{ТУ}} = \frac{I_{\text{к.з.}} \cdot \sqrt{t_{\text{Д}}}}{C} \quad (2.6)$$

де $C=95$ - постійне значення для кабелів з алюмінієвими жилами 10кВ.
Час відключення лінії $t_{\text{Д}}=0,73\text{с}$.

$$S_{\text{ТУ}} = \frac{12500 \cdot \sqrt{0,73}}{95} = 112,42\text{мм}^2 \quad (2.7)$$

Умова $35\text{мм}^2 \geq 112,42\text{мм}^2$ не виконується, вибираємо кабель 120мм^2
 $I=232A$.

6. Перевірка кабелю по втраті напруги в аварійному режимі.

$$\Delta U\% = \Delta U^* \cdot L \cdot S_p^* \quad (2.8)$$

$$S_p^* = \frac{S_p}{n} = \frac{1948,46}{1} = 1948,46\text{кВА} \quad (2.9)$$

$L=1,987$ км,

n - кількість кабелів,

S_p^* - потужність, що передається по одній кабельній лінії,

$\Delta U^*=0,3$ таблична питома величина втрати напруги МВт км для ліній 6-10кВ.

$$\Delta U\% = 0,3 \cdot 1,987 \cdot 1,94846 = 1,16\%$$

Умова по втраті напруги виконується.

При виконанні аналогічних розрахунків для схеми Варіант 1 отримаємо наступну інформацію.

Оскільки вживані на ГПП вакуумні вимикачі одного типу з повним часом відключення 0,73 с, то при перевірці на термічну стійкість отримаємо ті ж $S_{\text{ТУ}} = 112,42\text{мм}^2$. При перевірці на нагрів в післяаварійному режимі струм буде однозначно менше ніж у варіанті 2 оскільки використовуються дві лінії живлення: одна на ТП1 інша на ТП2. Це означає, що переріз кабелю такий же, як і у варіанті 2.

					БР 5.6.141.832 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		19

2.3 Розрахунок втрат електроенергії

2.3.1 Втрати в лініях електропередачі.

Втрати електричної енергії в лінії розраховуємо за часом найбільших втрат.

$$\Delta W_{л} = \frac{S^2}{U^2} \cdot R_{л} \cdot \tau_{\max} \quad (2.10)$$

S – максимальна потужність, що передається по електричній мережі;

U – напруга електромережі;

$R_{л}$ – активний опір лінії.

Для типових графіків навантаження τ , час найбільших втрат, визначається по наступній формулі:

$$\tau_{\max} = (0.124 + T \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 \quad (2.11)$$

T – час використання максимального навантаження.

Варіант 1.

$$T = 5400 \text{ год.}$$

Лінія 1 від ГПП до ТП2 $l = 2 \times 1768 \text{ м. } S = 265.06 \text{ кВА.}$

Лінія 2 від ГПП до ТП1 $l = 2 \times 1807 \text{ м. } S = 1637.39 \text{ кВА.}$

Лінія 3 від ТП1 до ТП3 $l = 2 \times 165 \text{ м. } S = 366.16 \text{ кВА.}$

Активний опір кабелю $r_0 = 0.253 \text{ Ом/км.}$

$$R_{л(1)} = r_0 \cdot \frac{l}{2} = 0.253 \cdot \frac{1.768}{2} = 0.223 \text{ Ом};$$

$$R_{л(2)} = r_0 \cdot \frac{l}{2} = 0.253 \cdot \frac{1.807}{2} = 0.228 \text{ Ом};$$

$$R_{л(3)} = r_0 \cdot \frac{l}{2} = 0.253 \cdot \frac{0.165}{2} = 0.021 \text{ Ом};$$

$$\tau_{\max} = (0.124 + 5400 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 3862,24 \text{ год.};$$

$$\Delta W_{л(1)} = \frac{S^2}{U^2} \cdot R_{л} \cdot \tau = \frac{265,06^2}{10^2} \cdot 0,223 \cdot 3862,24 = 605107,5 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \approx 605,11 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\Delta W_{л(2)} = \frac{1637,39^2}{10^2} \cdot 0,228 \cdot 3862,24 = 23609042 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \approx 23609 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\Delta W_{л(3)} = \frac{366,16^2}{10^2} \cdot 0,021 \cdot 3862,24 = 108742,8 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \approx 108,7 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Загальні втрати електроенергії в лініях:

$$\Delta W_{л(\text{всг})} = \Delta W_{л(1)} + \Delta W_{л(2)} + \Delta W_{л(3)} = 605,11 + 23609 + 108,7 = 24322,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

					БР 5.6.141.832 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		20

Варіант 2.

$$T = 5400 \text{ год.}$$

Лінія 1 від ГПП до РП $l = 2 \times 1768 \text{ м. } S = 1902,45 \text{ кВА.}$

Лінія 2 від РП до ТП1 $l = 2 \times 54 \text{ м. } S = 1637,39 \text{ кВА.}$

Лінія 3 от ТП1 до ТП3 $l = 2 \times 165 \text{ м. } S = 366,16 \text{ кВА.}$

$$R_{Л(1)} = r_0 \cdot \frac{l}{2} = 0,253 \cdot \frac{1,768}{2} = 0,223 \text{ Ом};$$

$$R_{Л(2)} = r_0 \cdot \frac{l}{2} = 0,253 \cdot \frac{0,054}{2} = 0,0068 \text{ Ом};$$

$$R_{Л(3)} = r_0 \cdot \frac{l}{2} = 0,253 \cdot \frac{0,165}{2} = 0,021 \text{ Ом};$$

$$\Delta W_{Л(1)} = \frac{S^2}{U^2} \cdot R_{Л} \cdot \tau = \frac{1902,45^2}{10^2} \cdot 0,223 \cdot 3862,24 = 31172427,5 \text{ Вт} \cdot \text{год} \approx 31172,4 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\Delta W_{Л(2)} = \frac{1637,39^2}{10^2} \cdot 0,0068 \cdot 3862,24 = 704129 \text{ Вт} \cdot \text{год} \approx 704,1 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$\Delta W_{Л(3)} = \frac{366,16^2}{10^2} \cdot 0,021 \cdot 3862,24 = 108742,8 \text{ Вт} \cdot \text{год} \approx 108,7 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Загальні втрати електроенергії в лініях:

$$\Delta W_{Л(\text{всг2})} = \Delta W_{Л(1)} + \Delta W_{Л(2)} + \Delta W_{Л(3)} = 31172,4 + 704,1 + 108,7 = 31985,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

2.3.2 Втрати в електроенергії в трансформаторах

$$\Delta W_{\text{тр}} = n \Delta P_{\text{xx}} T_{\text{год}} + \frac{1}{n} \Delta P_{\text{кз}} \left(\frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{н}}} \right)^2 \tau_{\text{max}} \quad (2.12)$$

$$T_{\text{год}} = 8760 \text{ год.}$$

де ΔP_{xx} – втрати холостого ходу кВт;

$\Delta P_{\text{кз}}$ – втрати короткого замикання кВт;

S_{max} – максимальне електричне навантаження МВА;

$S_{\text{н}}$ – номінальна потужність трансформатора МВА;

n – кількість трансформаторів.

Таблиця 2.3 - Паспортні дані трансформаторів

Трансформатор	Втрати ХХ, Вт.	Втрати КЗ, Вт.	Струм ХХ, %	Напруга КЗ, %
ТМГ 250кВА	550	3100	2,3	4,5
ТМГ 400 кВА	800	5500	2,1	4,5
ТМГ 1000 кВА	1550	10200	2	5,5

ТП1- два тр-ра ТМГ $S_H=1000\text{кВА}$ $S_{\text{max}}=1271.23\text{кВА}$;

ТП2- два тр-ра ТМГ $S_H=250\text{кВА}$ $S_{\text{max}}=265,06\text{кВА}$;

ТП3- два тр-ра ТМГ $S_H=400\text{кВА}$ $S_{\text{max}}=366,16\text{кВА}$.

Варіант 1 і Варіант 2

Втрати по варіантах рівні і складають:

$$\Delta W_{\text{тр.ТП1}} = n \Delta P_{\text{xx}} T_{\text{год}} + \frac{1}{n} \Delta P_{\text{кз}} \left(\frac{S_{\text{max}}}{S_H} \right)^2 \tau_{\text{max}} =$$
$$= 2 \cdot 1,55 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 10,2 \cdot \left(\frac{1,271}{1} \right)^2 \cdot 3862,24 = 58976 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$
(2.13)

$$\Delta W_{\text{тр.ТП2}} = 2 \cdot 0,55 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 3,1 \cdot \left(\frac{0,265}{0,25} \right)^2 \cdot 3862,24 = 16362.4 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік};$$

$$\Delta W_{\text{тр.ТП3}} = 2 \cdot 0,8 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 5,5 \cdot \left(\frac{0,366}{0,4} \right)^2 \cdot 3862,24 = 22908.3 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Загальні втрати електроенергії в трансформаторах:

$$\Delta W_{\text{ТР(вар1)}} = \Delta W_{\text{ТР(вар2)}} = \Delta W_{\text{ТР(ТП1)}} + \Delta W_{\text{ТР(ТП2)}} + \Delta W_{\text{ТР(ТП3)}} =$$
$$= 58976 + 16362.4 + 22908.3 = 98246.7 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$
(2.14)

2.3.3 Сумарні втрати електроенергії

Варіант 1

$$\Delta W_{\text{сум(вар1)}} = \Delta W_{\text{Л(вар1)}} + \Delta W_{\text{ТР(вар1)}} = 24322,8 + 98246.7 = 122569.5 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Варіант 2

$$\Delta W_{\text{сум(вар2)}} = \Delta W_{\text{Л(вар2)}} + \Delta W_{\text{ТР(вар2)}} = 31985,2 + 98246.7 = 130232 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

Як висновок, до даного розділу можна сказати наступне. В даному випадку варіанти схем електропостачання відрізняються довжиною кабелю, втратами електроенергії і кількістю використовуваних комірок КСО. Переріз кабелю, кількість і потужність трансформаторів однакова. Хоча втрати електроенергії в дорожчому варіанті І менші (що в деяких випадках може мати перевагу в період експлуатації), але за термін служби електроустаткування, варіант І не компенсує за рахунок менших втрат електроенергії вартість варіанту ІІ. Тому остаточно вибираємо дешевший варіант ІІ.

3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок втрат потужностей в кабельних лініях

Втрати в кабельних лініях (одна лінія в роботі)

$$\Delta S_{л} = \frac{S_{\text{РП}}^2}{U^2} \cdot Z_{л} \quad (3.1)$$

$$Z_{л} = \sqrt{R_{л}^2 + X_{л}^2} \quad (3.2)$$

Активний опір кабелю $r_0=0.253$ Ом/км.

Індуктивний опір $x_0=0,083$ Ом/км.

3.1.1 Лінія 1 від ТП1 до ТП3

$l=0,165$ км, $S_{\text{пр}(1)}=375,8$ кВА, $R_{л(1)}=0.0417$ Ом, $X_{л(1)}=0.0137$ Ом

$$Z_{л(1)} = \sqrt{0,0417^2 + 0,0137^2} = 0,0439 \text{ Ом}$$

$$\Delta S_{л(1)} = \frac{375,8^2}{10^2} \cdot 0,0439 \cdot 10^{-3} = 0,062 \text{ кВА}$$

3.1.2 Лінія 2 від ТП1 до РП

$l=0,054$ км, $R_{л(2)}=0.0137$ Ом, $X_{л(2)}=0.0045$ Ом

$$Z_{л(2)} = \sqrt{0,0137^2 + 0,0045^2} = 0,0144 \text{ Ом}$$

До лінії 2 підключено два навантаження $S_{\text{пр.э}} \llcorner \text{«КЦ2»}$ і $S_{\text{пр.с}} \llcorner \text{«КЦ1»}$

Сумарна потужність на шинах 10кВ ТП1 з урахуванням втрат в кабельних лініях від «КЦ2» складе:

$$S_{\text{Р.СУМ}} = S_{\text{пр.э}} + S_{\text{пр.с}} + \Delta S_{л(1)} = 375,8 + 1300,1 + 0,062 = 1675,96 \text{ кВА}$$

Знаходимо втрати в лінії 2:

$$\Delta S_{л(2)} = \frac{1675,96^2}{10^2} \cdot 0,0144 \cdot 10^{-3} = 0,4 \text{ кВА}$$

Потужність приєднана до РП складе:

$$S_{(2)} = S_{\text{Р.СУМ}} + \Delta S_{л(2)} = 1675,96 + 0,4 = 1676,36 \text{ кВА}$$

3.1.3 Лінія 3 від ГПП до РП

$l=1,768$ км, $R_{л(3)}=0.447$ Ом, $X_{л(3)}=0.147$ Ом

$$Z_{л(3)} = \sqrt{0,447^2 + 0,147^2} = 0,47 \text{ Ом}$$

					БР 5.6.141.832 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		23

$$\Delta S_{Л(3)} = \frac{S^2}{U^2} \cdot Z_{Л} = \frac{1948,46^2}{10^2} \cdot 0,47 \cdot 10^{-3} = 17,84 \text{кВА}$$

Споживана розрахункова потужність РП з обліком (Спр.к офісу «КЦЗ») від ГПП (без урахування втрат в лінії 3) складатиме:

$$S = \text{Спр.к} + S(2) = 272,1 + 1676,36 = 1948,46 \text{кВА.}$$

3.2 Розрахунок потужностей трансформаторних підстанцій

Проведемо розрахунок втрат потужності в трансформаторах на прикладі «КЦ2»

Активні і реактивні втрати в ТП визначаються по формулах:

$$\Delta P = \Delta P_{XX} + \Delta P_{КЗ} \cdot K_3^2 \quad (3.3)$$

$$\Delta Q = \Delta Q_{XX} + \Delta Q_{КЗ} \cdot K_3^2 \quad (3.4)$$

$$\Delta Q_{XX} = \frac{S_{HT} \cdot I_{XX} \%}{100} \quad (3.5)$$

$$\Delta Q_{КЗ} = \frac{S_{HT} \cdot U_{КЗ} \%}{100} \quad (3.6)$$

де ΔP_{XX} - активні втрати холостого ходу, кВт; $\Delta P_{КЗ}$ - активні втрати КЗ, кВт; K_3 - коефіцієнт завантаження; I_{XX} - струм холостого ходу у відсотках; $U_{КЗ}$ - напруга КЗ у відсотках.

Для n паралельно працюючих трансформаторів :

$$\Delta P = n \cdot \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} \Delta P_{КЗ} \cdot K_3^2 \quad (3.7)$$

$$\Delta Q = n \cdot \Delta Q_{XX} + \frac{1}{n} \Delta Q_{КЗ} \cdot K_3^2 \quad (3.8)$$

$$\Delta P = 2 \cdot 1,55 + \frac{1}{2} 10,2 \cdot 0,64^2 = 5,19 \text{кВт} \quad (3.9)$$

$$\Delta Q_{XX} = \frac{1000 \cdot 2\%}{100} = 20 \text{кВАр}$$

$$\Delta Q_{КЗ} = \frac{1000 \cdot 5,5\%}{100} = 55 \text{кВАр}$$

$$\Delta Q = 2 \cdot 20 + \frac{1}{2} 55 \cdot 0,64^2 = 51,26 \text{кВАр}$$

Повну розрахункову потужність з урахуванням втрат в трансформаторах, приведену до шин РП 10 кВ ТП заносимо до таблиці 3.1, де ТП1 - «КЦ1», ТП2 - «КЦ3», ТП3 - «КЦ2».

					БР 5.6.141.832 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Таблиця 3.1 - Розрахункова потужність ТП.

№ ТП	S_p , кВА	Кількість трансформаторів	$S_{тр}$, кВА	K_3 трансформатора	ΔP_T	ΔQ_T	$S_{гр}$ до 10кВ
ТП- 1	1129,8	2	1000	0,596	5,19	51,26	1300,1
ТП- 2	265,1	2	250	0,513	1,51	12,98	272,1
ТП- 3	366,2	2	400	0,442	2,14	18,56	375,8

3.3 Розрахунок струмів КЗ

Для розрахунку струмів к.з. складаємо схему заміщення вибраного варіанту електропостачання. На схемі відмічаємо усі вірогідні точки к.з. Після цього перетворимо схему до спрощеного варіанту. Розраховуємо струми в цих точках.

3.3.1 Вибір базисних величин

$$U_б = 10,5 \text{ кВ} \quad S_б = 100 \text{ МВА}$$

$$U_{\partial N} = \frac{1}{n_1 n_2 \dots n_m} U_{б,осн}, \quad (3.10)$$

$$n = \frac{U_{ТР.Н}}{U_{ТР.В}} \quad (3.11)$$

де n_1, n_2, \dots, n_m - коефіцієнти трансформації трансформаторів (автотрансформаторів), ввімкнених каскадно між основною і N-м ступенями напруги;

$$n = \frac{U_{ТР.Н}}{U_{ТР.В}} = \frac{0,4}{10} = 25$$

$$U_{Б1} = U_Б = E_C = 10,5 \text{ кВ}$$

$$U_{Б2} = \frac{1}{n_1} U_{Б1} = \frac{1}{25} \cdot 10,5 = 0,42 \text{ кВ}$$

$$I_{Б1} = \frac{S_Б}{\sqrt{3} \cdot U_{Б1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА}$$

$$I_{Б2} = \frac{S_Б}{\sqrt{3} \cdot U_{Б2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,42} = 137,46 \text{ кА}$$

Розраховуємо опір усіх елементів схеми заміщення.

Система:

$$I_{K3}^{(3)} = 12,5 \text{ кА} \quad U_{CP.HOM} = 10,5 \text{ кВ}$$

$$X_C = \frac{U_{CP.HOM}}{\sqrt{3} \cdot I_{K3}^{(3)}} = \frac{U_{CP.HOM}^2}{S_{K3}^{(3)}} \quad (3.12)$$

Де $U_{CP.HOM}$ - середня номінальна напруга мережі, кВ, відповідного ступеня напруги, у вузлі якої відоме значення $I_{K3}^{(3)}$ чи $S_{K3}^{(3)}$ при цьому ЕРС системи слід приймати рівною середній номінальній напрузі мережі відповідного ступеня напруги.

$$X_C = \frac{U_{CP.HOM}}{\sqrt{3} \cdot I_{K3}^{(3)}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 12,5} = 0,485 \text{ Ом}$$

$$E_C^* = \frac{U_B}{U_{B1}} = \frac{10,5}{10,5} = 1 \text{ oe} \quad (3.13)$$

$$X_C^* = X_C \cdot \frac{S_B}{U_B^2} = 0,485 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,439 \text{ oe} \quad (3.14)$$

Трансформатори:

$$X_T = \frac{U_K \% \cdot U_{HOM.T}^2}{100 \cdot S_{HOM.T}} \quad (3.15)$$

$U_{HOM.m}$ (кВ) - номінальна міжфазна напруга сторони трансформатора, до якої наводиться опір трансформатора (як правило, це сторона високої напруги);

$S_{HOM.m}$ (МВА) - номінальна потужність трифазного трансформатора або трифазної групи однофазних трансформаторів ;

U_k - напруга КЗ, % номінальної напруги;

$$X_{T1} = \frac{U_K \% \cdot U_{HOM.T}^2}{100 \cdot S_{HOM.T}} = \frac{5,5 \cdot 10^2}{100 \cdot 1} = 5,5 \text{ Ом}$$

$$X_{T2} = \frac{4,5 \cdot 10^2}{100 \cdot 0,25} = 18 \text{ Ом}$$

$$X_{T3} = \frac{4,5 \cdot 10^2}{100 \cdot 0,4} = 11,25 \text{ Ом}$$

$$X_{T1}^* = X_{T1} \cdot \frac{S_B}{U_{B1}^2} = 5,5 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 4,99 \text{ oe}$$

$$X_{T2}^* = X_{T2} \cdot \frac{S_B}{U_{B1}^2} = 18 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 16,32 \text{ oe}$$

$$X_{T3}^* = X_{T3} \cdot \frac{S_B}{U_{B1}^2} = 11,25 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 10,2 \text{ oe}$$

					БР 5.6.141.832 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		26

Кабельні лінії:

$$X_{Л1}^* = X_{Л1} \cdot \frac{S_B}{U_{Б1}^2} = 0,0137 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0136oe \quad (3.16)$$

$$X_{Л2}^* = 0,004oe$$

$$X_{Л3}^* = 0,146oe$$

$$R_{Л1}^* = R_{Л1} \cdot \frac{S_B}{U_{Б1}^2} = 0,0417 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0416oe \quad (3.17)$$

$$R_{Л2}^* = 0,0136oe$$

$$R_{Л3}^* = 0,445oe$$

$$z_{Л1} = \sqrt{x_{Л1}^2 + r_{Л1}^2} = \sqrt{0,0136^2 + 0,041^2} = 0,0431oe \quad (3.18)$$

$$z_{Л2} = \sqrt{x_{Л2}^2 + r_{Л2}^2} = \sqrt{0,004^2 + 0,0136^2} = 0,0142oe$$

$$z_{Л3} = \sqrt{x_{Л3}^2 + r_{Л3}^2} = \sqrt{0,146^2 + 0,445^2} = 0,468oe$$

Навантаження:

$$X_{H1}^* = 0,35 \cdot \frac{S_B}{S_{H1}} = 0,35 \cdot \frac{100}{0,265} = 136,72oe \quad (3.19)$$

$$E_{H1}^* = 0,85 \cdot \frac{U_{CP.HOM.H}}{U_{Б2}} = 0,85 \cdot \frac{0,4}{0,42} = 0,83oe \quad (3.20)$$

$$X_{H2}^* = 29,37oe$$

$$E_{H2}^* = 0,83oe$$

$$X_{H3}^* = 98,92oe$$

$$E_{H3}^* = 0,83oe$$

3.3.2 Складання схеми заміщення

При складанні схеми заміщення для нормального режиму роботи використовуємо розрахункові значення елементів в *о.е.* (рис. 3.1). Також складемо схему заміщення на прикладі розрахунку к.з. в точці К5 (рис. 3.2).

					БР 5.6.141.832 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		27

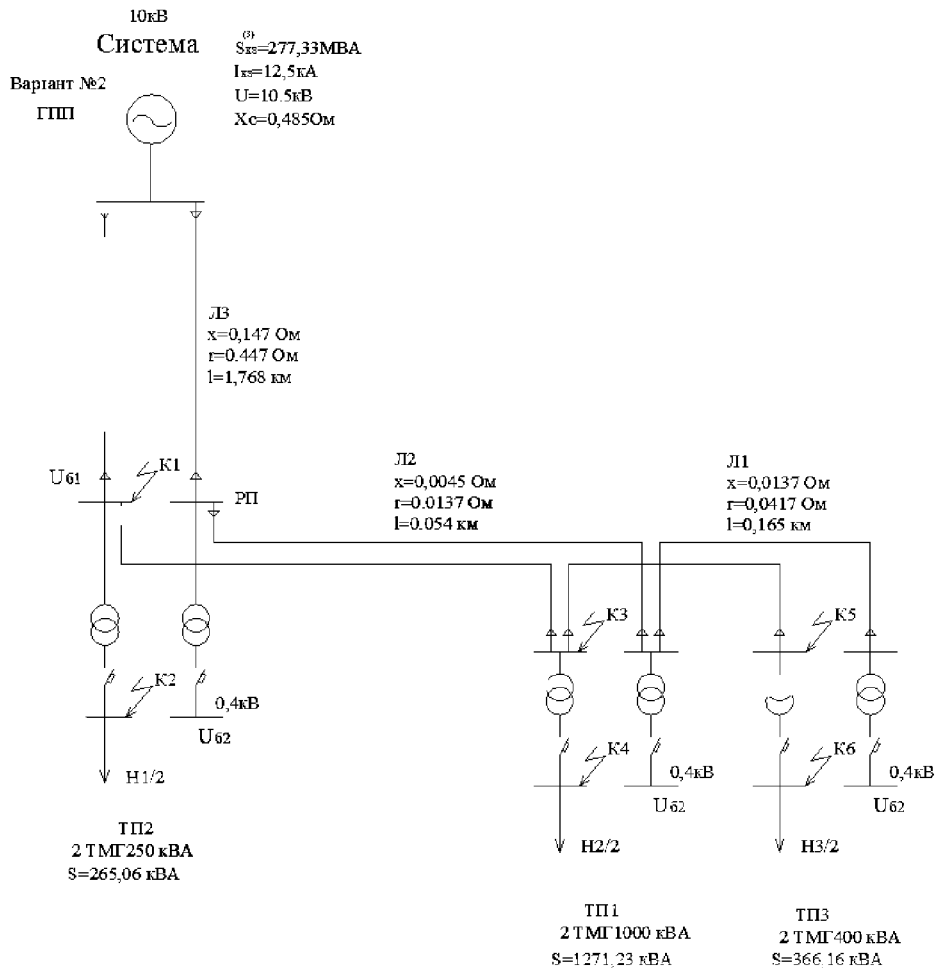


Рисунок 3.1 - Схема розподільної мережі для розрахунку струмів к.з.

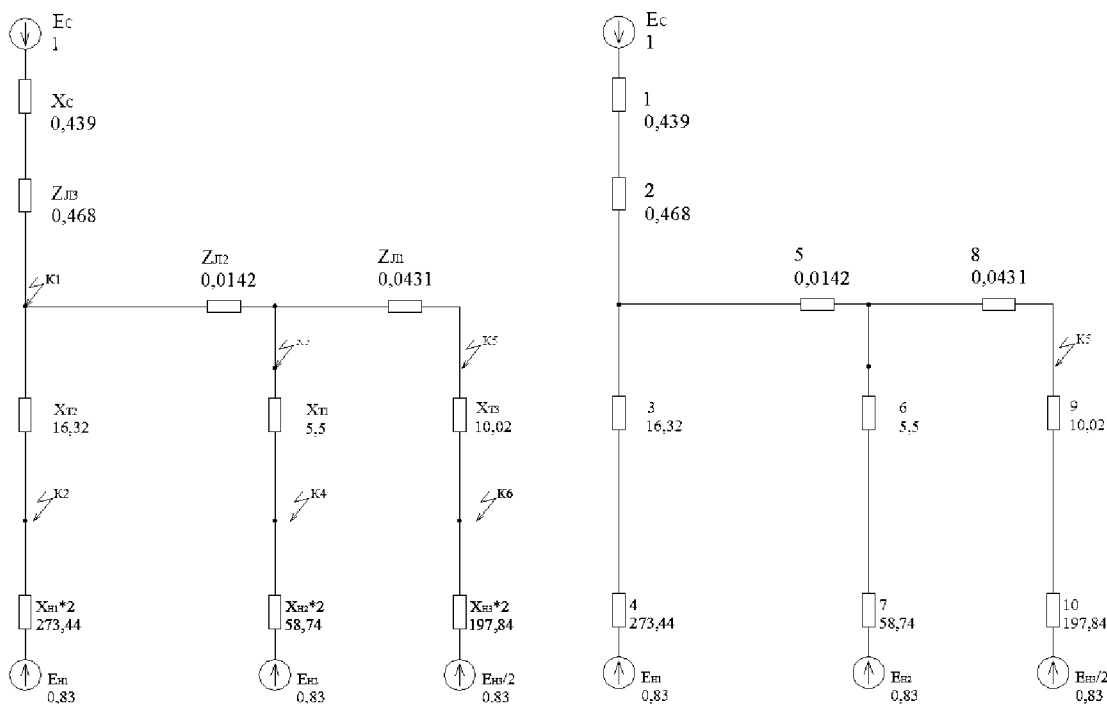


Рисунок 3.2 - Схема для розрахунку струму КЗ в точці 5.

$$X_{11} = X_3 + X_4 = 16,32 + 273,44 = 289,76 \text{ o.e}$$

$$X_{12} = X_1 + X_2 = 0,439 + 0,468 = 0,907 \text{ o.e}$$

$$X_{13} = X_9 + X_{10} = 10,2 + 197,84 = 208,04 \text{ o.e}$$

$$X_{16} = X_6 + X_7 = 5,5 + 58,74 = 64,24 \text{ o.e}$$

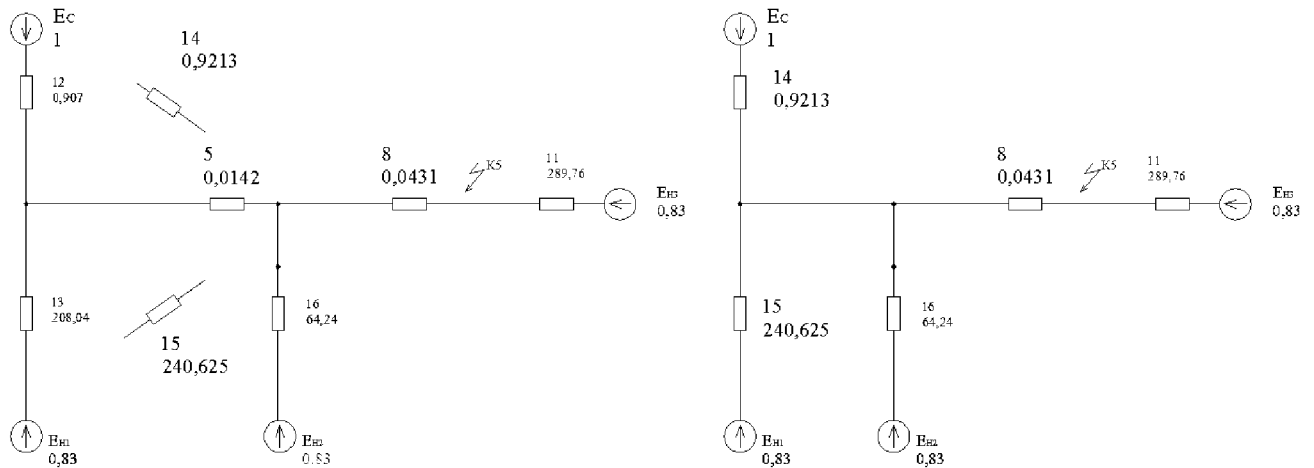


Рисунок 3.3 - Спрощена схема заміщення, для розрахунку струму $K3$ в точці 5.

Знаходимо еквівалентні опори X_{14} і X_{15} методом коефіцієнтів розподілу.

$$X_{14} = X_5 + X_{12} + \frac{X_5 \cdot X_{12}}{X_{13}} = 0,0142 + 0,907 + \frac{0,0142 \cdot 0,907}{208,04} = 0,921 \text{ o.e}$$

$$X_{15} = X_5 + X_{13} + \frac{X_5 \cdot X_{13}}{X_{12}} = 0,0142 + 208,04 + \frac{0,0142 \cdot 208,04}{0,907} = 240,63 \text{ o.e}$$

Перетворимо вітки схеми заміщення з ЕРС навантаження E_{H1} і E_{H2} . Оскільки $E_{H1} = E_{H2}$

тоді:

$$X_{17} = \frac{1}{\frac{1}{X_{15}} + \frac{1}{X_{16}}} = \frac{1}{\frac{1}{240,63} + \frac{1}{64,24}} = 50,7 \text{ o.e}$$

Знаходимо еквівалентні опори X_{18} і X_{19} методом коефіцієнтів розподілу.

$$X_{18} = X_8 + X_{14} + \frac{X_8 \cdot X_{14}}{X_{17}} = 0,0431 + 0,921 + \frac{0,0431 \cdot 0,921}{50,7} = 0,965 \text{ o.e}$$

$$X_{19} = X_8 + X_{17} + \frac{X_8 \cdot X_{17}}{X_{14}} = 0,0431 + 50,7 + \frac{0,0431 \cdot 50,7}{0,921} = 53,119 \text{ o.e}$$

Перетворимо вітки схеми заміщення з ЕРС навантаження E_{H1} , E_{H2} і E_{H3} .

$$X_{20} = \frac{1}{\frac{1}{X_{11}} + \frac{1}{X_{19}}} = \frac{1}{\frac{1}{289,76} + \frac{1}{53,119}} = 44,89 \text{ o.e.}$$

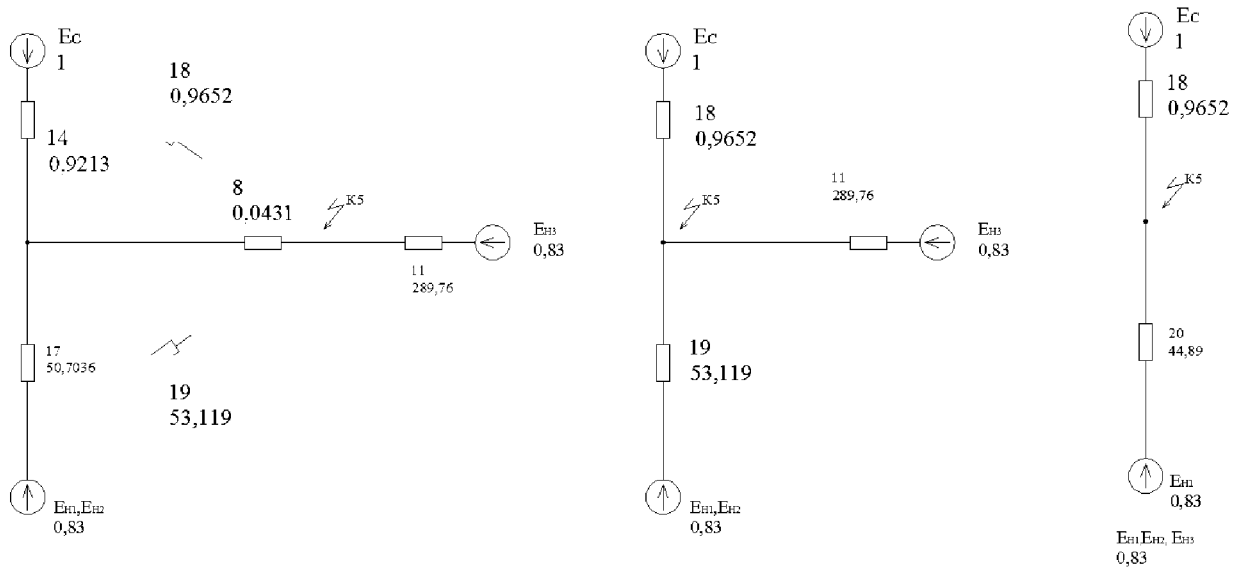


Рисунок 3.4 - Спрощена схема заміщення.

3.3.3 Розрахунок початкових значень 3х фазного струму к.з. в точці К5

Струм від системи С

$$I_{\text{по.с}}^* = \frac{E_C}{X_{18}} = \frac{1}{0,9652} = 1,036 \text{ o.e.} \quad (3.21)$$

$$I_{\text{по.с}} = I_{\text{по.с}}^* \cdot I_{\text{Б1}} = 1,036 \cdot 5,5 = 5,698 \text{ кА} \quad (3.22)$$

Струм від навантаження Н1, Н2, Н3

$$I_{\text{по.н}}^* = \frac{E_{\text{Н1,Н2,Н3}}}{X_{20}} = \frac{0,83}{44,89} = 0,0185 \text{ o.e.}$$

$$I_{\text{по.н}} = I_{\text{по.н}}^* \cdot I_{\text{Б1}} = 0,0185 \cdot 5,5 = 0,102 \text{ кА}$$

Сумарний струм к.з. в точці К5

$$I_{\text{по.к5}} = I_{\text{по.с}} + I_{\text{по.н}} = 5,698 + 0,102 = 5,8 \text{ кА} \quad (3.23)$$

3.3.4 Розрахунок ударного струму к.з. в точці К5

Розрахунок зробимо за формулами:

$$i_{\text{yo}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по}} \cdot n; \quad (3.24)$$

$$K_{\text{yo}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}}; \quad (3.25)$$

$$T_a = \frac{X}{\omega_c \cdot r}; \quad (3.26)$$

$$\omega_c = 2 \cdot \pi \cdot f \quad (3.27)$$

де f - частота мережі 50Гц $K_{y\phi}$ - ударний коефіцієнт, залежний від постійної часу Ta аперіодичної складової струму КЗ

$$\omega_c = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 = 314$$

Ударний струм з боку навантаження відповідний до точки к.з. К5

$$r_H = \frac{X_{20}}{2,5} = \frac{44,89}{2,5} = 17,956 \text{ o.e}$$

$$T_{a(H)} = \frac{X_{20}}{\omega_c \cdot r} = \frac{44,89}{314 \cdot 17,965} = 0,008$$

$$K_{y\phi} = 1 + e^{\frac{-0,01}{Ta}} = 1 + 2,718^{\frac{-0,01}{0,008}} = 1,286$$

$$i_{y\phi.H}^* = \sqrt{2} \cdot I_{\text{НО.Н}}^* \cdot K_{y\phi} = 1,414 \cdot 0,0185 \cdot 1,286 = 0,0336 \text{ o.e}$$

$$i_{y\phi.H} = i_{y\phi.H}^* \cdot I_{B1} = 0,0336 \cdot 5,5 = 0,185 \text{ кА}$$

Ударний струм з боку системи відповідний до точки к.з. К5

$$r_C = \frac{X_C}{60} = \frac{0,956}{60} = 0,0159 \text{ o.e} \quad X_C = X_{18}$$

$$T_{a(C)} = \frac{X_{18}}{\omega_c \cdot r} = \frac{0,9652}{314 \cdot 0,016} = 0,1911$$

$$K_{y\phi} = 1 + e^{\frac{-0,01}{Ta}} = 1 + 2,718^{\frac{-0,01}{0,192}} = 1,949$$

$$i_{y\phi.C}^* = \sqrt{2} \cdot I_{\text{ПО.С}}^* \cdot K_{y\phi} = 1,414 \cdot 1,036 \cdot 1,949 = 2,8556 \text{ o.e}$$

$$i_{y\phi.H} = i_{y\phi.H}^* \cdot I_{B1} = 2,955 \cdot 5,5 = 15,705 \text{ кА}$$

Сумарний ударний струм к.з. в точці К5 буде рівний:

$$i_{y\phi.K5} = i_{y\phi.C} + i_{y\phi.H} = 15,705 + 0,185 = 15,89 \text{ кА}$$

3.3.5 Розрахунок 3х фазного к.з. в точці К6 на низькій стороні 0,4кВ.

Система:

При розрахунку струмів КЗ в електроустановках, котрі живляться безпосередньо від мережі енергосистеми, допускається вважати, що знижувальні трансформатори підключені до джерела незмінної по амплітуді напруги через еквівалентний індуктивний опір системи. Значення цього опору (x_c) в міліомах, приведене до ступеня нижчої напруги мережі, розраховують по формулі.

					БР 5.6.141.832 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		31

$$x_c = \frac{U_{\text{ср.НН}}^2}{\sqrt{3} I_{\text{к.ВН}} U_{\text{ср.ВН}}} = \frac{U_{\text{ср.НН}}^2}{S_{\text{к}}} \cdot 10^{-3}, \quad (3.28)$$

де $U_{\text{ср.НН}}$ - середня номінальна напруга мережі, підключеної до обмотки нижчої напруги трансформатора, В;

$U_{\text{ср.ВН}}$ - середня номінальна напруга мережі, до якої підключена обмотка вищої напруги трансформатора, В;

$I_{\text{к.ВН}} = I_{\text{по.ВН}}$ - діюче значення періодичної складової струму при трифазному КЗ на виводах обмотки вищої напруги трансформатора, кА;

$$I_{\text{по.ВН}} = I_{\text{по.К5}} = 5,8 \text{ кА}$$

$$x_c = \frac{U_{\text{ср.НН}}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к.ВН}} \cdot U_{\text{ср.ВН}}} \cdot 10^3 = \frac{400^2}{1,732 \cdot 5,8 \cdot 10,5} \cdot 10^{-3} = 1,516 \text{ МОм}$$

Трансформатор:

Активний і індуктивний опори прямої послідовності знижувальних трансформаторів (r_m , x_m) в міліомах, приведені до ступеня нижчої напруги мережі, розраховують по формулах:

$$r_T = \frac{P_{\text{к.НОМ}} U_{\text{НН.НОМ}}^2}{S_{\text{Т.НОМ}}^2} \cdot 10^6 \quad (3.29)$$

$$x_T = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100 P_{\text{к.НОМ}}}{S_{\text{Т.НОМ}}} \right)^2} \cdot \frac{U_{\text{НН.НОМ}}^2}{S_{\text{Т.НОМ}}} \cdot 10^4 \quad (3.30)$$

де $S_{\text{Т.НОМ}}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА;

$P_{\text{Т.НОМ}}$ - втрати короткого замикання в трансформаторі, кВт;

$U_{\text{НН.НОМ}}$ - номінальна напруга обмотки нижчої напруги трансформатора, кВ;

u_k - напруга короткого замикання трансформатора, %.

Паспортні дані трансформатора ТМГ 400 кВА візьмемо із табл.2.7.

$$r_T = \frac{P_{\text{к.НОМ}} U_{\text{НН.НОМ}}^2}{S_{\text{Т.НОМ}}^2} \cdot 10^6 = \frac{5,5 \cdot 0,4^2}{400^2} \cdot 10^6 = 5,5 \text{ МОм}$$

$$x_T = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100 P_{\text{к.НОМ}}}{S_{\text{Т.НОМ}}} \right)^2} \cdot \frac{U_{\text{НН.НОМ}}^2}{S_{\text{Т.НОМ}}} \cdot 10^4 = \sqrt{4,5^2 - \left(\frac{100 \cdot 5,5}{400} \right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{400} \cdot 10^4 = 17,14 \text{ МОм}$$

3.3.6 Розрахунок початкового значення періодичної і аперіодичної складових струму к.з.

При електропостачанні електроустановки від енергосистеми через знижувальний трансформатор початкове діюче значення періодичної

					БР 5.6.141.832 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		32

Таблиця 3.2- Результати розрахунку точок к.з.

	i_{a0} кА	$i_{уд}$ кА	$I_{по}$ кА
ТП1 (к4) нн	31,938	51,739	22,583
ТП2 (к2) нн (РП)	10,824	15,371	7,654
ТП3 (к6) нн	16,792	23,509	11,874
ТП1 (к3) вн	8,593	16,645	6,076
ТП2 (к1) вн (РП)	8,725	16,903	6,169
ТП3 (к5) вн	8,202	15,890	5,800

3.4 Вибір апаратів захисту

Для перевірки провідників і електричних апаратів на термічну стійкість при КЗ заздалегідь мають бути вибрані розрахункова точка КЗ, розрахунковий вид КЗ і розрахункова тривалість КЗ.

Розрахунковим видом КЗ при перевірці провідників і електричних апаратів в електроустановках понад 1 кВ і до 35 кВ – трифазне КЗ.

Розрахункову тривалість КЗ при перевірці провідників і електричних апаратів на термічну стійкість при КЗ слід визначати складанням часу дії основного релейного захисту (в зону дії якого входять провідники, що перевіряються, і апарати) і повного часу відключення найближчого до місця КЗ вимикача.

3.4.1 Перевірка кабелю на термічну стійкість до струмів к.з.

Перевіримо вибраний переріз кабелю (ТПП-РП). Струм к.з. на шинах РП складає $I_{по} = 6,196 \text{ кА}$. Час дії струму $t = 0,73 \text{ с}$.

$$S_{ТУ} = \frac{I_{К.з.} \cdot \sqrt{t}}{C} \quad (3.33)$$

де $C=95$ – постійне значення для кабелів з алюмінієвими жилами 10кВ.

$$S_{ТУ} = \frac{6196 \cdot \sqrt{0.73}}{95} = 55,72 \text{ мм}^2 \quad (3.34)$$

Вибраний кабель $S=120 \text{ мм}^2$ $I=232 \text{ А}$ підходить за умовами к.з.

3.4.2 Перевірка головного і секційного вимикача на РП.

Дані по струмах к.з. і напрузі на шинах РП

$$I_{\text{ПО}} = 6,196 \text{ кА}, U_{\text{В.НОМ}} = 10 \text{ кВ}, i_{\text{УД}} = 16,903 \text{ кА}, i_{\text{а0}} = 8,725 \text{ кА}$$

Потужність на шинах РП $S = 1947,97 \text{ кВА}$.

Струм через вимикач в аварійному режимі

$$I_{\text{А.Р.}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1947,97}{1,732 \cdot 10} = 112,5 \text{ А} \quad (3.35)$$

У нормального режимі $I_{\text{Н.Р.}} = \frac{I_{\text{А.Р.}}}{2} = \frac{112,5}{2} = 56,2 \text{ А}$

Вимикачі повинні вибиратися за умовами:

$$U_{\text{НОМ}} \geq U_{\text{сети ном}};$$

$$I_{\text{НОМ}} \geq I_{\text{норм.расч}};$$

$$K_{\text{ПГ}} I_{\text{НОМ}} \geq I_{\text{Прод.расч.}}$$

$K_{\text{ПГ}}$ – коефіцієнт перевантаження

Перевірку вимикачів слід робити за умовами:

$$I_{\text{ВКЛ}} \geq I_{\text{ПО}};$$

$$i_{\text{ВКЛ}} \geq i_{\text{УД}};$$

$$I_{\text{Пр.скв}} \geq I_{\text{ПО}};$$

$$i_{\text{Пр.скв}} \geq i_{\text{УД}};$$

Таблиця 3.3 - Характеристика вакуумного вимикача, що використовується в комірках КСО- 285

Тип	U _{НОМ} , кВ	I _{НОМ} , А	I _{НОМ} . відкл., кА	Граничний наскрізний струм КЗ, кА		Номинальний струм включення, кА		Струм термічної стійкості, кА/допусти мий час його дії, с (I _{тер.норм})	Повний час відключення, с
				Найбільш ший струм	Почат. діюче значення періоди. складової	Найбільш ий пік	Почат. діюче значення періодич. складової		
ВБСК- 10- 12,5/630	10	630	12,5	32	12,5	32	12,5	12,5/3	0,05

Перевірка вимикача :

1) За умовами робочого тривалого режиму маємо:

$$U_{НОМ} = 10кВ \geq U_{СЕТИ.НОМ} = 10кВ \quad (3.36)$$

$$I_{НОМ} = 630А \geq I_{ПРОД.РАСЧ} = 56,2А (I_{А.Р} = 112,5А)$$

2) Перевірка вимикача по вимикаючій здатності і електродинамічній стійкості

$$I_{ВКЛ} = 12,5кА \geq I_{П0} = 6,196кА$$

$$i_{ВКЛ} = 32кА \geq i_{ВД} = 16,903кА$$

$$I_{ПР.СКВ} = 12,5кА \geq I_{П0} = 6,196кА$$

$$i_{ПР.СКВ} = 32кА \geq i_{ВД} = 16,903кА$$

3) Перевірка вимикача на термічну стійкість

Постійна часу загасання аперіодичної складової струму к.з. $T_a = 0,19$

Тривалість к.з. $t_{ОТКЛ} = 0,73с$

$$t_{ОТКЛ} \geq 3 \cdot T_a \Rightarrow 0,73 \geq 0,57$$

У тих випадках, коли $t_{ОТКЛ} \geq 3 T_a$, інтеграл Джоуля і термічно еквівалентний струм к.з. визначають по формулах:

$$B_k \approx I_{п.о}^2 (t_{откл} + T_a); \quad (3.37)$$

$$I_{мер.мт.}^2 \cdot t_{мер.} \geq B_k \quad (3.38)$$

де B_k – розрахунковий тепловий імпульс струму к.з.

$$B_k \approx I_{п.о}^2 (t_{откл} + T_a) = 6,196^2 \cdot (0,73 + 0,19) = 44,56кА^2 \cdot с$$

$$I_{мер.ст.}^2 \cdot t_{откл.} = 12,5^2 \cdot 0,73 = 114,06кА^2 \cdot с$$

$$I_{мер.мт.}^2 \cdot t_{мер.} = 114,06кА^2 \cdot с \geq B_k = 44,56кА^2 \cdot с$$

Вибраний вимикач задовольняє усім умовам перевірки.

3.4.3 Вибір і перевірка роз'єднувачів

Оскільки потужність кожного трансформатора ТП2 складає 250кВА, для трансформатора вибираємо роз'єднувач РВЗ 10/400 (табл. 3.4).

Перевірка роз'єднувача :

1) За умовами робочого тривалого режиму маємо:

$$U_{НОМ} = 10кВ \geq U_{СЕТИ.НОМ} = 10кВ \quad (3.39)$$

$$I_{НОМ} = 400А \geq I_{ПРОД.РАСЧ} = 56,2А (I_{А.Р} = 112,5А)$$

2) Перевірка роз'єднувача на електродинамічну стійкість

$$i_{ПР.СКВ} = 41кА \geq i_{ВД} = 16,903кА \quad (3.40)$$

3) Перевірка роз'єднувача на термічну стійкість

$$B_k \approx I_{п.о}^2 (t_{откл} + T_a); \quad (3.41)$$

$$I_{мер.мт.}^2 \cdot t_{мер.} \geq B_k \quad (3.42)$$

					БР 5.6.141.832 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		36

де B_k – розрахунковий тепловий імпульс струму к.з.

$$B_k \approx I_{п.о}^2 \cdot (t_{откл} + T_a) = 6,196^2 \cdot (0,73 + 0,19) = 44,56 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$I_{тер.ст.}^2 \cdot t_{откл.} = 16^2 \cdot 0,73 = 186,88 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$I_{тер.лт.}^2 \cdot t_{тер.} = 186,88 \text{кА}^2 \cdot \text{с} \geq B_k = 44,56 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$$

Вибраний роз'єднувач задовольняє усім умовам перевірки.

Таблиця 3.4 - Характеристика роз'єднувача РВЗ 10/400

Серія	Напруга кВ		Номинал. струм А	Стійкість при наскрізних струмах к.з. А		
	Номинал.	Найбільш.		Найбільш. пік	Струм термічної стійкості	
					протягом 3с (гладкі ножі)	протягом 1с (заземлені ножі)
РВЗ 10/400	10	12	400	41	16	16

3.4.4 Перевірка плавких запобіжників ТП2-10/0,4(РП)

Трансформатори 10/0,4 кВ в сільських і міських розподільних електричних мережах потужністю до 0,63 МВ·А включно, як правило, захищають плавкими запобіжниками на стороні 10 кВ.

Плавкі запобіжники повинні вибиратися за умовами:

$$U_{ном} = U_{сети ном};$$

$$I_{ном} \geq I_{норм.расч}; \quad (3.43)$$

$$K_{п} I_{ном} \geq I_{прод.расч.}$$

Перевірку плавких запобіжників слід робити за умовами:

$$I_{откл.ном} \geq I_{п.ож} \approx I_{п0} \quad (3.44)$$

На ТП2 в аварійному режимі (на один трансформатор $S_{тр}=250\text{кВА}$) споживана потужність складає:

$$S_n = 272,08 \text{кВА} \text{ струм } I = 15,7 \text{А}$$

Вибираємо запобіжник ПКТ101-10-31,5-12,5УЗ з $I_{ном} = 31,5 \text{А}$ (характеристики наведені в табл. 3.5).

Таблиця 3.5 - Характеристики запобіжників ПКТ101-10-31,5-12,5УЗ

Тип запобіжника	U _{ном} , кВ	U _{мах} , кВ	I _{ном} .А	I _{ном} .откл.кА
ПКТ101-10-31, 5-12,5УЗ	10	12	31,5	12,5

Перевірка:

$$U_{ном} = 10 \text{кВ} = U_{сети ном} = 10 \text{кВ}$$

$$I_{ном} = 31,5 \text{А} \geq I_{норм. расч} = 15,7 \quad (3.45)$$

$$I_{откл. ном} = 12,5 \text{кА} \geq I_{н0} = 6,196 \text{кА}$$

Вибраний запобіжник підходить за умовами перевірки.

До табл. 3.6 занесемо характеристики запобіжників, що встановлено на ТП1 – ТП3.

Таблиця 3.6 - Встановлювані запобіжники.

Підстанція	Тип запобіжника	U _{ном} , кВ	U _{мах} , кВ	I _{ном} . А	I _{ном} .откл. кА
ТП- 2	ПКТ101-10-31, 5-12,5УЗ	10	12	31,5	12,5
ТП- 3	ПКТ102-10-50-12.5УЗ	10	12	50	12,5
ТП- 1	ПКТ103-10-100-12.5УЗ	10	12	100	12,5

3.4.5 Перевірка вимикача навантаження ТП1.

Дані по струмах к.з. і напрузі на шинах ТП1

$$I_{по} = 6,076 \text{кА}, U_{в.ном} = 10 \text{кВ}, i_{уд} = 16,645 \text{кА}$$

Потужність на шинах ТП1 $S = 1300,06 \text{кВА}$.

Струм через вимикач навантаження в аварійному режимі

$$I_{А.Р.} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1300,06}{1.732 \cdot 10} = 75,1 \text{А}$$

$$\text{У нормального режимі } I_{н.р.} = \frac{I_{А.Р.}}{2} = \frac{75,1}{2} = 37,55 \text{А}$$

Таблиця 3.7 - Характеристика вимикача навантаження, що використовується в комірках КСО- 285

Тип	U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{ном} .отк л.,кА	Граничний наскрізний струм КЗ, кА		Номінальний струм включення, кА		Струм термічної стійкості, кА/допустимий час його дії, с (I _{тер.норм})
				Найбільш. струм	Почат. діюче значення періодич. складової	Найбільш. пік	Почат. діюче значення періодич. складової	
ВНА-П-10/630-203(п)	10	630	20	51	20	51	20	20/1

Перевірка вимикача навантаження :

1) За умовами робочого тривалого режиму маємо:

$$U_{НОМ} = 10кВ \geq U_{СЕТИ.НОМ} = 10кВ \quad (3.46)$$

$$I_{НОМ} = 630А \geq I_{ПРОД.РАСЧ} = 37,55А (I_{А.Р} = 75,1А)$$

2) Перевірка по відключаючій здатності

$$I_{ВКЛ} = 20кА \geq I_{П0} = 6,076кА \quad (3.47)$$

$$i_{ВКЛ} = 51кА \geq i_{УД} = 16,645кА$$

3) Перевірка на електродинамічну стійкість

$$i_{ПР.СКВ} = 51кА \geq i_{УД} = 16,645кА \quad (3.48)$$

4) Перевірка на термічну стійкість

Розрахунковий тепловий імпульс струму к.з.

$$B_k \approx I_{п.о}^2 (t_{откл} + T_a) = 6,076^2 \cdot (0,73 + 0,19) = 33,96кА^2 \cdot с$$

$$I_{тер.ст.}^2 \cdot t_{откл.} = 20^2 \cdot 0,73 = 292 кА^2 \cdot с$$

$$I_{тер.ст.}^2 \cdot t_{тер.} = 292кА^2 \cdot с \geq B_k = 33,96кА^2 \cdot с$$

Вибраний вимикач навантаження задовольняє усім умовам перевірки.

3.4.6 Вибір трансформатора струму

Трансформатор ТОЛ-10 призначений для передачі сигналу вимірювальної інформації вимірювальним приладам і облаштуванням захисту і управління, для ізолювання кіл вторинних з'єднань від високої напруги в комплектних пристроях внутрішньої і зовнішньої установок (КРУ, КРУН і КСО) змінного струму на клас напруги до 10 кВ частоти 50 або 60 Гц.

Таблиця 3.8 - Трансформатор струму на ввіді РП

Серія	Напруга, кВ		Номінальний первин./вторин. Струм, А	I _{тер.ст.} Односекунд. струм термічної стійкості, кА	Струм I _{м.дин} електродинам. стійкості, кА
	Номінал.	Найбільш.			
ТОЛ- 10-3	10	12	150/5	20	51

Струм через трансформатор струму в аварійному режимі $I_{А.Р.} = 112,48А$

У нормальному режимі $I_{Н.Р.} = 56,24А$

Дані по струмах к.з. і напрузі на шинах РП

$$I_{\text{ПО}} = 6,196 \text{ кА}, U_{\text{В.НОМ}} = 10 \text{ кВ}, i_{\text{ВД}} = 16,903 \text{ кА}$$

Перевірка трансформатора струму :

1) За умовами робочого тривалого режиму маємо:

$$U_{\text{НОМ}} = 10 \text{ кВ} \geq U_{\text{СЕТИ.НОМ}} = 10 \text{ кВ}$$

$$I_{\text{НОМ}} = 150 \text{ А} \geq I_{\text{ПРОД.РАСЧ}} = 53,8 \text{ А} (I_{\text{А.Р}} = 107,6 \text{ А})$$

2) Перевірка на електродинамічну стійкість

$$I_{\text{М.ДИН}} = 51 \text{ кА} \geq i_{\text{ВД}} = 16,903 \text{ кА}$$

3) Перевірка на термічну стійкість

$$B_{\text{к}} \approx I_{\text{п.о}}^2 (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}});$$

$$I_{\text{тер.ст.}}^2 \cdot t_{\text{тер.}} \geq B_{\text{к}}$$

де $B_{\text{к}}$ – розрахунковий тепловий імпульс струму к.з.

$$B_{\text{к}} \approx I_{\text{п.о}}^2 (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}}) = 6,196^2 \cdot (0,73 + 0,19) = 44,56 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$I_{\text{тер.ст.}}^2 \cdot t_{\text{откл.}} = 20^2 \cdot 0,73 = 292 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$I_{\text{тер.ст.}}^2 \cdot t_{\text{тер.}} = 292 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \geq B_{\text{к}} = 44,56 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Вибраний трансформатор струму задовольняє усім умовам перевірки.

Встановлювані трансформатори струму вказані в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Характеристики встановлених трансформаторів струму.

Пристрій	Тр. струму	Напруга, кВ		Номінальний первин./втор. Струм, А	І _{тер.ст.} секундний струм термічної стійкості, кА	Струм І _{м.дин} електродинам. стійкості, кА
		Номінал.	Найбільш.			
РП	ТОЛ- 10-200-1	10	12	200/5	20	51
ТП2	ТОЛ- 10-50-3	10	12	50/5	8	20
ТП3	ТОЛ- 10-75-3	10	12	75/5	20	51
ТП1	ТОЛ- 10-100-3	10	12	100/5	20	51

3.4.7 Вибір і перевірка трансформатора напруги

1) Вибираємо трансформатор напруги типу НТМИ- 10, який має наступні характеристики :

$$U_{\text{НОМ.ВН}} = 10 \text{ кВ}; \kappa = 0,5; S_{\text{НОМ}} = 150 \text{ ВА}; S_{\text{МАХ}} = 1000 \text{ ВА};$$

$$I_{max} = \frac{S_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1000}{1,73 \cdot 10000} = 0,06A$$

Перевірка трансформатора по номінальній напрузі:

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ} = U_{сети} = 10 \text{ кВ}$$

Вибраний трансформатор задовольняє умові вибору

Для захисту трансформатора напруги вибираємо запобіжник типу ПКТ101-10-2-12.5УЗ ($U_{ном} = 10 \text{ кВ}$, $U_{max} = 12 \text{ кВ}$, $I_{ном.} = 2 \text{ А}$, $I_{ном.откл} = 12,5 \text{ кА}$).

Перевірка по номінальній напрузі і струму:

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ} = U_{сети ном} = 10 \text{ кВ}$$

$$I_{ном} = 2 \text{ А} \geq I_{ном.расч} = 0,06 \text{ А}$$

Вибраний запобіжник задовольняє умові вибору

					БР 5.6.141.832 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		41

4 Інструкція з охорони праці для електромонтера з ремонту та обслуговування електроустаткування

4.1 Загальні положення

До роботи електромонтером допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд при вступі на роботу, визнані придатними для виконання зазначеної роботи та одержали посвідчення про наявність кваліфікаційної групи з електробезпеки не нижче третьої.

Електромонтер, якого приймають на роботу, повинен пройти вступний інструктаж з охорони праці, виробничої санітарії, пожежної безпеки, прийомів і способів надання долікарської допомоги потерпілим, бути ознайомлений під розпис з умовами праці, правами та пільгами щодо роботи в шкідливих та небезпечних умовах праці, про правила поведінки при виникненні аварій.

До початку роботи безпосередньо на робочому місці електромонтер повинен пройти первинний інструктаж з безпечних прийомів виконання робіт.

Про проведення вступного інструктажу та інструктажу на робочому місці робляться відповідні записи в Журналі реєстрації вступного інструктажу з питань охорони праці і Журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

При цьому обов'язкові підписи як того, кого інструктували, так і того, хто інструктував.

Електромонтер після первинного інструктажу на робочому місці повинен протягом 2–15 змін (залежно від стажу, досвіду і характеру роботи) пройти стажування під керівництвом досвідченого, кваліфікованого електромонтера, який призначається наказом (розпорядженням) по дорожній організації.

Повторний інструктаж з правил і прийомів безпечного ведення роботи і охорони праці електромонтер повинен проходити:

- періодично не рідше одного разу на квартал;
- при незадовільних знаннях з охорони праці не пізніше місячного строку;
- у зв'язку з допущеним випадком травматизму або порушенням вимог охорони праці, що не призвело до травми.

					БР 5.6.141.832 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

Електромонтер повинен працювати в спецодязі та інших засобах індивідуального захисту, передбачених Типовими галузевими нормами: напівкомбінезоні бавовняному, рукавицях комбінованих.

Електромонтери, які обслуговують електроустаткування, повинні користуватися такими засобами захисту: діелектричними рукавичками, килимами і діелектричними калошами або ботами, а також інструментами з ізольованими ручками.

Усі захисні засоби повинні мати клеймо з позначкою дати наступного іспиту та напруги, при якій потрібно користуватися цим засобом.

Гумові захисні засоби повинні зберігатися у закритих шафах або ящиках окремо від інструменту.

Необхідно запобігати впливу мастил, бензину і інших речовин, що руйнують гуму.

Гумові захисні засоби перед їх застосуванням повинні бути оглянуті та очищені від бруду, а при зволоженні поверхні їх треба ретельно витерти і висушити.

Забороняється застосовувати засоби, які мають проколи і тріщини.

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

Періодичні (контрольні) випробування захисних засобів повинні проводитися в такі строки:

– раз на два роки – ізолюючі кліщі для установок з постійним черговим персоналом;

– раз на 6 місяців – діелектричні рукавиці;

– раз на рік – діелектричні калоші;

– раз на три роки – ізолюючі підставки (огляд).

Усі монтажні і ремонтні роботи на електричних мережах і пристроях (або поблизу від них), а також роботи по приєднанню і роз'єднанню проводів електромонтери повинні виконувати за умов знятої напруги.

Заміну перегорілих запобіжників електромонтери повинні виконувати при знятій нарузі.

Забороняється встановлювати або замінювати під напругою електричні лампи.

Електромонтер при ремонті і обслуговуванні електроустаткування повинен застосовувати ручні переносні світильники.

					БР 5.6.141.832 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

Для переносних світильників при ремонті електрообладнання напруга повинна бути не вище 42 В, а в особливо небезпечних місцях (шахти, колодязі, металеві резервуари, котли) – не перевищувати 12 В.

Забороняється використовувати стаціонарні світильники замість ручних переносних.

Штепсельні вилки, що застосовуються у мережах з напругою 12 і 42 В, забороняється використовувати у мережах з великою номінальною напругою.

Штепсельні з'єднання на 12 і 42 В повинні мати колір, який різко відрізняється від кольорів штепсельних з'єднань на напругу вище 42 В.

Електроінструмент, переносні лампи, понижуючі трансформатори електричного освітлення повинен перевіряти один раз на місяць на відсутність замикання на корпус, на цілісність заземлюючого проводу, справність ізоляції живлячих проводів.

Електричний інструмент повинен включати у мережу електродвигуни, електричні інструменти, прилади електричного освітлення за допомогою призначених для цього апаратів і приладів (кнопок, рубильників, вимикачів автоматичних, пускачів магнітних).

Забороняється вмикати електродвигуни, електричний інструмент та прилади електричного освітлення до електромережі шляхом скручування проводів.

4.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

Електричний інструмент перед початком роботи повинен надіти спецодяг і, при потребі, спеціальне взуття та засоби індивідуального захисту, перевіривши строк їх використання.

Перевірити справність електрообладнання, стан ізолюючих підставок, решіток, пускових приладів, заземлення та ін.

Перевірити справність ручного інструменту:

- держакі кусачок і плоскогубців повинні бути ізольовані;
- робоча частина викрутки має бути правильно заточена, а держак міцно насаджений та ізольований;
- гайкові ключі мають бути справні і відповідати розміру гайок.

Забороняється застосовувати прокладки та подовжувати ключі трубами.

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

					БР 5.6.141.832 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

Одержати завдання – наряд або усне розпорядження на наступну роботу.

Усне розпорядження на наступну роботу необхідно записати в оперативний журнал. При цьому зазначається, хто дав розпорядження, місце і найменування роботи, строк її виконання.

Проглянути записи в журналі про несправності, порушення охорони праці за попередню зміну.

Переконатись у справності вмикаючих і вимикаючих приладів, сигналізації та блокувань.

Перевірити справність освітлювальних приладів, електропроводки та світильників, ламп. Відрегулювати місцеве освітлення так, щоб робоча зона була досить освітлена, а світло не сліпило очі.

Для підготовки робочого місця при роботах з частковим або повним зняттям напруги необхідно виконувати такі технічні заходи:

- провести необхідні відключення та взяти заходів, що перешкоджають подачі напруги до місця роботи внаслідок помилкового або довільного включення комутаційної апаратури (встановити механічний запір приводів вимикачів, рубильників та роз'єднувачів, ізоляційні прокладки в рубильниках та ін.);

- вивісити плакати “Не включати – працюють люди”, “Не включати – робота на лінії”, “Не відкривати – працюють люди”, а при потребі встановити загородження;

- приєднати переносні заземлення до заземлюючого пристрою;

- перевірити відсутність напруги на струмоведучих частинах, на яких повинно бути накладене заземлення;

- накласти заземлення на струмоведучі частини (безпосередньо після перевірки відсутності напруги), ввімкнути заземлюючі ножі або, якщо їх немає, накласти переносне заземлення;

- обгородити робоче місце і вивісити плакати: “Стій – висока напруга!”, “Не влізай – уб'є!”, “Працювати тут”;

- при потребі, обгороджувати струмоведучі частини, що залишилися під напругою.

Перевірити показчиком напруги або переносним вольтметром відсутність напруги в електроустановках до 1 000 В.

Перевірити справність показчика напруги на відсутність напруги. При цьому користуються діелектричними рукавицями.

					БР 5.6.141.832 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		45

Перевірити наявність заземлення електроустановок при напрузі 500 В і вище (змінного і постійного струму – у всіх випадках) корпусів електрообладнання, встановлених у приміщеннях з підвищеною небезпекою, в особливо небезпечних і в зовнішніх установках з номінальною напругою вище 42 В змінного струму і 110 В постійного струму, а також встановленого у вибухонебезпечних приміщеннях.

В електроустановках, конструкція яких така, що накладання заземлення небезпечне або неможливе (наприклад, у деяких розподільних ящиках, контрольно-розподільних пристроях окремих типів тощо), при підготовці робочого місця необхідно вжити таких заходів охорони праці:

- замикати на замок привід роз'єднувача;
- обгородження ножів або верхніх контактів роз'єднувачів виконувати гумовими ковпаками або жорсткими накладками з ізоляційного матеріалу.

До частин, які підлягають заземленню, належать:

- корпуси електричних машин, трансформаторів, апаратів, світильників;
- приводи електричних апаратів;
- вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів;
- каркаси розподільних щитів, щитів управління, щитів і шаф;
- металеві конструкції розподільних пристроїв;
- металеві кабельні конструкції;
- металеві корпуси кабельних муфт;
- металеві оболонки та броня контрольних і силових кабелів;
- металеві оболонки проводів;
- сталеві труби електропроводки та інші конструкції, зв'язані зі встановленням електрообладнання;
- металеві корпуси пересувних і переносних електроприймачів.

Необхідно постійно стежити за надійністю приєднання та справністю заземлюючого пристрою.

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

При веденні робіт на відключеній частині електроустановки заземлення накладається на струмоведучі частини фаз з усіх боків, звідки може бути подана напруга, включаючи і зворотну трансформацію.

					БР 5.6.141.832 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		46

Накладати заземлення треба безпосередньо після перевірки відсутності напруги.

При користуванні переносними заземленнями перед їх перевіркою на відсутність напруги вони повинні бути розміщені біля місць накладання заземлення і приєднані до затискача “земля”.

Затискачі переносного заземлення необхідно накладати в діелектричних рукавицях на заземлювані струмоведучі частини за допомогою штанги із ізоляційного матеріалу.

Закріплювати затискачі дозволяється цією ж штангою або безпосередньо руками, але при цьому необхідно обов’язково користуватись діелектричними рукавицями.

Зняття переносного заземлення із застосуванням штанг та діелектричних рукавиць необхідно проводити зворотним порядком, тобто спочатку зняти його з струмоведучих частин, а потім від’єднати від заземлюючого пристрою.

Накладення і зняття переносних заземлень в установках напругою вище 1 000 В повинні проводити двоє електромонтерів з кваліфікаційною групою не нижче четвертої, які ознайомлені із схемою електроустановки.

4.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи

Дозволяється ведення робіт без зняття напруги в електроустановках напругою 500 В і нижче. Ці роботи повинні виконувати не менше, ніж два електромонтери. При цьому необхідно:

- працювати в діелектричних калошах або стоячи на ізолюючій основі (ізолюючій підставці);
- користуватись інструментом з ізольованими держакми (у викруток, крім того, повинен бути ізольований стержень). При відсутності такого інструменту необхідно застосовувати діелектричні рукавиці;
- обгородити сусідні струмоведучі частини під напругою, до яких можливий випадковий дотик ізолюючими накладками (гумовими матами, електрокартоном, міканітовими листами та ін.);
- працювати з опущеними і застебнутими біля кистей рук рукавами одягу та в головному уборі.

При веденні робіт на струмоведучих частинах, які знаходяться під напругою, за допомогою основних захисних ізолюючих засобів (оперативні

					БР 5.6.141.832 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

та вимірювальні штанги, показчики напруги, ізолюючі та струмовимірювальні кліщі та ін.) необхідно:

- користуватись тільки сухими ізолюючими засобами з непошкодженим лаковим покриттям;
- тримати ізолюючі засоби за держак-захвати не далі обмежувального кільця;
- розміщувати ізолюючі засоби так, щоб не виникала небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмоведучими частинами двох фаз або на землю.

Забороняється при роботі під напругою застосування ножівок, напилків і металевих метрів.

Замінювати плавкі вставки запобіжників при наявності рубильника слід при знятій нарузі. При неможливості зняття напруги (наприклад, на групових щитах, зборках) заміна плавких вставок запобіжників допускається під напругою, але із зняттям навантаження; остання вимога не стосується запобіжників із закритими плавкими вставками.

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

Замінювати плавкі вставки запобіжників може електрик із кваліфікацією не нижче третьої групи, а при заміні на висоті з приставних драбин – два електрики, один з яких повинен мати кваліфікаційну групу не нижче третьої.

Включення і відключення, які проводяться на розподільних щитах, у внутрішньоцехових і зовнішніх мережах з приставних драбин і риштувань, а також там, де ці операції через місцеві умови утруднені, повинні виконувати два електрики, з яких один повинен мати кваліфікаційну групу не нижче третьої.

В разі, коли відключення електрообладнання проводилось за усною заявкою персоналу для проведення якихось робіт, наступне включення цього обладнання може бути виконано на вимогу особи, яка дала заявку на відключення, особи, що замінила її, або ж уповноваженого, який у цей час її заміняє. Перед пуском обладнання, тимчасово відключеного за заявкою персоналу, оперативний персонал повинен його оглянути, переконатись у готовності до прийняття напруги і попередити тих, хто працює на ньому, про включення.

					БР 5.6.141.832 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		48

При виявленні замикання на землю забороняється наближатись до місця замикання на відстань менше, ніж 4 – 5 м у закритих, і менше, ніж 8 – 10 м, у відкритих розподільних пристроях.

Щоб не допустити трансформації напруги з низької сторони на високу, необхідно вимкнути вимірювальні трансформатори низької сторони.

При виявленні несправностей в електричних пристроях (іскріння, спалахів, пошкодження ізоляції електропроводів, кабелів та ін.), а також про залишені необгородженими струмоведучі частини електромонтер повинен повідомити майстра.

У приміщеннях з підвищеною небезпекою необхідно застосовувати додаткові заходи безпеки, які визначають особи, що видають наряд або дають розпорядження.

У небезпечних щодо пожежі приміщеннях усіх класів необхідно застосовувати:

- електропроводки тільки захищені (наприклад, проводом марки ВРГ, кабелем або проводом ПР та ПВ у сталевих трубках);

- переносні світильники тільки закритого виконання. Скляний ковпак має бути захищений сталеву сіткою.

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

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

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

- двічі на рік – у зовнішніх установках.

Пил всередині електрообладнання слід видаляти у строки:

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

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

- один раз на рік – для решти обладнання.

Забороняється під час роботи у вибухонебезпечних установках:

- ремонтувати електрообладнання та мережі, що перебувають під напругою;

- експлуатувати електрообладнання при несправному блокуванні кришок апаратів;

					БР 5.6.141.832 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

- включати електроустановку, що автоматично відключилася, не з'ясувавши і не усунувши причин її відключення;
- перевантажувати понад номінальні параметри вибухозахищене електрообладнання, проводи і кабелі;
- підключати до джерел живлення іскробезпечних приладів інші апарати і кола, які не входять у комплект цього приладу;
- залишати навстіж відчинені двері приміщень і тамбурів, які відокремлюють вибухонебезпечні приміщення від інших приміщень;
- замінити перегорілі електричні лампи у вибухонебезпечних світильниках іншими видами ламп або лампами більшої потужності, ніж ті, на які розрахований світильник;
- замінити захист (теплові елементи, запобіжники, розчіплювачі) електрообладнання іншими видами захисту або захистом з іншими номінальними параметрами, на які це електрообладнання не розраховане;
- експлуатувати електрообладнання з заниженим рівнем масла.

При роботі на висоті, на стовпах повітряної лінії електропередачі або з драбин чи риштувань, що проводяться при відключенні напруги, необхідно переконатись у відсутності напруги на лінії, а також у міцності стовпа. Приступаючи до роботи на стовпі, необхідно прив'язатись до нього запобіжним поясом і працювати, стоячи на обох ногах. Забороняється влізати на опору та злазити з неї без кігтів. Зазначені роботи виконують не менше двох електромонтерів.

При роботі на драбинах слід користуватись легкими і міцними переносними драбинами і стрем'янками. Східці мають бути прямокутні, врізані. Забороняється застосовувати драбини, збиті цвяхами, без врізання сходових і без стяжки тятив болтами, а також без гострих металевих шипів (при роботі на м'яких підлогах) та гумових наконечників (при роботі на твердих підлогах).

Драбина не повинна прогинатись під вагою електромонтера. Розсувні драбини мають бути міцно з'єднані між собою гаками, що не допускають довільного розсування під час роботи.

Драбини, приставлені до трубопроводів, повинні мати на верхніх кінцях спеціальні гаки для захвату за трубу.

Забороняється для підставок використовувати випадкові предмети (ящики, бочки тощо). Необхідно користуватись підставками типової конструкції.

					БР 5.6.141.832 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

При роботі з ручним інструментом не можна класти його на електропроводи та електрообладнання.

Електрифікований інструмент (дрилі, гайкокрути, шліфувальні машини та ін.) застосовувати за умов повної його справності та при напрузі не більше 220 В, а в приміщеннях з підвищеною небезпекою – не більше 42 В.

Корпус електроінструменту, що працює при напрузі понад 42 В (незалежно від частоти струму), має бути заземлений. При роботі з електроінструментом необхідно користуватись гумовими рукавицями.

Електромонтер не повинен вмикати сторонніми предметами рубильники та кнопки пускачів і визначати дотиком руки температуру нагріву електричних машин і трансформаторів.

Забороняється знімати плакати, заземлення та обгородження без дозволу керівника робіт.

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

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

Світильники з люмінесцентними лампами при напрузі 220 В дозволяється встановлювати на висоті не менше 2,5м. На меншій висоті можна встановлювати тільки за умов недоступності їх контактних частин для випадкового дотику.

4.4 Вимоги безпеки після закінчення роботи

По закінченні роботи електромонтер повинен:

- прибрати інструмент, прилади, пристрої;
- відключити технологічне електрифіковане обладнання, верстати, вентиляцію;
- зняти спецодяг, захисні та запобіжні засоби і пристрої, очистити від пилу та іншого бруду і віднести у відведене для зберігання місце та переодягтися. Потім вимити обличчя і руки теплою водою з милом або прийняти душ.

					БР 5.6.141.832 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51

При передачі зміни повідомити змінника, майстра або адміністрацію дорожньої організації про всі помічені несправності та зробити про це відповідний запис у журналі.

4.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

При виникненні аварійних ситуацій електромонтер повинен негайно вимкнути струм у разі:

- пожежі в зоні роботи;
- травми, що трапилась з кимсь із обслуговуючого персоналу;
- ураження електричним струмом.

Помітивши загоряння, електромонтер повинен негайно приступити до гасіння пожежі наявними засобами і повідомити старшого по зміні.

Старший по зміні визначає вогнище пожежі, можливі шляхи її поширення і потребу у відключенні електрообладнання в зоні пожежі.

Для цього відключається комутаційна апаратура, зливається масло з маслонаповненого обладнання, витісняється водень із системи водневого охолодження.

Обладнання відключається без розпорядження, але з наступним повідомленням чергового по дорожній організації.

Для гасіння пожежі в електроустановках електромонтер повинен застосовувати вуглекислотні вогнегасники, сухий пісок, азбестову або грубошерстну тканину.

Якщо погасити пожежу своїми силами неможливо, електромонтер або старший по зміні повинен негайно викликати найближчу пожежну команду по телефону, радіо чи будь-якими засобами зв'язку.

При нещасних випадках електромонтер повинен уміти надати потерпілому першу медичну допомогу, при необхідності, викликати швидку медичну допомогу і повідомити адміністрацію.

При ураженні електричним струмом електромонтер повинен негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення, а при неможливості відключення – відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал.

При відсутності у потерпілого дихання і пульсу електромонтер повинен зробити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця,

					БР 5.6.141.832 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані оживлення починати негайно, після чого викликати швидку медичну допомогу і повідомити адміністрацію про нещасний випадок.

Електромонтер повинен вміти подати першу допомогу при опіках. Не слід стягувати з обпеченого місця одяг і видаляти білизну, що прилипла до рани.

При опіку очей електричною дугою необхідно робити холодні примочування розчином борної кислоти.

					БР 5.6.141.832 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

Висновки

В результаті виконання даної бакалаврської роботи було спроектовано систему електропостачання комплексу кол-центрів.

Розглянуто два варіанти зовнішнього електропостачання та проведено техніко-економічне обґрунтування вибору схеми електроживлення комплексу.

Живлення до комплексу було підведене від найближчої ГПП кабельною лінією марки АПвЭП-10, що складається з двох кабелів, перерізом $3 \times 120 \text{ мм}^2$ прокладених в землі. Для живлення будівель комплексу використовуються трансформаторні підстанції різної потужності. Захист трансформаторів і кабельних ліній зовнішньої системи електропостачання здійснюється вакуумними вимикачами ВБСК- 10 і запобіжниками ПКТ101-10. Використання кабелів з шитого поліетилену збільшує надійність електропостачання, а при аварійній ситуації тривалість роботи кабелю збільшується до 8 годин на добу.

Також в роботі розглянуто та проаналізовано інструкцію з охорони праці для електромонтера з ремонту та обслуговування електроустаткування

Кінцевим підсумком виконання цього дипломного проекту є придбання знань, умінь користуватися теоретичними і довідковими матеріалами, на підставі яких можливе ухвалення обґрунтованого техніко-економічного рішення і правильна побудова схеми системи електропостачання.

					БР 5.6.141.832 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		54

Список літератури

1. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання, станом на 21.08.2017), Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017.
2. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. - Суми: ВТД "Університетська книга", 2007.-280 с.
3. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – К.: Основа, 2017. – 150 с.
4. Електричні системи та мережі : конспект лекцій / укладачі: І. Л. Лебединський, В. І. Романовський, Т. М. Загородня. – Суми: Сумський державний університет, 2018. – 214 с.
5. Електрична частина станцій та підстанцій : навч. посіб. / В. С. Костишин, М. Й. Федорів, Я. В. Бацала. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. – 243 с.
6. Овчаренко А. С., Рабинович М.Л. «Справочник по электроснабжению промышленных предприятий, Киев, «Техніка», 1985г., 279с.
7. «Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессором МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. А.И. Попов). – 9-е изд., стер. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 964 с.
8. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч. / Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. - К.: Аграрна освіта, 2011. – 448с.
9. Рожкова Л.Д.Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций.- 3-е изд.- Москва. Энергоатомиздат, 1987- 648 с.
10. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. Энергоатомиздат, 1989, 592 с.
11. <https://dnaop.com/html/32049/doc-instrukcijaz-ohoroni-pracidlya-jelektromontera-z-remontuta-obslugovuvannya-jelektroustatkuvannya>

					БР 5.6.141.832 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		55