

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Інженерно-технологічний факультет**  
**Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри  
енергетики та  
електротехнічних систем

---

доцент Чепіжний А.В.

**КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ**  
за першим бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Реконструкція системи електропостачання села Кияниця Сумського району, Сумської області з розробкою монтажу КТП.»

Виконав

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ібрагімов М. Е.

(прізвище, ініціали)

Група

ЕТЕС 2201 с.т.

Керівник:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рясна О.В.

(прізвище, ініціали)

Суми – 2024  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
завідувач кафедри  
енергетики та  
електротехнічних систем  
доцент \_\_\_\_\_  
Чепіжний А.В.  
(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ  
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Ібрагімову Міралі Ельмановичу  
(прізвище, ім'я та по батькові)

**1. Тема (бакалаврського) проекту:** «Реконструкція системи електропостачання села Кияниця Сумського району, Сумської області з розробкою монтажу КТП.»

керівник проекту: Рясна Ольга Василівна, старший викладач  
затверджено наказом по університету \_\_\_\_\_

**2. Термін подання здобувачем закінченого проекту** «20» травня 2024 р.

**3. Вихідні дані до проекту** Матеріали обстеження об'єкту, технічна література, нормативна документація, державні стандарти.

**4. Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, що підлягають розробці)

Вступ.

1. Аналіз населеного пункту

2. Розрахунок навантажень

3. Розрахунок втрати напруги та струмів короткого замикання

4. Вибір устаткування

5. Розробка монтажу КТП

6. Екологічна безпека

7. Безпека проектних рішень

8. Техніко-економічні розрахунки проекту

**5. Перелік графічного матеріалу** (з точною вказівкою обов'язкових креслень)

1. План населеного пункту. Схема розташування.

2. Схема нормального режиму роботи КТП. Схема електрична принципова.

3. Релейний захист. Схема електрична принципова.

4. Монтаж комплексних трансформаторних підстанцій. Таблиця

5. Показники техніко-економічні. Таблиця.

**6. Консультанти розділів проекту** (з вказівкою розділів, що відносяться до проекту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
Охорона праці		
Економічне обґрунтування		
Нормоконтроль		

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційного проекту	Строк виконання етапів кваліфікаційного проекту	Примітки
1	Збір інформації про діяльність господарства	05.09.2023 р. – 30.09.2023 р.	
2	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	02.10.2023 р. – 02.12.2023 р.	
3	Складання плану роботи	04.12.2023 р. – 09.12.2023 р.	
4	Написання вступу та розділу 1	11.12.2023 р. – 21.12.2023 р.	
4	Написання розділів 2 та 3. Підготовка листа 1 графічної частини.	05.02.2024 р. – 02.03.2024 р.	
5	Написання розділів 4, 5 та 6. Підготовка листів 2 та 3 графічної частини.	04.03.2024 р. – 06.04.2024 р.	
6	Написання розділів 7 та 8. Підготовка листа 4 графічної частини.	08.04.2024 р. – 04.05.2024 р.	
8	Написання висновків	06.05.2024 р. – 11.05.2024 р.	
9	Подання проекту на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 13.05.2024 р.	
10	Подання проекту на рецензування	до 20.05.2024 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2024 р.	

**Здобувач вищої освіти**

\_\_\_\_\_ (Ібрагімов М. Е.)  
(підпис) (прізвище, ініціали)

**Керівник кваліфікаційного проекту**

\_\_\_\_\_ (Рясна О.В.)  
(підпис) (прізвище, ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	К-ть листів	Номер листа	Примітки	
1	A4	КП.06.3.002.ПЗ	Реконструкція системи	69	4		
2			електропостачання села Кияниця				
3			Сумського району, Сумської області				
4			З розробкою монтажу КТП				
5			Пояснювальна записка.				
6	A1	КП.06.3.003.Е7	План населеного пункту. Схема	1	1		
7			Розташування.				
8	A1	КП.06.3.003.Е3	Схема нормального режиму роботи	1	2		
9			КТП. Схема електрична принципова.				
10	A1	КП.06.3.003.Е3	Релейний захист. Схема електрична	1	3		
11			Принципова.				
12	A1	КП.06.3.003.ТБ	Монтаж комплексних	1	4		
13			трансформаторних підстанцій.				
14			Таблиця.				
15	A1	КП.06.3.003.ТБ	Показники техніко-економічні.	1	5		
16			Таблиця.				
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
				КП. 06.3.003.ТП			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата			
Розробив	Ібрагімов				Літ	Лист	Листів
Перевірів	Рясна				i	4	69
Н.контр.	Рибенко				СНАУ, 2024		
Затверд.	Чепіжний						
Відомість проєкту							

## Реферат

Предметом дослідження є реконструкція та модернізація системи електропостачання села Кияниця Сумського району Сумської області з розробку монтажу КТП.

У цьому дослідженні обчислено навантаження на споживачів напругою 0,38 кВ , а також навантаження в мережах 0,38 кВ та 10 кВ. Проведено розрахунок потужності та був обраний силовий трансформатор 10/0,4 кВ . Трансформатор ТМФ - 400 прийнятий до монтажу.

В рамках дипломного проекту ще було обрано переріз лінії в мережі 0,38 кВ та 10 кВ. та проведено перевірку на допустимі втрати напруги. Розраховано струми короткого замикання мережі 0,38 кВ та 10 кВ. . Підібрано обладнання мереж 0,38 кВ та 10 кВ. . Прийнято до установки в мережі 10 кВ : вимикачів ВПМ-10-20/630У3, , роз'єднувачів РВЗ-10/400У2 і РЛНД-10/400У1, в мережі 0,38 кВ вимикачів серії ВА51.

У дипломній роботі ще було обчислено параметри релейного захисту для лінії 10 кВ та максимальний струмовий захист на відключення струму. Розглянуто розташування електричних мереж села Кияниця

					<b>КП.06.3.003.ПЗ</b>			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розроб.		Ібрагімов			Реконструкція системи електропостачання села Кияниця Сумського району, Сумської області з розробкою монтажу КТП.	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Рясна					5	
Н. контр.		Рибенко				СНАУ, 2024		
Затв.		Чепіжний						

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. АНФЛІЗ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ.....	9
1.1 Характеристика населеного пункту.....	9
1.2 Аналіз діяльності села Кияниця.....	9
1.3 Висновки.....	10
2. РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖЕНЬ .....	11
2.1 Розрахунок навантажень на входах до одержувачів електричної енергії.....	11
2.2 Встановлення місця розташування транспортних підстанцій(КТП) 10/0,4 кВ.....	12
2.3 Розчислення навантажень повітряних ліній 0,38 кВ.....	15
2.4 Розрахунок потужності та кількості трансформаторних підстанцій( КТП ) 10/0,4 кВ.....	19
2.5 Визначення навантаження на повітряні лінії 10 кВ.....	21
3.РОЗРАХУНОК ВТРАТИ НАВРУГИ ТА СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ .....	23
3.1 Розрахунок втрати напруги.....	23
3.2 Вибирання перерізу проводів напругою 10 та 0,38 кВ.....	25
3.3 Перевірка повітряної лінії 0,4 (0,38) кВ на вібрацію напруги при запуску електродвигуна.....	28
3.4 Визначення струмів короткого замикання .....	29
4.ВИБІР УСТАТКУВАННЯ.....	36
4.1 Вибирання електроапаратів з напругою в 10 та 0,38 кВ.....	36
4.2 Визначення релейного захисту ПЛ з напругою в 10 кВ.....	41
4.3 Устаткування мереж в 10 та 0,4 кВ.....	46
5. РОЗРОБКА МОНТАЖУ КТП .....	49
6. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.....	53
7. БЕЗПЕКА ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ.....	58

					<b>КП.06.3.003.ПЗ</b>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

7.1. Організація роботи з охорони праці на підприємстві.....	58
7.2. небезпечні та шкідливі виробничі чинники технологічного процесу, причини та наслідки цих чинників.....	59
7.3. Оцінка умов праці технологічного процесу чи робочого місця .....	60
7.4. Рекомендації щодо впровадження безпечних і здорових умов праці .....	62
7.5. Висновки та пропозиції.....	64
8. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ПОКАЗНИКИ.....	65
ВИСНОВКИ .....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	68

					<i>КП.06.3.003.ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

## ВСТУП

Електрифікація сільського господарства полягає у створенні та запровадженні електроенергетичної бази для потреб мешканців сільських територій. Цей процес включає будівництво електростанцій, прокладання ліній електропередач та встановлення трансформаторних підстанцій, що дозволяє виробляти та транспортувати електроенергію. Широке використання електрики сприяє електрифікації та автоматизації виробничих процесів, а також покращує побут сільських жителів. Електрифікація стає ключовим чинником науково-технічного прогресу в аграрній сфері, є невід'ємною умовою для створення матеріально-технічної бази галузі, підвищення продуктивності праці, культури виробництва, удосконалення техніки і технологій, а також задоволення соціальних потреб населення.

Електрифікація, яка охоплює виробництво, розподіл та споживання електричної енергії в усіх секторах промисловості та повсякденному житті громадян, відіграє ключову роль у технічному розвитку суспільства. У рамках колишнього Радянського Союзу було розроблено амбітну програму електрифікації національного господарства, яка мала за мету сприяти його активному розвитку. Основна ціль програми полягала в переході споживачів на централізоване постачання електроенергії, забезпечуючи не тільки неперервне енергозабезпечення, але й, у зв'язку з вимогами до сучасних енергетичних мереж з декількома джерелами живлення, високу якість електричної енергії. Це особливо актуально сьогодні, в умовах зростаючих вимог споживачів та монопольного становища компаній, що забезпечують електропостачання.

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

# 1. АНФЛІЗ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ

## 1.1 Характеристика населеного пункту

Село Кияниця розташоване в Сумській області України, на північному сході країни. Воно належить до Сумського району і розташоване за кілька кілометрів на північ від обласного центру – міста Суми.

Станом на останні доступні дані, населення села Кияниця становить близько 500 мешканців. Населення села поступово зменшується, що є характерним для багатьох сільських населених пунктів України через урбанізацію та еміграцію.

## 1.2 Аналіз діяльності села Кияниця

Економіка села здебільшого базується на сільському господарстві. Вирощування зернових культур, овочів та фруктів є основними напрямками аграрного виробництва. Також у селі є кілька малих приватних підприємств та фермерських господарств.

Село має під'їзні дороги, які забезпечують зв'язок з найближчими населеними пунктами та обласним центром. Найближча залізнична станція знаходиться в Сумах.

У селі функціонує загальноосвітня школа, яка обслуговує дітей шкільного віку. У селі діє фельдшерсько-акушерський пункт, де місцеві жителі можуть отримати первинну медичну допомогу. Більш спеціалізовані медичні послуги надаються в лікарнях міста Суми. Житловий фонд і комунальні послуги: Забезпеченість житлом є на належному рівні, але стан деяких комунікацій потребує модернізації. Рівень доходів населення є середнім для сільської місцевості України. Багато жителів займаються особистим підсобним господарством. У селі є будинок культури, де проводяться місцеві заходи та свята. Також діє бібліотека. Село Кияниця розташоване в екологічно чистій зоні, оточене лісами та полями. Серйозних екологічних проблем не зафіксовано.

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Село Кияниця має багату історію, яка бере початок ще з давніх часів. У селі збереглися архітектурні пам'ятки, зокрема, стара церква та кілька будівель, які представляють історичну цінність. Місцеві жителі дотримуються традиційних українських звичаїв та культурних обрядів.

Однією з головних туристичних привабливостей села є його мальовничі краєвиди та можливості для екотуризму. Ліси та річки навколо села приваблюють любителів природи та активного відпочинку.

### **1.3 Висновки**

Село Кияниця характеризується зменшенням населення, економікою, що базується на сільському господарстві, задовільною інфраструктурою, достатніми соціальними послугами, екологічною чистотою та туристичною привабливістю завдяки мальовничим краєвидам і культурним пам'яткам. Враховуючи стан на сьогодні електрична система села Кияниця потребує реконструкції.

					<i>КП.06.3.003.ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		10

## 2. РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖЕНЬ

### 2.1 Розрахунок навантажень на входах до одержувачів електричної енергії.

Навантаження на живлення споживачів розраховується одночасно для денних і вечірніх пікових навантажень. На основі вихідних даних визначаємо розрахункове навантаження на промислові, побутові та комунальні системи. Коефіцієнти участі для добового пікового навантаження для побутових споживачів встановлені на рівні 0,3 та для вечірнього навантаження – 1,0 .

На графічному плані зображено план села.

Для груп житлових будинків ( 1,1.....1,20 ) навантаження на час вечірнього піку :

$$P_B = n k_0 P_0, \quad (2.1)$$

де:  $n$  – групова кількість будинків ( $n = 4$ ), шт.;

$k_0$  – дорівнює  $k_0 = 0,625$ ;

$P_0$  – розрахунок навантаження на вхід в будинок, кВт .

Для негазифікованої будівлі приймаємо  $P_0 = 10 \text{ кВт}$  .

Навантаження на добовий період споживання:

$$P_D = 0,3 P_B. \quad (2.2)$$

$$P_B = 4 \cdot 0,625 \cdot 10 = 25 \text{ кВт}.$$

$$P_D = 0,3 \cdot 25 = 7,5 \text{ кВт}.$$

Зовнішнє освітлення села Кияниця буде:

$$P_{з.о.} = L P_{вул.} + N P_{прим.}, \quad (2.3)$$

де:  $L$  – довжина всіх вулиць у цьому селі, м ;

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$N$  – кількість виробничих ділянок, шт.;

$P_{\text{вул.}}, P_{\text{прим.}}$  - нормативне освітлювальне навантаження відкритих приміщень на кожен метр кожної вулиці та кожне окреме приміщення, кВт.

$$P_{\text{з.о.}} = 1800 \cdot 0.004 + 10 \cdot 0.25 = 9.7 \text{ кВт.}$$

## 2.2 Встановлення місця розташування транспортних підстанцій (КТП) 10/0,4 кВ

Кількість трансформаторних підстанцій у сільському населеному пункті визначається залежно від фактичного розташування окремих споживачів, наявності споживачів першої категорії важливості та загальної потужності навантаження. В контексті дипломної роботи, ми призначаємо в населеному пункті одну трансформаторну підстанцію 10/0,4 кВ. Трансформаторні підстанції зазвичай розміщують у місці, яке є центром навантажень в зоні їх обслуговування.

Координати центру навантажень населеного пункту встановлюємо шляхом аналізу географічного розміщення споживачів та врахування інтенсивності їхнього енергоспоживання:

$$x = \frac{P_n x_n}{P_n}, \quad (2.4)$$

$$y = \frac{P_n y_n}{P_n}, \quad (2.5)$$

де:  $P_n$  – розрахункова потужність на ввіді  $n$ -го споживача, кВт;

$x_n, y_n$  – відстань до  $n$ -го споживача за координатними осями.

Координати споживачів електричної енергії визначаємо на основі графічного документа. Розрахунок центру навантаження проводимо

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12

виходячи з найбільшого пікового навантаження. Результати розрахунків цілісно представляємо у таблиці 2.1.

Для забезпечення електрикою сільськогосподарських об'єктів використовуються комплектні трансформаторні підстанції ( КТП ) типу 10/0,4 кВ. Вибір конкретного типу КТП залежить від кількості та загальної потужності трансформаторів, числа обслуговуваних споживачів та кількості ліній 0,4 кВ, які розходяться від даної підстанції.

Таблиця 2.1 – Розрахунок координат центру навантажень

№	Найменування	$P_{\text{л}}$ кВт	$P_{\text{н}}$ кВт	$\cos\varphi_{\text{л}}$	$\cos\varphi_{\text{н}}$	$x, \text{см}$	$y, \text{см}$	$P \cdot x$	$P \cdot y$
1.1	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	33.1	4.5	827.5	112.5
1.2	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	33.8	8.2	845	205
1.3	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	34.4	11.7	860	292.5
1.4	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	35	15.3	875	382.5
1.5	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	33.6	22.4	840	560
1.6	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	37.5	26.5	932.5	662.5
1.7	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	38	30.5	950	762.5
1.8	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	26.5	28.2	662.5	705
1.9	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	27.2	32.4	680	810
1.10	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	15.5	7.6	387.5	190
1.11	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	16.2	11.4	405	285
1.12	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	16.9	15.4	422.5	385
1.13	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	17.5	18.8	437.5	470
1.14	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	19	28	475	700
1.15	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	21.5	36.9	537.5	922.5
1.16	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	5	9.7	125	242.5
1.17	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	5.6	13.3	140	332.5
1.18	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	6.3	17.2	157.5	430
1.19	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	8.9	31.2	222.5	780
1.20	Група житлових будинків	7.5	25	0.90	0.93	9.4	35.3	235	882.5

2	Їдальня	15	5	0.85	0.90	26.1	24.3	130.5	121.5
4	Школа	12	5	0.85	0.92	24,5	13.8	122.5	69
8	Промисловий магазин	3	1	0.85	0.90	7.8	21	7.8	21
10	Лазня	9	9	0.85	0.90	20	31.5	180	283.5
12	Пташник	15	20	0.92	0.96	34.2	41.1	684	822
16.1	Пилорама	25	2	0.70	0.75	27.9	56	55.8	112
16.2	Пилорама	25	2	0.70	0.75	13.9	54.5	27.8	109
17	Вівчарня	2	5	0.92	0.96	40.8	48.9	204	244.5
20	Млин	32	1	0.85	0.80	20.4	51.3	20.4	51.3
25	Телятник	6	9	0.92	0.96	19.6	47.1	176.4	423.9
26.1	Корівник	12	12	0.92	0.96	30.7	49.4	368.4	592.8
26.2	Корівник	12	12	0.92	0.96	26.3	45.9	315.6	550.8
26.3	Корівник	12	12	0.92	0.96	27.1	50.2	325.2	602.4
28	Свинарник	15	30	0.92	0.96	39.5	40.5	1185	1215
	<b>Разом:</b>		<b>625</b>					<b>14820.9</b>	<b>15331.2</b>

$$x = \frac{14820.9}{625} = 23.73 \text{ см};$$

$$y = \frac{15331.2}{625} = 24.52 \text{ см}.$$

З урахуванням села Кияниця остаточно приймаємо наступні координати встановлення ТП 10/0,4 кВ:  $x = 23.3$  см;  $y = 19$  см.

Після визначення місця розміщення трансформаторної підстанції (ТП) 10/0,4 кВ в населеному пункті, ми вирішуємо питання про кількість ліній та маршрут їх проходження. Для електропостачання споживачів населеного пункту передбачено 4 лінії 0,4 кВ, що виходять від однієї ТП 10/0,4 кВ. Траси повітряних ліній (ПЛ) 380/220В рекомендується прокладати по обидва боки вулиці. Прокладання траси ПЛ по одній стороні вулиці з відгалуженнями до окремо розташованих приміщень та перетином проїзної частини вулиці можливе при відповідному обґрунтуванні та дотриманні нормативних вимог до габаритів проводів у 6 метрів.

					<b>КП.06.3.003.ПЗ</b>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для ПЛ напругою 0,4 кВ довжина не повинна перевищувати 700 метрів, відстань між опорами рекомендується у межах 30-40 метрів. Довжина ввідного прогону не повинна перевищувати 25 метрів. Для забезпечення механічної міцності ПЛ напругою 0,4 кВ необхідно використовувати алюмінієві проводи перерізом не менше ніж 16 мм<sup>2</sup>.

### 2.3 Розчислення навантажень повітряних ліній 0,38 кВ

Для кожної повітряної лінії напругою 0,4 кВ складаємо розрахункову схему(рисунки 1 – 4).

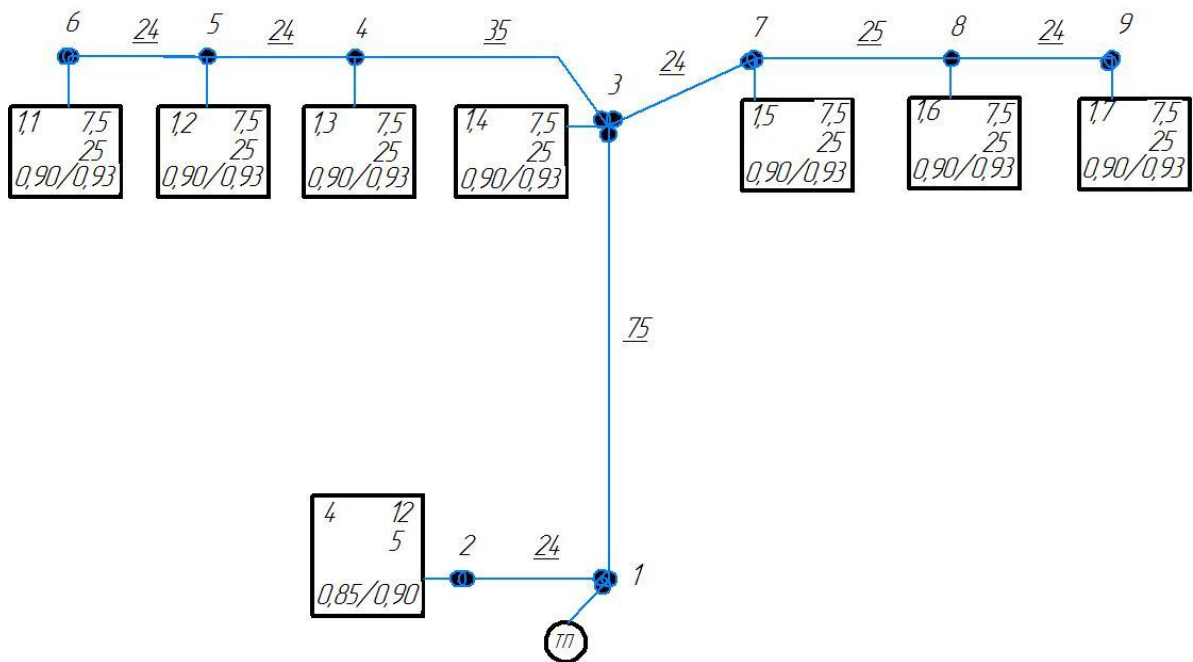


Рисунок 2.1 – Повітряна лінія №1

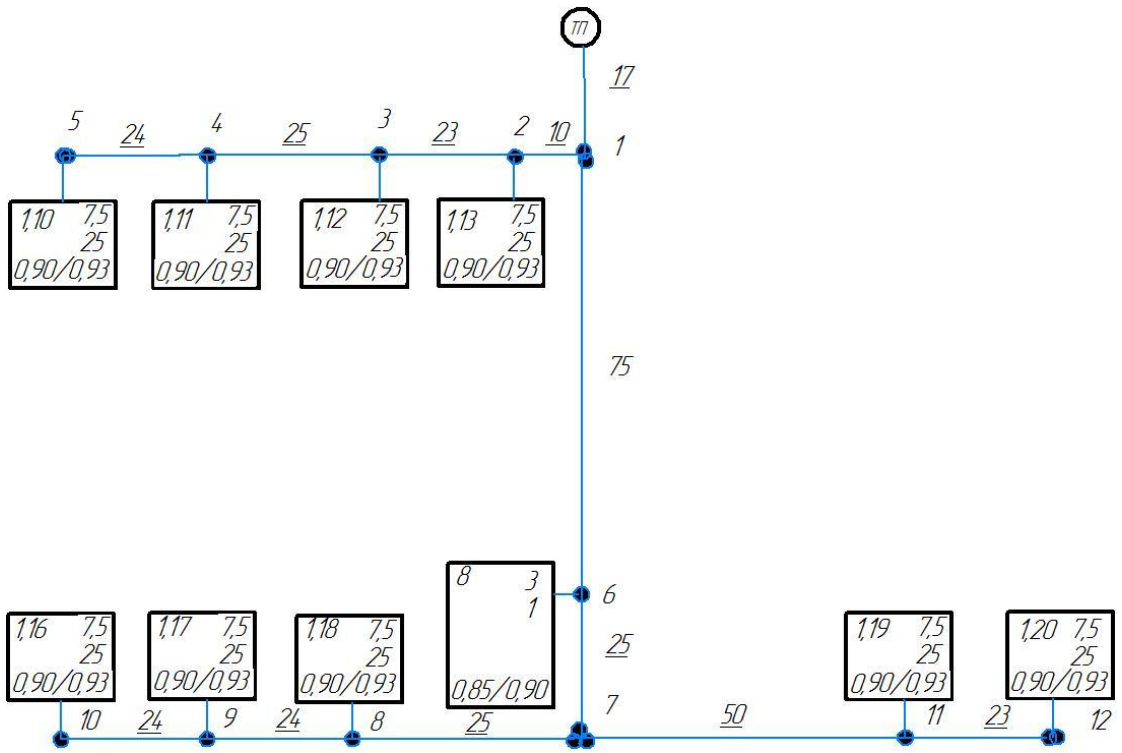


Рисунок 2.2 – Повітряна лінія №2

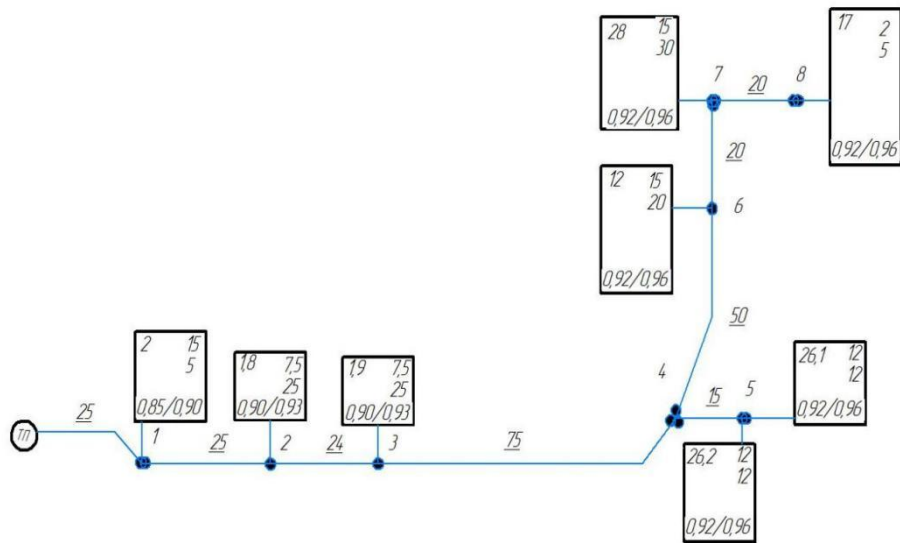


Рисунок 2.3 – Повітряна лінія №3

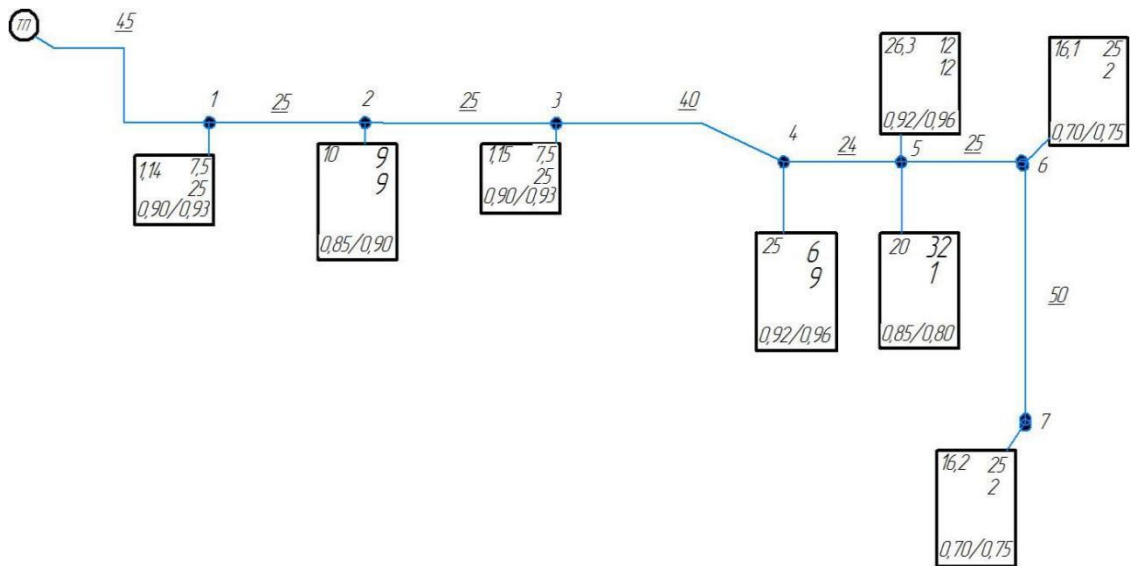


Рисунок 2.4 – Повітряна лінія №4

Розрахунок навантажень на окремих ділянках лінії 0,4 кВ визначається в залежності від характеру навантажень на них. Навантаження в лініях 0,4 кВ не є однорідними та сумірними між собою, тому для їх розрахунку застосовується метод надбавок:

$$P_p = P_{\sigma} + \Delta P_m, \quad (2.6)$$

де:

$P_{\sigma}$  – більше з навантажень, кВт;

$\Delta P_m$  – надбавка від меншого навантаження, кВт.

Середньозважений коефіцієнт потужності визначаємо за формулою:

$$\cos \varphi_{\text{сеп}} = \frac{P_n \cos \varphi_n}{P_n}, \quad (2.7)$$

де:

$P_n$  – розрахункове навантаження n - го споживача, кВт;

$\cos \varphi_n$  – коефіцієнт потужності n - го споживача .

Повне значення потужностей на ділянках кожної лінії визначається за виразами:

$$S_{PD} = \frac{P_D}{\cos \varphi_D}; \quad S_{PB} = \frac{P_B}{\cos \varphi_B}. \quad (2.8)$$

Визначаємо навантаження на кожній ділянці ліній 0,38 кВ і фіксуємо в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Визначення навантаження повітряних ліній 0,38 кВ

Сектор	Найвище навантаження		Найнище навантаження		Надбавки		Обчислення		Коефіцієнт потужності		Загальна потужність	
	Р <sub>д</sub> , кВт	Р <sub>в</sub> , кВт	Р <sub>д</sub> , кВт	Р <sub>в</sub> , кВт	Р <sub>д</sub> , кВт	Р <sub>в</sub> , кВт	РР <sub>д</sub> , кВт	РР <sub>в</sub> , кВт	cos φ	cos φ	SP <sub>д</sub> , кВА	SP <sub>в</sub> , кВА
<b>ПЛ1</b>												
9-8	7,5	25	-	-	-	-	7,5	25	0,90	0,93	8,3	27,8
8-7	7,5	25	7,5	25	4,5	15,8	12	40,8	0,90	0,93	13,3	43,9
7-3	12	40,8	7,5	25	4,5	15,8	16,5	56,6	0,90	0,93	18,3	60,5
6-5	7,5	25	-	-	-	-	7,5	25	0,90	0,93	8,3	26,9
5-4	7,5	25	7,5	25	4,5	15,8	12	40,8	0,90	0,93	13,3	43,9
4-3	12	40,8	7,5	25	4,5	15,8	16,5	56,6	0,90	0,93	18,3	60,5
3-1	16,5	56,6	7,5	25	4,5	15,8	24	72,4	0,90	0,93	26,7	77,8
2-1	12	5	-	-	-	-	12	5	0,83	0,90	14,5	5,6
1-ТП	21	72,4	12	5	7,3	3	28,3	75,4	0,88	0,86	32,2	87,7
							28,3	75,4			32,2	87,7
<b>ПЛ2</b>												
12-11	7,5	25	-	-	-	-	7,5	25	0,90	0,93	8,3	27,8
11-7	7,5	25	7,5	25	4,5	15,8	12	40,8	0,90	0,93	13,3	43,9
10-9	7,5	25	-	-	-	-	7,5	25	0,90	0,93	8,3	27,8
9-8	7,5	25	7,5	25	4,5	15,8	12	40,8	0,90	0,93	13,3	43,9
8-7	12	40,8	7,5	25	4,5	15,8	16,5	56,6	0,90	0,93	18,3	60,5
7-6	16,5	56,6	12	40,8	7,3	27,2	23,8	83,8	0,90	0,93	26,4	90,1
6-1	23,8	83,8	3	1	1,8	0,6	25,6	84,4	0,89	0,92	28,7	91,7
5-4	7,5	25	-	-	-	-	7,5	25	0,90	0,93	8,3	27,8
4-3	7,5	25	7,5	25	4,5	15,8	12	40,8	0,90	0,93	13,3	43,9
3-2	12	40,8	7,5	25	4,5	15,8	16,5	56,6	0,90	0,93	18,3	60,5
2-1	16,5	56,6	7,5	25	4,5	15,8	21	72,4	0,90	0,93	23,3	77,8
1-ТП	23,8	83,8	21	72,4	13,2	49,3	37	133,1	0,90	0,93	41,1	143,1
							37	133,1			41,1	143,1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КП.06.3.003.ПЗ

Арк.

18

ПЛЗ												
8-7	2	5	-	-	-	-	2	5	0,92	0,96	2,2	5,2
7-6	15	30	2	5	1,2	3	16,2	33	0,92	0,96	18	34,4
6-4	16,2	33	15	30	9	19	25,2	52	0,92	0,96	27,4	54,2
5-4	12	12	12	12	7,3	7,3	19,3	19,3	0,92	0,96	21	20,1
4-3	25,2	52	19,3	19,3	11,9	11,9	37,1	63,9	0,92	0,96	40,3	66,6
3-2	37,1	63,9	7,5	25	4,5	15,8	41,6	79,7	0,91	0,94	45,7	84,8
2-1	41,6	79,7	7,5	25	4,5	15,8	46,1	95,5	0,92	0,93	50,1	102,7
1-ТП	46,1	95,5	7,5	25	4,5	15,8	50,6	111,3	0,92	0,93	55	119,7
							50,6	113,3			55	119,7
ПЛ4												
7-6	25	2	-	-	-	-	25	2	0,70	0,75	35,7	2,7
6-5	25	2	25	2	15,7	1,2	40,7	3,2	0,70	0,75	58,1	7,2
5-4	40,7	12	12	1	7,3	0,6	48	12,6	0,78	0,81	61,5	15,6
4-3	48	12,6	6	9	3,6	5,4	51,6	18	0,79	0,87	65,3	20,7
3-2	51,6	25	7,5	18	4,5	11,2	59,1	36,2	0,80	0,9	73,8	40,2
2-1	59,1	36,2	9	9	5,4	5,4	64,5	41,6	0,80	0,89	80,6	46,7
1-ТП	64,5	41,6	7,5	2,5	4,5	15,8	69	57,4	0,81	0,90	82,1	63,8
							69	57,4			82,1	63,8

## 2.4 Розрахунок потужності та кількості трансформаторних підстанцій (КТП) 10/0,4 кВ

Для розрахунку проектної потужності однострансформаторних та двотрансформаторних підстанцій використовується метод надбавок, що полягає у підсумовуванні розрахунку активної потужності на ключових ділянках ліній 0,4 кВ, що ведуть від підстанції, з окремим аналізом для денних та вечірніх періодів. Навантаження від зовнішнього освітлення. Села Кияниця додається до вечірнього розрахункового навантаження у повному обсязі.

$$P_{РД\ tr} = P_{РД\ лін.Б} + \Delta P_{РД\ лін.М} \quad (2.9)$$

$$P_{РВ\ tr} = P_{РВ\ лін.Б} + \Delta P_{РВ\ лін.М} + P_{з.о.} \quad (2.10)$$

					КП.06.3.003.ПЗ							Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат								19

де:  $P_{PD \text{ лін.Б}}$ ,  $P_{PB \text{ лін.Б}}$  – відповідно, денні та вечірні навантаження на лінії, що виходять з КТП, кВт;

$\Delta P_{PD \text{ лін.М}}$ ,  $\Delta P_{PB \text{ лін.М}}$  – сума надбавок відповідно від денних та від вечірніх навантажень на лінії, кВт;

$P_{з.о.}$  – навантаження зовнішнього освітлення, кВт.

Повна розрахункова потужність трансформаторної підстанції розраховується за формулою.

$$P_{PD \text{ тр}} = 28,3 + 37 + 50,6 + 69 = 184,9 \text{ кВт};$$

$$P_{PB \text{ тр}} = 75,4 + 133,1 + 111,3 + 57,4 = 377,2 \text{ кВт};$$

$$S_{PD \text{ тр}} = \frac{184,9}{0,8} = 231,12 \text{ кВА};$$

$$S_{PB \text{ тр}} = \frac{377,2}{0,83} = 454,45 \text{ кВА}.$$

За розрахункову приймаємо найбільшу потужність трансформатора:

$$S_{P \text{ тр}} = S_{PB \text{ тр}} = 454,42 \text{ кВА}.$$

Приймаємо трансформатор потужністю 400 кВА із економічним інтервалом навантаження:

$$331 \quad \frac{454,42}{1} \quad 565.$$

Номінальну потужність, що прийняли для трансформатора перевіряють шляхом переконання у його можливості працювати у нормальному режимі експлуатації за допустимими систематичними навантаженнями. Щоб забезпечити нормальний режим роботи підстанції перевіряють обрану номінальну потужність трансформатора за відповідними критеріями.:

$$\frac{S_P}{n S_H} \leq k_C, \quad (2.11)$$

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де:  $S_p S_H$  – відповідно визначенв та номінальна потужність що потрібна для трансформатора, кВА ;

$n$  – число потрібних трансформаторів, шт. ;

$k_c$  – параметр систематичного навантаження що допускається .

$$k_c = k_{cm} - \alpha (t_n - t_{nm}), \quad (2.12)$$

де:  $k_{cm}$  – значення параметра що допускається в систематичному навантажені, що береться в таблиці середньодобової температури;

$\alpha$  – температурний градієнт що розраховується,  $1/^\circ\text{C}$ ;

$t_n$  – середня температура повітря за добу,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{nm}$  – середня температура повітря за добу, табличне значення,  $^\circ\text{C}$ .

$$k_c = 1,77 - 1 \cdot 10^{-2} (-5 - (-10)) = 1,72.$$

$$\frac{454,42}{400} = 1,13 \quad 1,72.$$

Умова виконується.

## 2.5 Визначення навантаження на повітряні лінії 10 кВ

Для заданих ліній 10 кВ проводиться розрахунок навантажень. Навантаження на споживчів ТП 10/0,4 кВ вказані на рисунку 2.5, також на цьому рисунку вказанні довжини кожної із ділянок лінії 10 кВ . Розрахунок навантаження на цих ділянках формуються завдяки сумуванню навантажень на вводах доо споживчих ТП з урахуванням коефіцієнта одночасності:

$$P_{PD} = k_O \sum_{i=1}^n P_{Di}, \quad (2.13)$$

$$P_{PB} = k_O \sum_{i=1}^n P_{Bi}, \quad (2.14)$$

де:  $k_O$  – коефіцієнт одночасності;

$P_{Di}$  і  $P_{Bi}$  – навантаження (денне і вечірнє)  $i$ -ї підстанції, кВт .

Розрахунок навантажень лінії 10 кВ виоонуємо в таблиці 2.3

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

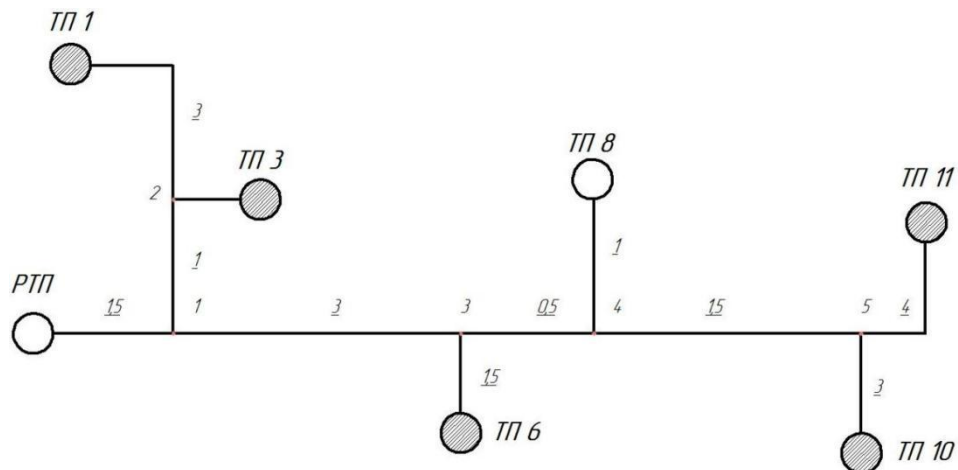


Рисунок 2.5. – Розрахункова схема мережі 10 кВ

Таблиця 2.3 – Розрахунок навантажень ПЛ - 10 кВ

Ділянка	$\Sigma P_{лі}$ кВт	$\Sigma P_{лі}^{ш}$ кВт	$K_{о}$	$P_{рлі}$ кВт	$P_{рлі}^{ш}$ кВт	$\cos \varphi_l$	$\cos \varphi_{ш}$	$S_{рлі}$ кВА	$S_{рлі}^{ш}$ кВА
ТП 11-5	220	290	1	220	290	0,80	0,83	275	349,4
ТП 10-5	160	100	1	160	100	0,80	0,83	200	120,5
5-4	380	390	0,9	342	351	0,80	0,83	427,5	422,9
ТП 8-4	185	377	1	185	377	0,80	0,83	231,3	454,2
4-3	565	767	0,85	480,2	651,9	0,80	0,83	600,3	785,4
ТП 6-3	160	140	1	160	140	0,80	0,83	200	168,7
3-1	725	907	0,825	598,2	748,3	0,80	0,83	747,8	901,6
ТП 1-2	150	200	1	150	200	0,80	0,83	187,5	241
ТП 3-2	80	100	1	80	100	0,80	0,83	100	120,5
2-1	230	300	0,9	207	270	0,80	0,83	258,8	258,8
1-РТП	955	1207	0,78	744,9	941,5	0,80	0,83	931,2	1134,3
								<b>931,2</b>	<b>1134,3</b>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КП.06.3.003.ПЗ

Арк.

22

### 3. РОЗРАХУНОК ВТРАТИ НАВРУГИ ТА СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

#### 3.1 Розрахунок втрати напруги

Втрата напруги яка допускається в лініях 0,38 і 10 кВ розраховується завдяки відхиленню напруги у споживачів, що має бути в приблизно  $\pm 5\%$ .

Вся втрата напруги що допускається в мережі 10 та 0,38 кВ у процесі 100% навантаження дорівнює:

$$\Delta U_{\text{доп}}^{100} = V_{\text{живл.}}^{100} + (V_{\text{пост.}} + V_{\text{перем.}}) - \Delta U_{\text{втр.}}^{100} - V_{\text{спож.}}^{100}, \quad (3.1)$$

де  $\Delta V_{\text{живл.}}^{100}$  – помилка напруги поблизу джерела живлення при повній потужності навантаження, %;

$\Delta V_{\text{спож.}}^{100}$  – помилка напруги яка виникає у споживача при повному навантаженні, %;

$(V_{\text{пост.}} + V_{\text{перем.}})$  – сума всіх (постійних та перемінних) надбавок напруги в трансформаторі, %;

$\Delta U_{\text{втр.}}^{100}$  – узагальнені втрати напруги при повному навантаженні, %.

Загальну втрату напруги яку можна допустити в мережі необхідно розділити між лініями мережі 10 і 0,38 кВ приблизно порівну.

Помилка напруги найближчого споживача до джерела живлення при 25% навантаженні самої далекої ТП перевіряємо:

$$V_{\text{спож.}}^{25} = V_{\text{живл.}}^{25} + (V_{\text{пост.}} + V_{\text{перем.}}) - \Delta U_{\text{втр.}}^{25}, \quad (3.2)$$

де  $\Delta V_{\text{живл.}}^{25}$  – помилка напруги поблизу джерела при 25% навантаженні, %;

$(V_{\text{пост.}} + V_{\text{перем.}})$  – сукупність додаткових напруг трансформаторів, %;

$\Delta U_{\text{втр.}}^{25}$  – загальні втрати напруги при навантаженні в 25%, %.

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		23

Для розрахунку допустимої втрати напруги в мережі складається схема для мережі що розраховується (рисунок 3.1 ). За даними розрахунків складається таблиця 3.1.

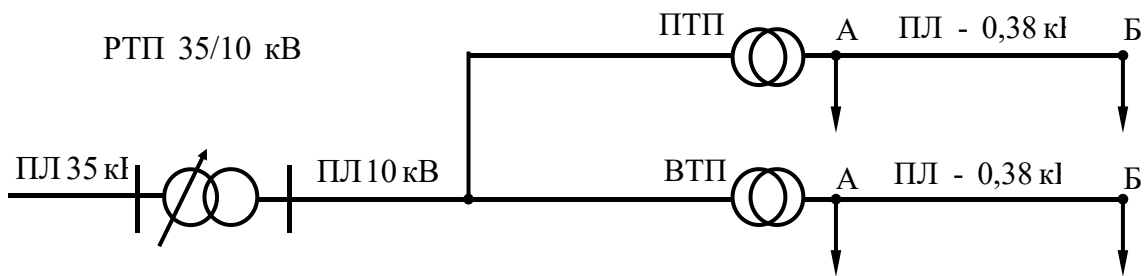


Рисунок 3.1 – Схема сітки 10 і 0,38 кВ, що розраховується

Таблиця 3.1 – Коливання та втрати напруги в системі

Елемент установки	Відхилення напруги, %			
	Віддалена ТП		Проектowana ТП	
	100%	25%	100%	25%
Відхилення напруги на шинах 10 кВ	- 2,5	+ 2,5	- 2,5	+ 2,5
Повітряна лінія 10 кВ	- 2,4	- 0,6	- 4	- 1
Трансформатор 10/0,4 кВ:				
- постійна надбавка	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5
- змінна надбавка	0	0	0	0
- втрати	- 4	- 1	- 4	- 1
Повітряна лінія 0,38 кВ	- 3,6	0	- 2	0
Відхилення напруги у споживача	- 7,5	5,9 < 7,5	- 7,5	5,5 < 7,5

Встановлюємо надбавку трансформатора +5% (де +5 це постійна а 0 це перемінна надбавка)-для самої дальньої ТП .

Вся втрата напруги в мережі 10 і 0,38 кВ , що допускається до самої дальньої ТП під час повного навантаження становить:

$$\Delta U_{дон}^{100} = -2,5 + (5 + 0) - 4 - (-7,5) = 6\%.$$

Втрата напруги між сітями 10 і 0,38 кВ розділяється майже порівну.

$$\Delta U_{\text{дон } 10}^{100} = -2,4\%, \quad \Delta U_{\text{дон } 0,38}^{100} = -3,6\%.$$

Похибка напруги у споживача з найменшою відстанню до джерела енергопостачання при 25% навантаженні самої дальньої ТП :

$$V_{\text{спож.}}^{25} = 2,5 + (5 + 0) - (0,6 + 1) = 5,9\%.$$

По втраті напруги, яку допускають, в лінії 10 кВ, що дорівнює значенню в 2,4%, перерізи проводів перевіряють на лінії в 10 кВ.

Для вибраної ТП беремо надбавку трансформатора в +5% (де +5 це постійна а 0 це перемінна надбавка).

Дійсна втрата напруги в мережі 10 кВ до ТП 8 (ПТП) складає приблизно 4%, тоді втрата в мережі 0,38 кВ ТП 8 буде становити:

$$\Delta U_{\text{дон}}^{100} = -2,5 + (5 + 0) - (4,0 + 4) - (-7,5) = 2\%.$$

Похибка напруги у споживача з найменшою відстанню до джерела енергопостачання при навантаженні в 25% ТП що проектуємо:

$$V_{\text{спож.}}^{25} = 2,5 + (5 + 0) - (1 + 1) = 5,5\%.$$

Втрата напруги, що допускається, в лінії 0,38 кВ ТП, яку проектуємо, яка дорівнює – 2 перевіряють вибранні перерізи проводів лінії 0,38 кВ.

### 3.2 Вибірання перерізу проводів напругою 10 та 0,38 кВ

Вибір перерізів проводів у мережах 0,38 кВ і 10 кВ здійснюється методом економічних інтервалів із перевіркою на допустиму втрату напруги. Обчислення виконується для домінуючого максимуму навантаження на основних ділянках ліній. Кожному значенню площі перерізу проводу сходиться діапазон навантажень, при якому приведені річні витрати будуть мінімальними.

					<b>КП.06.3.003.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		25

Проводи обирають відповідно до еквівалентної потужності для відповідного району з урахуванням ожеледиці та для заданого типу опор.:

$$S_{ЕКВ} = k_o S_p, \quad (3.3)$$

де  $k_o$  – коефіцієнт динамічного зростання навантаження, для ліній які побудуються  $k_o = 0,7$ ;

$S_p$  – навантаження ділянки лінії що розраховується, кВА .

На ділянках ліній втрата напруги розраховується за формулою:

$$\Delta U_{\text{дiл.}} = \Delta U_{\text{нiт.}} S_p L_{\text{дiл.}}, \quad (3.4)$$

де  $\Delta U_{\text{нiт.}}$  – питома втрата напруги % / кВА км;

$L_{\text{дiл.}}$  – довжина ділянки

Спочатку обираємо основний переріз проводу. Якщо він не відповідає вимозі допустимої втрати напруги, тоді приймаємо додатковий переріз. Переріз проводів збільшуємо, починаючи з головної ділянки. Результати розрахунків зводимо у таблицю 3.2 для ПЛ - 10 кВ та у таблицю 3.3 для ПЛ - 0,38 кВ.

Таблиця 3.2 – Вибір проводів ПЛ - 10 кВ

Ділянка	$S_p$ , кВА	$k_o$	$S_{ЕКВ}$ , кВА	$L_{\text{дiл.}}$ , км	$F_{\text{нiт.}}$ , мм <sup>2</sup>	Втрати напруги, %		
						$\Delta U_{\text{нiт.}}$ , %/кВА км	рн	від РТП
ТП-11-5	349,4	0,7	244,6	4,0	АС-35	0,00096	1,34	5,25
ТП-10-5	120,5	0,7	84,4	3,0	ПС-25	0,00130	0,46	4,37
5-4	422,9	0,7	296,1	1,5	АС-35	0,00096	0,60	3,91
ТП-8-4	454,9	0,7	318,4	1,0	АС-35	0,00096	0,43	3,74
4-3	785,4	0,7	549,8	0,5	А-50	0,00074	0,29	3,31
ТП-6-3	168,7	0,7	118,1	1,5	ПС-25	0,00130	0,32	3,34
3-1	901,6	0,7	631,1	3,0	А-50	0,00074	2,0	3,02
ТП-1-2	241	0,7	168,7	3,0	ПС-25	0,00130	0,93	2,19
ТП-3-2	120,5	0,7	84,4	0,5	ПС-25	0,00130	0,07	1,33
2-1	258,8	0,7	181,2	1,0	АС-35	0,00096	0,24	1,26
1-РТП	1134,3	0,7	794,1	1,5	А-70	0,0006	1,02	1,02

Таблиця 3.3 – Вибір проводів ПЛ - 0,38 кВ

Ділянка	$S_{\text{р}}, \text{кВА}$	$k_{\text{д}}$	$S_{\text{сбв}}, \text{кВА}$	$L_{\text{дл}}, \text{км}$	$F_{\text{акв}}, \text{мм}^2$	Втрати напруги, %		
						$\Delta U_{\text{набв}}$ %/кВА	км	ПД
<b>ПЛ 1</b>								
9-8	27,8	0,7	19,5	0,024	A25	0,90	0,60	5,11
8-7	43,9	0,7	30,7	0,025	A50	0,49	0,53	4,51
7-3	60,5	0,7	42,4	0,024	A50	0,49	0,71	3,98
6-5	26,9	0,7	18,8	0,024	A25	0,90	0,58	5,39
5-4	43,9	0,7	30,7	0,024	A50	0,49	0,51	4,81
4-3	60,5	0,7	42,4	0,035	A50	0,49	1,037	4,3
3-1	77,8	0,7	54,5	0,075	A50	0,49	2,85	3,27
2-1	5,6	0,7	3,9	0,024	A25	0,90	0,12	0,54
1-ТП	87,7	0,7	61,4	0,010	A50	0,49	0,42	0,42
<b>ПЛ 2</b>								
12-11	27,8	0,7	19,5	0,023	A25	0,90	0,57	7,29
11-7	43,9	0,7	30,7	0,050	A50	0,49	1,07	6,72
10-9	27,8	0,7	19,5	0,024	A25	0,90	0,60	7,5
9-8	43,9	0,7	30,7	0,024	A50	0,49	0,52	6,91
8-7	60,5	0,7	42,4	0,025	A50	0,49	0,74	6,39
7-6	90,1	0,7	63,1	0,025	A50	0,49	1,10	5,65
6-1	91,7	0,7	64,2	0,075	A50	0,49	3,36	4,55
5-4	27,8	0,7	19,5	0,024	A25	0,90	0,60	3,38
4-3	43,9	0,7	30,7	0,025	A50	0,49	0,53	2,78
3-2	60,5	0,7	42,2	0,023	A50	0,49	0,68	2,25
2-1	77,8	0,7	62,3	0,010	A50	0,49	0,38	1,57
1-ТП	143,1	0,7	100,2	0,017	A50	0,49	1,19	1,19
<b>ПЛ 3</b>								
8-7	5,2	0,7	3,6	0,020	A25	0,91	0,09	8,17
7-6	34,4	0,7	24,1	0,020	A25	0,91	0,62	8,08
6-4	54,2	0,7	37,9	0,050	A50	0,49	1,32	7,46
5-4	20,1	0,7	14,1	0,015	A25	0,91	0,27	6,41
4-3	66,6	0,7	46,6	0,075	A50	0,49	2,44	6,14
3-2	84,8	0,7	59,4	0,024	A50	0,49	0,99	3,7
2-1	102,7	0,7	71,9	0,025	A50	0,49	1,25	2,71
1-ТП	119,7	0,7	83,8	0,025	A50	0,49	1,46	1,46
<b>ПЛ 4</b>								

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КП.06.3.003.ПЗ

Арк.

27

7-6	2,7	0,7	1,9	0,050	A25	0,82	0,11	3,74
6-5	7,2	0,7	5,1	0,025	A25	0,82	0,14	3,63
5-4	15,6	0,7	10,9	0,024	A25	0,85	0,31	3,49
4-3	20,7	0,7	18,3	0,040	A25	0,88	0,72	3,18
3-2	40,2	0,7	28,1	0,025	A50	0,49	0,49	2,46
2-1	46,7	0,7	32,7	0,025	A50	0,49	0,57	1,97
1-ТП	63,8	0,7	44,7	0,045	A50	0,49	1,40	1,4

### 3.3 Перевірка повітряної лінії 0,4 (0,38) кВ на вібрацію напруги при запуску електродвигуна

Фактичні зміни напруги в мережі у процесі пуску електродвигуна:

$$\Delta U_{\phi} \% = \frac{Z_m}{Z_m + Z_{en}} 100\% \quad \Delta U_{\text{доп.}} \%, \quad (3.5)$$

де  $Z_m$  – загальний опір в електричній мережі, Ом ;

$Z_{en}$  – загальний опір к.з. асинхронного електродвигуна, Ом

$$Z_m = Z_l + Z_t, \quad (3.6)$$

де  $Z_l$  – загальний опір по лінії від трансформатора до електродвигуна, Ом ,

$Z_t$  – загальний опір трансформатора, Ом .

$$Z_l = l_i \sqrt{r_{oi}^2 + x_{oi}^2}, \quad (3.7)$$

$I_{y.p.g.} = 125 \text{ A};$

де  $r_{oi}, x_{oi}$  – питомі опори проводів  $i$ -тої ділянки лінії, Ом/км ;

$l_i$  – довжина кожної ділянки по лінії, км ;

$$Z_t = \frac{U_K \% U_H^2}{100 S_{HT}}, \quad (3.8)$$

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де  $U_H$  – номінальна напруга в трансформаторі зі сторони нижчої напруги.,  
кВ;

$S_{HT}$  – номінальна потужність в трансформаторі, кВА ;

$U_K\%$  – напруга короткого замикання в трансформаторі , % .

$$Z_{en} = \frac{U_H}{\sqrt{3} k_i I_{HД}}, \quad (3.9)$$

де  $k_i$  – кратність пускового струму двигуна;

$I_{HД}$  – номінальний струм двигуна, А .

Приймаємо, що електродвигун АИРС160М2 ( $P_H = 20$  кВт ;  $I_H = 36,9$  А ;  
 $k = 7$ ) встановлено на об'єкті № 20 (млин) (рисунок 3.2).

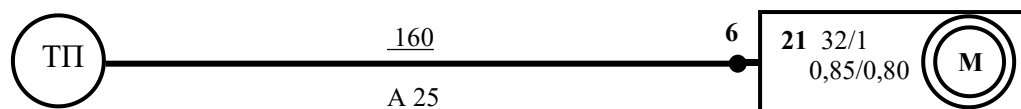


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема мережі електродвигуна

Для лінії  $r_{0(25)} = 1,14$  Ом/км ;  $x_{0(25)} = 0,15$  Ом/км .

$$Z_{Л} = 0,16\sqrt{1,14^2 + 0,15^2} = 0,186 \text{ Ом} . \quad Z_T = 4,5 \frac{400^2}{100 \cdot 400 \cdot 10^3} = 0,018 \text{ Ом} .$$

$$Z_M = 0,182 + 0,018 = 0,204 \text{ Ом} . \quad Z_{en} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 7 \cdot 36,9} = 0,85 \text{ Ом}$$

$$\Delta U_{\phi} \% = \frac{0,204}{0,204 + 0,85} \cdot 100\% = 19,3 \quad \Delta U_{\text{доп.}} \% = 20 \%$$

Умова виконується.

### 3.4 Обчислення струмів при короткому замиканні

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Обчислення струмів при короткому замиканні мережі проводиться для вибору та перевірки пристроїв мережі 10 кВ і 0,38 кВ на термічну та динамічну стійкість, проектування релейного захисту та перевірки його чутливості. Для визначення струмів при короткому замиканні використовують метод практичних (іменних) одиниць, де параметри кола виражають в Омах, вольтах, амперах тощо.

Розроблено проектну схему мережі 10 кВ. Струми слід розраховувати в таких точках мережі:

- Точка К1 (шини 10 кВ РТП 35/10 кВ) – для вибору високовольтного вимикача, роз'єднувача, трансформатора струму та щоб розрахувати релейний захист трансформатора;
- Точка К2 (шини 10 кВ які входять до найближчої підстанції) – потрібні для обчислення струму по відриву від лінії;
- Точка К3 (запропонованої ПС 10/0,4 кВ шини 10 кВ) – для вибору автоматичного вимикача та запобіжників на запропонованій ПС 10/0,4 кВ;
- Точка К4 (віддалених ПС 10/0,4 кВ шини 10 кВ) – для обчислення захист від надструму.

Здійснюється обчислення струмів коротких замикань методом іменованих одиниць. Для обчислювальної схеми електричних мереж (рисунок 3.3) необхідно зробити схему заміщення (рисунок 3.4) і здійснити обчислення струмів коротких замикань у вказаних точках мережі.

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

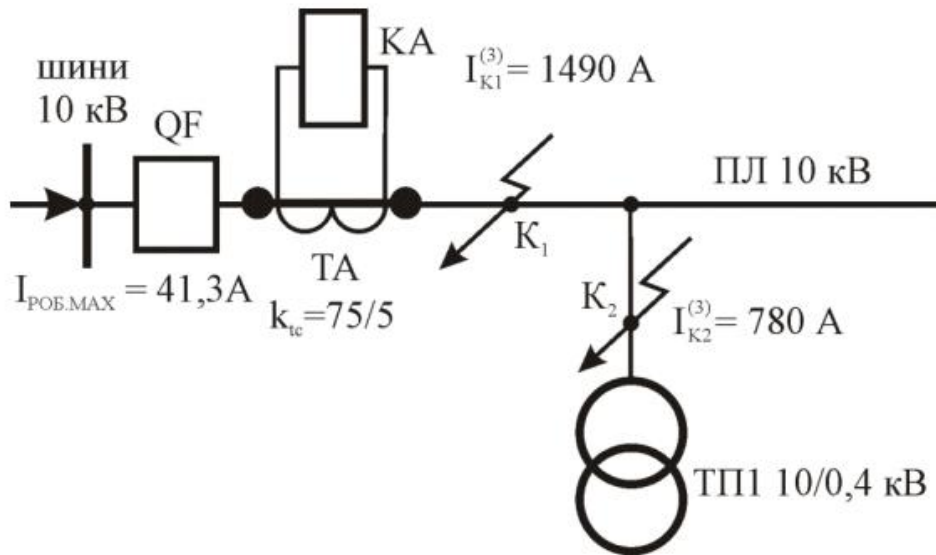


Рисунок 3.3 – Очислювальна схема

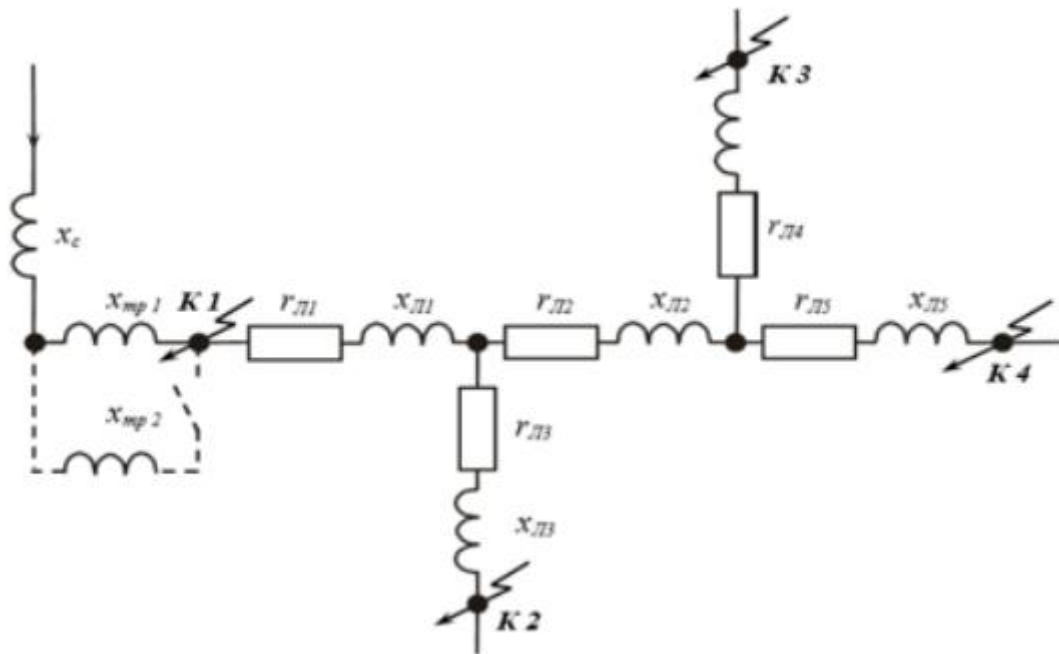


Рисунок 3.4 – Схема заміщення

Всі опори зводяться до базисної напруги  $U_b$ . Базисну напругу береться середня напруга кожного ступеню, де встановлюється струм короткого замикання

$$U_{\sigma} = 1,05 U_n \quad (3.10)$$

Опори всіх елементів в схемі розраховують по формулам:

– Електричний опір в системі:

$$X_c = \frac{U_{\delta}^2}{S_{kc}}, \quad (3.11)$$

де  $S_{kc}$  – потужність коротких замикань в системі, ВА.

– Електричний опір по лінії:

$$X_l = x_o \cdot l \cdot \frac{U_{\delta}^2}{U_{сн}^2}, \quad (9,3) \quad R_l = r_o \cdot l \cdot \frac{U_{\delta}^2}{U_{сн}^2}, \quad (3.12)$$

де  $U_{сн}$  – номінальна середня напруга по лінії ( $1,05U_n$ ), В;

$r_o, x_o$  – є реальний та індуктивний питомі електричні опори в проводах по лінії, Ом/км.

– Електричний опір в трансформаторі:

$$X_m = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{U_{\delta}^2}{S_{нт}}, \quad (3.13)$$

де  $U_k \%$  – напруга короткого замикання в трансформаторі, %;

Загальний електричний опір до конкретної точки короткого замикання обчислюється:

$$Z_{рез} = \sqrt{(X_i)^2 + (R_i)^2}. \quad (3.14)$$

Струм триполюсного короткого замикання розраховується:

$$I_K^{(3)} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} Z_{рез}}. \quad (3.15)$$

Потужність триполюсного короткого замикання обчислюється по формулі:

$$S_K^{(3)} = \sqrt{3} U_{\delta} I_K^{(3)}. \quad (3.16)$$

Ударний струм триполюсного короткого замикання обчислюється по формулі:

$$i_y^{(3)} = \sqrt{2} K_y I_K^{(3)}. \quad (3.17)$$

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де  $\kappa_y$  – ударний коефіцієнт.

Діюче значення повного струму триполюсного к.з. за перший період визначається за виразом:

$$I_y^{(3)} = I_K^{(3)} \sqrt{1 + 2 (\kappa_y - 1)^2}. \quad (3.18)$$

Струм двополюсного к.з. :

$$I_\kappa^{(2)} = 0,87 I_K^{(3)}, \quad (3.19)$$

$$X_c = \frac{10,5^2}{150} = 0,73 \text{ Ом.}$$

$$X_m = \frac{5}{100} \frac{10,5^2}{2} = 2,77 \text{ Ом;}$$

$$X_{Л1} = 0,086 \cdot 1,5 = 0,13 \text{ Ом;}$$

$$R_{Л1} = 0,44 \cdot 1,5 = 0,66 \text{ Ом;}$$

$$X_{Л2} = 0,099 \cdot 1,5 = 0,15 \text{ Ом;}$$

$$R_{Л2} = 1,24 \cdot 1,5 = 1,86 \text{ Ом;}$$

$$X_{Л3} = 0,09 \cdot 3,5 = 0,31 \text{ Ом;}$$

$$R_{Л3} = 0,62 \cdot 3,5 = 2,17 \text{ Ом;}$$

$$X_{Л4} = 0,095 \cdot 1 = 0,09 \text{ Ом;}$$

$$R_{Л4} = 0,89 \cdot 1 = 0,89 \text{ Ом;}$$

$$X_{Л5} = 0,095 \cdot 5,5 = 0,52 \text{ Ом;}$$

$$R_{Л5} = 0,89 \cdot 5,5 = 4,85 \text{ Ом;}$$

$$X_{рез K1} = 0,73 + 2,77 = 3,06 \text{ Ом;}$$

$$X_{рез K2} = 3,06 + 0,13 + 0,15 = 3,34 \text{ м;}$$

$$R_{рез K2} = 0,66 + 1,86 = 2,52 \text{ Ом;}$$

$$X_{рез K3} = 3,06 + 0,13 + 0,31 + 0,09 = 3,59 \text{ Ом;}$$

$$R_{рез K3} = 0,66 + 2,17 + 0,89 = 3,72 \text{ Ом;}$$

$$X_{рез K4} = 3,06 + 0,13 + 0,31 + 0,52 = 4,02 \text{ Ом;}$$

$$R_{рез K4} = 0,66 + 2,17 + 4,85 = 7,68 \text{ Ом.}$$

Визначення струмів к.з. до точки К1:

$$Z_{рез K1} = X_{рез K1} = 3,06 \text{ Ом;}$$

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 3,06} = 1,98 \text{ кА;}$$

$$i_y^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,5 \cdot 1,98 = 4,20 \text{ кА;}$$

$$I_y^{(3)} = 1,98 \sqrt{1 + 2 (1,5 - 1)^2} = 2,42 \text{ кА.}$$

$$I_\kappa^{(2)} = 0,87 \cdot 1,98 = 1,66 \text{ кА;}$$

$$S_{K1}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 1,98 = 35,96 \text{ кВА.}$$

Визначення струмів к.з. в інших точках мережі 10 кВ виконуємо аналогічно. Результати розрахунків зводимо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахункові значення струмів к.з. в мережі

					<b>КП.06.3.003.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		33

Величина	К1	К2	К3	К4
$Z_{рез}$	3,06	4,18	5,16	8,66
$I_K^{(3)}$	1,98	1,45	1,56	0,93
$K_y$	1,5	1	1	1
$i_y^{(3)}$	4,20	2,05	2,20	1,31
$I_y^{(3)}$	2,42	1,45	1,56	0,93
$I_K^{(2)}$	1,66	1,26	1,36	0,81
$S_K^{(3)}$	35,96	26,37	28,37	16,91

В мережі 0,38 кВ треба розрахувати струм триполюсного короткого замикання на шинах 0,38 кВ обчислюваної ТП 10/0,4 кВ та однополюсний струм короткого замикання в кінці кожної лінії 0,38 кВ.

Щоб обчислити струм короткого замикання в мережі 0,38 кВ потрібно теж вибрати обчислювальну схему мережі та розробити схему заміщення (рисунок 3.5).

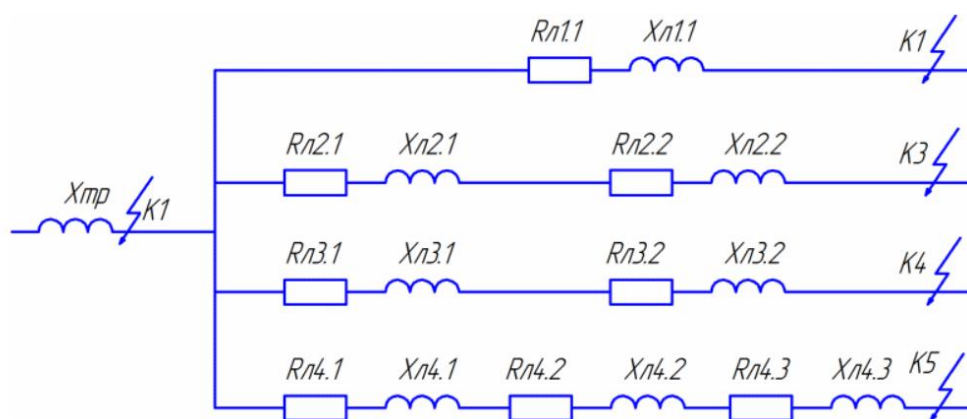


Рисунок 3.5 – Схема заміщення

В мережах 0,38 кВ потрібно знайти струм триполюсного короткого замикання на шинах 0,38 кВ обчислюваної ТП та однополюсний струм к. з. на кінці 0,38 кВ, які відходять від ТП.

Обчислюється ці струми за формулами:

$$I_K^{(3)} = \frac{100 S_{шт}}{U_K \% \sqrt{3} U_n} \quad (3.20)$$

$$I_K^{(1)} = \frac{230}{\frac{Z_m}{3} + Z_n} \quad (3.21)$$

$$Z_n = l_i \sqrt{(r_{офi} + r_{онi})^2 + x_{фн}^2} \quad (3.22)$$

де  $r_{офi}, r_{онi}$  – активний питомий опір проводів на  $i$ -й ділянці лінії Ом/км ;

$x_{фн}$  – індуктивний питомий опір приймається  $x_{фн} = 0,6$  Ом/км).

$$I_K^{(3)} = \frac{100 \cdot 400}{5 \sqrt{3} \cdot 0,4} = 11560 \text{ A} = 11,56 \text{ кА};$$

$$Z_{n K1} = 193 \cdot 10^{-3} \sqrt{(2 \cdot 0,58)^2 + 0,6^2} + 72 \cdot 10^{-3} \sqrt{(2 \cdot 1,14)^2 + 0,6^2} = 0,42 \text{ Ом.}$$

$$Z_{n K2} = 274 \cdot 10^{-3} \sqrt{(2 \cdot 0,58)^2 + 0,6^2} + 71 \cdot 10^{-3} \sqrt{(2 \cdot 1,14)^2 + 0,6^2} = 0,52 \text{ Ом.}$$

$$Z_{n K3} = 199 \cdot 10^{-3} \sqrt{(2 \cdot 0,58)^2 + 0,6^2} + 55 \cdot 10^{-3} \sqrt{(2 \cdot 1,14)^2 + 0,6^2} = 0,39 \text{ Ом.}$$

$$Z_{n K2} = 95 \cdot 10^{-3} \sqrt{(2 \cdot 0,58)^2 + 0,6^2} + 139 \cdot 10^{-3} \sqrt{(2 \cdot 1,14)^2 + 0,6^2} = 0,45 \text{ Ом.}$$

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{230}{\frac{0,7}{3} + 0,42} = 352,04 \text{ A};$$

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{230}{\frac{0,7}{3} + 0,52} = 305,30 \text{ A};$$

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{230}{\frac{0,7}{3} + 0,39} = 368,98 \text{ A};$$

$$I_{K4}^{(1)} = \frac{230}{\frac{0,7}{3} + 0,45} = 336,58 \text{ A}.$$

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 4. ВИБІР УСТАТКУВАННЯ

### 4.1 Вибірання електроапаратів з напругою в 10 та 0,38 кВ

Включаючи вимоги, всі електроапарати підбирають за типом встановлення, номінальною напругою та номінальним струмом і іншими параметрами. Ці апарати проходять термічну перевірку та перевірку на динамічну стійкість. Апарати захисту ще проходять перевірку на чутливість і селективність.

Обчислення якнайбільших робочих струмів в кожній із характерних точках мережі розраховується:

$$I_{роб.макс.} = \frac{S_{РОЗ}}{\sqrt{3} U_H}, \quad (4.1)$$

де  $S_{РОЗ}$  – якнайбільша обчислювальна потужність кожної відповідної ділянки, кВт.

По стороні 10 кВ РТП 35/10 кВ:

$$I_{роб.макс.} = \frac{1134.3}{\sqrt{3} 10} = 65,6 \text{ А.}$$

По стороні проектованої 10 кВ ТП 10/0,4 кВ:

$$I_{роб.макс.} = \frac{454.2}{\sqrt{3} 10} = 26,3 \text{ А.}$$

Для керування лінією 10 кВ на РТП 35/10 кВ розміщується шинний роз'єднувач внутрішнього встановлення (QS1), лінійний роз'єднувач зовнішнього встановлення (QS2), високовольтний вимикач (Q1), та трансформатори струму (ТА1...ТА3) для живлення та для релейного захисту.

На стороні з високою напругою конструйованої ТП 10/0,4 розміщуються лінійний роз'єднувач (QS3), розрядники (FV1...FV3) та запобіжники (FU1...FU3)

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		36

Перевірка електроапаратів 10 кВ проводимо за допомогою табличного способу.

У процесі к.з. електроапарати на динамічну стійкість перевіряються за допомогою методу порівняння.

Апарати перевіряються на термічну стійкість завдяки :

$$I_t^2 t_T = I^2 t_{TP} \quad (4.2)$$

Перевірка трансформаторів струму на динамічну стійкість виконується за допомогою:

$$k_D \sqrt{2} I_{H1} = i_y^{(3)}, \quad (4.3)$$

де  $k_D$  – множник струму для динамічної стабільності;

$I_{H1}$  – номінальний струм в первинній обмотці трансформатора;

Також трансформатори струму проходять перевірку на термічну стійкість:

$$(k_t I_{H1})^2 t = I^2 t_{TP} \quad (4.4)$$

де  $k_t$  - множник термічної стійкості струму.

Таблиця 4.1 – Розрахунок роз'єднувача для шини QS1

Розрахункові дані	Параметри апарату	Умови вибору	
		Вимоги	Вибір
$U_{н.л.} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.а.} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.л.} \leq U_{н.а.}$	$10 = 10$
$I_{роб. макс.} = 65,6 \text{ А}$	$I_{н.а.} = 400 \text{ А}$	$I_{роб. макс.} \leq I_{н.а.}$	$65,6 < 400$
$i_y^{(3)} = 4,20 \text{ кА}$	$i_{max} = 52 \text{ кА}$	$i_y^{(3)} \leq i_{max}$	$4,20 < 52$
$(I_k^{(3)})^2 \cdot t_{np} = 3,85 \text{ кА}^2 \text{с}$	$I_T^2 \cdot t = 1024 \text{ кА}^2 \text{с}$	$(I_k^{(3)})^2 \cdot t_{np} \leq I_T^2 \cdot t$	$3,85 < 1024$

Вибираємо роз'єднувач РВЗ – 10/400 У 2

Таблиця 4.2 – Розрахунок лінійного роз'єднувача QS2

Розрахункові дані	Параметри апарату	Умови вибору	
		Вимоги	Вибір
$U_{н.м} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.а} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.м} \leq U_{н.а}$	$10 = 10$
$I_{роб.макс} = 65,6 \text{ А}$	$I_{н.а} = 400 \text{ А}$	$I_{роб.макс} \leq I_{н.а}$	$65,6 < 400$
$i_y^{(3)} = 4,20 \text{ кА}$	$i_{max} = 25 \text{ кА}$	$i_y^{(3)} \leq i_{max}$	$4,20 < 25$
$(I_x^{(3)})^2 \cdot t_{np} = 3,85 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$I_T^2 \cdot t = 400 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$(I_x^{(3)})^2 \cdot t_{np} \leq I_T^2 \cdot t$	$3,85 < 400$

Вибираємо роз'єднувач РЛНД – 10/400 У 1.

Таблиця 4.3 – Розрахунок вимикача для високовольтної напруги Q1

Розрахункові дані	Параметри апарату	Умови вибору	
		Вимоги	Вибір
$U_{н.м} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.а} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.м} \leq U_{н.а}$	$10 = 10$
$I_{роб.макс} = 65,6 \text{ А}$	$I_{н.а} = 630 \text{ А}$	$I_{роб.макс} \leq I_{н.а}$	$65,6 < 630$
$I_y^{(3)} = 2,42 \text{ кА}$	$I_{н.відкл} = 20 \text{ кА}$	$I_y^{(3)} \leq I_{н.відкл}$	$4,42 < 20$
$i_y^{(3)} = 4,2 \text{ кА}$	$i_{max} = 52 \text{ кА}$	$i_y^{(3)} \leq i_{max}$	$4,2 < 52$
$(I_x^{(3)})^2 \cdot t_{np} = 3,85 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$I_T^2 \cdot t = 1600 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$(I_x^{(3)})^2 \cdot t_{np} \leq I_T^2 \cdot t$	$3,85 < 1600$

Вибираємо масляний вимикач ВПМ-10-20/630У 3.

Таблиця 4.4 – Розрахунок трансформаторів струму на лінії 10 кВ

Розрахункові дані	Параметри апарату	Умови вибору	
		Вимоги	Вибір
$U_{н.м} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.а} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.м} \leq U_{н.а}$	$10 = 10$
$I_{роб.макс} = 65,6 \text{ А}$	$I_{н1} = 75 \text{ А}$	$I_{роб.макс} \leq I_{н1}$	$65,6 < 75$
$i_y^{(3)} = 4,2 \text{ кА}$	$K_{л1} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{н1} = 250 \cdot 1,41 \cdot 75 \cdot 10^{-3} = 6,4 \text{ кА}$	$i_y^{(3)} \leq K_{л1} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{н1}$	$4,2 < 6,4$
$(I_x^{(3)})^2 \cdot t_{np} = 3,85 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$(K_{л1} \cdot I_{н1})^2 \cdot t = (45 \cdot 75 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 3 = 34,2 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$(I_x^{(3)})^2 \cdot t_{np} \leq (K_{л1} \cdot I_{н1})^2 \cdot t$	$3,85 < 34,2$

Вибираємо трансформатори струму ТПЛ-10-0,5/Р-75/5У 3.

Розрахунок електроапаратури для ТП 10/0,4 кВ.

Таблиця 4.5 – Розрахунок лінійного роз'єднувача QS3

Розрахункові дані	Параметри апарату	Умови вибору	
		Вимоги	Вибір
$U_{н.л'} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.а'} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.л'} \leq U_{н.а'}$	$10 = 10$
$I_{роб.макс} = 26,3 \text{ А}$	$I_{н.а} = 400 \text{ А}$	$I_{роб.макс} \leq I_{н.а}$	$26,3 < 400$
$i_y^{(3)} = 2,05 \text{ кА}$	$i_{max} = 25 \text{ кА}$	$i_y^{(3)} \leq i_{max}$	$2,05 < 25$
$(I_k^{(3)})^2 \cdot t_{тр} = 2,94 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$I_T^2 \cdot t = 400 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$(I_k^{(3)})^2 \cdot t_{тр} \leq I_T^2 \cdot t$	$2,94 < 400$

Вибираємо роз'єднувач РЛНД -10/400У1.

Таблиця 4.6 – Розрахунок запобіжників для високовольтної напруги FU1...FU3

Розрахункові дані	Параметри апарату	Умови вибору	
		Вимоги	Вибір
$U_{н.л'} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.а'} = 10 \text{ кВ}$	$U_{н.л'} \leq U_{н.а'}$	$10 = 10$
$I_{роб.макс} = 26,3 \text{ А}$	$I_{н.а} = 31,5 \text{ А}$	$I_{роб.макс} \leq I_{н.а}$	$26,3 < 31,5$
$2I_{н.тр} = 2 \cdot 9,25 = 18,5 \text{ А}$	$I_{ест.} = 20 \text{ А}$	$2I_{н.тр} \leq I_{ест}$	$18,5 < 20$
$I_y^{(3)} = 2,05 \text{ кА}$	$I_{ксіодкл} = 20 \text{ кА}$	$I_y^{(3)} \leq I_{ксіодкл}$	$2,05 < 20$

Вибираємо запобіжник ПКТ102 -12 -31,5 -20Т3

Щоб захистити ТП 10/0,4 кВ від атмосферних перенапруг беремо вентильні розрядники. До розміщення на стороні 10 кВ беремо розрядники РВО -10У0 ( $U_n = 10 \text{ кВ}$ ;  $U_n U = 26 \text{ кВ}$ ).

На лініях що відходять від 0,38 кВ розміщують автоматичні вимикачі а на вводі 0,38 кВ встановлюють рубильник або автоматичний вимикач (рисунок 4.1).

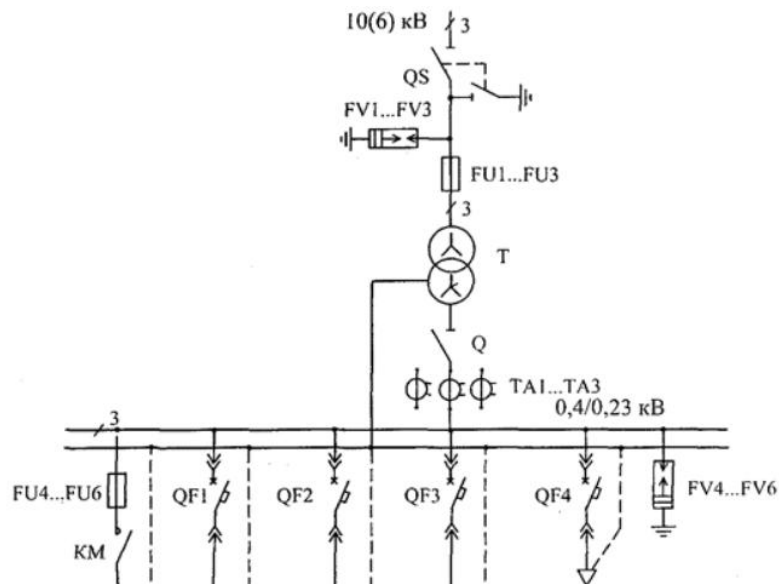


Рисунок 4.1 – Схема однолінійна ТП 10/0,4 кВ

Розрахунок робочих струмів мережі 0,38 кВ.

$$I_{роб.мах. 1} = 87,7 / (\sqrt{3} * 0,38) = 57,72 \text{ A}$$

$$I_{роб.мах. 2} = 143,1 / (\sqrt{3} * 0,38) = 94,18 \text{ A}$$

$$I_{роб.мах. 3} = 119,7 / (\sqrt{3} * 0,38) = 78,78 \text{ A}$$

$$I_{роб.мах. 4} = 63,8 / (\sqrt{3} * 0,38) = 42 \text{ A}$$

$$I_{роб. макс. вводу} = 0,6 (57,72 + 94,18 + 78,78 + 42) = 163,60 \text{ A};$$

Розрахунок електроапаратів проводиться в формі таблиці (таблиця 4.7).

Таблиця 4.7 – Вибір і перевірка електроапаратів напругою 0,38 кВ

Місце установки	Тип апарату	Параметри автомату								Висновок
		$I_{роб. макс.}$ А	$I_k^{(3)}$ кА	$I_k^{(1)}$ А	$I_{н.л.}$ А	$I_{н.р.}$ А	$I_{відс.}$ А	$\frac{I_k^{(1)}}{I_{відс.}}$	$\frac{I_k^{(1)}}{I_{н.р.}}$	
Ввід (QF)	ВА51-35	163,60	5,14		250	250	2500			
ПЛ-1 (QF1)	ВА51-31	57,72		311	100	80	1120	0,28	3,9	
ПЛ-2 (QF2)	ВА51-31	94,18		315	100	100	1400	0,23	3,2	
ПЛ-3 (QF3)	ВА51-31	78,78		489	100	100	1400	0,35	4,9	
ПЛ-4 (QF4)	ВА51-31	42		284	100	100	1400	0,21	2,8	не прох.

Чутливість захисного обладнання повинна відповідати умовам:

– для автоматів що використовують електромагнітний розчіплювач:

$$\frac{I_K^{(1)}}{I_{ВДС}} \quad (1,25K \ 1,4), \quad (4.5)$$

1,25 – при ІН. АВТ  $m > 100$  А; 1,4 – при ІН. АВТ  $< 100$  А;

– для автоматів що використовують теплові розчіплювачі:

$$\frac{I_K^{(1)}}{I_{Н.Р.}} \quad 3 \quad (4.6)$$

– для запобіжників:

$$\frac{I_K^{(1)}}{I_{Н.В.}} \quad 3 \quad (4.7)$$

На лінії №4 розміщуємо ще додаткові засоби захисту на землю якими будуть реле струму типу РЭ-571.

#### 4.2 Визначення релейного захисту ПЛ з напругою в 10 кВ

Релейний захист являє собою автоматичний пристрій, що включає вимірювальні трансформатори та реле, що будуть реагувати на зміни режиму в кожній ділянці мережі. Це забезпечує подачу імпульсу для відключення конкретної ділянки або щоб подавати сигнал. Для належного та вчасного виконання всіх своїх функцій він має забезпечувати потрібні параметри.

Для ПЛ-10 кВ основним захистом від міжфазних к.з. в основному є максимальний струмовий захист (МСЗ), а додатковим в основному є струмова відсічка (СВ).

Приймаємо двополюсну схему максимального струмового захисту зі з'єднанням трансформаторів струму в неповну зірку. Для цього застосовуємо струмові реле РТ-40 (ККА, КА 2), реле часу РТМ-12 (К Т) та проміжні реле РП-341 (KL 1, KL 2) (рисунок 4,2).

					<b>КП.06.3.003.ПЗ</b>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

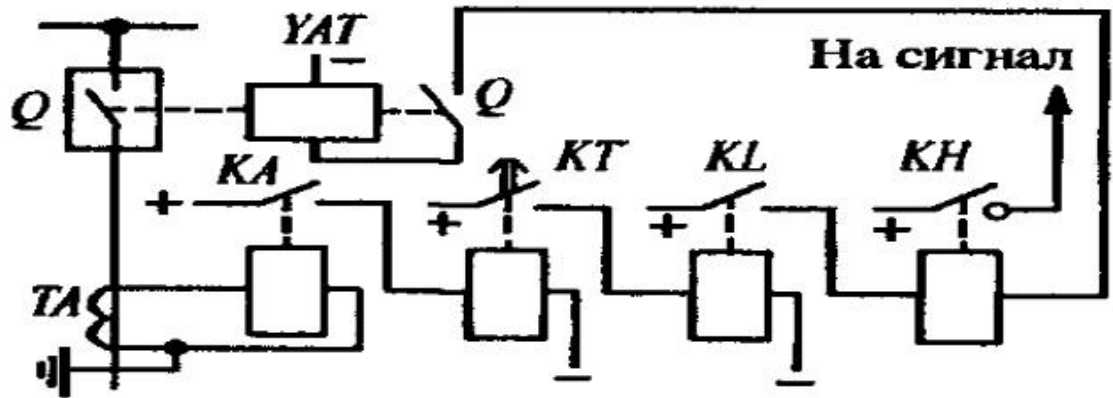


Рисунок 4.3 – Схема МСЗ ПЛ -10 кВ

Спрацьовування МСЗ повинно відбуватися на основі робочого струму лінії з врахуванням потенційних перепадів струму при самозапуску двигунів.:

$$I_{c.z.} = \frac{k_n}{k_n} k_{c.zan} I_{роб. max} \quad (4.8)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт надійності прийнятий для реле РТ - 80  $k_n = 1,5$ ;

$k_{c.zan}$  – коефіцієнт самозапуску електродвигунів можна прийняти для сільськогосподарської лінії  $1,2 \dots 1,3$ ;

$k_n$  – коефіцієнт повернення реле,  $k_n = 0,8 \dots 0,85$ ;

$I_{роб. max}$  – максимальний робочий струм лінії, А.

При дотриманні умови гарантується вибіркова дія МСЗ 10 кВ і розрядників кВ при їх сумісній роботі. ТП 10/0,4 :

– для захисних функцій із залежною затримкою по часу

$$I_{c.z.} = 1,4 I_{п.в.(5)}; \quad (4.9)$$

– для захисту функцій з незалежною витримкою по часу

$$I_{c.z.} = 1,3 I_{к}, \quad (4.10)$$

де  $I_{п.в.(5)}$  – струм, за допомогою якого плавка вставка найсильніша ТП 10/0,4 кВ перегорає за 5 с, А ;

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$I_k$  – струм, за якого плавкий елемент запобіжника найвищої потужності ТП 10/0,4 кВ перегорає за час  $t_{п.в.}$ , А .

$$t_{п.в.} = t_{с.з.} + 0,3; \quad (4.11)$$

де  $t_{с.з.}$  – час спрацювання захисту, с;  $t_{с.з.} = 1,2$  с.

Найбільш потужна ТП 10/0,4 – ТПЗ:  $S_H = 400$  кВА,  $I_H = 50$  А.

Струм при якому реле спрацьовує розраховується:

$$I_{с.р.} = \frac{I_{с.з.} \cdot k_{сх}^{(3)}}{K_{mc}} \quad (4.12)$$

де  $I_{с.з.}$  – більше значення струму спрацювання захисту, А ;

$k_{сх}^{(3)}$  – коефіцієнт схеми;

$K_{mc}$  – коефіцієнт перетворення струмового трансформатора.

За умовою надійного спрацювання електромагніту відключення зі струмом спрацювання 5 А :

$$I_{с.р.} = (6K \cdot 6,5)A. \quad (4.13)$$

Найбільше значення, отримане за цими виразами зменшуємо до цілого числа до встановленого струму  $I_{y.p.}$ , реле вибраного типу, якщо виконується умова:

$$I_{y.p.} \geq I_{с.р.} \quad (4.14)$$

Тоді дійсне сенс значення функції струму для спрацювання захисту буде:

$$I'_{с.з.} = \frac{K_{m.c.} \cdot I_{y.p.}}{k_{сх}} \quad (4.15)$$

Чутливість системи захисту обчислюється по формулою:

$$k_u = \frac{I_{k.min.} \cdot k_{сх.min.}}{I_{y.p.} \cdot K_{mc}} \geq 1,5; \quad (4.16)$$

					<b>КП.06.3.003.ПЗ</b>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де  $I_{к.мін}$  – струм короткого замикання, який проходить через двополюсник, на кінці захищеної ділянки, А ;

$k_{сх.мін}$  – найменше значення коефіцієнта схеми

$$I_{с.з.} = \frac{1,5}{0,8} 1,2 \cdot 65,6 = 147,6 \text{ А};$$

$$I_{с.з.} = 1,3 \cdot 150 = 195 \text{ А};$$

$$I_{с.р.} = \frac{195}{15} = 13 \text{ А};$$

$$I_{у.р.} = 13 \text{ А};$$

$$I'_{с.з.} = \frac{15 \cdot 13}{1} = 195 \text{ А}.$$

Розміщуємо реле

РТ 80/20 з  $I_{у.р.} = 13 \text{ А};$

Розраховуємо чутливість захисту:

$$k_{ч} = \frac{810}{13 \cdot 15} = 4,15 > 1,5.$$

Умова виконується.

Додатковий захист (струмову відсічку лінії) реалізуємо за допомогою реле РТ - 40 . Схема з'єднання трансформаторів струму є неповна зірка.

Струм при якому спрацює відсічка ПЛ-10 кВ розраховується за допомогою умов:

– Струм при якому спрацювають відсічки мусить перевищувати найбільший струм під час короткого замикання у кінці ділянки:

$$I_{с.в.} \cdot k_{н} \cdot I_{к.мах.} \quad (4.17)$$

де:  $I_{с.в.}$  – струм при якому спрацює відсічка, А ;

– Струмова відсічка не мусить спрацювати у процесі коливань струму намагнічування ТП 10/0,4 кВ :

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$I_{c.в.} = \frac{(4K 5) S_{н.тп}}{\sqrt{3} U_H}, \quad (4.18)$$

де  $S_{н.тп}$  – загальна потужність ТП 10/0,4 кВ, від якої живляться лінії,кВА .

Струм при якому спрацьовує реле відсічки розраховується за допомогою:

$$I_{c.р.в.} = \frac{I_{c.в.} k_{cx}^{(3)}}{K_{мс}} \quad (4.19)$$

Одержане значення округляємо до струму уставки ( $I_{y.р.в.}$ ) обраного типу реле, за умови:

$$I_{y.р.в.} \geq I_{c.р.в.} \quad (4.20)$$

Тоді дійсне значення струму спрацьовування відсічки:

$$I'_{c.в.} = \frac{K_{м.с.} I_{y.р.в.}}{k_{cx}} \quad (4.21)$$

Чутливість захисту визначається по формулі:

$$k_{ч.в.} = \frac{I_K^{(3)} k_{cx}}{I_{y.р.в.} K_{мс}} \quad 1,2, \quad (4.22)$$

де:  $I_K^{(3)}$  – у місці встановлення захисту струм к.з. в найбільшому сприятливому режимі .

$$I_{c.в.} = 1,3 \cdot 1450 = 1885 A;$$

$$I_{c.р.в.} = \frac{4 \cdot 1207}{\sqrt{3} \cdot 10} = 248,74 A;$$

За розрахункове приймаємо  $I_{c.в.} = 1885 A;$

$$I_{c.р.в.} = \frac{1885}{15} = 125 A;$$

$$I_{y.р.в.} = 125 A;$$

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$I'_{c.в.} = \frac{15 \cdot 130}{1} = 1875 \text{ A.}$$

Приймаємо реле

РТ 40/200 з  $I_{y.p.v.} = 125 \text{ A}$

$$k_{ч.в.} = \frac{1980}{125} \cdot \frac{1}{15} = 1,2.$$

Згідно із для додаткових захистів повітряних ліній  $k_{1,2} = 1,2 = 1,2$  - умова виконується.

### 4.3 Устаткування мереж в 10 та 0,4 кВ

В селі Кияниця беремо систему електропостачання TN - C . Магістральні лінії з напругою 0,38 кВ проектуємо шістьма проводами: три фазних провода (L1, L2, L3) , та один нейтральний провід (N), та один захисний провід (PE) та один ліхтарний поовід (L1.1) . Провода що розміщують на опорах проектують у певному порядку:

- спочатку фазні,
- потім ліхтарний,
- останні нейтральний та захисний.

При розрахуванні електропостачання Села Кияниця для ліній 0,38 кВ були використані дерев'яні опори із залізобетонними приставками (рисунок 4.4 ), а також для лінії 10 кВ були використані залізобетонні. Відстань між всіма опорами ПЛ 0,38 кВ повинна бути від 30 до 40 м . На вводі до споживачів довжина прогону не повинна бути більшою за 25 м.

					<b>КП.06.3.003.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		46

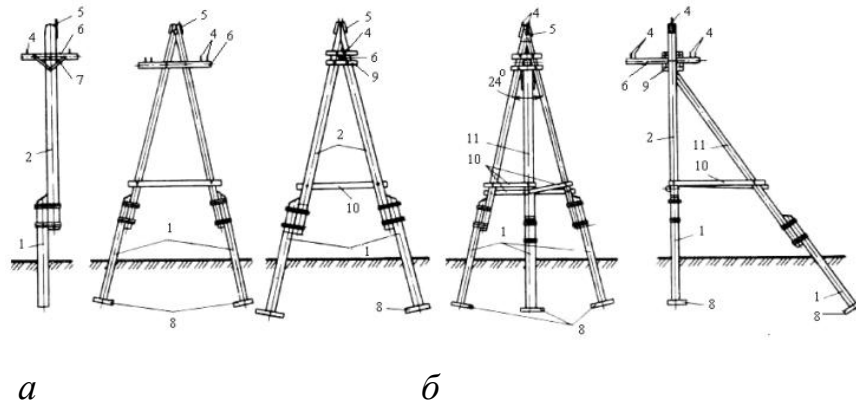


Рисунок 4.4 – Опори . *а* – проміжні; *б* – кінцеві (кутові) з підкосом

Для закріплення та проведення проводів ПЛ 0,38 кВ беремо фарфорові ізолятори ТФ -16 (для проводів А25 , А35 ) та ТФ -20 (для проводів А50 ) (рисунок 4.5 ) та сталеві гаки типу КН.

Для закріплення та проведення проводів ПЛ -10 кВ беремо фарфорові ізолятори ШФ10 -Г (рисунок 4.5 ), які будуть закріплені завдяки сталевим штирям на сталевих траверсах.

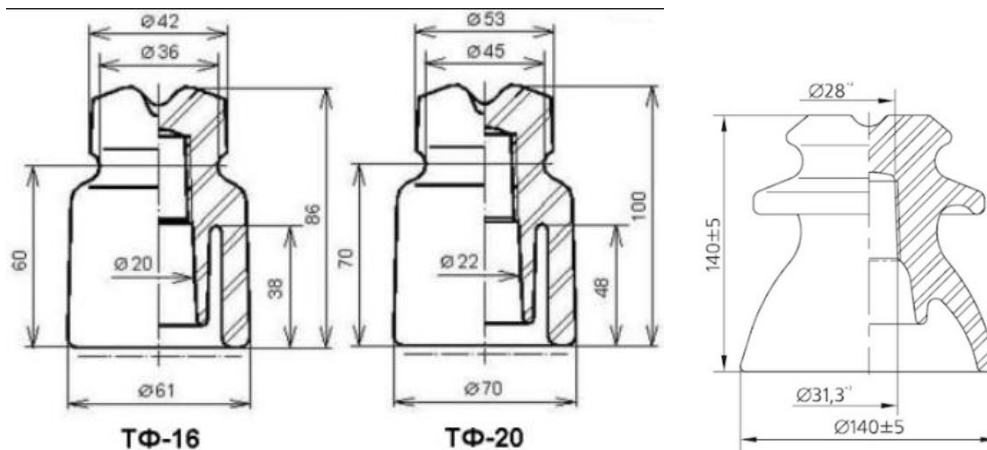


Рисунок 4.5 –Штирьові ізолятори типу ТФ -16 ТФ -20 та типу ШФ10 -Г

На прямих ділянках лінії провід кріплять до головки ізолятора, а на вигинах - до горловини.

Для електропостачання споживачів с.Кияниця використовується один трансформатор ТП 10/0,4 кВ потужністю 160 кВА. КТП встановлюється на

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		47

двох залізобетонних стовпах фундаменту, типових уніфікованих стовпах УСО-3А довжиною 3,6 м. КТП встановлюється на висоті 1,8 м від землі, а стовпи УСО-3А закопуються в землю. 1,95 м. Кінцева опора лінії 10 кВ встановлена на відстані 3 м від підстанції, на ній змонтований лінійний вимикач.

Перші опори ліній 0,38 кВ , що виходять від підстанції, встановлюються на відстані до 7 м для зменшення хвиль атмосферних перенапруг, які переміщуються по лініях 0,38 кВ під час грози - кабелі ПЛ можуть розносити, заземлюються. Заземлення гачків і нульового провідника відбувається одночасно. Діаметр заземлювача на опорі повинен бути не менше 6 мм. Використовуйте металеві куточки і металеву смугу. Як правило, в електроустановках з ізольованою нейтраллю напругою понад 1000 В опір заземлювача не повинен перевищувати 10 Ом , наприклад, в електроустановках із глухо заземленою нейтраллю напругою до 1000 В, 380/380 В. 220 В - 4 Ом .

Заземлення блискавкозахисту в ЛЕ 0,38 кВ виконується на останній опорі ЛЕ за 50 м від кінця лінії, а потім через кожні 100 м виконуються повторні заземлення.

Заземлення також здійснюється для забезпечення входу в приміщення зі значним скупченням людей або тварин і поблизу відповідальних виробничих об'єктів.

					<i>КП.06.3.003.ПЗ</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 5. РОЗРОБКА МОНТАЖУ КТП

Комплектна трансформаторна підстанція ( КТП ) – це спеціалізований електротехнічний комплекс, що забезпечує перетворення і розподіл електричної енергії. Вона складається з трансформатора, комутаційного обладнання, системи захисту, а також допоміжного обладнання, зібраних в єдиний конструктивний блок.

Основні компоненти КТП :

– Трансформатор:

Призначений для зниження або підвищення напруги до необхідного рівня для подальшого розподілу електроенергії споживачам.

– Комутаційне обладнання:

Включає в себе вимикачі, роз'єднувачі та запобіжники, що забезпечують управління електричними потоками і захист від аварійних режимів роботи.

– Система захисту:

Захищає обладнання та мережі від перенапруг, коротких замикань та інших небезпечних ситуацій, запобігаючи виходу з ладу і можливим аваріям.

– Допоміжне обладнання:

Включає в себе системи контролю, моніторингу, охолодження та вентиляції, а також освітлення та інші необхідні елементи для забезпечення нормальної роботи підстанції.

Переваги КТП :

Компактність: Завдяки компактному розміщенню всіх елементів в одному корпусі, КТП займає менше місця і є зручнішою для монтажу та обслуговування.

Швидкість установки: Заводська збірка і випробування значно скорочують час, необхідний для монтажу на місці експлуатації.

Надійність: Високий рівень заводського контролю якості забезпечує надійну роботу всього комплексу.

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		49

Мобільність: Деякі типи КТП можуть бути легко переміщені та встановлені на новому місці, що робить їх зручними для тимчасових об'єктів або в умовах, що змінюються.

#### Застосування КТП:

КТП широко використовуються в різних сферах, таких як промислові підприємства, житлові комплекси, сільське господарство, будівельні майданчики та інші об'єкти, де необхідно забезпечити надійне і ефективне електропостачання.

Розробка монтажу комплектної трансформаторної підстанції ( КТП ) включає кілька етапів, починаючи від проектування до безпосереднього встановлення. Ось загальний план процесу:

#### 1. Проектування

- Збір вихідних даних:

Визначення вимог до електропостачання (потужність, напруга, частота).

Аналіз місця встановлення (геологічні умови, кліматичні умови, доступність).

Врахування вимог з боку електричних мереж (перспективи розвитку, резервні потужності).

- Розробка проекту:

Вибір типу трансформаторної підстанції (кіоскова, блочна, відкритого або закритого типу).

Вибір трансформатора (потужність, напруга).

Вибір комутаційної апаратури (вимикачі, роз'єднувачі, запобіжники).

Розробка схеми електричних з'єднань.

Проектування систем заземлення і блискавкозахисту.

Розробка конструктивної частини (фундаменти, будівельні конструкції).

#### 2. Підготовчі роботи

- Отримання дозволів:

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Отримання всіх необхідних дозволів та погоджень від регулюючих органів і енергопостачальних компаній.

– Закупівля обладнання:

Закупівля трансформатора, комутаційної апаратури, кабельної продукції та інших матеріалів.

### 3. Монтаж

– Підготовка майданчика:

Розчищення і підготовка майданчика для встановлення КТП.

Улаштування фундаментів для обладнання.

– Встановлення обладнання:

Монтаж трансформатора на фундамент.

Встановлення розподільчих шаф та комутаційної апаратури.

Прокладання кабельних ліній (силових і контрольних кабелів).

– Монтаж систем заземлення і блискавкозахисту:

Улаштування контуру заземлення.

Монтаж блискавкозахисту.

### 4. Пусконаладжувальні роботи

– Перевірка і тестування:

Перевірка правильності монтажу всіх компонентів.

Проведення випробувань та вимірювань (опір ізоляції, опір заземлення).

Випробування під навантаженням.

– Введення в експлуатацію:

Оформлення необхідної документації.

Проведення пускових випробувань.

Передача об'єкта в експлуатацію.

### 5. Експлуатація і обслуговування

– Регулярне технічне обслуговування:

Проведення регулярних оглядів і технічного обслуговування обладнання.

Виявлення і усунення несправностей.

					<i>КП.06.3.003.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		51

– Модернізація та ремонт:

Модернізація обладнання при необхідності.

Проведення ремонтних робіт у разі виходу з ладу окремих компонентів.

Цей загальний план може бути адаптований залежно від специфіки конкретного проекту та вимог.

					<i>КП.06.3.003.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		52

## 6. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

В даний час раціональне використання природних ресурсів і збереження природи стають однією з найактуальніших проблем, оскільки діяльність людини стрімко змінює не тільки навколишнє середовище, але і клімат на всій планеті. Розвиток людського суспільства і сільськогосподарського виробництва відбувається в тісному зв'язку з природою. Оскільки природні ресурси є матеріальною основою сільського господарства, важливо використовувати їх так, щоб господарська діяльність не перевищувала допустимого навантаження (толерантності) на ці ресурси. Інакше може виникнути екологічна і, як наслідок, економічна криза.

Енергетика є важливим показником техніко-економічного розвитку суспільства і водночас одним із головних джерел забруднення довкілля. Вплив енергетики на навколишнє середовище проявляється у викидах в атмосферу твердих і рідких побутових відходів, випромінюванні електромагнітних полів при передачі електроенергії, тепловому забрудненні атмосфери, відчуженні земель тощо. Ступінь і форма впливу залежать від типу електростанції та типу первинного джерела.

Оскільки ця електрокомпанія спеціалізується на транспортуванні електроенергії, то розглянемо характер впливу первинного джерела (в даному випадку повітряної лінії 0,4 кВ і 10 кВ) на навколишнє середовище. До основних видів забруднення відносяться:

- електромагнітне випромінювання;
- відчуження землі;
- відходи, що утворюються при монтажі та експлуатації електрообладнання;
- забруднення ґрунту діелектричними маслами;
- та інші.

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

З метою уникнення забруднення навколишнього середовища при виконанні всіх видів робіт необхідно дотримуватись нормативно-правових актів, розроблених для забезпечення екологічної безпеки.

Для запобігання забрудненню ґрунту діелектричними маслами необхідно забезпечити стабільну роботу приладу в межах, встановлених

виробником, виключаючи аварійні роботи. Для цього пристрій необхідно експлуатувати згідно з Технічними правилами експлуатації, Правилами улаштування електроустановок та іншими нормативними документами.

Яму заповнюють просіяним гравієм або непористим щебенем розміром від 30 до 50 мм. Щоб уникнути забруднення ґрунту діелектричним маслом (можливий викид масла в аварійному режимі або при поломці ущільнювача бака трансформатора) під комплектною підстанцією ( КТП ) влаштовують маслосбірну яму. Масло з маслосбірної ями утилізується відповідно до чинних правил.

Класифікація можливих відходів при ремонті та експлуатації електричних мереж

Види відходів:

- електрообладнання (прилади, пристрої та їх частини, акумулятори);
- лампи (розжарювання, люмінесцентні та інші), скло з фосфором;
- ізольовані проводи та кабелі;
- старі пневматичні шини;
- керамічні та скляні відходи (ізолятори);
- відпрацьовані масла, непридатні для подальшого використання;
- лом чорних і кольорових металів (деталі, конструкції, оголений дріт).

Адміністратор компанії зобов'язаний:

1. Провести паспортизацію відходів разом зі спеціалізованою організацією та ідентифікуйте небезпечні відходи . Нормативне утворення відходів визначається розрахунковим шляхом за строком корисного використання

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		54

та нормативним терміном служби (згідно з паспортом виробника).  
Визначити порядок зберігання (в спеціальній тарі), транспортування та передачі в цех демеркуризації.

2. Здавати ізольовані проводи та кабелі, старі пневматичні шини та відходи скла для подальшої переробки та утилізації в установленому порядку;
3. Здавати брухту чорних і кольорових металів на брухтоприймальні пункти;
4. Розрахувати споживання енергії та моторних масел та розрахувати їх утворення відходів. Визначити порядок збору та зберігання відпрацьованих масел та їх подальшого використання:

а) відновлення їх фізико-хімічних властивостей у спеціалізованих приміщеннях компанії або інших спеціалізованих компаній для повторного використання;

б) використання відпрацьованих масел для отримання теплової енергії шляхом спалювання мазуту в котельнях.

Вести документальний облік утворення та поводження з відходами та контролювати дотримання правил поводження з ними.

Заходи щодо фінансового забезпечення природоохоронної діяльності

Охорона навколишнього середовища – це сукупна проблема, яка вимагає залучення фахівців різних напрямків. Особливого значення набуває кількісна оцінка наслідків забруднення навколишнього середовища, особливо економічного збитку від забруднення повітря.

В даний час захист довкілля включає не тільки економічне завдання підвищення продуктивності суспільства, а й соціально-економічне завдання поліпшення умов життя людей і збереження їх здоров'я. У цьому контексті поняття ефективності включає не тільки техніко-економічні показники, а й екологічні наслідки для економіки регіону та країни в цілому.

Економічний ефект від заходів щодо захисту довкілля від забруднення лише частково реалізується на підприємствах і виробництвах, які вживають

					<b>КП.06.3.003.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		55

заходів щодо обмеження шкідливих викидів. Основний вплив спостерігається в інших галузях національної економіки, таких як поліпшення умов життя, житлово-комунальне господарство, сільське та лісове господарство.

Витрати на охорону навколишнього середовища зростають у всіх розвинених країнах, досягаючи в деяких 1,5-2% національного доходу. Для проведення природоохоронних заходів на підприємствах необхідно створювати матеріальні стимули для забезпечення зацікавленості підприємств та їх працівників у природоохоронній діяльності. До матеріальних стимулів відносяться не тільки винагороди, а й покарання.

До заходів стимулювання належать:

- Встановлення податкових пільг;
- Звільнення від податку на екологічні фонди та екологічне майно;
- Застосування стимулюючих цін і бонусів на екологічно чисту продукцію;
- Надання пільгових кредитів (зі зниженими процентними ставками або безпроцентних кредитів).

Покарання включають:

- Запровадження спеціального додаткового податку на екологічно шкідливу продукцію та продукцію, виготовлену за технологіями, які забруднюють довкілля;
- Штрафи за екологічні порушення.

Заходи заохочення, такі як додаткові премії, вручення цінних подарунків або, навпаки, зняття премій та інші види винагород і покарань, повинні бути передбачені також для окремих працівників компаній, які безпосередньо займаються природоохоронною діяльністю.

Для підвищення рівня захисту довкілля необхідно створити на підприємстві екологічну службу, яка здійснює моніторинг екологічної ситуації та розробляє ефективні заходи по захисту навколишнього середовища.

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		56

Частина капітальних витрат підприємства (приблизно 10-15%) повинна йти на заходи з охорони навколишнього середовища, включаючи охорону повітряного басейну, водних ресурсів, знищення всіх відходів, розробку і впровадження безвідходних або низьких -відходів технологій.

Ефективність цієї служби безпосередньо вплине на безпеку життя та здоров'я людей, як у сьогоднішні, так і в майбутньому.

					<i>КП.06.3.003.ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		57

## 7. БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

### 7.1. Організація роботи з охорони праці на підприємстві

До об'єктів підвищеної небезпеки відносяться лінії електропередач і розподільчі споруди (розподільчі мережі) у населених пунктах та інших громадських місцях. Електричні підприємства повинні забезпечувати безпеку як населення, так і персоналу, що обслуговує електричні системи.

Для забезпечення безпеки виробничого процесу на основі державних стандартів розроблені міжгалузеві нормативні документи щодо захисту трудової діяльності. У сфері електроенергетики, промислових і побутових установок правила охоплюють етапи проектування, монтажу, введення в експлуатацію, випробування та експлуатації. Вони встановлюють загальні вимоги щодо запобігання небезпечній і шкідливій дії на людину електричного струму, електричної дуги та електромагнітних полів, а також визначають види захисту від цих факторів.

Правила безпеки визначають межі та ступінь відповідальності за їх порушення. Контроль за дотриманням цих правил здійснюють державні органи (Держенергонагляд).

Необхідно забезпечити електробезпеку:

- проект електроустановки;
- технічні засоби та способи захисту;
- організаційно-технічні заходи.

Конструкція повинна бути такою, щоб людина не піддавалася дії різких та негативних факторів електричного струму, як це встановлено стандартами на електротехнічну продукцію. Для розподільних мереж необхідно використовувати типові проекти будівництва повітряних ліній і підстанцій.

Технічні способи і засоби захисту, що забезпечують електробезпеку, необхідно встановлювати з урахуванням таких факторів:

- номінальна напруга;

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		58

- режим нейтралі трансформатора;
- умови навколишнього середовища (на вулиці);
- можливість відключення напруги від обладнання, на якому працюють аб поблизу нього;
- характер можливого контакту з струмоведучими частинами та неструмопровідними частинами, які можуть бути під напругю;
- можливість наближення д струмведучих частин, щ знаходяться під напругю, на відстань менше дпустимої аб проникнення в зону поширення струму;

## **7.2. Небезпечні та шкідливі виробничі чинники технологічного процесу, причини та наслідки цих чинників**

Проведення різноманітних рбіт в зні рзташування електроустановок (монтаж, налагодження, експлуатація та ін.).

Технічні способи і захисні заходи визначаються правилами проектування електричних систем.

Щоб забезпечити захист від ненавмисного торкання струмоведучих частин, слід використовувати наступне:

- захисні чохла;
- бар'єри безпеки;
- захисне відключення;
- сигналізація, замки, охоронні знаи.

Для захисту від електричного струму при дтику д неструмопровідних частин, що знаходяться під напругю через порушення ізляції, застосовуються такі заходи:

- захисне заземлення;
- скидання до замовчування;
- можливе орієнтування;
- захисне відключення;
- індивідуальні засоби захисту.

					<b>КП.06.3.003.ПЗ</b>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Техніка безпеки - це комплекс заходів та технічних рішень, спрямованих на захист працівників від небезпечних умов праці. Експлуатація електричних мереж супроводжується наступними видами аварій:

- електротравми;
- падіння з високої поверхності;
- Травми під час взаємодії з машинами та механізмами.

Ці фактори виникають у таких ситуаціях:

- Неадекватність або низька якість виконання організаційно-технічних заходів;
- умисне розширення робочого місця або порушення вказівок, отриманих при допуску бригади до роботи;
- неправильне підняття або наближення обладнання;
- несправне електропостачання робочого місця.

Щоб запобігти ураження людей електричним струмом внаслідок роботи електроустановок, необхідно вжити таких заходів:

- Інформувати громадськість через ЗМІ про небезпеку, пов'язану з електроустановками.
- Для запобігання наближенню до електроустановок користуйтеся «Правилами дотримання охоронної зони повітряної лінії».
- Впливати на порушення зони безпеки відповідно до «Кодексу про адміністративні відповідальності» та за допомогою правоохоронних органів;
- Позначати електроустановки знаками безпеки;
- Закрити розподільчі пристрої та комутаційні пристрої з замками;

Прізвища диспетчерів та номери телефонів диспетчера енергопостачальної організації повинні бути вивішені на розподільних пристроях та повітряних лініях для повідомлення населення про несправності в електромережі, обриви ліній та інші проблеми.

### **7.3. Оцінка умов праці технологічного процесу чи робочого місця**

					<b>КП.06.3.003.ПЗ</b>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Вукупність факторів навколишнього середовища та процесу праці, які надають впливу на стан здоров'я та працездатність людини і будуть умовами праці. Ці умови оцінюються під час атестації робочих місць.

Метою атестації є приведення обставин трудової діяльності у відповідність до вимог законодавства та компенсація працівникові важких вимог трудової діяльності.

Вимоги трудової діяльності залежать від:

- вид обладнання;
- технологічний процесу;
- обсягу робіт згідно посадової інструкції;
- організації роботи, яка здатна спричинити наявність шкідливих і (або) небезпечних факторів.

Шкідливі фактори - фактори, вплив яких на працівника призводить до погіршення його здоров'я. Небезпечні фактори - це фактори, вплив яких на працівника призведе до травм або смерті.

Шкідливі фактори можна класифікувати наступним чином:

Фізичні: шум, вібрація (загальна або місцева), мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху середовища і теплове випромінювання), електромагнітне випромінювання, пил, освітлення.

Біологічні: патогенні мікроорганізми (інфекція), препарати, що містять спори та клітини мікроорганізмів.

Хімічні: шкідливі гази, пари, аерозолі.

Фактори пологового процесу: вираженість сутічок, інтенсивність сутічок.

Оцінка робочого місця базується на нормах гігієни:

- гранично допустимі концентрації хімічних речовин і пилу;
- гранично допустимі рівні шуму, вібрації та електромагнітного випромінювання;
- норми радіаційного захисту;

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		61

- допустимі значення мікроклімату, освітленості та важкості праці.

Класифікація умов праці:

Перша категорія: найбільш вигідні умови трудової діяльності.

Друга категорія: умови що допускаються, за яких стандарти гігієни є меншими або дорівнюють допустимим значенням.

Третя категорія: найбільш небезпечні умови, в яких гігієнічні норми виходять за межі безпечних стандартів безпеки та допустимих значень і вимагають тимчасового індивідуального захисту або використання засобів захисту.

Четвертий клас: екстремальні або небезпечні умови, в яких санітарні норми істотно відхиляються від норм, і робота в таких умовах заборонена.

Заходи охорони трудової діяльності

Система заходів, спрямованих на охорону життя і здоров'я працівників під час їх робочої діяльності називають охороною праці.

#### **7.4. Рекомендації щодо впровадження безпечних і здорових умов праці**

При проведенні організаційно-технічних заходів керівництво підприємства зобов'язане забезпечити працівників такими елементами:

- система управління охороною праці (СУОП);
- журнал і ознайомча програма;
- перелік професій, що потребують проходження медогляду, та графік проходження медичних оглядів;
- перелік безкоштовного захисного одягу та засобів особистого захисту;
- щоденник та анкета первинного інструктажу (для кожної професії);
- наказ про створення комісії з перевірки знань та план перевірки знань;
- програма навчання персоналу та екзаменаційні картки;
- інструкції з захисту трудової діяльності для кожного робочого місця;
- перелік робіт підвищеної небезпеки та накази про призначення відповідальних за проведення цих робіт;

					<b>КП.06.3.003.ПЗ</b>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- перелік професій і видів робіт з ризиком;
- накази про призначення відповідальних за використання підймальних машин (ПМ) і посудин, що працюють під тиском;
- наказ про допуск персоналу до роботи з газогідравлічними матеріалами і тарою, розпорядок роботи та заходи з захисту трудової діяльності;
- положення про порядок здійснення контролю за захистом трудової діяльності.

Всі ці заходи спрямовані на забезпечення безпечних обставин трудової діяльності, зниження рівня професійних ризиків та запобігання нещасним випадкам і професійним захворюванням.

Організаційна діяльність включає:

- проведення медичних оглядів для визначення стану здоров'я працівників;
- укладання договорів, що регулюють обов'язки та права працівників і роботодавців;
- дозвіл на виконання роботи без підвищеного ризику на підставі медичних висновків та інструкцій;
- дозвіл на виконання роботи з збільшеним ризиком після проходження спеціального навчання та інструктажу;
- наймання керівників та спеціалістів на основі їх кваліфікації та перевірених знань;
- розробка навчальних матеріалів з питань безпеки праці для кожного працівника;
- надання працівникам засобів особистого захисту;
- проведення регулярних медичних оглядів для контролю здоров'ям працівників;
- проведення різних видів інструктажів: періодичних, цільових, позапланових та інших;

					<b>КП.06.3.003.ПЗ</b>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- проведення регулярних перевірок знань персоналу в сфері безпеки трудової діяльності;
- виплата допомоги чи компенсації за шкідливі або важкі умови праці;
- страхування працівників від нещасних випадків і професійних захворювань;
- забезпечення розпорядчими документами та правилами організації експлуатації електроустановок, посудин, що працюють під тиском, підйомних машин (ПМ), газових і котельних установок та інших технічних систем;
- розробка технологічних карт і протоколів стандартизації та безпеки процесів;
- атестація робочих місць для документального підтвердження обставин трудової діяльності і відповідності нормативним вимогам.

### **7.5. Висновки та пропозиції**

Ці заходи спрямовані на створення умов праці, що не становлять загрози, збільшення стандарту культури виробництва та запобігання нещасним випадкам і професійним захворюванням.

					<b>КП.06.3.003.ПЗ</b>	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 8. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ПОКАЗНИКИ

Оновлення електромережі села Кияниця з планування та встановленням КТП дуже вдосконалить роботу цієї системи.

При реконструкції та модернізації основними витратами буде придбання нового обладнання та матеріалів.

Спочатку розрахуємо недоотриманий прибуток:

$$P_{\text{недопол}} = O_{\text{сг}} \cdot H \cdot P, \quad (8.1)$$

$$P_{\text{недопол}} = 10 \cdot 7150 \cdot 0,36 = 25740 \text{ грн}$$

Таблиця 8.1 - Витрати на обладнання

Назва	Кількість.	Ціна за од., грн.	Всього, грн
Дерев'яна опора ПН-7,5	50	2500	125000,00
Кронштейн	50	300	15000,00
Провіди АЗ5	1930м.	13,47	25997,1
Фарфорові ізолятори ШФ10-Г	100	195	19500,00
Роз'єднувач рлнд-10/400у1	5	10000	50000,00
Реле типу РЭ-571	25	1200	30000,00
Запобіжник ПКТ-102-6-31,5-12,5	5	1300	6500,00
Вимикач ВПМ-10-20/630 У3	1	2400	2400,00
Трансформатор ТМФ -400	1	229050	229050,00

$$\Sigma = 125000 + 15000 + 25997,1 + 19500 + 50000 + 30000 + 6500 + 2400 + 229050 = 503447,1$$

Таблиця 8.2 – Економічні показники ефективності

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Показники		Всього, грн
Проект планового ремонту	-	50000,00
Робота машин і механізмів	-	30000,00
Фонд оплати труда ремонтних робітників	-	120000,00
Витрати основні	-	503447,1
Витрати монтажування устаткування	-	170000,00
Максимальні затрати на реконструкцію		679653,585
Всього дод. витрат, грн:	1183100,69	1553100,685
Показник економії за рік, грн.	369999,995	
Показник терміну окупності, рік	1,3	

Резерві кошти на непередбачені витрати до 20%:

$$503447,1 \cdot 0,20 = 100689,42 \text{ грн.} \quad (8.2)$$

Можливі зростання ціни до 15%:

$$503447,1 \cdot 0,15 = 75517,065 \text{ грн.} \quad (8.3)$$

Затрати на реконструкцію -  $Z_{c.p}$

$$Z_{c.p} = 503447,1 + 176206,485 = 679653,585 \quad (8.4)$$

Сума покупного електроустаткування та затрати на реконструкцію буде

з:

$$z = 503447,1 + 679653,585 = 1183100,69 \quad (8.5)$$

Визначення терміну окупності реконструкції об'єкта:

$$T_{ок} = \frac{K}{z}; \quad (8.5)$$

$$T_{ок} = \frac{1553100,685}{1183999,995} = 1,3(p)$$

					<b>КП.06.3.003.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		66

## ВИСНОВКИ

- На основі даних визначено стан безпеки, якість напруги, надійність та ступінь зношування мереж.
- Здійснено розрахунок мереж 0,4(0,38) та 10 кВ на втрати напруги та електроенергії визначено ділянки, що потребують реконструкції.
- На основі розрахунків спроектовано електричні мережі 0,4 кВ з виносом ТП 10/0,4 кВ до центру навантажень для усунення втрат електроенергії у проводах. Змінено схему мережі 10 кВ з урахуванням надійності.
- Підтверджено необхідність капіталовкладень на реконструкцію техніко-економічними обґрунтуваннями.
- Організовано експлуатацію електричних мереж господарським способом, створено ділянку розподільчих мереж.
- Проведено аналіз економічної безпеки та безпеки життєдіяльності для подальшої роботи в даному напрямку.

					КП.06.3.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		67

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Єрмолаєв С.О., Яковлєв В.Ф., Мунтян В.О., Козирський В.В., Радько І. П., Куценко Ю.М. Проектування систем електропостачання в АПК // Навчальний посібник для викладачів та студентів вищих навчальних закладів III – IV рівнів акредитації зі спеціальності «Енергетика сільськогосподарського виробництва». – Мелітополь, 2009. – 568 с.
2. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи. Підручник / Третє видання, доповнене та перероблене. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2015.
3. Костишин, В. С. Електрична частина станцій та підстанцій : навч. посіб. / В. С. Костишин, М. Й. Федорів, Я. В. Бацала. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. - 243 с.
4. Шестеренко В.Є. Електропостачання промислових підприємств. Посібник до курсового та дипломного проектування / Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. — Київ, 2013. — 424 с. 5
5. Мартиненко І.І., Лисенко В.П., Тищенко Л.П., Лукач В.С. Проектування систем електрифікації та автоматизації сільського господарства. Підручник. – К: Вища школа, 1999. – 201 с.
6. Зорин В.В., Тисленко В.В. Системы электроснабжения общего назначения. – Чернигов: ЧГТУ, 2005. – 341с.
7. Шийко А. Повітряні лінії 0,4-20 кВ з ізолюваними і захищеними проводами: досвід проектування, монтажу і експлуатації/ Новини Електротехніки. – 2002. - №5(17). – с. 19-21.
8. Основи охорони праці: підручник для студентів вищих навчальних закладів // За ред. д.т.н., проф. М.П. Гандзюка - К.: Каравела, 2003. - 408 с.
9. Охорона праці в енергетиці: Посібник для технікумів/ Л.Д. Борисов, Б.А. Князевський, С.М. Кучерук і ін.; під ред. Б. А. Князевського. – М.: Энергоатомиздат, 2015. – 376 с.

					КП.06.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		68

10. Лут М.Т. Охорона праці в галузі. Методичні вказівки щодо виконання розділу у дипломних проектах студентів зі спеціальності 7.091901 «Енергетика сільськогосподарського виробництва». К.: НАУ, 2000.-136 с
11. Супрун О. Д., Семененко Ю. О. Практикум до проведення практичних занять з дисципліни «Тягові та трансформаторні підстанції». Харків: УкрДУЗТ, 2015. 70 с.
12. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання, станом на 21.08.2017). Харків: Форт, 2017. 760 с.
13. Коваленко О.І. Електропостачання сільського населеного пункту: методичні вказівки до курсового проекту/О.І. Коваленко, Л.Р. Коваленко, О.В. Лисенко. – Мелітополь: ТДАТУ, 2009. – 60 с.
14. Плєшков П.Г., Мануйлов В.Ф., Коновалов І.В. Релейний захист та автоматика систем електропостачання: Навчальний посібник для курсового та дипломного проектування. Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2008.
15. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з навчальної дисципліни «Проектування електричних мереж» для студентів всіх форм навчання та студентів-іноземців спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціалізації «Електричні системи і мережі». (Електронне видання) Київ 2017 – 154 с.
16. Das D. Electrical power systems. - New Delhi: New Age International Publishers, 2006. 470 pp. – ISBN 978-81-224-2515-4.
17. El-Hawary M. Electrical energy systems. - CRC Press, 2000. – 364 pp. – ISBN 0- 8493-2191-3.
18. El-Hawary M. Introduction to electrical power systems. John Wiley & Sons, 2008.-394 pp. - ISBN 978-0470-40863-6.
19. Grigsby L.L. Electric power generation. Transmission and distribution / L. L. Grigsby. - CRC Press, 2007. – 502 pp. - ISBN 978-0-8493-9292-4.
20. Grigsby L.L. Power systems / L. L. Grigsby. - CRC Press, 2007. - 452 pp

					<i>КП.06.003.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		69