

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__р.

«__» _____ 20__р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Електротехніка та електротехнології

на тему: Розробка системи електропостачання насосної станції первинного підйому води та дослідження методів діагностики та локалізації пошкоджень повітряних і кабельних ліній електропередач

Виконав: здобувач 4 курсу, групи 4

Дерево Олександр Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Іващук Вячеслав Віталійович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти Сірик А. О.
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2020 р.

Національний університет харчових технологій

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім акад І.С. Гулого
Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма «Електротехніка та електротехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕПЕМ

/Балюта С.М./

« 08 » квітня 2020 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) ЗДОБУВАЧА

Дерева Олександра Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка системи електропостачання насосної станції первинного підйому води та дослідження методів діагностики та локалізації пошкоджень повітряних і кабельних ліній електропередач

керівник проекту (роботи) Іващук Вячеслав Віталійович
затверджені наказом вищого навчального закладу від «08» 04. 2020 р. № 260- кс

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 03 червня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Проект переоснащення системи електропостачання насосної станції первинного підйому води, паспортні данні обладнання системи електропостачання насосної станції первинного підйому води

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз характеру електричних потужностей, вибір схеми та розрахунок мережі, організація методу прокладання та забезпечення експлуатації силових електричних мереж, техніко-економічне обґрунтування ефективності прийнятих технічних рішень, охорона праці та техніка безпеки

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

Загальна схема електропостачання, схема розміщення двигунів на насосних станціях №1,2, схеми насосних станцій №1,2, схема освітлення

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
	Доц.кафедри ЕБ та ОП, к.т.н. Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання 8 квітня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання на дипломне проектування	08.04.2020 р	
2	Аналіз характеру електричних потужностей	22.04.2020 р	
3	Вибір схеми та розрахунок мережі	29.04.2020 р	
4	Спецпитання	7.05.2020 р	
5	Техніко-економічне обґрунтування ефективності прийнятих технічних рішень	15.05.2020 р	
6	Охорона праці та техніка безпеки	22.05.2020 р	
7	Оформлення пояснювальної записки	28.05.2020 р	
8	Оформлення графічної частини проекту	1.06.2020 р	
9	Подання готової роботи для перевірки на плагіат	3.06.2020 р	
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

Здобувач

(підпис)

Дерево Олександр Олександрович

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Іващук В'ячеслав Віталійович

(прізвище та ініціали)

Анотація

Кваліфікаційна робота: «Розробка системи електропостачання насосної станції первинного підйому води та дослідження методів діагностики та локалізації пошкоджень повітряних і кабельних ліній електропередач.»

Національний Університет Харчових Технологій

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Студент – Дерево О.О.

Керівник – доцент Іващук В.В.

Дипломна робота складається з: пояснювальної записки, з 67 сторінок, 33 рисунків, 18 таблиць, 3 схеми, додаток.

В кваліфікаційній роботі представлені: Перелік скорочень, вступ, аналіз характеру електричних потужностей підприємства, вибір схеми та розрахунок мережі, організація методу прокладання та забезпечення експлуатації силових електричних мереж, техніко-економічне обґрунтування ефективності прийнятих технічних рішень, охорона праці та техніка безпеки, висновки, список використаної літератури, схеми.

У першому розділі підібрані двигуни для насосів, насосних станцій та необхідне обладнання для обслуговування та функціонування насосних станцій, розрахували силові навантаження в електричних мережах до 1000 В та понад.

У другому розділі за розрахунками обрали високовольтне та низьковольтне електрообладнання а саме: провід, кабель, апарати захисту, конденсаторні установки, трансформатори. Техніко-економічне порівняння варіантів електропостачання мережі станцій підйому води та обрали кращій. Розрахунок лінійних втрат електричної енергії. Розрахунок струмів короткого замикання.

У третьому розділі сучасні методи діагностики ліній електропередач за

допомогою тепловізійних систем, та пошук пошкоджень кабельних ліній за допомогою методу імпульсної рефлектометрії.

У четвертому розділі розрахунок витрат на монтажні роботи окремих силових ліній та розрахунок експлуатаційних витрат з урахуванням прийнятих технічних рішень по обстеженню.

У п'ятому розділі обґрунтування рішення щодо розміщення електричного обладнання, організаційні та технічні заходи з охорони праці, розрахунок заземлюючого пристрою.

До кожного з розділів зроблені висновки.

Аннотация

Квалификационная работа: «Разработка системы электроснабжения насосной станции первичного подъема воды и исследование методов диагностики и локализации повреждений воздушных и кабельных линий электропередач.»

Национальный Университет Пищевых Технологий

Кафедра Электроснабжение и энергоменеджмента

Студент - Дерево А.А.

Руководитель - доцент Иващук В.В.

Дипломная работа состоит из: пояснительной записки, с 67 страниц, 33 рисунков, 18 таблиц, 3 схемы, приложение.

В квалификационной работе представлены: Перечень сокращений, вступление, анализ характера электрических мощностей предприятия, выбор схемы и расчет сети, организация метода прокладки и обеспечения эксплуатации силовых электрических сетей, технико-экономическое обоснование эффективности принятых технических решений, охрана труда и техника безопасности, выводы, список литературы, схемы.

В первом разделе подобраны двигатели для насосов, насосных станций и необходимое оборудование для обслуживания и функционирования насосных станций, рассчитали силовые нагрузки в электрических сетях до 1000 В и более.

Во втором разделе по расчетам выбрали высоковольтное и низковольтное электрооборудование а именно: провод, кабель, аппараты защиты, конденсаторные установки, трансформаторы. Техничко-экономическое сравнение вариантов электроснабжения сети станций подъема воды и выбрали лучшей. Расчет линейных потерь электрической энергии. Расчет токов короткого замыкания.

В третьем разделе современные методы диагностики линий электропередач с помощью тепловизионных систем, и поиск повреждений кабельных линий с помощью метода импульсной рефлектометрии.

В четвертом разделе расчет расходов на монтажные работы отдельных силовых линий и расчет эксплуатационных расходов с учетом принятых технических решений по обследованию.

В пятом разделе обоснования решения о размещении электрооборудования, организационные и технические мероприятия по охране труда, расчет заземляющего устройства.

К каждому из разделов сделаны выводы.

Annotation

Qualification work: "Development of the power supply system of the pumping station of primary water lifting and research of methods of diagnostics and localization of damages of overhead and cable power lines."

National University of Food Technology

Department of Power Supply and Energy Management

Student - Derevo O.O.

Head - Associate Professor Ivashchuk V.V.

Thesis consists of: explanatory note, 67 pages, 33 figures, 18 tables, 3 diagrams, appendix.

The qualification work presents: List of abbreviations, introduction, analysis of the nature of electrical capacity of the enterprise, selection of the scheme and calculation of the network, organization of the method of laying and operation of power electrical networks, feasibility study of technical decisions, labor protection and safety, conclusions, list used literature, schemes.

In the first section, selected motors for pumps, pumping stations and the necessary equipment for maintenance and operation of pumping stations, calculated the power loads in electrical networks up to 1000 V and above.

In the second section, high-voltage and low-voltage electrical equipment was selected, namely: wire, cable, protection devices, capacitor installations, transformers. Feasibility study of power supply options for the network of water lifting stations and the best one was chosen. Calculation of linear losses of electric energy. Calculation of short circuit currents. In the third section modern methods of diagnostics of power lines by means of thermal imaging systems, and search of damages of cable lines by means of a method of pulse reflectometry.

In the fourth section, the calculation of costs for installation of individual power lines and the calculation of operating costs, taking into account the technical

decisions taken on the survey.

In the fifth section, the justification of the decision on the placement of electrical equipment, organizational and technical measures for labor protection, the calculation of the grounding device.

Conclusions are made for each of the sections.

Зміст

Перелік умовних позначень, скорочень	1
Вступ.....	2
1.1. Аналіз характеру електричних потужностей підприємства(електродвигуни).....	3
1.2. Вибір напруги та електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху.....	4
1.3. Розрахунок електричних навантажень електроспоживачів підстанцій підйому води.....	5
1.3.1. Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В(освітлення та автоматика)	6-8
1.3.2. Розрахунок електричних навантажень в силових мережах вище 1000В. (двигуни з напругою більше за 4кВ)	9-13
2. Вибір схеми та розрахунок мережі	14
2.1. Вибір високовольтного та низьковольтного електрообладнання	14-22
2.2. Техніко-економічне порівняння варіантів електропостачання мережі підстанцій підйому води.....	23-29
2.3. Розрахунок лінійних втрат електричної енергії	29-31
2.4. Розрахунок струмів коротких замикань	31-39
Спеціальне завдання(обґрунтування методики енергетичного обстеження ліній постачання промислового підприємства; дослідження методів діагностики електричних мереж різних методів прокладання).	
3. Організація методу прокладання та забезпечення експлуатації силових електричних мереж.....	40
3.1. Діагностика ліній електропередачі за допомогою тепловізійних систем.....	40-42
3.2. Використання методу імпульсної рефлектометрії для визначення пошкоджень кабельних ліній.....	43-53
4. Техніко-економічне обґрунтування ефективності прийнятих технічних рішень	54
4.1. Розрахунок витрат на монтажні роботи окремих силових ліній.....	54
4.2. Розрахунок експлуатаційних витрат з урахуванням прийнятих технічних рішень по обстеженню.....	55
5. Охорона праці та техніка безпеки.....	56
5.1 Обґрунтування рішення щодо розміщення електротехнічного обладнання.....	56-59
5.2 Організаційні та технічні заходи з охорони праці.....	59-61
5.3 Практичний розрахунок	61-64
Висновок.....	65
Список використаної літератури.....	66-67

Перелік умовних позначень, скорочень

ГПП – Головна понижувальна підстанція

ТП – трансформаторна підстанція

АВ – автоматичний вимикач

КЛ – кабельна лінія

ПЛ – повітряна лінія

ВРУ - Відкрите розподільче устаткування

ЛЕП- лінії електропередачі

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Перелік умовних позначень, скорочень	Літер.	Арк.	Аркушів.
Розроб.	Дерево О.О.						1	1
Перевір.	Івашук В.В.							
Рецензент						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-4		
Н. Контр.								
Затверд.	Балюта С.М.							

Вступ

На підприємство на яке проблематичне водопостачання через географічне розположення, треба забезпечити велику кількість води для виробництва і персоналу, (17000 м³/добу), трубопровід довжиною 10 кілометрів підіймається вгору під кутом 16 градуси на висоту 2800 метрів, підбираємо насоси для первинного підйому води та вторинного підйому води.

Проектом передбачено забезпечення технологічних потужностей, насос ПЄ-580-185 (напір 2030м) для первинного підйому води та ПЄ-500-180 (напір 1975) для вторинного підйому води з двигну. Щоб підвищити надійність водопостачання паралельно встановимо по два насоси.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ	Літер.	Арк.	Аркушів.
Розроб.	Дерево О.О.							
Перевір.	Івашук В.В.						2	1
Рецензент						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-4		
Н. Контр.								
Затверд.	Балюта С.М.							

1.1 Аналіз характеру електричних потужностей підприємства(електродвигуни).

На горі знаходиться підприємство яке треба забезпечити водою для виробництва та співробітників (17000 м3/добу), трубопровід довжиною 10 кілометрів підіймається вгору під кутом 16 градуси на висоту 2800 метрів, підбираємо насоси для первинного підйому води та вторинного підйому води

Проектом передбачено забезпечення технологічних потужностей, насос ПЄ-580-185 (напір 2030м) з двигуном 4А3М-5000/6000 для первинного підйому води та ПЄ-500-180 (напір 1975) з двигуном 4А3М-4000/6000 для вторинного підйому води з двигну. Щоб підвищити надійність водопостачання паралельно встановимо по два насоси.

Номер	Назва двигуна	Потужність, кВт	Кількість Шт.	cos φ	Кв
1	4А3М- 5000/6000	5000	2	0,9	0,61
2	4А3М- 4000/6000	4000	2	0,9	0,71

Таблиця №1.1

Насосна станція первинного підйому води

ПЄ-580-185 (4А3М-5000/6000)

Насос подає 580 м3/год.

$580 \cdot 24 = 13920$ м3/добу

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз характеру електричних потужностей підприємства	Літер.	Арк.	Аркушів.
Розроб.	Дерево О.О.						3	11
Перевір.	Івашук В.В.							
Рецензент								
Н. Контр.								
Затверд.	Балюта С.М.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-4		

Звідси знаходимо коефіцієнт використання

$$17000/13920=1,22$$

$$K_B = 1,22/2=0,61$$

Насосна станція вторинного підйому води

ПЄ-500-180 (4А3М-4000/6000)

Насос подає 500 м³/год.

$$500 \cdot 24 = 12000 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Звідси знаходимо коефіцієнт використання

$$17000/12000=1,42$$

$$K_B = 1,42/2=0,71$$

1.2. Вибір напруги та електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху.

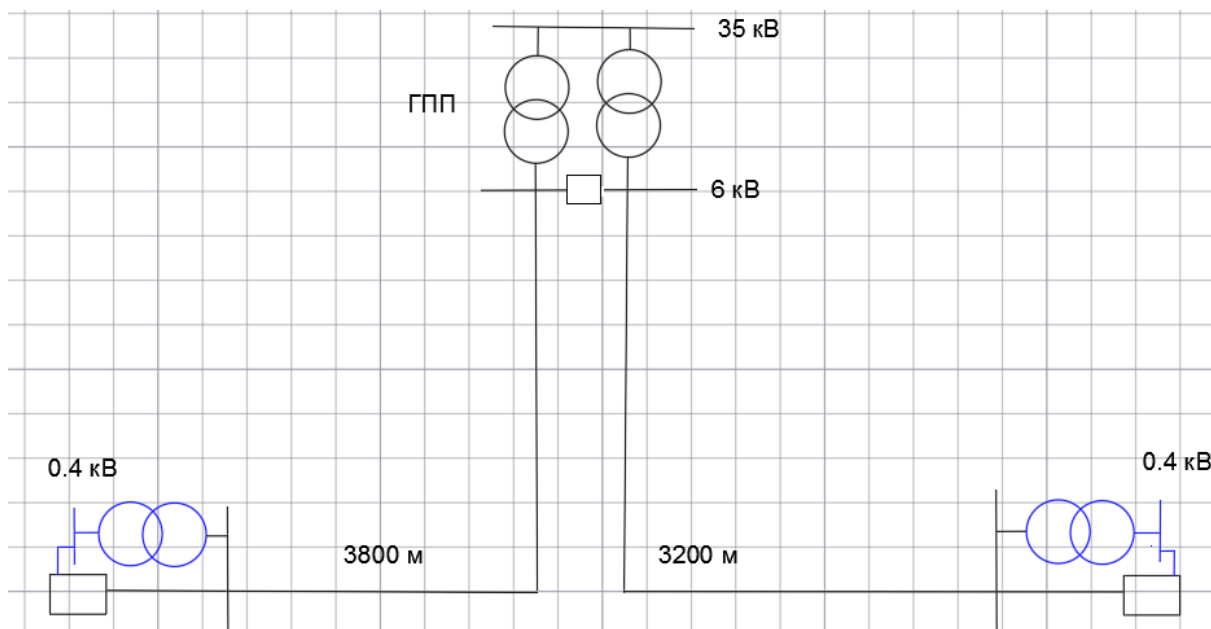


Рис 1.1 Двигуни насосів живляться від мережі 6 кВ. Освітлення та інші споживачі на насосній станції живляться від 0.4 кВ

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3. Розрахунок електричних навантажень електроспоживачів підстанцій підйому води.

На кожній станції встановлений електричний тельфер на 10 тон потужністю 8,5 кВт (АИРС132S4 8,5 кВт 1500 об/мин $\cos \varphi=0,84$)

Сумарна номінальна потужність тельферів на двох станціях

$$P_{\Sigma \text{тф}} = P_{\text{тф}} \cdot n = 8,5 \cdot 2 = 17 \text{ кВт}$$

де P - одиночна номінальна потужність;

$n_{\text{шт}}$ - кількість електроприймачів.

$$K_B=0,8 \quad \cos \varphi=0,84 \quad \text{tg} \varphi=0,65$$

Визначаємо середню потужність

$$P_{\text{смГФВ}} = P_{\Sigma \text{ГФВ}} \cdot K_B = 17 \cdot 0,8 = 13,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{смГФВ}} = P_{\text{смГФВ}} \cdot \text{tg} \varphi = 13,6 \cdot 0,65 = 8,84 \text{ квар}$$

Знаходимо сумарну номінальну потужність електроприймачів

$$P_{\Sigma} = \Sigma P_{\text{ном}} = 17 \text{ кВт}$$

Потужність одного тельфера (одна станція)

$$P_{\text{смГФВ}} = P_{\Sigma \text{ГФВ}} \cdot K_B = 8,5 \cdot 0,8 = 6,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{смГФВ}} = P_{\text{смГФВ}} \cdot \text{tg} \varphi = 6,8 \cdot 0,65 = 4,42 \text{ квар}$$

$$S_{\text{розр}} = \sqrt{P_{\text{розр}}^2 + Q_{\text{розр}}^2} = \sqrt{6,8^2 + 4,42^2} = 8,11 \text{ кВА}$$

Розрахунковий струм електродвигуна тельфера

$$I_{\text{розр}} = \frac{S_{\text{розр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{8,11}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 12,32 \text{ А}$$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.1. Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В(освітлення та автоматика).

Освітлення робочого місця нормується згідно з Державними будівельними нормами України: ДБН В.2.5и28:2018

Приміщення насосної станції має розміри: Довжина - 12м 60 см; ширина - 5м 55см; висота - 5м.

Визначимо індекс приміщення за формулою:

$$I = \frac{S}{h * (A + B)}$$

Де S - площа приміщення, $S=12,6*5,55=69,93$ (70) m^2 ; h – розрахункова висота 4,9м; A – ширина приміщення, $A = 5,55m$; B – довжина приміщення, $B= 12,6m$

$$I = \frac{70}{4,9 * (5,55 + 12,6)} = 0,79$$

Завдяки індексу приміщення з таблиці знаходимо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,24$

Визначаємо світловий потік за формулою:

$$F = \frac{E * K * S * Z}{\eta} = \frac{300 * 1,5 * 70 * 1,1}{0,24} = 144\,375 \text{ Лм}$$

E – нормована мінімальна освітленість, Лк; $E = 300$ Лк;

Z – відношення середньої освітленості до мінімальної

K – коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення і характеру робіт, що проводяться в ньому, в нашому випадку $K = 1,5$);

Для освітлення використані люмінесцентні лампи типу ЛБ 80, світловий потік яких $F = 5200$ Лм (80 Вт. 0,87 А.). Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою:

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}} = \frac{144\,375}{5200} = 27,76 = 28$$

де N – необхідна кількість ламп; F - світловий потік; Fл – світловий потік лампи.

За розрахунками необхідно 14 світильників по 2 лампи, в 2 ряда по 7 штук.

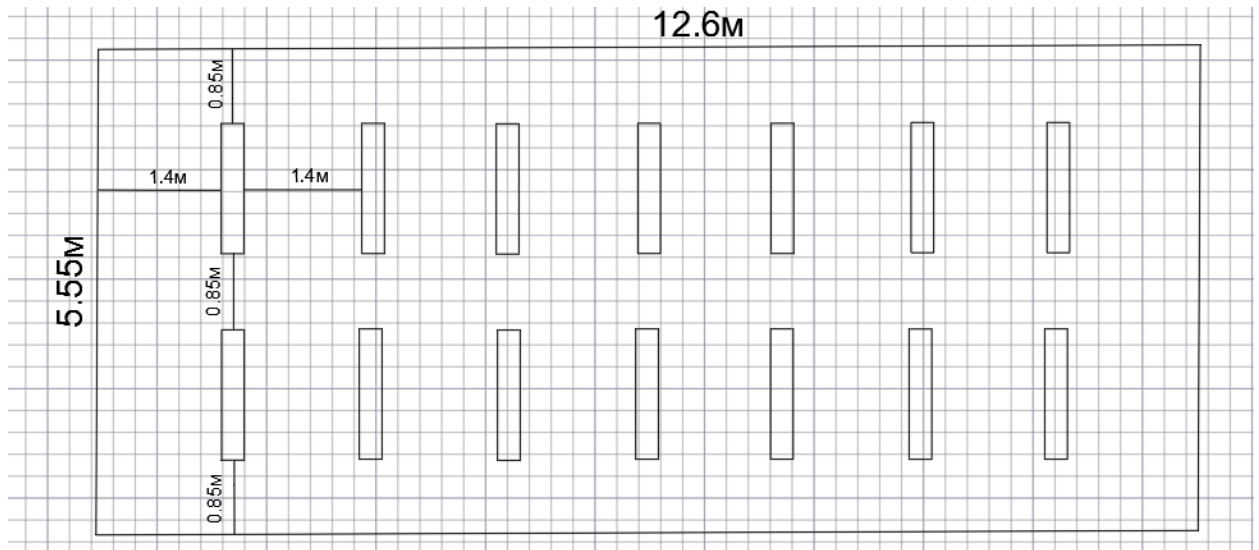


Рис 1.2 Схема розташування світильників на насосних станціях №1 та №2

Потужність всіх ламп на станції №1:

$$P_{\text{л}\text{№}1} = P_{\text{л}} \cdot n = 80 \cdot 28 = 2240 \text{ Вт} = 2,24 \text{ кВт}$$

Аналогічно на станції №2

$$P_{\text{л}\text{№}2} = P_{\text{л}} \cdot n = 80 \cdot 28 = 2240 \text{ Вт} = 2,24 \text{ кВт}$$

На одній станції

$$S_{\text{розр}} = P_{\text{розр}} = 2,24 \text{ кВА}$$

На двох станціях

$$S_{\text{розр}} = P_{\text{розр}} = 4,48 \text{ кВА}$$

Освітлення

Умови вибору АВ:

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{\text{ном}}^{\text{AB}} \geq U_{\text{ном}}^{\text{мережі}}$$

Де $U_{\text{ном}}^{\text{мережі}}$ – номінальна напруга мережі, в якій застосовується вимикач.

Номінальний струм розчеплювача:

$$I_{\text{ном.розч}} \geq I_{\text{розр}}$$

Номінальний струм АВ:

$$I_{\text{ном}}^{\text{AB}} \geq I_{\text{ном.розч}}$$

Перевірка АВ за струмом спрацювання розчеплювача миттєвої дії :

$$I_{\text{спрац}} \geq 1,25 * I_{\text{пik}}$$

Автоматичні вимикачі вибираємо з каталогу

Розраховуємо номінальний струм всіх ламп на станції

$$I_{\text{ном}}^{\text{осв}} = I_{\text{л}} * n$$

AB		
Дані АВ	Умови вибору	Розрахункові дані
380 В	>	220 В
16 А	>	10,18 А
63 А	>	16 А
2500 А	>	1,25*10,18=12,73 А
AE20		

Таблиця №1.2

1.3.2. Розрахунок електричних навантажень в силових мережах вище 1000В. (двигуни з напругою більше за 4кВ)

Номер	Назва двигуна	Потужність, кВт	Кількість Шт.	cos φ/tg φ	Кв
1	4А3М- 5000/6000	5000	2	0,9/0,48	0,61
2	4А3М- 4000/6000	4000	2	0,9/0,48	0,71

Таблиця №1.3

Сумарна номінальна потужність насосної станції №1

$$P_{\Sigma \text{ №1}} = P_1 * n_1 = 5000 * 2 = 10000 \text{ кВт}$$

де P_1 - одиночна номінальна потужність;

$n_{шт}$ - кількість електродвигунів.

Визначаємо середню потужність

$$P_{см \text{ №1}} = P_{\Sigma \text{ №1}} * K_v = 10000 * 0,61 = 6100 \text{ кВт}$$

$$Q_{см \text{ №1}} = P_{см \text{ №1}} * \text{tg } \varphi = 6100 * 0,48 = 2928 \text{ квар}$$

Знаходимо сумарну номінальну потужність електродвигунів

$$P_{\Sigma см} = \sum P_{см} = P_{см \text{ №1}} = 6100 \text{ кВт}$$

Сумарна середня реактивна потужність електродвигунів

$$Q_{\Sigma см} = \sum Q_{см} = Q_{см \text{ №1}} = 2928 \text{ квар}$$

Повна потужність двигунів станції №1 (мережа 6 кВ)

$$S_{\text{розр}} = \sqrt{P_{\text{розр}}^2 + Q_{\text{розр}}^2} = \sqrt{6100^2 + 2928^2} = 6766,33 \text{ кВА}$$

Розрахунковий струм електродвигунів станції №1 (мережа 6 кВ)

$$I_{\text{розр}} = \frac{S_{\text{розр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{6766,33}{\sqrt{3} \cdot 6} = 651,09 \text{ А}$$

Сумарна номінальна потужність насосної станції №2

$$P_{\Sigma \text{№2}} = P_2 \cdot n_2 = 4000 \cdot 2 = 8000 \text{ кВт}$$

де P_2 - одиночна номінальна потужність;

$n_{\text{шт}}$ - кількість електродвигунів.

Визначаємо середню потужність

$$P_{\text{см} \text{№2}} = P_{\Sigma \text{№2}} \cdot K_B = 8000 \cdot 0,71 = 5680 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{см} \text{№2}} = P_{\text{см} \text{№2}} \cdot \tan \varphi = 5680 \cdot 0,48 = 2726,4 \text{ квар}$$

Знаходимо сумарну номінальну потужність електродвигунів

$$P_{\Sigma \text{см}} = \Sigma P_{\text{см}} = P_{\text{см} \text{№2}} = 5680 \text{ кВт}$$

Сумарна середня реактивна потужність електродвигунів

$$Q_{\Sigma \text{см}} = \Sigma Q_{\text{см}} = Q_{\text{см} \text{№2}} = 2726,4 \text{ квар}$$

Повна потужність двигунів станції №2 (мережа 6 кВ)

$$S_{\text{розр}} = \sqrt{P_{\text{розр}}^2 + Q_{\text{розр}}^2} = \sqrt{5680^2 + 2726,4^2} = 6300,45 \text{ кВА}$$

Розрахунковий струм електродвигунів станції №1 (мережа 6 кВ)

$$I_{\text{розр}} = \frac{S_{\text{розр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{6300,45}{\sqrt{3} \cdot 6} = 606,26 \text{ А}$$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення пікової потужності та пікового струму мережі 0,4 кВ одної станції друга аналогічно

$$I_{\text{пik}}^{\text{max}} = i_{\text{пуск}}^{\text{max}} + (I_{\text{розр}}^{\text{max}} - K_{\text{в}} * I_{\text{ном}}^{\text{max}})$$

де $i_{\text{пуск}}^{\text{max}}$ - пусковий струм найпотужнішого двигуна в групі;

$I_{\text{розр}}^{\text{max}}$ - розрахунковий струм всіх електроприймачів;

$K_{\text{в}}$ - коефіцієнт використання для цього двигуна;

$I_{\text{ном}}^{\text{max}}$ - номінальний струм найпотужнішого двигуна.

$$i_{\text{пуск}}^{\text{max}} = K_{\text{пуск}} * I_{\text{ном}}^{\text{max}}$$

$K_{\text{пуск}}$ - кратність пускового струму. $K_{\text{пуск}} = 7$ для двигунів АИРС132S4 (тельфер)

$$I_{\text{ном}}^{\text{max}} = \frac{P_{\text{ном}}^{\text{max}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}} * \cos \varphi * \eta_{\text{ном}}} = \frac{8,5}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,85 * 0,85} = 17,87 \text{ А}$$

$P_{\text{ном}}^{\text{max}}$ – потужність найпотужнішого двигуна;

$$i_{\text{пуск}}^{\text{max}} = K_{\text{пуск}} * I_{\text{ном}}^{\text{max}} = 7 * 17,87 = 125,22 \text{ А}$$

$$I_{\text{пik}} = i_{\text{пуск}}^{\text{max}} + (I_{\text{розр}}^{\text{max}} - K_{\text{в}} * I_{\text{ном}}^{\text{max}}) = 125,22 + (22,5 - 0,8 * 17,87) = 133,42 \text{ А}$$

Визначення пікової потужності:

$$S_{\text{пik}} = \sqrt{3} * U_{\text{ном}} * I_{\text{пik}} = \sqrt{3} * 0,38 * 133,42 = 87,81 \text{ кВ А}$$

Визначення пікової потужності та пікового струму мережі 6 кВ станції №1

Піковий струм

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{пiк}}^{\text{маx}} = i_{\text{пуск}}^{\text{маx}} + (I_{\text{розр}}^{\text{маx}} - K_{\text{в}} * I_{\text{ном}}^{\text{маx}})$$

де $i_{\text{пуск}}^{\text{маx}}$ - пусковий струм найпотужнішого двигуна в групі;

$I_{\text{розр}}^{\text{маx}}$ - розрахунковий струм всіх електроприймачів;

$K_{\text{в}}$ - коефіцієнт використання для цього двигуна;

$I_{\text{ном}}^{\text{маx}}$ - номінальний струм найпотужнішого двигуна.

$$i_{\text{пуск}}^{\text{маx}} = K_{\text{пуск}} * I_{\text{ном}}^{\text{маx}}$$

$K_{\text{пуск}}$ - кратність пускового струму. $K_{\text{пуск}} = 5,7$ для двигунів 4А3М-5000/6000 та 4А3М-4000/6000

$$I_{\text{ном}}^{\text{маx}} = \frac{P_{\text{ном}}^{\text{маx}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}} * \cos \varphi * \eta_{\text{ном}}} = \frac{5000}{\sqrt{3} * 6 * 0,85 * 0,85} = 665,92 \text{ А}$$

$P_{\text{ном}}^{\text{маx}}$ – потужність найпотужнішого двигуна;

$$i_{\text{пуск}}^{\text{маx}} = K_{\text{пуск}} * I_{\text{ном}}^{\text{маx}} = 5,7 * 665,92 = 3795,74 \text{ А}$$

$$I_{\text{пiк}} = i_{\text{пуск}}^{\text{маx}} + (I_{\text{розр}}^{\text{маx}} - K_{\text{в}} * I_{\text{ном}}^{\text{маx}}) = 3795,74 + (651,09 - 0,61 * 665,92) = 4000,62 \text{ А}$$

Визначення пікової потужності:

$$S_{\text{пiк}} = \sqrt{3} * U_{\text{ном}} * I_{\text{пiк}} = \sqrt{3} * 6 * 4000,62 = 41\,991,36 \text{ кВ А}$$

Визначення пікової потужності та пікового струму мережі 6 кВ станції №2

Піковий струм

$$I_{\text{пiк}}^{\text{маx}} = i_{\text{пуск}}^{\text{маx}} + (I_{\text{розр}}^{\text{маx}} - K_{\text{в}} * I_{\text{ном}}^{\text{маx}})$$

де $i_{\text{пуск}}^{\text{маx}}$ - пусковий струм найпотужнішого двигуна в групі;

$I_{\text{розр}}^{\text{маx}}$ - розрахунковий струм всіх електроприймачів;

$K_{\text{в}}$ - коефіцієнт використання для цього двигуна;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I_{\text{ном}}^{\text{мах}}$ - номінальний струм найпотужнішого двигуна.

$$i_{\text{пуск}}^{\text{мах}} = K_{\text{пуск}} * I_{\text{ном}}^{\text{мах}}$$

$K_{\text{пуск}}$ - кратність пускового струму. $K_{\text{пуск}} = 5,7$ для двигунів 4А3М-5000/6000 та 4А3М-4000/6000

$$I_{\text{ном}}^{\text{мах}} = \frac{P_{\text{ном}}^{\text{мах}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ном}} * \cos \varphi * \eta_{\text{ном}}} = \frac{4000}{\sqrt{3} * 6 * 0,85 * 0,85} = 532,73 \text{ А}$$

$P_{\text{ном}}^{\text{мах}}$ – потужність найпотужнішого двигуна;

$$i_{\text{пуск}}^{\text{мах}} = K_{\text{пуск}} * I_{\text{ном}}^{\text{мах}} = 5,7 * 532,73 = 3036,56 \text{ А}$$

$$I_{\text{пик}} = i_{\text{пуск}}^{\text{мах}} + (I_{\text{розр}} - K_{\text{в}} * I_{\text{ном}}^{\text{мах}}) = 3036,56 + (606,26 - 0,71 * 532,73) = 3264,58 \text{ А}$$

Визначення пікової потужності:

$$S_{\text{пик}} = \sqrt{3} * U_{\text{ном}} * I_{\text{пик}} = \sqrt{3} * 6 * 3264,58 = 33926,51 \text{ кВ А}$$

Висновок:

З розрахунків відомо що при аварійному режимі роботи насосних станцій або при виведені з експлуатації одного з насосів або двигунів на обслуговування або заміну, скорочення водопостачання складатиме на насосній станції №1 20%, на насосній станції №2 40% що не вплине на основні технологічні процеси підприємства, на підприємстві передбачено резервуари для резерву води на аварійні випадки.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Вибір схеми та розрахунок мережі.

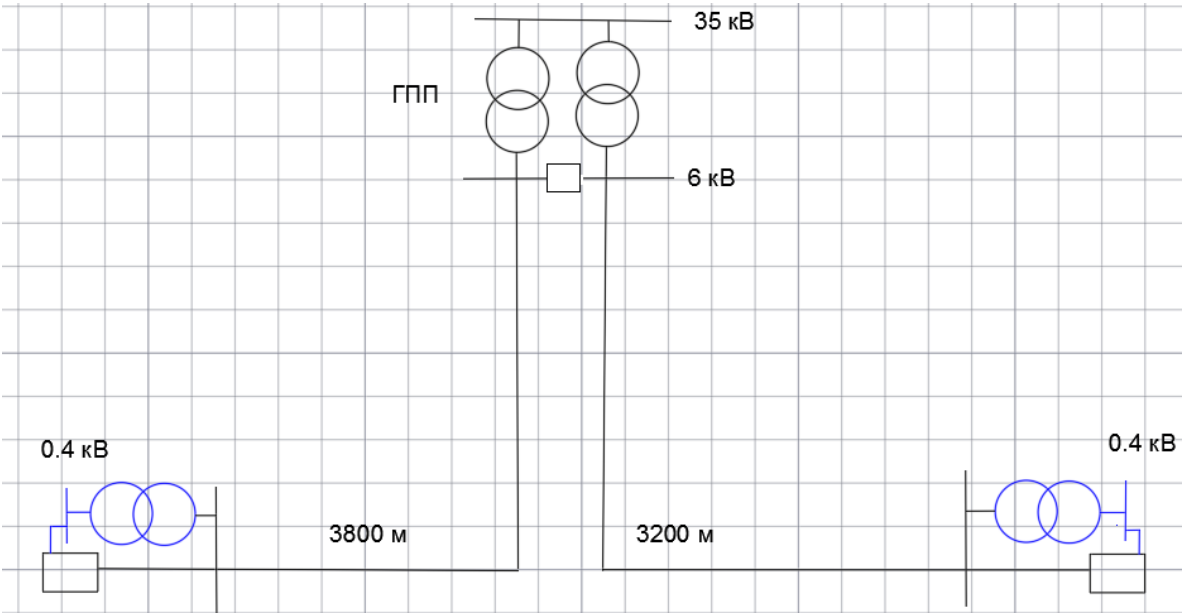


Рис. 2.1 загальна схема електропостачання

2.1. Вибір високовольного та низьковольного електрообладнання.

Вибір апаратів захисту

Для кабелю від ТП до електроприймачів станції (мережі 0,4 кВ)

Мережа 0,4 кВ		
Дані АВ	Умови вибору	Розрахункові дані
380 В	=	380 В
25 А	>	22,5 А
63 А	>	25 А
2500 А	>	1,25*133,42 =166,78 А
АЕ20		

Таблиця № 2.1

					Кваліфікаційна робота						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір схеми та розрахунок мережі	Літер.		Арк.	Аркушів.		
Розроб.		Дерево О.О.							14	27	
Перевір.		Івашук В.В.									
Рецензент											
Н. Контр.											
Затверд.		Балюта С.М.									
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-4					

Вибір кабельної лінії від ТП до групи силових пунктів

За довідниковою літературою вибираємо КЛ типу (кабель з алюмінієвими жилами з ізоляцією в полівінілхлоридовій оболонці), прокладка в повітрі напругою 0,6/1 кВ.

Вибір проводимо за умови:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{I_3 \cdot K_3}{K_{\text{пр}}}$$

Де $K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт прокладки кабеля,

I_3 - струм апарата захисту (струм розчеплювача автоматичного вимикача),

K_3 - кратність струму для провідника відносно струму апарату захисту (для вибухонебезпечних приміщень -1,25; для пожежонебезпечних приміщень -1).

Вибір КЛ до споживачів мережі 0,4 кВ:

$$I_3 = 25 \text{ А}$$

Вибираємо КЛ типу АВВГ-4*4

$$\text{Де } I_{\text{доп}} = 29 \text{ А} \quad S_{\text{ст}} = 4 \text{ мм}^2$$

$$29 \text{ А} \geq \frac{25 \cdot 1}{1} \text{ А} - \text{умова виконується.}$$

$$r = 7,9 \text{ Ом} \quad x = 0,095 \text{ Ом}$$

АВВГ- провід алюмінієвий з поліхлорвініловою ізоляцією і оболонкою поліхлорвінілу, неброньований

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Апарати захисту від СП до електроприймачів

АВ для тельфера аналогічно на іншій станції

АВ		
Дані АВ	Умови вибору	Розрахункові дані
380 В	=	380 В
16 А	>	12,32
63 А	>	16 А
2500 А	>	1,25*133,42 =166,78 А
АЕ20		

Таблиця № 2.2

Від шини до двигунів станції №1 (мережі 6 кВ)

Вакуумний вимикач типу ВРС-6

Мережа 6 кВ		
Дані АВ	Умови вибору	Розрахункові дані
6000 В	=	6000 В
1000 А	>	665 А
4000 А	>	1000 А
31,5 кА	>	1,25*3795,74 =4744,68 А
ВРС-6		

Таблиця №2.3

Від шини до двигуна станції №2 (мережі 6 кВ)

Вакуумний вимикач типу ВРС-6

Мережа 6 кВ		
Дані АВ	Умови вибору	Розрахункові дані
6000 В	=	6000 В
630 А	>	532 А
4000 А	>	630 А
31,5 кА	>	$1,25 \cdot 3036,56 = 3795,7$ А
ВРС-6		

Таблиця № 2.4

Лінія від шини ГПП до шини насосної станції

Вакуумний вимикач типу ВРС-6

ПЛ №1		
Дані АВ	Умови вибору	Розрахункові дані
6000 В	=	6000 В
1600 А	>	1310 А
4000 А	>	1600 А
31,5 кА	>	$1,25 \cdot 4000 = 5000$ А
ВРС-6		

Таблиця № 2.5

Для кабелю від шини ГПП до шини станції №2 (мережі 6 кВ) вибираємо

Вакуумний вимикач типу ВРС-6

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПІ №2		
Дані АВ	Умови вибору	Розрахункові дані
6000 В	=	6000 В
1250 А	>	1064 А
4000 А	>	630 А
31,5 кА	>	1,25* 3264,58 =4080,73 А
ВРС-6		

Таблиця № 2.6

Вибір типу силового розподільчого пункту мережі 0,4 кВ

Силовий пункт – це закрита металева шафа, в якій змонтовано апарати захисту, запобіжники або автоматичні вимикачі. Ці апарати з'єднані між собою шинами. На вході в силовий пункт підключають рубильник або автоматичний вимикач. Силовий пункт має зажими для підключення кабелів або проводів.

№	Тип СП	Кількість приєднань	I_{Σ}^P	Найменування споживачів	$n_{шт}$	запас	I_{Σ}^{Σ}
1	СПА77-5	5*50	250	Освітлення, тельфер		3	12,32+10,18=22,42 А

Таблиця № 2.7

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення перерізів струмоведучих жил

Умови вибору провідників:

$$I_{\text{пр}} = I_{\text{ном}}^{\text{р}} * \frac{K_z}{K_{\text{п}}},$$

де K_z – кратність струму для провідника відносно струму апарата захисту (для вибухонебезпечних приміщень $K_z=1,25$; для пожежонебезпечних приміщень: $K_z=1,0$ – для апарату захисту споживача – автоматичний вимикач);

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт прокладки

$$I_{\text{пр}} \leq I_{\text{пр}}^{\text{доп}}$$

Тип приміщення – П2а.

Марка проводу – АПВ500.

№	Електроприймач			$I_{\text{ном}}^{\text{р}}$ А	$I_{\text{пр}}$, А	Провід АПВ-500	
	Назва	$n_{\text{шт}}$ т	$P_{\text{ном}}$, кВт			$I_{\text{пр доп}}$, А	$S_{\text{см}}$, мм ²
1	Осв	1	2,24	16	20	25	2,5
2	Тельф	1	6,8	16	20	25	2,5

Таблиця № 2.8

На одній станції, аналогічно на другій

№	Електроприймач			$I_{ном}^P$, А	$I_{пр}$, А	Кабель АВВГ	
	Назва	$n_{шт}$	$P_{ном}$, кВт			$I_{пр доп}$, А	$S_{см}$, мм ²
1	ДН №1	2	5000	1000	1000	1005	240
2	ДН №2	2	4000	630	630	750	150

Таблиця № 2.9

ДН №1- двигуни на першій станції – АВВГ-3*240 на кожен з двигунів, ДН
№2- двигуни на другій станції АВВГ-3*150 на кожен з двигунів.

Повітряні лінії від ГПП до шини насосної станції

№	Електроприймач			$I_{ном}^P$, А	$I_{пр}$, А	ПЛ	
	Назва	$n_{шт}$	$P_{ном}$, кВт			$I_{пр доп}$, А	$S_{см}$, мм ²
1	ПЛ №1	2	5000	1600	1600	1830	240
2	ПЛ №2	2	4000	1250	1250	1545	185

Таблиця 2.10

ПЛ №1 – провід марки АС- 240/56*3

$I=610$ А $r= 0,1197$ $x=0,071$

ПЛ №2 – провід марки АС- 185/43*3

$I=515$ А $r=0,1559$ $x=0,073$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір трансформаторної підстанції для низьковольтної мережі (0.4 кВт)

На кожній з насосних станцій встановлюємо трансформатор

$$S_{\text{тр баж}} = \frac{S_{\text{см}}}{\beta}$$

$$\beta \approx 0,9$$

$$S_{\text{см}} = \sqrt{\sum P_{\text{см}}^2 + \sum Q_{\text{см}}^2} = \sqrt{9,04^2 + 4,42^2} = 10,06 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

$$S_{\text{тр баж}} = \frac{10,06}{0,7} = 14,37 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

$$S_{\text{номтр}} \geq S_{\text{тр баж}}$$

Встановлюємо два трансформатора серії ТМ-40/6/0,4

$$S_{\text{пик}} = \sqrt{3} * U_{\text{ном}} * I_{\text{пик}} = \sqrt{3} * 0,38 * 133,42 = 87,81 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Визначимо коефіцієнти завантаження в нормальному режимі роботи:

$$\beta_{\Phi} = \frac{S_{\text{см}}}{S_{\text{ном тр}}} = \frac{14,37}{40 * 2} = 0,18$$

Такий запас необхідний через пікову потужність та можливі роботи з трубопроводом: монтаж, демонтаж, ремонт

Визначаємо струми в приєднанні ТП

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{ТП}} * \beta_{\Phi}}{\sqrt{3} * U_{\text{ВН}}} = \frac{80 * 0,18}{\sqrt{3} * 6} = 1,39 \text{ А}$$

$$I_{\text{макс}} = \frac{S_{\text{ТП}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ВН}}} = \frac{80}{\sqrt{3} * 6} = 7,69 \text{ А}$$

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{1,39}{1,4} = 0,99 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо стандартний переріз $S_{\text{ст}} = 10 \text{ мм}^2$ (мінімальний для мережі 6кВ)

$$I_{\text{доп}} = 60 \text{ А}; \quad x_0 = 0,11 \text{ Ом} \cdot \text{км}; \quad r_0 = 3,12 \text{ Ом} \cdot \text{км};$$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{доп}} > I_{\text{макс}}$$

$$60 \text{ A} > 7,69 \text{ A}$$

В якості ПЛ для 6кВ використовуємо Провод АПВ 10

Провід з одною алюмінієвою жилою в поліхлорвініловій ізоляції, не підтримуючий горіння, в ПВХ оболонці, має захист від механічних навантажень.

Вибір високовольтної конденсаторної установки

Компенсуємо реактивну потужність шляхом встановлення конденсаторних установок на кожен з двигунів мережі 6 кВ

Двигун 4А3М-5000/6000 = 1464 кВар

УКРМ56-6.3(10.6)-1500-(5*300)У3

двигун 4А3М-4000/6000= 1363 кВар

УКРМ56-6.3(10.6)-1500-(5*300)У3

$$Q_{\text{ном уст}} > Q_p$$

Параметри УКРМ56-6,3(10,6)-1500-(5*300)У3:

Номінальна напруга 6 кВ;

Потужність уставки 1500 кВар;

Потужність найменшої ступені 300 кВар

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Техніко-економічне порівняння варіантів електропостачання мережі підстанцій підйому води.

Варіант №1

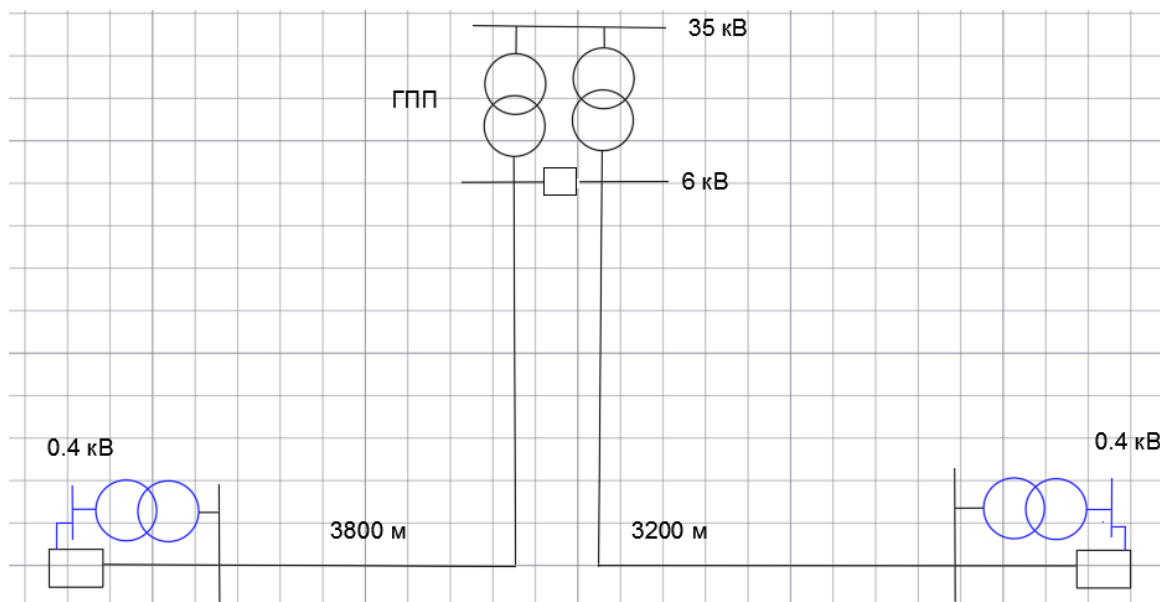


Рис.2.2 Варіант №1 мережа 6кВ

Варіант №2

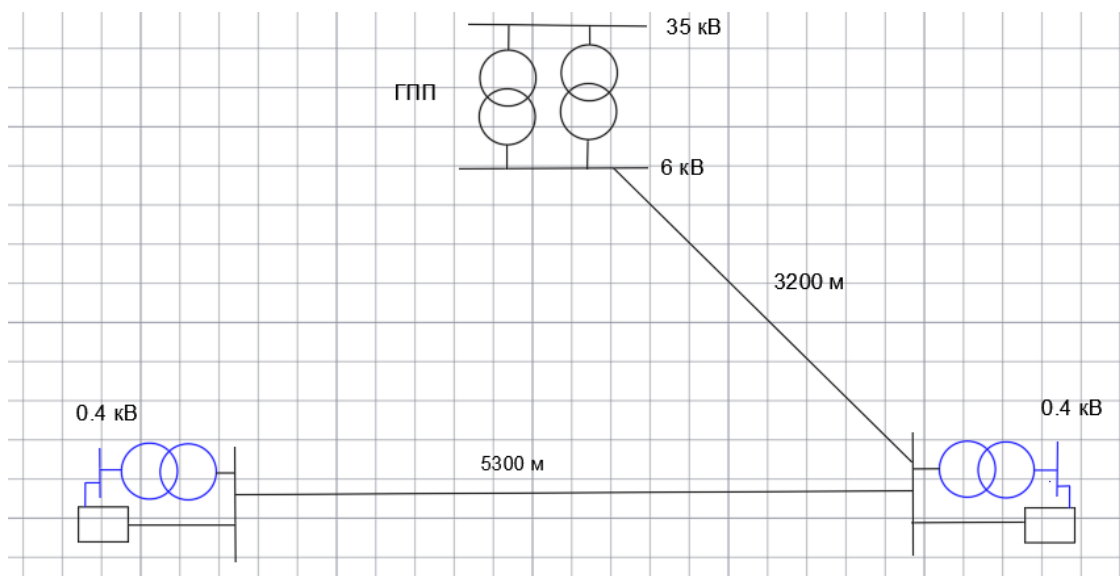


Рис.2.3 Варіант №2 мережа 6кВ

Визначимо витрати на повітряні лінії мережі 6 кВ

Витрати на повітряні лінії визначається за формулою:

$$B = B_{\text{л}} * l$$

Де $B_{\text{л}}$ - вартість повітряної лінії за метр

l – довжина лінії

n – кількість ліній

У варіанті № 1

За розрахунками в першому варіанті

Повітряні лінії марки:

АС-300/43*3 на ділянці ПЛ №1 довжиною 3,8 км, ціна проводу 180грн/м;

АС-240/56*3 на ділянці ПЛ №2 довжиною 3,2 км ціна проводу 155грн/м.

Визначимо вартість ПЛ №1

$$B_{\text{л1}} = B_{\text{л}} * l * n = 180 * 3800 * 3 = 2\,052\,000 \text{ грн}$$

Визначимо вартість ПЛ №2

$$B_{\text{л2}} = B_{\text{л}} * l * n = 155 * 3200 * 3 = 1\,488\,000 \text{ грн}$$

Загальні витрати на повітряні лінії мережі 6 кВ

$$B = B_{\text{л1}} + B_{\text{л2}} = 2\,052\,000 + 1\,488\,000 = 3\,540\,000 \text{ грн}$$

Варіант №2

Для другого варіанту необхідно для ПЛ №1 взяти вакуумний вимикач більшого номінального струму так як в цьому варіанті обидві насосні станції живляться від одної лінії з урахуванням всіх двигунів $I_{\text{ном}}^{\text{мах}}$ та споживання мережі 0,4 кВ

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{ном}}^{\text{max}} = \text{ДВ}\text{№}1 + \text{ДВ}\text{№}2 = 1310 + 1064 = 2374 \text{ А}$$

де ДВ№1 – максимальний струм двох двигунів насосної станції №1

ДВ№2 – максимальний струм двох двигунів насосної станції №2

$$\text{ВРС-6 } I_{\text{ном}} = 2500 \text{ А}$$

Провід для ПЛ №1 (від шини ГПП до шини насосної станції №1)

$$\text{АС-400/64*3 } I_{\text{доп}} = 2580$$

для ПЛ №2 (від шини насосної станції №1 до шини насосної станції №2)

переріз проводу залишається не зміним, візьмемо з попередніх розрахунків, провід марки АС- 300/43*3

Повітряні лінії марки:

АС-400/64*3 на ділянці ПЛ №1 довжиною 3,2 км, ціна проводу 249 грн/м;

АС-300/43*3 на ділянці ПЛ №2 довжиною 5,3 км ціна проводу 180 грн/м.

Визначимо вартість ПЛ №1

$$B_{\text{л1}} = B_{\text{л}} * l * n = 249 * 3200 * 3 = 2\,390\,400 \text{ грн}$$

Визначимо вартість ПЛ №2

$$B_{\text{л2}} = B_{\text{л}} * l * n = 155 * 5300 * 3 = 2\,464\,500 \text{ грн}$$

Загальні витрати на повітряні лінії мережі 6 кВ

$$B_{\text{л}} = B_{\text{л1}} + B_{\text{л2}} = 2\,390\,400 + 2\,464\,500 = 4\,854\,900 \text{ грн}$$

Вартість варіанту №1 3 540 000 грн вартість варіанту №2 4 854 900 грн

$$4\,854\,900 - 3\,540\,000 = 1\,314\,900 \text{ грн}$$

Варіант №1 вигідніший на 1 314 900 грн

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок лінійних втрат електричної енергії варіанту №2 мережі 6 кВ
Втрати напруги знаходимо за формулою:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0)$$

Де I_p – розрахунковий струм повітряної лінії;

l – довжина повітряної лінії;

ПЛ №1 – провід марки АС- 400/64*3

$$r = 0,0741 \quad x = 0,00038$$

ПЛ №2 – провід марки АС- 300/43*3

$$r = 0,0978 \quad x = 0,00038$$

ПЛ №1

$\cos \varphi$, $\sin \varphi$ знаходимо з $\operatorname{tg} \varphi$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sum Q_{\text{см}}}{\sum P_{\text{см}}} = \frac{5662,84}{11798,08} = 0,48$$

$$\cos \varphi = 0,9; \quad \sin \varphi = 0,43.$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 917 \cdot 3,2 \cdot (0,9 \cdot 0,0741 + 0,43 \cdot 0,00038) = 339,78 \text{ В}$$

$$\frac{\Delta U}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{339,78}{6600} \cdot 100 = 5,15 < 5\%$$

Умова не виконується, необхідно взяти більший переріз

ПЛ №2

$\cos \varphi$, $\sin \varphi$ знаходимо з $\operatorname{tg} \varphi$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sum Q_{\text{см}}}{\sum P_{\text{см}}} = \frac{2932,42}{6109,04} = 0,48$$

$$\cos \varphi = 0,9; \quad \sin \varphi = 0,43.$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 500 \cdot 5,3 \cdot (0,9 \cdot 0,0978 + 0,43 \cdot 0,00038) = 404,76 \text{ В}$$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{\Delta U}{U_{\text{ном}}} * 100\% = \frac{404,76}{6600} * 100 = 6,12 < 5\%$$

Умова не виконується, необхідно взяти більший переріз

Якщо для зменшення втрат напруги, візьмемо більший переріз, це ще збільшить вартість другого варіант.

Розрахуємо варіанти для мережі 0,4 кВ

Розрахуємо варіант №2 зі зменшенням кількості трансформаторів з 4 до 2 шляхом розміщення трансформаторів між насосними станціями

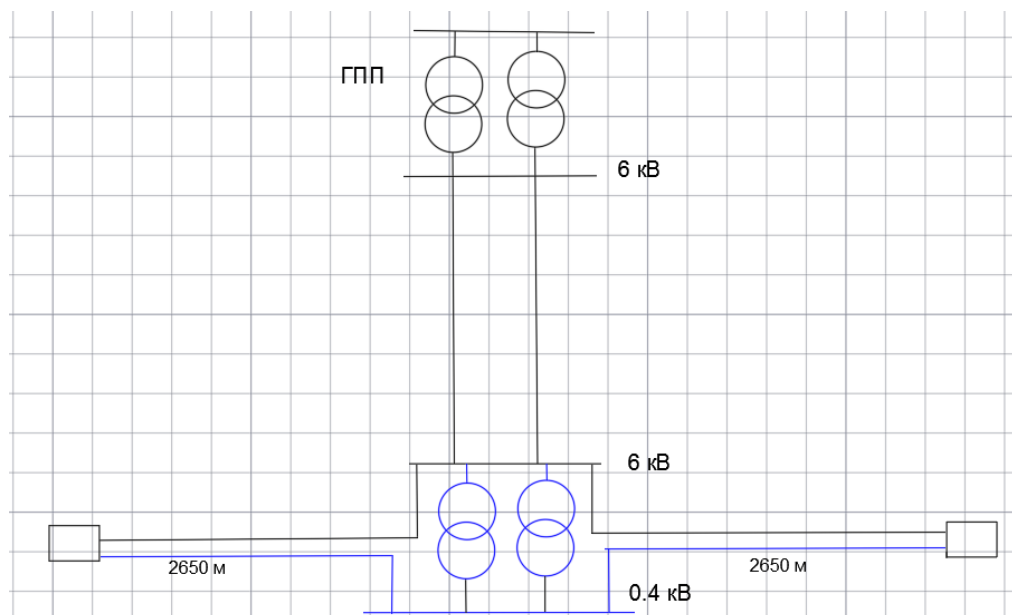


Рис.2.4 Варіант №2 мережі 0,4 кВ

Вартість трансформатора ТМ-40/6/0,4 35 000 грн, який використовується в двох варіантах.

Варіант №1

В першому варіанті основними витратами це є по два трансформатори на кожній з насосних станцій.

Визначимо вартість першого варіанту

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_1 = B_{\text{тр}} * n$$

де $B_{\text{тр}}$ – вартість трансформатора

n – кількість трансформаторів

$$B_1 = 35\,000 * 4 = 140\,000 \text{ грн}$$

Варіант №2

В другому варіанті розраховуємо витрати на трансформатори та лінії

$$B_2 = B_{\text{тр}} * n + B_{\text{л}} * l$$

де $B_{\text{л}}$ – вартість повітряної лінії за метр

l – довжина повітряної лінії

За попередніми розрахунками відомо що від ТП до СП доцільно було взяти провід марки АВВГ – 4*4 г=7,9 Ом х=0,095 Ом вартість цього проводу 12грн/метр

$$B_2 = B_{\text{тр}} * n + B_{\text{л}} * l = 35\,000 * 2 + 12 * 5300 = 133\,600 \text{ грн}$$

Розрахунок лінійних втрат електричної енергії варіанту №2 мережі 0,4 кВ

$\cos\varphi$, $\sin\varphi$ знаходимо з $\tan\varphi$

$$\tan\varphi = \frac{\sum Q_{\text{см}}}{\sum P_{\text{см}}} = \frac{4,42}{9,04} = 0,49$$

$\cos\varphi=0,9$; $\sin\varphi=0,44$.

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_p * l * (\cos\varphi * r_0 + \sin\varphi * x_0)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 12,32 * 2,650 * (0,9 * 7,9 + 0,44 * 0,095) = 42,52 \text{ В}$$

$$\frac{\Delta U}{U_{\text{ном}}} * 100\% = \frac{42,52}{400} * 100 = 10,63 < 5\%$$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова не виконується, електропостачання такою напругою на велику відстань не раціональне.

2.3. Розрахунок лінійних втрат електричної енергії.

Втрати напруги знаходимо за формулою:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_p * l * (\cos \varphi * r_0 + \sin \varphi * x_0)$$

Де I_p – розрахунковий струм повітряної лінії;

l – довжина повітряної лінії;

ПЛ №1 – провід марки АС- 240/56

$I_p=673,59$ А $r= 0,1197$ $x=0,071$

ПЛ №2 – провід марки АС- 185/43

$I_p=628,76$ $r=0,1559$ $x=0,073$

ПЛ №1

$\cos \varphi, \sin \varphi$ знаходимо з $\operatorname{tg} \varphi$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sum Q_{\text{см}}}{\sum P_{\text{см}}} = \frac{2932,42}{6109,04} = 0,48$$

$\cos \varphi=0,9$; $\sin \varphi=0,43$.

$$\Delta U = \sqrt{3} * 500 * 3,8 * (0,9 * 0,1197 + 0,43 * 0,071) = 455 \text{ В}$$

$$\frac{\Delta U}{U_{\text{ном}}} * 100\% = \frac{455}{6000} * 100 = 7,58 < 5\%$$

Умова не виконується, необхідно взяти більший переріз

ПЛ №2

$\cos \varphi, \sin \varphi$ знаходимо з $\operatorname{tg} \varphi$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sum Q_{\text{см}}}{\sum P_{\text{см}}} = \frac{2730,42}{5689,04} = 0,48$$

$$\cos \varphi = 0,9; \quad \sin \varphi = 0,43.$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 417 * 3,2 * (0,9 * 0,1159 + 0,43 * 0,073) = 396,84 \text{ В}$$

$$\frac{\Delta U}{U_{\text{ном}}} * 100\% = \frac{396,84}{6000} * 100 = 6,61 < 5\%$$

Умова не виконується необхідно взяти більший переріз

Повітряні лінії від ГПП до шини насосної станції

№	Електроприймач			$I_{\text{ном}}^P$, А	$I_{\text{пр}}$, А	ПЛ	
	Назва	$n_{\text{шт}}$	$P_{\text{ном}}$, кВт			$I_{\text{пр доп}}$, А	$S_{\text{см}}$, мм ²
1	ПЛ №1	2	5000	1600	1600	2130	300
2	ПЛ №2	2	4000	1250	1250	1830	240

Таблица №2.11

ПЛ №1 – провід марки АС- 300/43*3

$$I=710 \text{ А} \quad r=0,0869 \quad x=0,00038$$

ПЛ №2 – провід марки АС- 240/56*3

$$I=610 \text{ А} \quad r= 0,1197 \quad x=0,071$$

ПЛ №1

$\cos \varphi$, $\sin \varphi$ знаходимо з $\operatorname{tg} \varphi$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sum Q_{\text{см}}}{\sum P_{\text{см}}} = \frac{2932,42}{6109,04} = 0,48$$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\cos\varphi=0,9; \quad \sin\varphi=0,43.$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 500 * 3,8 * (0,9 * 0,0869 + 0,43 * 0,00038) = 257,92 \text{ В}$$

$$\frac{\Delta U}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{257,92}{6300} \cdot 100 = 4,09 < 5\%$$

Умова виконується

ПЛ №2

$\cos\varphi, \sin\varphi$ знаходимо з $\text{tg}\varphi$

$$\text{tg}\varphi = \frac{\sum Q_{\text{см}}}{\sum P_{\text{см}}} = \frac{2730,42}{5689,04} = 0,48$$

$$\cos\varphi=0,9; \quad \sin\varphi=0,43.$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 416,66 * 3,2 * (0,9 * 0,1157 + 0,43 * 0,071) = 311,23 \text{ В}$$

$$\frac{\Delta U}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{311,23}{6300} \cdot 100 = 4,94 < 5\%$$

Умова виконується

2.4 Розрахунок струмів коротких замикань

ГПП

ТРДНС-25000/35-У1

$$U_{\text{к}}=23\%; \quad U_{\text{ном}}=35/6 \text{ кВ}; \quad P_{\text{к}}=115 \text{ кВт}$$

ТМ-40/6/0,4

$$U_{\text{к}}=4,5\%; \quad U_{\text{ном}}=6/0,4 \text{ кВ}; \quad P_{\text{к}}=0,9 \text{ кВт}$$

ПЛ №1 – провід марки АС- 300/43*3

$$I=710 \text{ А} \quad r=0,0869 \quad x=0,00038$$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЛ №2 – провід марки АС- 240/56*3

$I=610 \text{ A}$ $r= 0,1197$ $x=0,071$

Вихідні дані системи: $S_c=\infty$

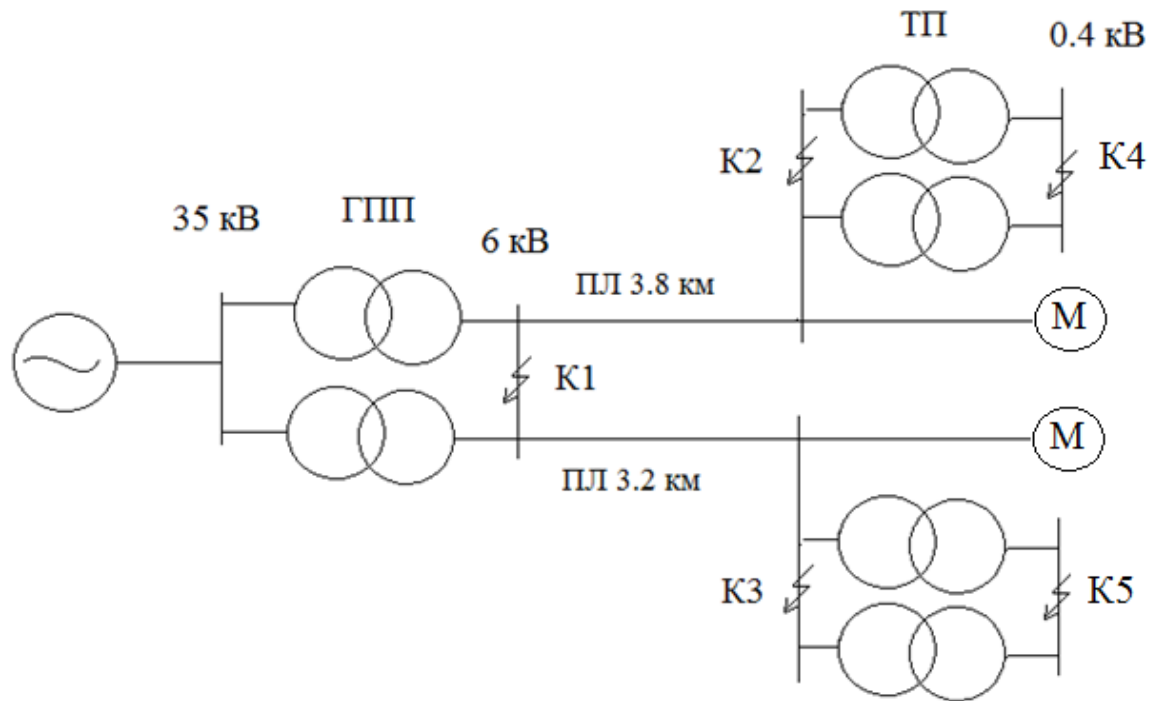


Рис. 2.5

КЗ №1

$$U_6 = 6 \text{ кВ}$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} * U_6} = \frac{25}{\sqrt{3} * 6,3} = 2,41 \text{ кА}$$

$$X_c=0$$

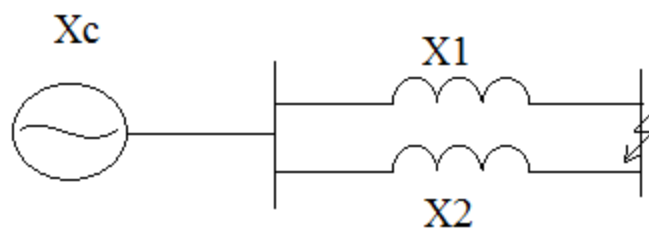


Рис.2.6

$$X1 = X2 = \frac{U_K}{100} * \frac{S_{\delta}}{S_{\text{ном тр}}} = \frac{23}{100} * \frac{25}{25} = 0,23$$

спрощуємо паралельно з'єднані опори X1, X2 в заключний опір X3

$$X3 = \frac{X2}{2} = \frac{0,23}{2} = 0,115$$

$$X_{31} = X_c + X3 = 0 + 0,115$$

Початкове надперехідне значення періодичної складової КЗ

$$I_{0.0}^{K1} = \frac{1}{X_{31}} * I_{\delta} = \frac{1}{0,115} * 2,41 = 20,96 \text{ кА}$$

$$i_a = \sqrt{2} * I_{0.0}^{K1} * e^{-\frac{\tau_{пв}}{T_a}} = \sqrt{2} * 20,96 * e^{-\frac{0,09}{0,045}} = 4,01 \text{ кА}$$

$$\tau_{пв} = \tau_{P3} + \tau_{BB} = 0,01 + 0,08 = 0,09 \text{ с}$$

$$T_a = -\frac{0,01}{\ln(K_y - 1)} = -\frac{0,01}{\ln(1,8 - 1)} = 0,045 \text{ с}$$

$$K_y = 1,8$$

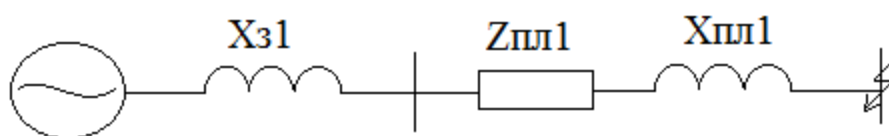
$$i_{yd} = \sqrt{2} * I_{0.0}^{K1} * K_y = \sqrt{2} * 20,96 * 1,8 = 53,35 \text{ кА}$$

$$B_K = (I_{0.0}^{K1})^2 * (\tau_K + T_a) = 20,96^2 * (0,4 + 0,045) = 195,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$\tau_K = \tau_{P3} + \tau_B = 0,1 + 0,3 = 0,4 \text{ с}$$

$$S_{min} = \frac{\sqrt{K_B}}{90} = \frac{\sqrt{195,5 * 10^6}}{90} = 155,36 \text{ мм}^2$$

КЗ №2



					Кваліфікаційна робота	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рис.2.7

$$X_{пл1} = x_0 * l * \frac{S_6}{U_{\phi}^2} = 0,00038 * 3,8 * \frac{25}{6,3^2} = 0,0009$$

$$r_{пл1} = r_0 * l * \frac{S_6}{U_{\phi}^2} = 0,0869 * 3,8 * \frac{25}{6,3^2} = 0,208$$

$$X_{\Sigma 2} = \sqrt{x_{\Sigma}^2 + r_{\Sigma}^2} = \sqrt{0,11538^2 + 0,208^2} = 0,238$$

$$x_{\Sigma} = x_{\Sigma 1} + x_{пл1} = 0,115 + 0,00038 = 0,11538$$

$$I_{0.0}^{K2} = \frac{1}{X_{\Sigma 2}} * I_6 = \frac{1}{0,238} * 2,41 = 10,13 \text{ кА}$$

$$i_a = \sqrt{2} * I_{0.0}^{K2} * e^{-\frac{\tau_{пв}}{T_a}} = \sqrt{2} * 10,13 * e^{-\frac{0,09}{0,045}} = 1,94 \text{ кА}$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} * I_{0.0}^{K2} * K_y = \sqrt{2} * 10,13 * 1,8 = 25,79 \text{ кА}$$

$$B_K = (I_{0.0}^{K2})^2 * (\tau_K + T_a) = 10,13^2 * (0,4 + 0,045) = 45,66 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$S_{min} = \frac{\sqrt{K_E}}{90} = \frac{\sqrt{45,66 * 10^6}}{90} = 75,08 \text{ мм}^2$$

КЗ №3

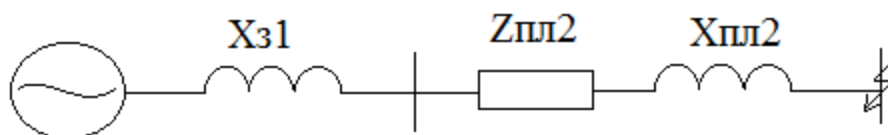


Рис.2.8

$$X_{пл2} = x_0 * l * \frac{S_6}{U_{\phi}^2} = 0,071 * 3,2 * \frac{25}{6,3^2} = 0,143$$

$$r_{кЛ2} = r_0 * l * \frac{S_{\delta}}{U_{\phi}^2} = 0,1197 * 3,2 * \frac{25}{6,3^2} = 0,24$$

$$X_{\Sigma 3} = \sqrt{x_{\Sigma}^2 + r_{\Sigma}^2} = \sqrt{0,258^2 + 0,24^2} = 0,352$$

$$x_{\Sigma} = x_{\Sigma 1} + x_{пл2} = 0,115 + 0,143 = 0,258$$

$$I_{0.0}^{к3} = \frac{1}{X_{\Sigma 3}} * I_{\delta} = \frac{1}{0,352} * 2,41 = 6,85 \text{ кА}$$

$$i_a = \sqrt{2} * I_{0.0}^{к3} * e^{-\frac{\tau_{пв}}{T_a}} = \sqrt{2} * 6,85 * e^{-\frac{0,09}{0,045}} = 1,31 \text{ кА}$$

$$i_{yd} = \sqrt{2} * I_{0.0}^{к3} * K_y = \sqrt{2} * 6,85 * 1,8 = 17,44 \text{ кА}$$

$$B_k = (I_{0.0}^{к3})^2 * (\tau_k + T_a) = 6,85^2 * (0,4 + 0,045) = 20,88 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$S_{min} = \frac{\sqrt{K_B}}{90} = \frac{\sqrt{20,88 * 10^6}}{90} = 50,77 \text{ мм}^2$$

КЗ №4 ТП НН №1

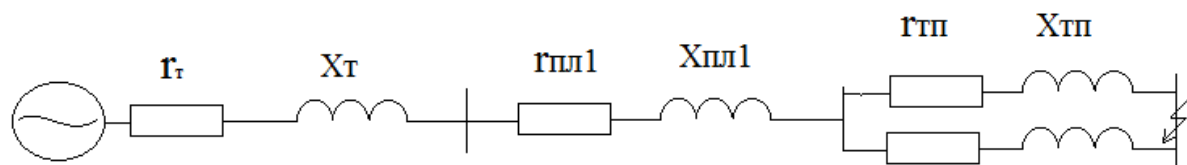


Рис.2.9

ТПП:

ТРДНС-25000/35-У1

$U_k = 23\%$;

$U_{ном} = 35/6 \text{ кВ}$;

$P_k = 115 \text{ кВт}$

$$X_T = \sqrt{\left(\frac{U_k}{100}\right)^2 - \left(\frac{P_k}{S_{ном тр}}\right)^2} * \frac{U_{ном}^2}{S_{ном тр}} = \sqrt{\left(\frac{23}{100}\right)^2 - \left(\frac{115}{25000}\right)^2} * \frac{6,3^2}{25000} = \frac{0,37}{2} = 0,185 \text{ М}$$

Ом

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_T = \frac{P_K}{S_{\text{ном тр}}} * U_{\text{ном}}^2 = \frac{115}{25000} * 6,3^2 = \frac{183}{2} = 91,5 \text{ мОм}$$

ПЛ №1 6 кВ А

$$r=0,0869 \quad x=0,00038$$

$$r_{\text{пл}} = r_0 * \frac{l}{n_{\text{пл}}} * \left(\frac{U_{\text{ном}}^{\text{нн}}}{U_{\text{ном}}^{\text{вн}}} \right)^2 = 0,0869 * \frac{3,8}{3} * \left(\frac{0,4}{6,3} \right)^2 = 0,44 \text{ мОм}$$

$$x_{\text{пл}} = x_0 * \frac{l}{n_{\text{пл}}} * \left(\frac{U_{\text{ном}}^{\text{нн}}}{U_{\text{ном}}^{\text{вн}}} \right)^2 = 0,00038 * \frac{3,8}{3} * \left(\frac{0,4}{6,3} \right)^2 = 0,0019 \text{ мОм}$$

ТП:

ТМ-40/6/0.4

$$U_K=4.5\%; \quad U_{\text{ном}}=6/0.4 \text{ кВ}; \quad P_K=0,9 \text{ кВт}$$

$$X_{\text{ТП}} = \sqrt{\left(\frac{U_K}{100} \right)^2 - \left(\frac{P_K}{S_{\text{ном тр}}} \right)^2} * \frac{U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном тр}}} = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100} \right)^2 - \left(\frac{0,9}{40} \right)^2} * \frac{0,4^2}{40} = \frac{0,16}{2} = 0,08 \text{ мОм}$$

$$r_{\text{ТП}} = \frac{P_K}{S_{\text{ном тр}}} * U_{\text{ном}}^2 = \frac{0,9}{40} * 0,4^2 = \frac{3,6}{2} = 1,8 \text{ мОм}$$

$$x_{\Sigma} = x_T + x_{\text{пл}} + x_{\text{ТП}} = 0,185 + 0,0019 + 0,8 = 0,99 \text{ мОм}$$

$$r_{\Sigma} = r_T + r_{\text{пл}} + r_{\text{ТП}} = 91,5 + 0,44 + 1,8 = 93,74 \text{ мОм}$$

$$Z_{34} = \sqrt{x_{\Sigma}^2 + r_{\Sigma}^2} = \sqrt{0,99^2 + 93,74^2} = 93,75$$

$$I_{0.0}^{K4} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} * Z_{34}} = \frac{400}{\sqrt{3} * 93,75} = 2,46 \text{ кА}$$

$$i_a = \sqrt{2} * I_{0.0}^{K4} * e^{-\frac{\tau_{\text{нг}}}{T_a}} = \sqrt{2} * 2,46 * e^{-\frac{0,09}{0,045}} = 0,47 \text{ кА}$$

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} * I_{0.0}^{K4} * K_y = \sqrt{2} * 2,46 * 1,8 = 6,26 \text{ кА}$$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

КЗ №5 ТП НН №2

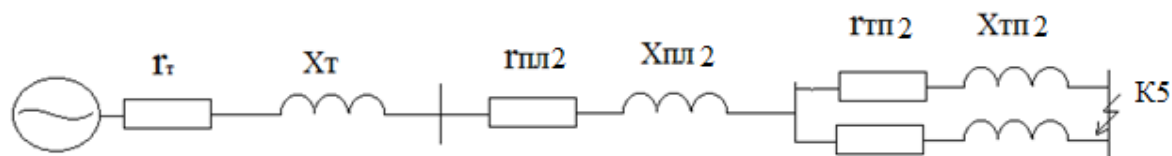


Рис2.10

ТП:

ТРДНС-25000/35-У1

$$U_K=23\%; \quad U_{НОМ}=35/6 \text{ кВ}; \quad P_K=115 \text{ кВт}$$

$$X_T = \sqrt{\left(\frac{U_K}{100}\right)^2 - \left(\frac{P_K}{S_{НОМ \text{ тр}}}\right)^2} * \frac{U_{НОМ}^2}{S_{НОМ \text{ тр}}} = \sqrt{\left(\frac{23}{100}\right)^2 - \left(\frac{115}{25000}\right)^2} * \frac{6,3^2}{25000} = \frac{0,37}{2} = 0.185 \text{ М Ом}$$

$$r_T = \frac{P_K}{S_{НОМ \text{ тр}}} * U_{НОМ}^2 = \frac{115}{25000} * 6,3^2 = \frac{183}{2} = 91,5 \text{ мОм}$$

ПЛ №2 6

$$r= 0,1197 \quad x=0,071$$

$$r_{ПЛ} = r_0 * \frac{l}{n_{ПЛ}} * \left(\frac{U_{НН \text{ НОМ}}}{U_{ВН \text{ НОМ}}}\right)^2 = 0,1197 * \frac{3,2}{3} * \left(\frac{0,4}{6,3}\right)^2 = 0,515 \text{ мОм}$$

$$X_{ПЛ} = X_0 * \frac{l}{n_{ПЛ}} * \left(\frac{U_{НН \text{ НОМ}}}{U_{ВН \text{ НОМ}}}\right)^2 = 0,071 * \frac{3,2}{3} * \left(\frac{0,4}{6,3}\right)^2 = 0,305 \text{ мОм}$$

ТП:

ТМ-40/6/0,4

$$U_K=4,5\%; \quad U_{НОМ}=6/0,4 \text{ кВ}; \quad P_K=0,9 \text{ кВт}$$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_{\text{ТП}} = \sqrt{\left(\frac{U_K}{100}\right)^2 - \left(\frac{P_K}{S_{\text{НОМТР}}}\right)^2} * \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМТР}}} = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{0,9}{40}\right)^2} * \frac{0,4^2}{40} = \frac{0,16}{2} = 0,08 \text{ МОМ}$$

$$r_{\text{ТП}} = \frac{P_K}{S_{\text{НОМТР}}} * U_{\text{НОМ}}^2 = \frac{0,9}{40} * 0,4^2 = \frac{3,6}{2} = 1,8 \text{ МОМ}$$

$$x_{\Sigma} = x_T + x_{\text{пл}} + x_{\text{ТП}} = 0,185 + 0,305 + 0,8 = 1,29 \text{ МОМ}$$

$$r_{\Sigma} = r_T + r_{\text{пл}} + r_{\text{ТП}} = 91,5 + 0,515 + 1,8 = 93,82 \text{ МОМ}$$

$$Z_{34} = \sqrt{x_{\Sigma}^2 + r_{\Sigma}^2} = \sqrt{1,29^2 + 93,82^2} = 93,84$$

$$I_{0,0}^{K5} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} * Z_{34}} = \frac{400}{\sqrt{3} * 93,84} = 2,46 \text{ кА}$$

$$i_a = \sqrt{2} * I_{0,0}^{K5} * e^{-\frac{\tau_{\text{пв}}}{T_a}} = \sqrt{2} * 2,46 * e^{-\frac{0,09}{0,045}} = 0,47 \text{ кА}$$

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} * I_{0,0}^{K5} * K_y = \sqrt{2} * 2,46 * 1,8 = 6,26 \text{ кА}$$

Тип КЗ	Місце КЗ	U _б , кВ	I _б , кА	K ₃ (Z ₃), МОМ	I _{0,0} , кА	I _{тпв} , кА	i _а , кА	i _{уд} , кА	B _к , кА ² ·с	S _{min} , мм ²
К1	НН ГПП	6,3	2,41	0,115	20,96	20,96	4,01	53,35	195,5	155,36
К2	ВН ТП №1	6,3	2,41	0,238	10,13	10,13	1,94	25,79	45,66	75,08
К3	ВН ТП №2	6,3	2,41	0,352	6,85	6,85	1,31	17,44	20,88	50,77
К4	ТП НН №1	0,4	-	93,75	2,46	2,46	0,47	6,26	-	-
К5	ТП НН №2	0,4	-	93,84	2,46	2,46	0,47	6,26	-	-

Таблиця №2.12

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок:

З попередніх розрахунків відомо для мережі 6 кВ схема за варіантом №1 вигідніша на 1 314 900 грн. Схема мережі 0,4 кВ за варіантом №1 обійдеться 140 000 грн так як основною вартістю є трансформатори, варіант №2 не припустимий так як передача електроенергії по мережі 0,4 кВ на велику відстань (2,3 км) призводить до не допустимого падіння напруги.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Організація методу прокладання та забезпечення експлуатації силових електричних мереж.

3.1 Діагностика ліній електропередачі за допомогою тепловізійних систем

Авіаційні діагностичні комплекси при контролі технічного стану енергетичного обладнання

Оптичні методи та апаратура займають особливе місце при контролі електророзрядних і теплових процесів, завдяки дистанційності і оперативності процесу вимірювання, а також високою інформативною спроможності.

Актуальним завданням забезпечення безаварійної роботи апаратів ВРУ (відкрите розподільче устаткування) є своєчасне виявлення механічних пошкоджень опорних ізоляторів різного призначення. До теперішнього часу завдання вирішувалася шляхом виведення обладнання з роботи і візуальним оглядом або локальним ультразвуковим контролем порцеляни. Метод вимагає відключення обладнання та володіє низькою продуктивністю, що є його основним недоліком. Перспективним напрямком в цій галузі є контроль технічного стану опорних і підвісних ізоляторів методами реєстрації ультрафіолетового випромінювання корони, виникає в дефектних зонах ізоляторів і при термографічному контролі.

Нижче представлені деякі результати практичного застосування оптико-електронних систем, чутливих в ультрафіолетовій, інфрачервоній і видимій області спектра. Система контролю ультрафіолетового випромінювання корони використовувалася для визначення дефектів ізоляторів ліній високої напруги.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Організація методу прокладання та забезпечення експлуатації силових електричних мереж	Літер.	Арк.	Аркушів.
Розроб.	Дерево О.О.						40	14
Перевір.	Іващук В.В.							
Рецензент								
Н. Контр.								
Затверд.	Балюта С.М.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-4		

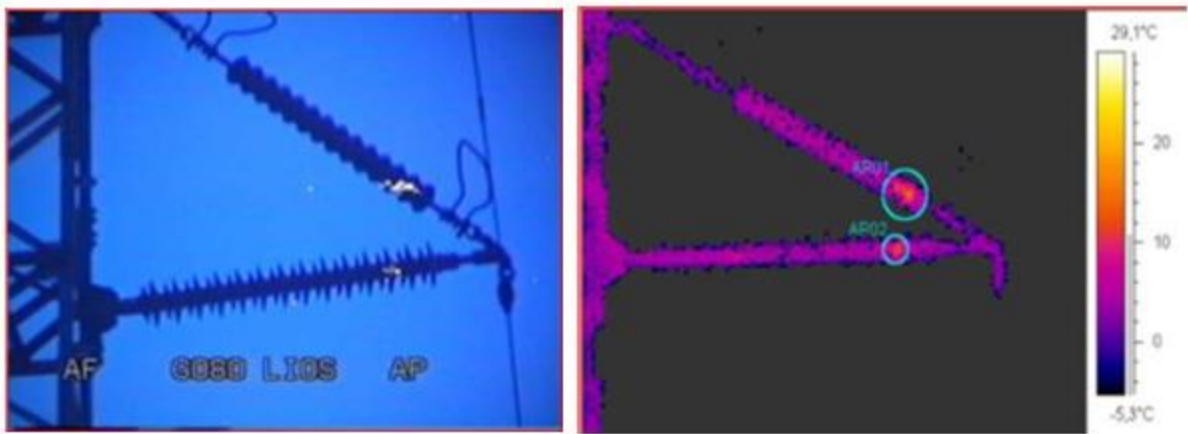


Рис.3.1. Коронний розряд на дефектних ізоляторах і пошкодження елементів провідників високовольтної лінії

Одне з важливих прямих застосувань системи ультрафіолетового контролю в електромережах і підстанціях, є контроль стану гнучкої ошиновки ВРУ і ЛЕП.

В якості ілюстрації рис.3.2 наведено типовий випадок механічного руйнування елементів провідників гнучкою ошиновки і пошкодження провідників лінії ЛЕП високої напруги після удару блискавки.



Рис.3.2 Коронний розряд на пошкодженнях елементів провідників ошиновки ВРУ (зліва) і високовольтної лінії (праворуч)

Значний інтерес представляє застосування ультравізора для контролю забруднення підвісних і опорних ізоляторів, а також контроль і визначення наявності тріщин в опорних ізоляторах роз'єднувачів і вимикачів.

На рис. 3.3 а представлений характерний вид ультрафіолетограмми при контролі опорного ізолятора роз'єднувача з початковою фазою освіти тріщини. Поява тріщини в опорного ізолятора стимулювалося механічними навантаженнями і нагріванням контактного з'єднання (термограма рис.3.3.б).



Рис.3.3 Коронний розряд в області оголовка при механічному ушкодженні опорного ізолятора роз'єднувача (а) і його термограма (б).

Сучасні тепловізійні системи і системи контролю ультрафіолетового випромінювання доповнюють один одного і дозволяють підвищити ймовірність виявлення дефектів практично будь-якого електричного обладнання на робочому напрузі і під навантаженням. Даний метод діагностики при широкому застосуванні дозволяє, по сукупності вимірюваних характеристик, приймати обгрунтовані технічні рішення про підтримку експлуатаційної надійності діючого устаткування і своєчасному проведенні ремонтів.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Використання методу імпульсної рефлектометрії для визначення пошкоджень кабельних ліній

Основні відомості про метод

Точному визначенню місця пошкоджень в лініях електропередачі, яке проводиться трасовими методами, повинна передувати попередня його локалізація методом імпульсної рефлектометрії.

Метод імпульсної рефлектометрії дозволяє визначити зону пошкодження (в межах похибки вимірювання) і застосувати окремі трасові методи виявлення тільки на невеликих ділянках траси, що дозволяє істотно скоротити час точного визначення місця дефекту.

Основними видами пошкоджень в кабельних лініях електропередачі є: короткі замикання і обриви, поява витоку між жилами або між житловою і екраном (бронєю), збільшення поздовжнього опору.

Причин виникнення пошкодження багато: механічні пошкодження, наприклад при проведенні земляних робіт, старіння ізоляції, порушення ізоляції від впливу вологи тощо.

Перед проведенням вимірів методом імпульсної рефлектометрії необхідно перевірити ділянку кабельної лінії омметром або мегоометром. Однак така перевірка може бути недостатньою. Наприклад, після вимірювання мегоометром опору кабеля, що має розтріскану ізоляцію, куди потрапила волога, може статися підсушування місця дефекту. При цьому покази мегометра відповідають як справному кабелю (сотні і тисячі МОм). Після виявлення дефектних ліній (жил, фаз) мегоометром переходить до попереднього визначення місця пошкодження методом імпульсної рефлектометрії.

Суть методу та принцип знаходження пошкоджень

Метод імпульсної рефлектометрії, що називається також методом відбитих імпульсів або локаційним, базується на поширенні імпульсних сигналів в двох-провідних і багато багато-провідних системах (лініях і

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кабелях) зв'язку.

Прилади, що реалізують зазначений метод, називається імпульсними рефлектометрами.

Суть методу імпульсної рефлектометрії полягає у виконанні наступних операцій:

- зондування кабелю (двох-провідної лінії) імпульсами напруги;
- прийомі імпульсів, відбитих від місця пошкодження і неоднорідностей хвильного опору;
- виділення потрібних сигналів на тлі перешкод (випадкових і відомих від неоднорідностей лінії);
- визначення відстані до пошкодження по тимчасовій затримці відбитого імпульсу щодо зондуючого.

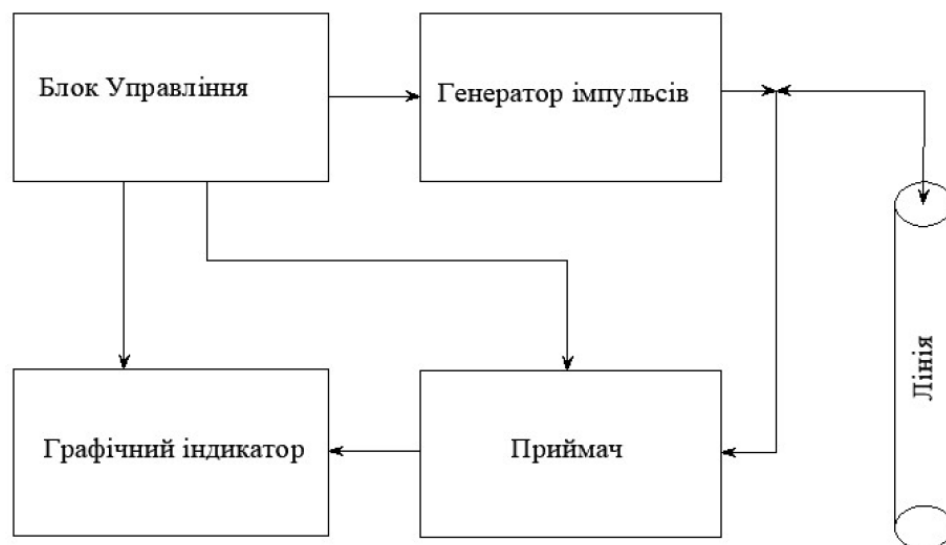


Рис. 3.4 – Структура схема імпульсного рефлектометра

З генератора імпульсів зондуючі імпульси подаються в лінію. Відбиті імпульси надходять з лінії в приймач, в якому проводяться необхідні перетворення над ними. З виходу приймача перетворенні сигнали надходять на графічний індикатор.

Всі блоки імпульсного рефлектометра функціонують по сигналам блоку управління.

На графічному індикаторі рефлектометра відтворюється рефлектограма лінії – реакція лінії на зондуєчий імпульс. Створення рефлектограми лінії легко простежити по діаграмі, наведеної на рис 3.5. тут віссю ординат є вісь відстані, а віссю абсцис- вісь часу.

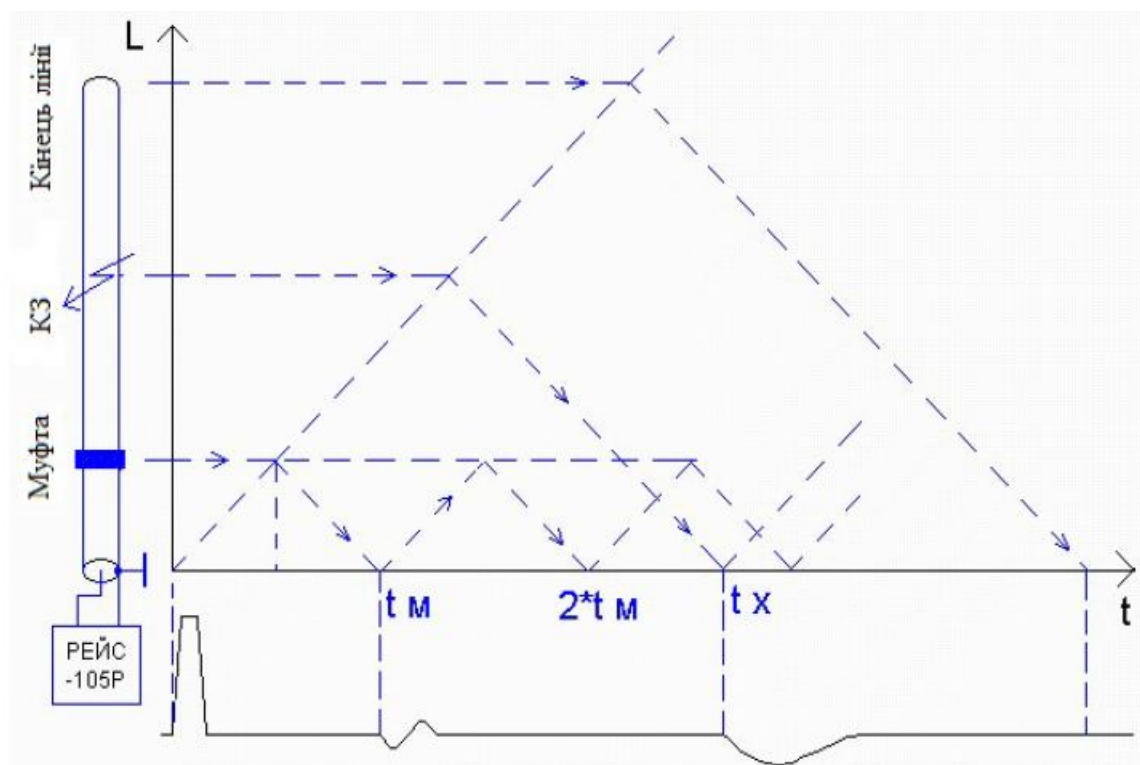


Рис. 3.5 – Діаграма створення рефлектограми лінії

У лівій частині малюнка показана кабельна лінія з муфтою і коротким замиканням, а в нижній частині – рефлектограма цієї кабельної лінії.

Аналізуючи рефлектограму лінії, оператор отримує інформацію про наявність чи відсутність в ній пошкодження і неоднорідностей.

Наприклад, з наведеної вище рефлектограми можна зробити кілька висновків:

На рефлектограмі крім зондуєчого імпульсу є ще відбиті імпульси від муфти і від короткого замикання. Це свідчить про хорошу однорідність лінії від початку до муфти і від муфти до короткого замикання.

Вихідний опір рефлектометра погоджено з хвильовим опором лінії, так

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

як перевідбиті сигнали, які при відсутності узгодження розташовуються на подвійній відстані.

Пошкодження має вигляд короткого замикання, так як відбитий від нього сигнал змінив полярність.

Коротке замикання повне, так як після відбиття від нього інших імпульсів немає.

Лінія має велике загасання так як амплітуда відбиття від короткого замикання набагато менша, ніж амплітуда зонduючого сигналу.

Якщо вихідний опір рефлектометра не узгоджений з хвильовим опором лінії, то в моменти часу $2t_m$, $4t_m$ і т.д. спостерігатимуться перевідбиті сигнали від місця короткого замикання.

Основну складність і трудомісткість при використанні методу відбитих імпульсів і виділення потрібних сигналів відбитих від місця пошкодження на тлі перешкод.

Метод імпульсної рефлектометрії базується на фізичній властивості нескінченно довгої однорідної лінії, згідно з якою відношення між напругою і струмом введеної в лінію електромагнітної хвилі однакове в будь-якій точці лінії.

$$W=U/I$$

Це співвідношення має розмірність опору і називається хвильовим опором лінії.

При використанні методу імпульсної рефлектометрії в лінію надсилають зонduючий імпульс і виміряють інтервал t_x – час подвійного проходження цього імпульсу до місця пошкодження (неоднорідності хвильового опору). Відстань до місця пошкодження розраховують за виразом:

$$L_x=t_x(V/2)$$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де V – швидкість поширення імпульсу в лінії.

Відношення амплітуди відбитого імпульсу U_0 до амплітуди зонduючого імпульсу U_3 позначають коефіцієнтом відбиття $K_{\text{від}}$:

$$K_{\text{від}} = U_0/U_3 = (W_1 - W)/(W_1 + W)$$

Де: W – хвильовий опір лінії в місці пошкодження (неоднорідності),

W_1 – хвильовий опір лінії в місці пошкодження (неоднорідності).

Відбитий сигнал з'являється в тих місцях лінії, де хвильовий опір відхиляється від свого середнього значення: у муфт, біля місця зміни перерізу жили, біля місця стиснення кабелю, у місці обриву, короткого замикання і т. д.

Якщо вихідний опір імпульсного рефлектометра відрізняється від хвильового опору вимірюваної лінії, то в місці підключення рефлектометра до лінії виникають перевідбиття.

Перевідбиття - це відбиття від вхідного опору рефлектометра відбитих сигналів, які прийшли до місця підключення рефлектометра з лінії. Вхідний опір рефлектометра, як правило, рівні між собою.

Залежно від співвідношення вхідного опору рефлектометра і хвильового опору лінії змінюється полярність і амплітуда перевідбиттів, яка може виявитися порівнянною з амплітудою відбитих хвиль. Тому перед виміром рефлектометром обов'язково потрібно виконувати операцію узгодження вихідного опору рефлектометра з хвильовим опором лінії.

Основні рефлектограмми

Приклади рефлектограми лінії без узгодження вихідного опору і з узгодженням наведені на рис 3.6, 3.7.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.6 – Рефлектограмма лінії без узгодження вихідного опору



Рис. 3.7 – Рефлектограмма лінії з узгодженням вихідного опору

При поширенні уздовж лінії імпульсний сигнал загасає, тобто зменшується за амплітудою. Загасання лінії визначається її геометричною конструкцією і вибором матеріалів для провідників і ізоляції і є частотно-залежним.

Наслідком частотної залежності є зміна зондуючих імпульсів при їх поширенні по лінії. Змінюється не тільки амплітуда але і форма імпульсу – тривалості фронту і зрізу імпульсу збільшується. Чим довша лінія, тим більше «розпливчата» і менша амплітуда імпульсу, це ускладнює точне визначення відстані до пошкодження.

Приклади рефлектограмм ліній без згасання (ідеальна лінія) і з згасання показані на рис:

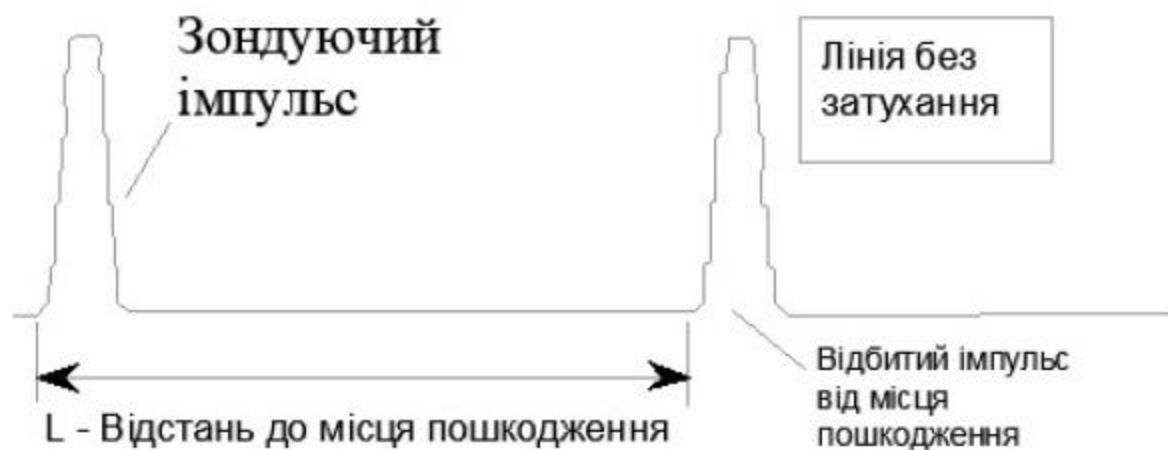


Рис. 3.8 – Рефлектограмма ліній без згасання (ідеальна лінія)

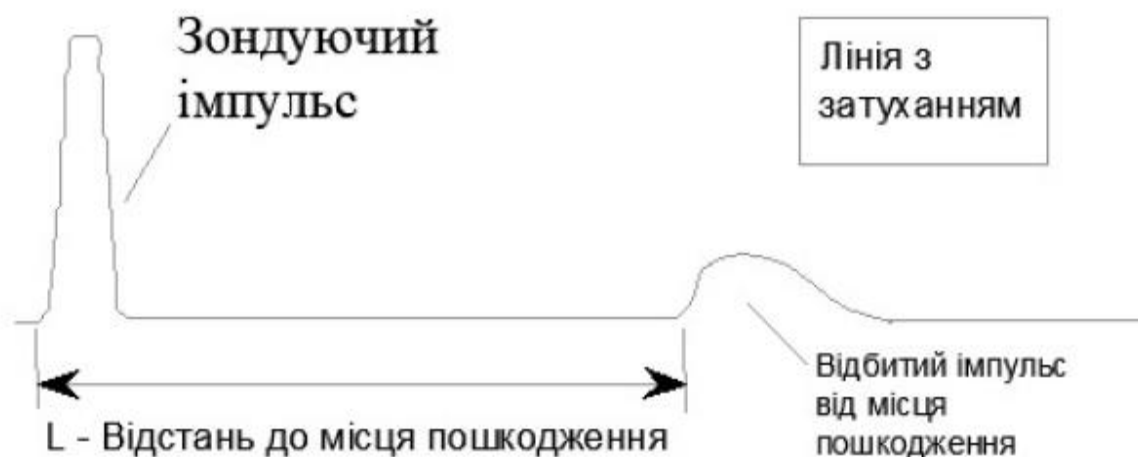


Рис. 3.9 – Рефлектограмма лінії з згасанням

Для більш точного вимірювання необхідно правильно, відповідно до довжини і частотної характеристики загасання лінії, вибирати параметри зонduючого імпульсу в рефлектометрі. Критерієм правильного вибору є мінімальне «розливання» і максимальна амплітуда відбитого сигналу.

Якщо при підключеній лінії на рефлектограмі спостерігається тільки зонduючий імпульс, а відбиті сигнали відсутні, то це свідчить про точне узгодження вихідного опору рефлектометра з хвильовим опором лінії відсутність пошкодження і наявності на кінці лінії навантаження рівному хвильовому опору лінії рис. 3.10.

Вид відбитого сигналу залежить від характеру пошкодження або неоднорідності. Наприклад, при обриві відбитий імпульс має ту ж

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

полярність, що і зондуючий рис 3.11, а при короткому замиканні відбитий імпульс змінює полярність рис. 3.12.

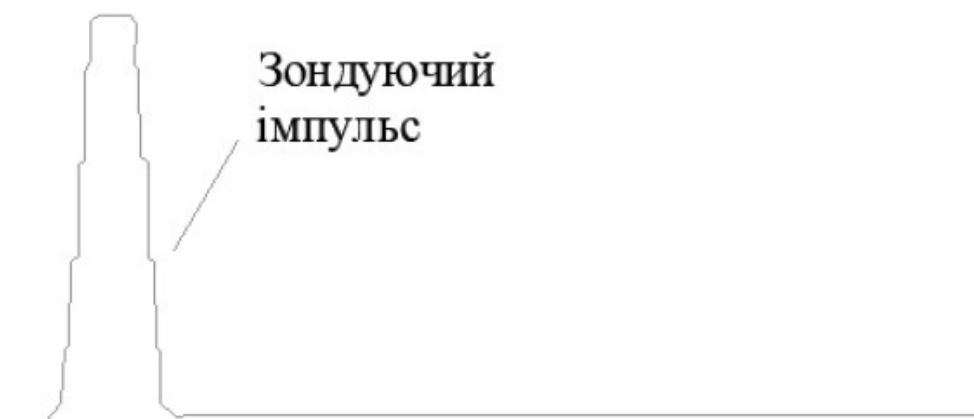


Рис 3.10 – Рефлектограмма лінії без пошкоджень

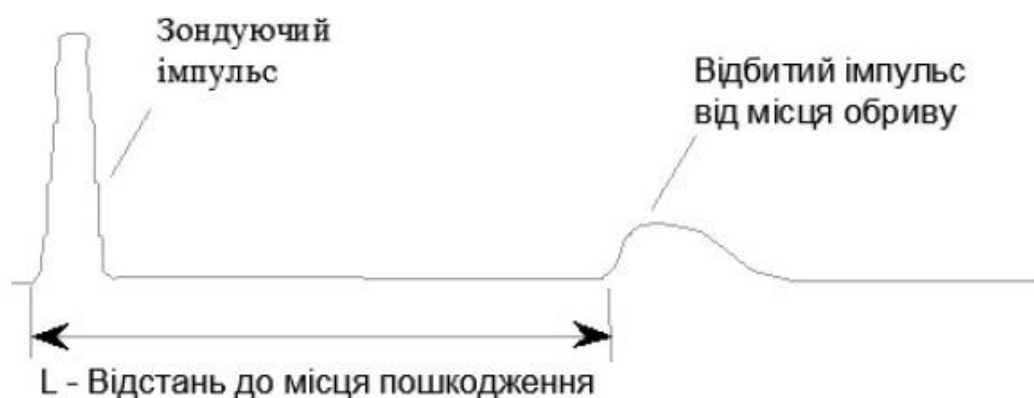


Рис 3.11 – Рефлектограмма лінії з обривом

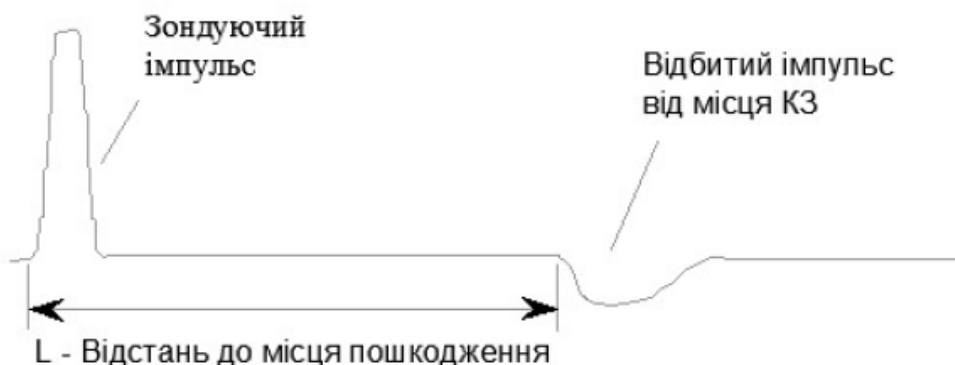


Рис 3.12 – Рефлектограмма лінії з коротким замиканням

В ідеальному випадку, коли відбиття від пошкодження повне і затухання відсутнє, амплітуда відбитого сигналу дорівнює амплітуді

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зонduючого імпульсу. Розглянемо два випадки еквівалентних схем ушкоджень, які найбільш часто зустрічаються на практиці: шунтуючий витік і поздовжній опір.

Нехай місце пошкодження лінії являється собою шунтуючий витік $R_{ш}$
Рис. 3.13

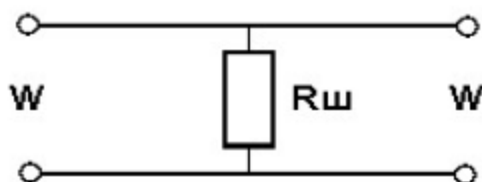


Рис. 3.13 – Еквівалентна схема шунтуючого витоку

Зі зміною опору витоку від нуля (відповідає короткому замиканню) до нескінченності (відповідає робочій лінії), при позитивному зонduючому імпульсі відбитий імпульс має негативну полярність і змінюється по амплітуді від максимального значення до нульового, відповідно до виразу:

$$K_{\text{від}} = (W1 - W) / (W1 + W) = -W / (W + 2 \cdot R_{ш})$$

Де $R_{ш}$ – опір шунтуючого витоку.

$W1$ – хвильовий опір лінії в місці пошкодження, визначається виразом:

$$W1 = (W \cdot R_{ш}) / (W + R_{ш})$$

Так, наприклад при короткому замиканні ($R_{ш}=0$) $K_{\text{від}} = (-1)$. У цьому випадку сигнал відбивається повністю із зміною полярності. При відсутності шунтуючого навантаження ($R_{ш}$ дорівнює нескінченності) $K_{\text{від}} = 0$, сигнал не відбивається взагалі.

При зміні $R_{ш}$ від 0 до нескінченності амплітуда відбитого сигналу зменшується від максимального значення до нульового, зберігаючи негативну полярність рис. 3.14

Якщо еквівалентна схема місця пошкодження лінії має вигляд включення повздовжнього опору рис. 3.15 (наприклад порушення спайки або

скручування жили), то зі зміною величини поздовжнього опору відбитий імпульс змінюється по амплітуді, залишаючись тієї ж полярності що і зонduючий імпульс.

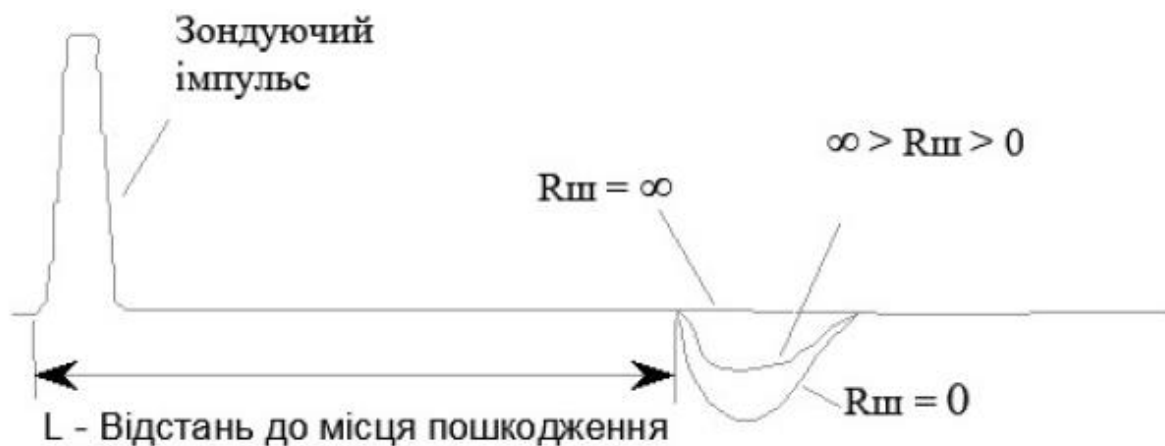


Рис. 3.14 – Амплітуда відбитого сигналу при зміні $R_{\text{ш}}$ від 0 до нескінченості

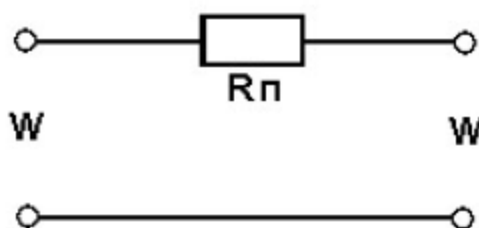


Рис 3.15 – Еквівалентна схема включення поздовжнього опору

Вираз для коефіцієнта відбиття при наявності включення поздовжнього опору матиме вигляд:

$$K_{\text{від}} = (W_1 - W) / (W_1 + W) = 1 / (1 + 2 * W / R_{\text{п}})$$

Де $R_{\text{п}}$ – повздовжній опір.

W_1 – хвильовий опір лінії в місці включення повздовжнього пошкодження.

У разі обриву жили ($R_{\text{п}}$ дорівнює нескінченності) отримуємо коефіцієнт відбиття $K_{\text{від}} = 1$. Це означає, що сигнал відбивається повністю без

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

зміни полярності.

При нульовому значенні позовжнього опору ($R_{\Pi} = 0$) маємо: $K_{\text{від}} = 0$, сигнал не відбивається взагалі.

При зміні R_{Π} від нескінченності до 0 відбитий сигнал зменшується за амплітудою від максимального значення до нульового, без зміни полярності
рис 3.16

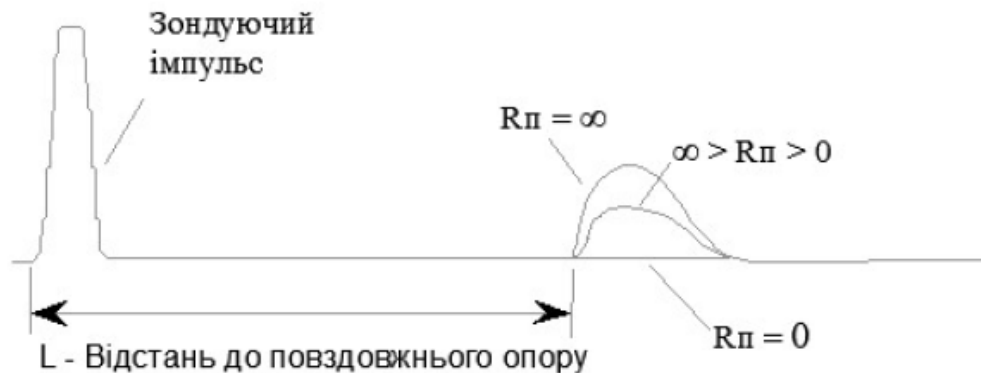


Рис 3.16 – Відбитий сигнал при зміні R_{Π} від нескінченності до 0

Рекомендації що до використання імпульсної рефлектометрії, перед проведенням вимірів необхідно перевірити ділянку кабельної лінії омметром або мегометром. Однак така перевірка може бути недостатньою. Наприклад, після вимірювання мегометром опору кабеля, що має розтріскану ізоляцію, куди потрапила волога, може статися підсушування місця дефекту. При цьому покази мегометра відповідають як справному кабелю (сотні і тисячі МОм). Після виявлення дефектних ліній (жил, фаз) мегометром переходить до попереднього визначення місця пошкодження методом імпульсної рефлектометрії.

Висновок: Використання квадрокоптера з тепловізором робить обстеження більш легшим, ефективнішим, дає більшу ймовірність знайти пошкодження. Метод імпульсної рефлектометрії дозволяє визначити зону пошкодження і застосувати окремі трасові методи виявлення тільки на невеликих ділянках траси, що дозволяє істотно скоротити час точного визначення місця дефекту.

4. Техніко-економічне обґрунтування ефективності прийнятих технічних рішень

4.1. Розрахунок витрат на монтажні роботи окремих силових ліній

Розрахунок витрат на монтаж ПЛ№1 та ПЛ№2, з раніше зроблених розрахунків відомо:

ПЛ№1 марка проводу АС-300/43 *3 довжиною 3,8 км, вага проводу 1,160т/км, необхідна кількість опор 55 шт.

ПЛ№2 марка проводу АС-240/56 *3 довжиною 3,2 км, вага проводу 1,106т/км, необхідна кількість опор 45шт.

$V_{\text{п}}$ – вартість монтажу проводу 2200грн/км

$V_{\text{оп}}$ – вартість опори з монтажем 4500грн/шт.

l – довжина лінії

n - кількість опор

$V_{\text{л}}$ – загальна вартість проводу з попередніх розрахунків

Вартість монтажу повітряної лінії №1

$$V_{\text{пл}\text{№}1} = V_{\text{п}} * l + V_{\text{оп}} * n + V_{\text{л}1} = 2200 * 3,8 * 3 + 4500 * 55 + 2\,052\,000 = 2\,324\,580 \text{ грн}$$

Вартість монтажу повітряної лінії №2

$$V_{\text{пл}\text{№}2} = V_{\text{п}} * l + V_{\text{оп}} * n + V_{\text{л}2} = 2200 * 3,2 * 3 + 4500 * 45 + 1\,488\,000 = 1\,711\,620 \text{ грн}$$

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Техніко-економічне обґрунтування ефективності прийнятих технічних рішень	Літер.	Арк.	Аркушів.
Розроб.		Дерево О.О.						
Перевір.		Івашук В.В.					54	2
Рецензент						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-4		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

4.2. Розрахунок експлуатаційних витрат з урахуванням прийнятих технічних рішень по обстеженню.

l_1 – довжина повітряної лінії №1

l_2 – довжина повітряної лінії №2

Загальна довжина повітряних ліній

$$l = l_1 + l_2 = 3,8 + 3,2 = 7 \text{ км.}$$

Вартість з квадрокоптера з тепловизором 75 000 грн

Вартість обстеження в сторонній компанії коштує 600грн/км. без урахування ціни за виїзд.

$$V_{об} = 500 * l = 600 * 7 = 4200 \text{ грн}$$

При обстеженні ЛЕП раз в місяць для своєчасного виявлення механічних пошкоджень, якщо придбати квадрокоптер і обстежувати ЛЕП будуть штатні співробітники без урахування заробітної плати штатного співробітника, термін окупності складе:

$$T_{ок} = \frac{75000}{4200} = 17,85 = 18 \text{ місяців або } 1 \text{ рік } 6 \text{ місяців}$$

Висновок:

Економічно вигідно буде придбати квадрокоптер з тепловізором, термін окупності цієї інвестиції складає 1,5 роки.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Охорона праці

5.1 Обґрунтування рішення щодо розміщення електротехнічного обладнання

Від шини головної понижувальної підстанції (ГПП) протягнуті дві повітряні лінії на висоті 11 метрів, напругою 6 кВ до шин трансформаторних підстанцій (ТП), від шин високої сторони ТП відходять дві кабельні лінії напругою 6 кВ на двигуни, після ТП 6/0,4 відходить кабельна лінія напругою 0,4 кВ на силовий пункт (СП), після СП відходять кабельні лінії під стелею на електроспоживачі такі як електротельфер та освітлення. Глибина закладання кабельної лінії 0,7 метра.

Так як на підприємстві присутні лінії понад 1000 В, а саме: двигуни, повітряні лінії, кабельні лінії на 6 кВ, в таких електроустановках працівники зі складу оперативних або оперативно–виробничих працівників, які одноособово обслуговують електроустановки, а також старші в зміні повинні мати групу не менше IV, решта – групу III.

Вимоги при роботі кран-балкою з електротельфером:

управління вантажопідйомними машинами з підлоги можуть здійснювати особи не молодші 18 років, що не мають медичних протипоказань, пройшли виробниче навчання, вступний і первинний інструктажі по охороні праці. Відповідальними за безпечну експлуатацію вантажопідйомних механізмів, вантажозахватних пристроїв (ланцюгів, канатів, стропів, траверс, гаків) є головний інженер-механік або зав. майстерні;

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона праці	Літер.	Арк.	Аркушів.
Розроб.		Дерево О.О.						
Перевір.		Івашук В.В.					56	9
Рецензент						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-4		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

щорічно комісія у складі головного інженера, інженера служби охорони праці, шляхом ретельного огляду переконується у повній справності вантажопідйомного механізму і проводить статичне і динамічне випробування;

статичне випробування кран-балки проводиться вантажем, який на 25 % перевищує вантажопідйомність кран-балки. Він підвищує посередині кран-балки на висоті 200-300 мм від підлоги і за допомогою лінійки і важка на протязі 5 хв. Заміряється прогин балки. Потім навантаження знімається . Кран-балка вважається придатною до експлуатації, якщо не залишилося деформації;

при динамічному випробуванні перевіряється надійність спрацьовування кінцевиків, гальм, фіксація піднятого вантажу на різній висоті, відповідність канатів вимогам безпеки;

перший пуск механізмів після монтажу необхідно проводити кожен окремо короткими періодами включення на протязі всього кранового шляху;

на кран-балці повинен-бути-напис, який вказує дату випробовування, максимальну вантажопідйомність;

кран-балка через крапові рейки заземлюється не менш як у 2-х місцях;
не дозволяється встановлювати електротельфери у приміщеннях, де у зовнішньому середовищі є наявність вибухонебезпечних парів, газів, пилу або легкозаймистих речовин;

при необхідності застосовувати підвісні кран-балки , ободи їх ходових коліс і реборди повинні бути виготовленні з латуні, електродвигуни, пускачі, кінцеві вимикачі та кнопки виключення мати вибухонепроникне виконання;

не дозволяється робота кран-балки без встановлення аварійних підхватів, які попереджують її падіння у випадках аварії в вузлах візків, у вузлах кріплення до металоконструкцій;

електротельфери повинні мати надійну ізоляцію всіх струмопровідних частин, а металеві частини, які при певних неполадках електрообладнання можуть бути під напругою, надійно заземлені;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при використанні талей місця їх підвішування повинен вказати керівник робіт. При цьому особливу увагу звернути на міцність кріплення. До початку роботи вантаж підіймають на невелику висоту і переконуються у надійності гальм, строп і ланцюгів.

Вимоги безпеки до початку роботи:

шляхом ретельного огляду переконатися у повній справності вантажопідйомного механізму;

випробувати без навантаження взаємодією всіх вузлів вантажопідйомного механізму;

переконавшись у справності механізму, приступити до підймання вантажу.

Вимоги безпеки під час роботи:

електротельфер необхідно використовувати у короточасному крановому режимі. Частота включення не повинна перевищувати 120 за годину, відносна продовжність включення не більше 25 %;

при горизонтальному переміщенні вантажу електротельфером необхідно пам'ятати, що таль не має гальм і може мати пробіг до 0,5м;

місце роботи електроталі повинно бути добре освітлене і звільнене від сторонніх предметів;

згідно Правил Держпраці не дозволяється переміщувати вантаж над працівниками, знаходитись під піднятим вантажем або на близькій відстані від нього, бо можливе травмування працівників;

забороняється підіймати вантаж, вага якого перевищує вантажопідйомність механізму;

до початку підйому вантажу необхідно переконатися, що він нічим не утримується і на ньому немає ніяких сторонніх предметів;

знімати стропи з гаку лише після переконання у надійності його встановлення або укладки;

не дозволяється: передавати управління вантажопідйомними

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

механізмами особами, які не пройшли відповідної підготовки; підіймати вантаж, вага якого невідома; використовувати неінвентарні вантажозахватні пристосування.

Вимоги безпеки після закінчення використання підйомних засобів:

відключити подачу електроструму на пульт управління. Закрити електрощит;

електротельфер. кран-балку перемістити, щоб вона не заважала.

5.2 Організаційні та технічні заходи з охорони праці

Якщо людина торкається одночасно двох точок електричної частини електроустановки, між якими існує напруга, то при цьому утворюється замкнуте електричне коло, через тіло людини проходить струм. Величина цього струму залежить від схеми дотику людини, напруги кола, схеми самого електричного кола, режиму нейтралі електричного кола, опору тіла людини, якості ізолювання струмоведучих частин від землі, ємності струмоведучих частин відносно землі тощо.

Найбільшу небезпеку для людини становить двофазний (двополюсний) дотик до електричного кола, тому що в цьому випадку людина опиняється під лінійною напругою мережі. Одночасний дотик людини до двох полюсів електричного кола постійного струму або однофазного кола і дотик до двох фаз трифазного електричного кола.

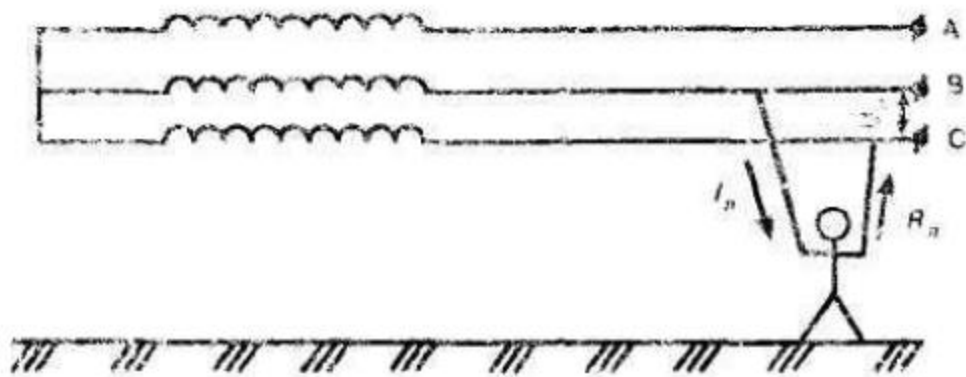


Рис. 5.1 Двофазний (двополюсний) дотик до струмоведучих частин у трифазній мережі

Найбільша кількість електротравм пов'язана з однофазним (однополюсним) дотиком людини до струмоведучих частин, при цьому напруга, під якою опиняється людина, не перевищує фазної напруги. Якщо людина, що стоїть на землі, торкається одного з полюсів або однієї з фаз електричного кола в мережі з ізолюваною нейтраллю то струм замикається через тіло людини, землю і далі через опір ізоляції і ємності фаз.

На цьому рисунку опір r_a, r_b, r_c , ємності C_a, C_b, C_c - це розподілені в електричному колі параметри, що зумовлені активною, провідністю ізоляції та ємністю фаз відносно землі.

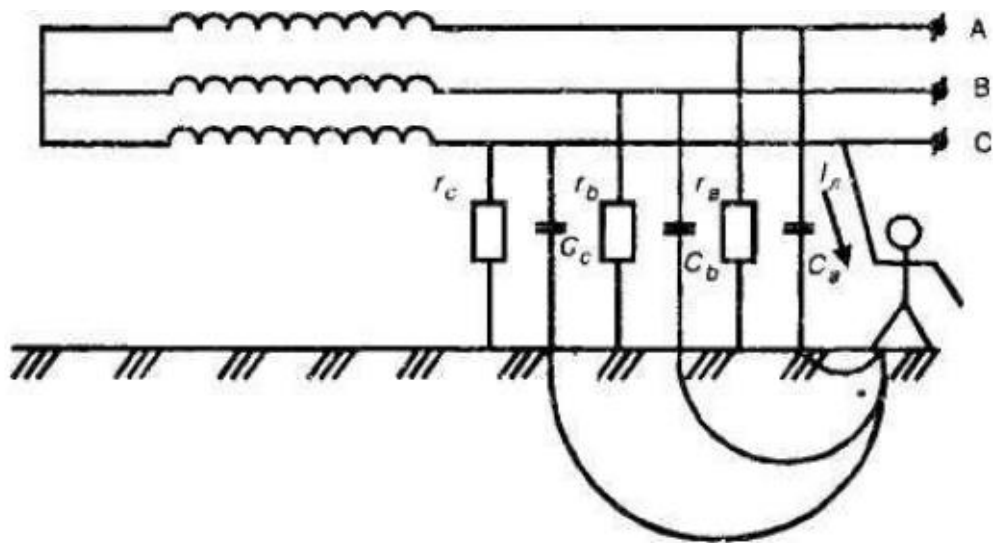


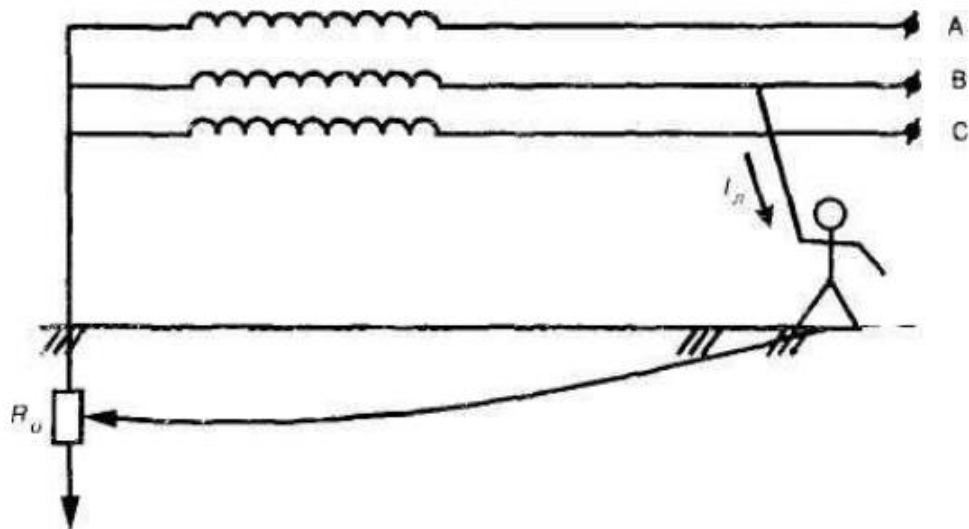
Рис. 5.2 Однофазний дотик до струмоведучих частин в мережі з ізолюваною нейтраллю

В такій мережі напругою до 1000 В за умови її малої довжини ємнісним опором ізоляції можна знехтувати, і тоді і струм, що проходить крізь людину, дорівнює:

$$I_{\text{л}} = \frac{3U_{\phi}}{3R_{\text{л}} + r_{\text{із}}}$$

Де $r_{\text{із}}$ опір ізоляції фаз мережі відносно землі.

Мережа із заземленою нейтраллю характеризується тим, що нейтральна точка джерела живлення з'єднана із землею через малий опір R_o :



Ри

с. 5.3 Однофазний дотик до струмоведучих частин в мережі із заземленою нейтраллю

В мережі із заземленою нейтраллю струм проходить через тіло людини в землю і далі через заземлення нейтралі - вмережу. Практично він не залежить від стану ізоляції і визначається за виразом, А:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{л}} + R_o}$$

Оскільки R_o - невелике, його можна не брати до уваги. Тоді

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{л}}}$$

5.3 Практичний розрахунок

Розрахувати заземлюючий пристрій для нульової точки трансформатора потужністю 60 кВ*А і напругою 6000/380 В у чотирьох провідній мережі з глухо заземленою нейтраллю. Заземлювач виконати з сталевих труб діаметром d , м довжиною l , м з розміром сталевий з'єднувальної стрічки 40x4 мм, питомий електричний опір ґрунту p , Ом*м, кліматичний коефіцієнт ґрунту K_k . Допустимий опір заземлюючого пристрою прийняти $[R_z] \leq 10$ Ом.

Розрахунок опору одного заземлюючого електрода

$$r_e = \frac{0,366 * p * K_k}{l} * \lg \frac{2l}{d} + 0,5 \lg \frac{4h + l}{4h - l}$$

$$h = 0,8 + \frac{l}{2} = 2,3$$

$$r_e = \frac{0,366 * 400 * 1,2}{3} * \lg \frac{6}{0,05} + 0,5 \lg \frac{4 * 2,3 + 3}{4 * 2,3 - 3} = 121,9 \text{ Ом}$$

Де $p=400$ Ом*м – питомий електричний опір ґрунту;
 $K_k = 1,2$ Кліматичний коефіцієнт ґрунту;
 $l=3$ – довжина заземлювача;
 $d=0,05$ - ширина заземлювача;
 $h=2,3$ глибина закладання заземлювача.

Розміщення електродів повинно забезпечити можливо повне вирівнювання потенціалу на майданчику, зайнятої електрообладнанням.

З цією метою заземлювач повинен бути виконаний у вигляді горизонтальної сітки з провідників, укладених в землі на глибину 0,5-0,8м, і вертикальних електродів.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

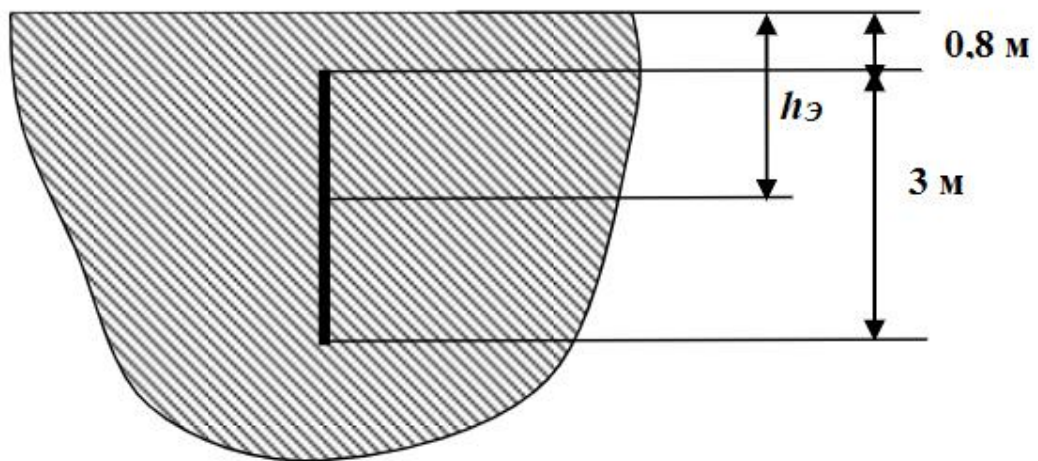


Рис. 5.4 Розташування заземлюючого електрода

Необхідна кількість електродів визначається:

$$n = \frac{r_e}{R_s} = \frac{121,9}{10} = 12$$

R_s – необхідна величина заземлюючого пристрою

Опір смуги між електродами, визначається за формулою:

$$r_c = \frac{0,366 * p * K_r}{l_c} * \lg \frac{2 * l_c^2}{h * b} = \frac{0,366 * 400 * 2,25}{66} \lg \frac{2 * 66^2}{0,8 * 0,04} = 27,12 \text{ Ом}$$

Довжина смуги l_c для з'єднання по контуру

$$l_c = a * (n - 1) = 6 * (12 - 1) = 66$$

$$a = 2 * l = 6$$

Де K_r – коефіцієнт для горизонтальної смуги, для кліматичної зони 3 дорівнює 2,25;

$h = 0,8 \text{ м}$ - глибина залягання смуги;

$b = 0,03 \text{ м}$ - ширина з'єднання електроди смуги.

Загальний опір контуру захисного заземлення визначається:

$$R_{\Sigma} = \frac{r_e * r_c}{r_e * n_c + r_c * n_e * n} = \frac{121,9 * 27,12}{121,9 * 0,5 + 27,12 * 0,8 * 12} = 10$$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\eta_c = 0,5$ – коефіцієнт використання смуги

$\eta_e = 0,8$ – коефіцієнт використання електродів

$R_\Sigma \leq R_3$ умова виконується

Висновок:

Експлуатація вантажопідіймальних машин вимагає додаткових заходів з охорони праці.

При роботі з електроустановкою для забезпечення захисту працівників від помилкового подання напруги необхідно застосовувати переносні заземлення.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок:

В процесі розрахунків до насосів ПЄ-580-185 та ПЄ-500-180 було підібрані двигуни, до насосу ПЄ-580-185 двигун 4А3М-5000/6000, для насосу ПЄ-500-180 двигун 4А3М-4000/6000. Для підвищення надійності водопостачання на підприємство встановлено паралельно по два насоси на кожній насосній станції.

Вартість спорудження ЛЕП мережі 6 кВ за найвигіднішим варіантом, з урахуванням монтажу, проводів, опор, складає 4 036 200грн.

Для підвищення надійності електропостачання необхідно своєчасного виявлення пошкоджень ЛЕП 6 кВ для цього завдання використовуємо квадрокоптер з тепловізором, з розрахунків відомо що краще придбати його для штатного персоналу ніж звертатися до сторонньої компанії.

При роботі з електроустановкою необхідно використовувати переносне заземлення для захисту персоналу від випадкового подання напруги на електроустановку на якій проводяться роботи.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Висновок	Літер.	Арк.	Аркушів.
Розроб.	Дерево О.О.							
Перевір.	Іващук В.В.						65	1
Рецензент						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-4		
Н. Контр.								
Затверд.	Балюта С.М.							

Список використаної літератури:

1. Шестеренко В.Є.,Шестеренко О.В. Електропостачання промислових підприємств: посіб. Київ 2013. 424 с.
2. Хитров А. В. Монтаж, наладка і експлуатація електрообладнання: Харків: ХНАМГ, 2009. 328 с.
3. Аржанников Е. А., Чухин А. М. Методы и приборы определения места короткого замыкания на линии: пособ. Иваново 1998. – 74 с.
4. Правила експлуатації електрозахисних засобів: затверджено наказ Міністерства праці та соціальної політики України від 05.06.2001 р. № 253
5. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів: затверджено наказ Держнаглядохоронпраці України 09.01.98 за №4
6. Природне і штучне освітлення: затверджено наказом Міністерства будівництва, архітектури та житлово – комунального господарства України від 15 травня 2006 р. № 168
- 7.Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів: затверджено наказ Міністерства праці та соціальної політики України від 20.08.2002 р. № 409
8. Листвин А.В., Листвин В.Н. Рефлектометрия оптических волокон
9. Обстеження леп квадрокоптером. ДТЄК Київські електромережі: веб-сайт. URL: <https://www.dtek-kem.com.ua/ru/news/dtek-kievskie-elektroseti-vpervye-obsledovali-linii-elektroperedach-dronami>
10. Насоси типу ПЄ. Сумская насосная техника: веб-сайт. URL: <https://sumnt.com/production/nasosy-tipa-pe/pe-580-185-5/>
11. Двигуни типу 4А3М. Электрорасстановка: веб-сайт. URL: <https://elektropostavka.ru/elektrovigateli-4a3m-atd4>

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаної літератури	Літер.	Арк.	Аркушів.
Розроб.	Дерево О.О.						66	2
Перевір.	Івашук В.В.							
Рецензент								
Н. Контр.								
Затверд.	Балюта С.М.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЕЛ-4-4		

12. Вакуумный выключатель 6 кВ. Высоковольтный союз: веб-сайт. URL:

<http://www.vsoyuz.com/ru/produkcija/cb/vakuumnye-vyklyuchateli-10-kv/vrs-6.htm>

13. Провод типа АС. ЛИНІАОПОРУ: веб-сайт. URL: [https://linijaopory.ru/as-](https://linijaopory.ru/as-neizolirovannyj-stalealyuminievyyj-provod/)

[neizolirovannyj-stalealyuminievyyj-provod/](https://linijaopory.ru/as-neizolirovannyj-stalealyuminievyyj-provod/)

14. Кабель типа АВВГ каталог. УкрПровод: веб-сайт. URL:

https://ukrprovod.com.ua/kabel_provod/kabel_avvg

15. Вартість будівництва опор ліній електропередачі. Prom: веб-сайт. URL:

<https://kiev.prom.ua/Ustanovka-opor-linij-elektroperedachi.html>

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

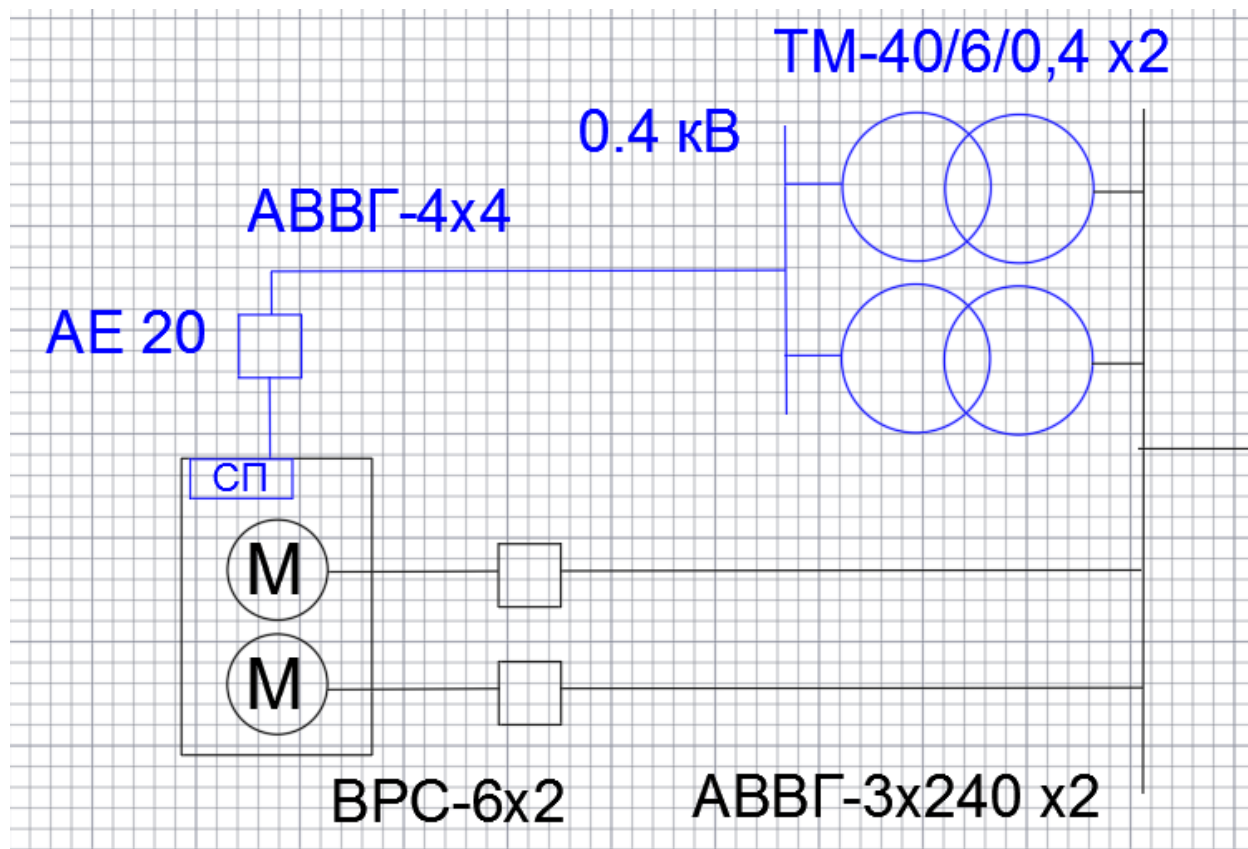


Схема насосної станції №1

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

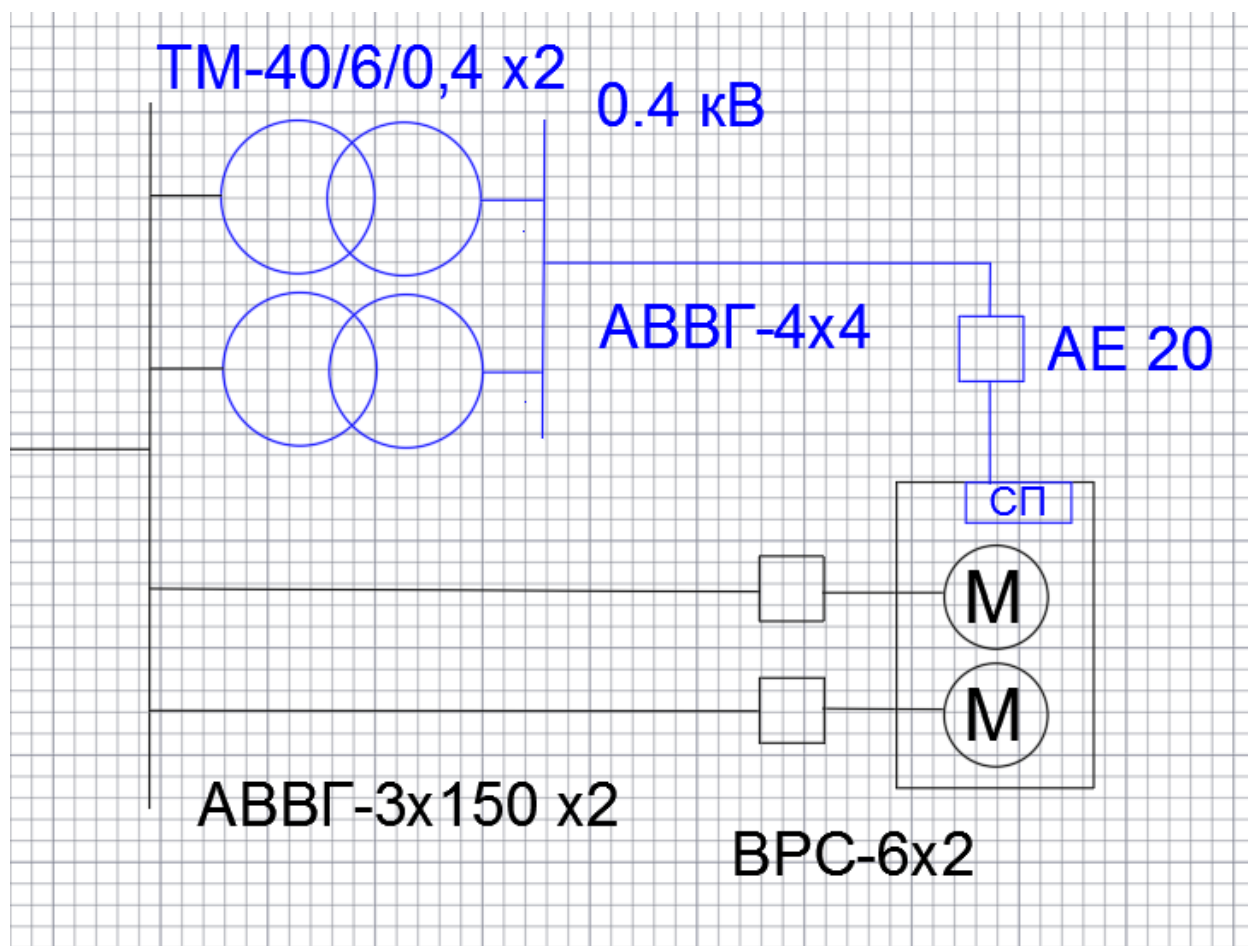
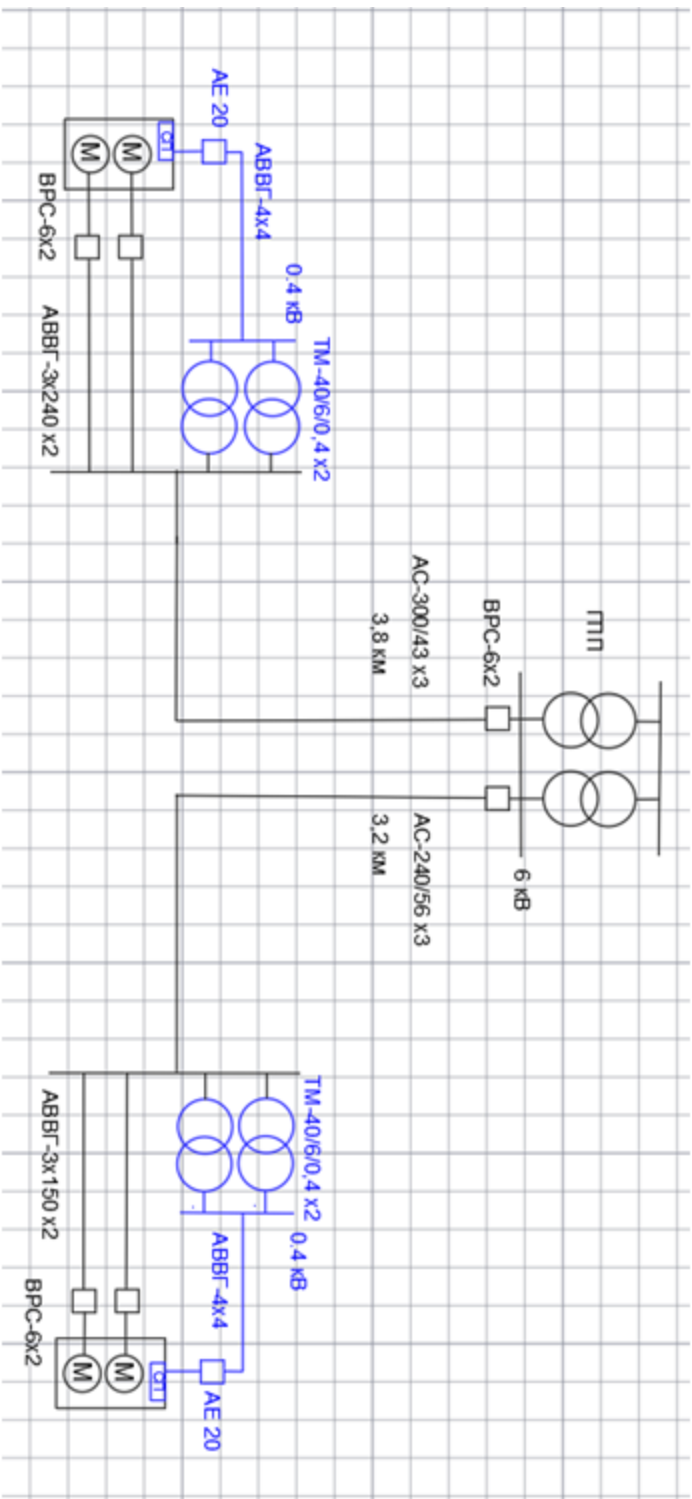


Схема насосної станції №2

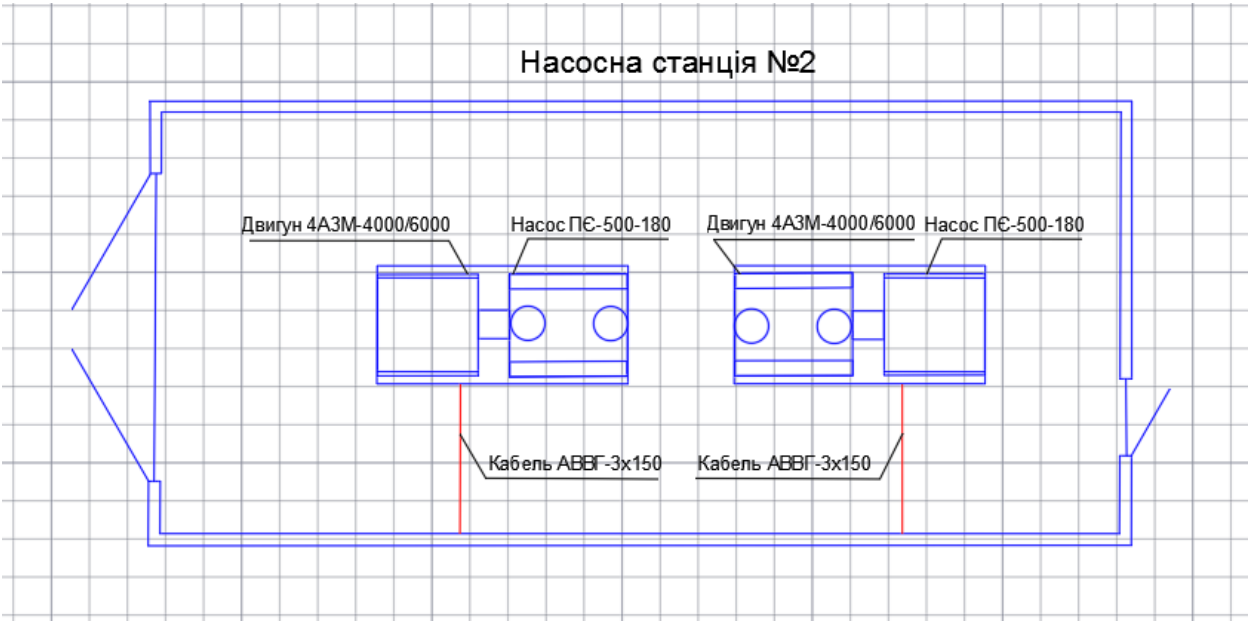
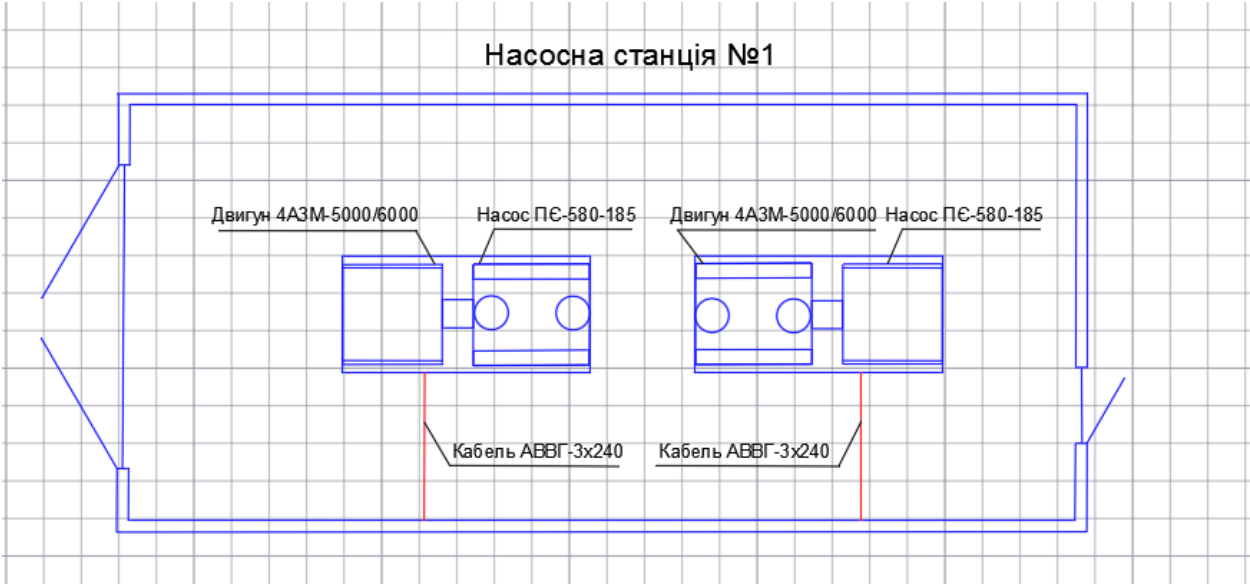
					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Загальна схема електропостачання

Кваліфікаційна робота					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Схеми розміщення двигунів



Додаток 1

№	найменування	$n_{шт}$	$P_{ном},$ кВт	$P_{ном},$ кВт	Кв	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_{ст,к}$ Вт	$Q_{ст,к}$ Вар
Мережа 6 кВ									
1	ДВ№1	2	500 0	1000 0	0,61	0,9	0,48	6100	2928
2	ДВ№2	2	400 0	8000	0,71	0,9	0,48	5680	2726
Σ				1800 0				11780	5654
Мережа 0.4 кВ									
1	Тельфер	2	8,5	17	0,8	0,84	0,65	13,6	8,84
2	Освітлення	56	0,08	4,48				4,48	
Σ				21,48				18,08	8,84
1	Одна станція (0,4 кВ)	1	8,5	8,5	0,8	0,84	0,65	6,8	4,42
2	Одна станція (0,4 кВ)	28	0,08	2,24				2,24	

Таблиця №1.4

№	найменування	P_p	Q_p	S_p	I_p
Мережа 6 кВ					
1	ДВ№1	6100	2928	6766,33	651,09
2	ДВ№2	5680	2726	6300,45	606,26
Мережа 0.4 кВ однієї станції (аналогічно друга)					
1	Тельфер	6,5	4,2	8,11	12,32
2	Освітлення	2,24		2,24	10,18

Таблиця №1.5

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		