

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

Робота допущена до захисту

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ І. Л. Лебединський

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Тема: «Розрахунок головних параметрів та моделювання системи  
електропостачання насосної станції»  
Варіант № 10

Спеціальність: 141– Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав: студент гр. ЕТ.м-11 \_\_\_\_\_ О.А.Тарабар

Керівник: к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ П. О. Василега

Консультанти:

з економічної частини: к.е.н., доцент \_\_\_\_\_ О. М. Маценко

з питань охорони праці й безпеки в

надзвичайних ситуаціях: к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ П. О. Василега

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ М. А. Никифоров

Завідувач кафедри електроенергетики  
\_\_\_\_\_ І.Л. Лебединський  
— \_ || \_\_\_\_\_ 2023 р.

### ЗАВДАННЯ

#### на магістерську роботу

Тарабара Олега Анатолійовича

1 Тема роботи: «Розрахунок головних параметрів та моделювання системи електропостачання насосної станції.»

Затверджено наказом по університету № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

2 Термін здачі студентом закінченої роботи: ..... р.

3 Принципова схема силової/освітлювальної мереж, параметри споживачів електроенергії, однолінійна схема електропостачання, схема електрична принципова розподільної мережі

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

Вступ.

1. Розрахункова частина.
2. Науково-дослідна частина.
3. Економічна частина.
4. Охорона праці.

Висновки.

5. Графічна частина:

- 5.1 Схема живлення електроприймачів насосної станції
- 5.2 План освітлення території насосної станції.
- 5.3 Схема розподільчих мереж 10кВ живлення насосної станції.
- 5.4 Схема розподільчих мереж 0,4кВ ТП-1.
- 5.5 Модель системи електропостачання насосної станції.

Список використаної літератури

6. Консультанти:

Консультанти з окремих розділів дипломної роботи.

1. Економічна частина: \_\_\_\_\_ к.е.н., доцент О. М. Маценко  
(підпис)

— \_ || \_\_\_\_\_ 20 \_ р.

2. З питань охорони праці й безпеки в надзвичайних ситуаціях:  
\_\_\_\_\_ к.т.н., доцент П. О. Василега  
(підпис)

— \_ || \_\_\_\_\_ 20 \_ р.

Дата попереднього захисту роботи \_\_\_\_\_

Офіційний рецензент (опонент) \_\_\_\_\_

(підпис) (посада, організація, місце роботи)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

— \_ || \_\_\_\_\_ 20 \_ р.

Завдання видав керівник проекту \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент П. О. Василега

(підпис)

— \_ || \_\_\_\_\_ 20 \_ р.

Завдання отримав студент \_\_\_\_\_ О.А.Тарабар

(підпис)

— \_ || \_\_\_\_\_ 20 \_ р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розрахункова частина	27.10.22 по 13.10.22	
2.	Науково-дослідна частина	14.10.22 по 30.10.22	
3.	Економічна частина	01.11.22 по 15.11.22	
4.	Охорона праці	16.11.22 по 02.02.23	
5.	Графічна частина	02.12.23 по 02.02.23	

Магістрант \_\_\_\_\_ О.А. Тарабар

(підпис)

Керівник роботи:

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ П.О. Василега

(підпис)

## Реферат

83 сторінки, 29 рисунок, 27 таблиць, 5 додатків, 20 джерело.

**Бібліографічний опис:** Тарабар О.А. розрахунок параметрів та моделювання системи електропостачання насосної станції: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка /О.А.Тарабар; наук. Керівник П.О. Василега. – Суми: СумДУ, 2023.-пп с.

### **Ключові слова:**

моделювання, розрахунок, навантаження, потужність, струм, шафа розподільча, кабель, вимикач, освітлення, трансформатор, конденсатор, електродвигун.

Modeling, calculation, load, power, current, distribution cabinet, cable, switch, lighting, transformer, capacitor, electric motor.

Моделирование, расчет, нагрузка, мощность, ток, шкаф распределительный, кабель, выключатель, освещение, трансформатор, конденсатор, электродвигатель.

**Короткий огляд:** У ході виконання даної роботи було проведено розрахунок навантажень, номінальних струмів і струмів короткого замикання, розрахунок втрат напруги. Було вибрано кабелі та електричне обладнання насосної станції. Для розрахунку навантажень було використано коефіцієнти з Державних будівельних норм В25-23-2003 Інженерне обладнання будинків і споруд (ДБН) та методику коефіцієнта попиту. Вибір кабелів та електрообладнання було здійснено за допомогою таблиць перетину кабелю, взятих з Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), номінального струму та навантаження.

Розрахунки та моделювання проводились за допомогою програм: Matlab, Microsoft Office Excel.

Для вирішення питання щодо безпечної експлуатації електроустановок та використання засобів захисту, було наведено повну характеристику умов праці в розділі охорони праці.

Метою економічної частини був коректний розрахунок економічного ефекту, а також періоду окупності заміни ламп зовнішнього освітлення з ламп ДРЛ на LED.

## Перелік умовних позначень та скорочень.

АПВ - автоматичне повторне увімкнення;

ВРУ - відкрита розподільна установка;

ВН - висока напруга;

ЗДТК - засоби диспетчерського і технологічного керування;

ЗРУ - закрыта розподільна установка;

КЗ - коротке замикання;

КЛ - кабельна лінія;

КУ - конденсаторна установка;

КТП - комплектна трансформаторна підстанція;

ОПН - обмежувач перенапруг;

ПБЕ - Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок;

ПБЕЕС - Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів,;

ПКЕЕ - Правила користування електричною енергією;

ПЛ - повітряна лінія електропередавання;

ПЛІ - повітряна лінія електропередавання ізолювана;

ПУЕ - правила улаштування електроустановок;

РЗАіТ - релейний захист, автоматика і телемеханіка;

РУ - розподільна установка;

СП - самоутримний ізолюваний провід;

СНЗ - спеціалізований навчальний заклад;

ТН - трансформатор напруги;

ТС - трансформатор струму;

РЕ-провідник - захисний провідник в електроустановках на напругу до 1 кВ.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
1 ЗАГАЛЬНА РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА .....	10
1.1 Характеристика насосної станції .....	10
1.2 Розрахунок навантажень насосної станції .....	13
1.2.1 Обчислення навантаження двигунів.....	13
1.2.2 Обчислення навантаження освітлення.....	16
1.3 Розрахунок потрібної потужності та вибір трансформаторів .....	20
1.4 Обчислення компенсаційних установок .....	21
1.4.1 Вибір із засобів компенсації реактивної енергії.....	22
1.4.2 Обчислення потужності конденсаторних установок.....	23
1.5 Обчислення всіх параметрів та вибір перерізів провідників.....	25
1.6 Обчислення струмів короткого замикання .....	29
1.7. Обчислення всіх параметрів та вибір електричних апаратів.....	33
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	38
2.1 Опис програми Mathlab Simulink.....	38
2.2 Вихідні дані для моделювання системи .....	38
2.3 Характеристики елементів моделі СЕП насосної станції.....	39
2.4 Створення моделі добового режиму роботи насосної станції.....	46
2.5 Створення моделі короткого замикання у контрольних точках .....	47
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	52
3.1 Розрахунок річної економії від заміни світильників зовнішнього освітлення.....	52
3.2 Розрахунок періоду окупності модернізації системи освітлення.....	55
3.3 Розрахунок чистого приведенного доходу.....	56
4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	58
4.1 Характеристика умов праці на насосній станції .....	58

<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата
Розробив		Тарабар О.А		
Перевірів		Василега П.О.		
Н.контр.		Никифоров М.А.		
Затв.		Лебединський І.І.		
Розрахунок головних параметрів та моделювання системи електропостачання насосної станції.				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		М	6	79
СУМДУ ЕТ.М-11				

4.2 Організаційно-технічні норми по забезпеченню безпеки персоналу.....	58
4.3 Вимоги безпеки робіт в електроустановках.....	64
4.4 Вимоги до використання засобів індивідуального захисту .....	65
4.5 Розрахунок зон захисту стрижневих блискавковідводів в рп.....	68
ВИСНОВКИ .....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	76
ДОДАТКИ .....	78
ДОДАТОК А Схема живлення електроприймачів насосної станції.	
ДОДАТОК Б План освітлення території насосної станції.	
ДОДАТОК В Схема розподільчих мереж 10кВ живлення насосної станції.	
ДОДАТОК Г Схема розподільчих мереж 0,4кВ ТП-1.	
ДОДАТОК Д Модель системи електропостачання насосної станції.	

Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата

МР 3.8.141.501 ПЗ

## Вступ

У сьогоднішніх реаліях актуальною є проблема раціонального використання енергоресурсів у будь-яких сферах життєдіяльності. Якісне постачання електроенергії безпосередньо залежить від вибору оптимальних рішень задач його забезпечення електроприймачів, що в свою чергу впливає на економічну ефективність використання електроенергії та параметри роботи основного обладнання. При розробці схем постачання, а також виборі електричних апаратів та провідників, необхідним є забезпечення мінімізації втрат потужності і можливості довготривалої безаварійної роботи. Через те, що насосні станції є достатньо потужним споживачем, питання економії електроенергії постає достатньо гостро.

Об'єктом дослідження є насосна станція, призначена для підйому води зі свердловин та подачі її до споживачів. До електроприймачів станції входять:

- 2 насосних агрегати потужністю 65 кВт;
- 2 насосних агрегати потужністю 50 кВт;
- 6 заглиблених насоси потужністю 10 кВт;
- Дренажний насос потужністю 5,5 кВт;
- 2 кран-балки потужністю 7 кВт;
- 8 електрифікованих засувки потужністю 5,5 кВт;
- 2 вентиляційних установки потужністю 2,2 кВт;

Заданий енергопостачальною організацією  $\cos \varphi = 0,9 - 0,98$ , відповідний йому  $\operatorname{tg} \varphi = 0,2 - 0,3$

Мета роботи – визначити навантаження станції, розрахувати необхідну потужність та тип силових трансформаторів встановлених на ТП, потужність компенсаційних установок, струми КЗ, вибрати оптимальні перерізи провідників,.

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		8



комутаційну апаратуру, розрахувати період окупності і економічний ефект від заміни ламп ДРЛ на LED, розглянути питання охорони праці.

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		9

# 1 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

## 1.1 Характеристика насосної станції та системи електропостачання

Насосна станція призначена для викачування води зі свердловин та подальшого перекачування її до споживачів. До складу такої станції, що розглядається в даній роботі, входять 6 свердловин, одна з яких знаходиться на території насосної станції, 3 на площадці №1, яка знаходиться на відстані 1 км від станції, і ще дві на площадці №2, що знаходяться на відстані 1,7 км від станції та 820 м від площадки №1.

Живлення насосної станції здійснюється двома кабельними лініями 10 кВ. Відстань до ТП електросистеми – 1,3 км. Через те, що станція є об'єктом 2 категорії надійності електропостачання, на станції встановлюються 2 силових трансформатори. Від основної ТП-1 відходять дві кабельні лінії 10 кВ, до ТП-2 та ТП-3, з яких беруть живлення 6 свердловин. ТП-2 та ТП-3 мають з'єднання між собою кабельною лінією 10 кВ довжиною 1,1 км для забезпечення взаємного резервного живлення. Схема розміщення ТП вказана на рисунку 1.1. На ТП-2 та ТП-3 встановлюються по одному силовому трансформатору.

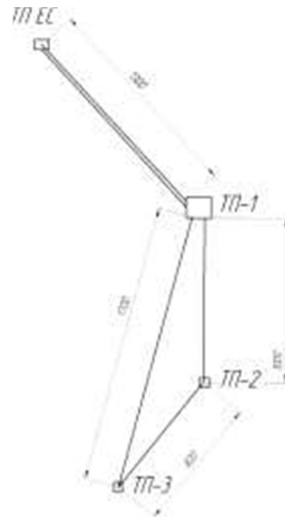


Рисунок 1.1 - Схема живлення станції 10 кВ

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>		
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата	Розрахунок головних параметрів та моделювання системи електропостачання насосної станції		
Розробив	Тарабар О.А						
Перевірив	Василега П.О.						
Н.контр.	Никифоров М.А						
Затв.	Лебединський І.Л						
					Літера	Аркуш	Аркушів
					М	10	83
					СУМДУ ЕТ.М-11		

На території станції розташовані такі будівлі, як будівля насосної станції з вбудованою в неї ТП-1, прохідна, резервуар чистої води, 2 павільйони засувок та павільйон свердловини №1. План території насосної станції зображено на рисунку 1.2.

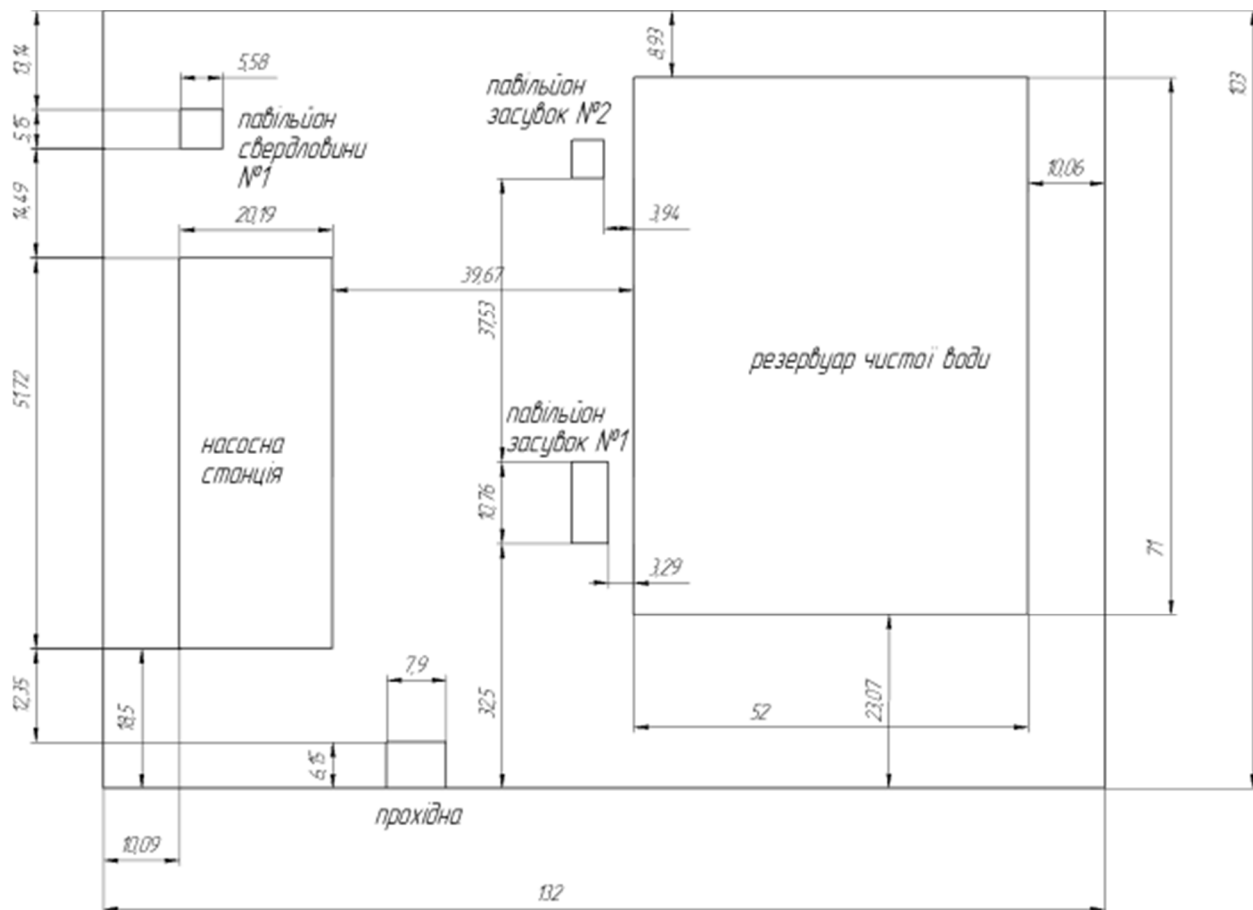


Рисунок 1.2 - План території насосної станції

До основних електроприймачів станції відносять:

- Трифазні асинхронні електродвигуни заглиблених насосів свердловин;
- Трифазні асинхронні електродвигуни насосних агрегатів станції;
- Трифазні асинхронні двигуни приводів засувок;
- Трифазні асинхронні двигуни дренажних насосів;
- Трифазні асинхронні двигуни вентиляції;
- Трифазні асинхронні двигуни вантажопідіймальних пристроїв;
- Внутрішнє освітлення станції;
- Освітлення території станції;
- Побутові електроприлади (холодильник, мікрохвильова піч, електрочайник).

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		11

План приміщення насосної станції приведено на рисунку 1.3.

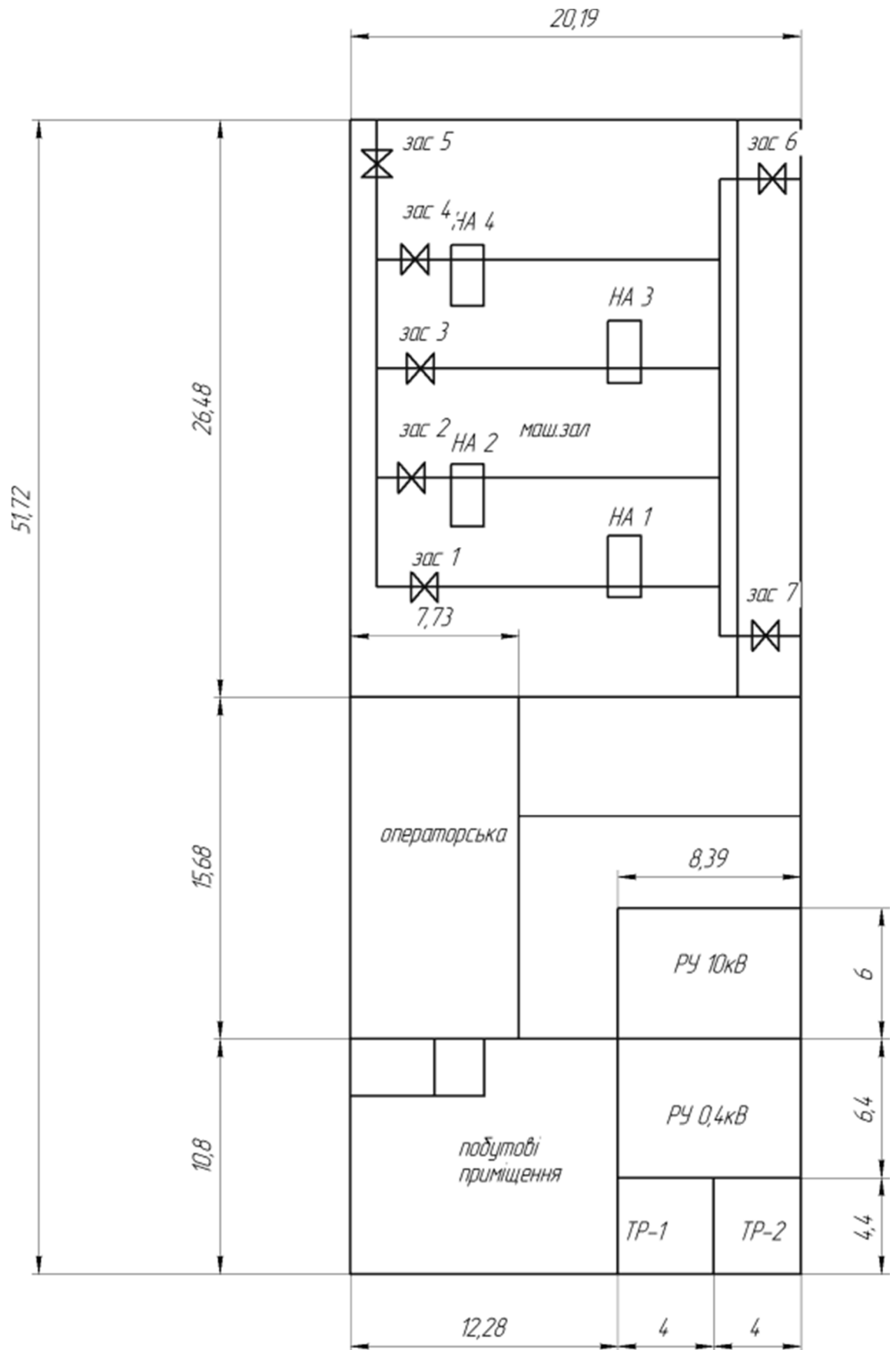


Рисунок 1.3 - План приміщення станції

Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата

МР 3.8.141.501 ПЗ

Арк.

12

Всього на станції встановлюються 4 насосних агрегати, серед яких 2 робочих і 2 резервних, 2 кран-балки, 2 вентиляційних установки, 8 засувки з електроприводом, 1 дренажний насос, а також 6 заглиблених у свердловини насосів.

Для освітлення території станції по її периметру монтується ПЛІ 0,4 кВ. Зовнішнє освітлення здійснюється світлодіодними прожекторами. Для внутрішнього освітлення також використовуються світлодіодні світильники.

## 1.2 Розрахунок навантажень насосної станції

### 1.2.1 Обчислення навантаження двигунів

Основне навантаження насосної станції приходить саме на електродвигуни. Навантаження таких двигунів розраховуємо по встановленій потужності та коефіцієнту попиту ДБН [1].

Спочатку визначаємо встановлену потужність  $P_{ном}$  групи приймачів і коефіцієнти потужності  $\cos \varphi$  і попиту  $K_{п}$  даної групи, а результати заносимо до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Характеристика двигунів насосної станції

Електроприймач	Марка	$P_{ном}$ , кВт	$\cos \varphi$	$t_{\varphi}$	кількість	$\eta_{в}$	$\eta_{п}$
Свердловини №1-6	WILO Xiro SPI8 160-02-A1	18,5	0,89	0,51	6	0,85	0,75
Насосні агрегати № 2,4	WEG W22 240S/M	50	0,88	0,54	2	0,85	0,75
Насосні агрегати №1,3	WEG W22 270S/M	65	0,88	0,54	2	0,85	0,75
Двигун дренажного насоса	НЦС-1	5,5	0,86	0,59	1	0,85	0,5

					<b>MP 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.1

Електроприймач	Марка	$P_{\text{ном}}$ , кВт	$\cos \varphi$	$t_{\varphi}$	кількість	$\varphi_{\text{в}}$	$\varphi_{\text{п}}$
Двигуни кран-балки	T10632	7	0,86	0,59	2	0,15	0,1
Двигуни привода засувки	ПД - 1400	5,5	0,87	0,57	8	0,2	0,15
Двигуни вентиляції	ВЦ4 - 75 - 3,15	2,2	0,86	0,59	2	0,7	0,75

Розрахункове активне навантаження групи однорідних по режиму роботи приймачів визначаємо за формулою:

$$P_p = K_p \cdot P_{\text{ном}} \quad (1.1)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт попиту.

Для розрахунку навантаження площадки №1, де знаходяться 2 заглиблених насоси, використовуємо формулу 1.1:

$$P_{p_{\text{пл1}}} = 0,75 \cdot 18,5 \cdot 2 = 27,75 \text{ (кВт)}.$$

Далі розрахуємо навантаження площадки №2, де знаходиться 3 заглиблених насоси, за формулою 1.1:

$$P_{p_{\text{пл2}}} = 0,75 \cdot 18,5 \cdot 3 = 41,63 \text{ (кВт)}.$$

Також розрахуємо активне навантаження всіх електродвигунів станції:

$$P_{p_{\text{ст}}} = 0,75 \cdot 18,5 + 0,75 \cdot 75 + 0,75 \cdot 45 + 0,5 \cdot 7,5 + 0,1 \cdot 9 \cdot 2 + 0,15 \cdot 5,5 \cdot 10 + 0,75 \cdot 2,2 \cdot 3 = 122,625 \text{ (кВт)}.$$

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		14

Загальне активне навантаження насосної станції:

$$P_{p\text{ нс}} = P_{p\text{ пл1}} + P_{p\text{ пл2}} + P_{p\text{ ст}} = 41,63 + 27,75 + 122,625 = 192,005 \text{ (кВт)}.$$

Далі потрібно розрахувати реактивне навантаження двигунів станції, для цього застосуємо формулу 1.2:

$$Q_p = P_p \cdot \tan \varphi \quad (1.2)$$

де  $\tan \varphi$  розраховується відповідно до  $\cos \varphi$ .

Визначимо реактивне навантаження площадки №1 та площадки №2:

$$Q_{p\text{ пл1}} = 27,75 \cdot 0,51 = 14,15 \text{ (кВАр)}.$$

$$Q_{p\text{ пл2}} = 41,63 \cdot 0,51 = 21,23 \text{ (кВАр)}.$$

Далі розраховуємо реактивне навантаження електродвигунів всієї станції:

$$Q_{p\text{ ст}} = 0,75 \cdot 18,5 \cdot 0,51 + 0,75 \cdot 75 \cdot 0,54 + 0,75 \cdot 45 \cdot 0,54 + 0,5 \cdot 7,5 \cdot 0,59 + \\ + 0,1 \cdot 9 \cdot 2 \cdot 0,59 + 0,15 \cdot 5,5 \cdot 10 \cdot 0,57 + 0,75 \cdot 2,2 \cdot 3 \cdot 0,59 = 66,04 \text{ (кВАр)}.$$

Загальне реактивне навантаження насосної станції визначається наступним чином:

$$Q_{p\text{ нс}} = Q_{p\text{ пл1}} + Q_{p\text{ пл2}} + Q_{p\text{ ст}} = 21,23 + 14,15 + 66,04 = 101,42 \text{ (кВАр)}.$$

Після знаходження активного і реактивного навантаження, визначимось з повним навантаженням. Повне навантаження станції – це геометрична сума її активного і реактивного навантаження.

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

Повне навантаження визначаємо за формулою:

$$S_p = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1.3)$$

За допомогою формули 1.3 розрахуємо повне навантаження площадок №1 і №2, а також електродвигунів. Обчислимо значення повного навантаження площадки №1:

$$S_{p \text{ пл}1} = \sqrt{27,75^2 + 14,15^2} = 31,15 \text{ (кВА)}.$$

Далі розрахуємо значення повного навантаження площадки №2:

$$S_{p \text{ пл}2} = \sqrt{41,63^2 + 21,23^2} = 46,73 \text{ (кВА)}.$$

Розраховуємо повне навантаження електродвигунів станції:

$$S_{p \text{ ст}} = \sqrt{122,625^2 + 66,04^2} = 139,28 \text{ (кВА)}.$$

Загальне повне навантаження насосної станції:

$$S_{p \text{ ст}} = \sqrt{192,005^2 + 101,42^2} = 217,14 \text{ (кВА)}.$$

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		16



## 1.2.2 Обчислення навантаження освітлення

Задля економії електроенергії, освітлення станції здійснюється за допомогою світлодіодних світильників. Параметри встановлених світильників приведено в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Параметри світильників насосної станції

Приміщення	Тип світильника	Кількість	Потужність, Вт	$\eta_{\text{в}}$	$\cos \varphi$	$\text{tg } \varphi$
Маш. зал	Eglo STUDIO IP65 61479	14	52	0,95	0,93	0,4
Операторська	Eurolamp LED-FX(0.6)-18/50	3	18	0,85	0,92	0,43
Коридор	Eurolamp LED-FX(0.6)-18/50	3	18	0,75	0,92	0,43
Побутові приміщення	Eurolamp LED-FX(0.6)-18/50	3	18	0,75	0,92	0,43
Побутові приміщення	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	2	15	0,75	0,94	0,36
РУ 10 кВ	Vela 901-0209-00025 Sprint	3	36	0,6	0,92	0,43
РУ 0,4 кВ	Vela 901-0209-00025 Sprint	3	36	0,6	0,92	0,43
Кам. Тр-ра №1	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	1	15	0,6	0,94	0,36
Кам. Тр-ра №2	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	1	15	0,6	0,94	0,36
Прохідна	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	2	15	0,75	0,94	0,36
Зовнішнє освітлення	LD-PARK50W-40	50	50	1	0,93	0,4
Павільйон засувок № 1, 2	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	2	15	0,6	0,94	0,36
Павільйон свердловини №1	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	1	15	0,6	0,94	0,36

Як визначали активне навантаження електродвигунів станції, так і

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		17

визначаємо активне навантаження освітлення станції за допомогою формули 1.1:

$$P_{\text{р о ст.}} = 0,95 \cdot 52 \cdot 14 + 0,85 \cdot 18 \cdot 3 + 0,75 \cdot 18 \cdot 6 + 0,75 \cdot 15 \cdot 4 + \\ + 0,6 \cdot 15 \cdot 5 + 0,6 \cdot 36 \cdot 6 + 1 \cdot 50 \cdot 50 = 3538 \text{ (Вт)}.$$

Далі розрахуємо реактивне навантаження освітлення станції за формулою 1.2:

$$Q_{\text{р о ст}} = 0,95 \cdot 52 \cdot 14 \cdot 0,4 + 0,85 \cdot 18 \cdot 3 \cdot 0,43 + 0,75 \cdot 18 \cdot 6 \cdot 0,43 + \\ + 0,75 \cdot 15 \cdot 4 \cdot 0,36 + 0,6 \cdot 15 \cdot 5 \cdot 0,36 + 0,6 \cdot 36 \cdot 6 \cdot 0,43 + \\ + 1 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 0,4 = 1419 \text{ (ВАр)}.$$

Розраховуємо повне навантаження освітлення станції за формулою 1.3:

$$S_{\text{р о ст}} = \sqrt{3538^2 + 1419^2} = 3811,96 \text{ (ВА)}.$$

Таблиця 1.3 - Параметри світильників площадки №1

Приміщення	Тип світильника	Кількість	Потужність, Вт	$\cos \varphi$	$\cos \varphi$	$\text{tg} \varphi$
РУ 10 кВ	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	1	15	0,6	0,94	0,36
РУ 0,4 кВ	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	1	15	0,6	0,94	0,36
Кам. Тр-ра	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	1	15	0,6	0,94	0,36
Павільйон свердловини №2	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	1	15	0,6	0,94	0,36
Павільйон свердловини №3	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	1	15	0,6	0,94	0,36
Павільйон свердловини №4	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	1	15	0,6	0,94	0,36

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		18

Визначаємо активне навантаження освітлення площадки №1 за формулою 1.1:

$$P_{\text{р о ст.}} = 0,6 \cdot 15 \cdot 6 = 54 \text{ (Вт)}.$$

Визначаємо реактивне навантаження освітлення площадки №1 за формулою 1.2:

$$Q_{\text{р о ст}} = 54 \cdot 0,36 = 19,44 \text{ (ВАр)}.$$

Розраховуємо повне навантаження освітлення площадки №1 за формулою 1.3:

$$S_{\text{р о ст}} = \sqrt{54^2 + 19,44^2} = 57,39 \text{ (ВА)}.$$

Таблиця 1.4 - Параметри світильників площадки №2

Приміщення	Тип світильника	Кількість	Потужність, Вт	$\varphi_{\text{в}}$	$\cos \varphi$	$\text{tg } \varphi$
РУ 10 кВ	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	1	15	0,6	0,94	0,36
РУ 0,4 кВ	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	1	15	0,6	0,94	0,36
Кам. Тр-ра	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	1	15	0,6	0,94	0,36
Павільйон свердловини №5	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	1	15	0,6	0,94	0,36
Павільйон свердловини №6	GLOBAL 1-GBH-02-1550-C	1	15	0,6	0,94	0,36

Визначаємо активне навантаження освітлення площадки №1 за формулою 1.1:

$$P_{\text{р о ст.}} = 0,6 \cdot 15 \cdot 5 = 45 \text{ (Вт)}.$$

Також визначаємо реактивне навантаження освітлення площадки №1 за допомогою формули 1.2:

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

$$Q_{p\ o\ ст} = 45 \cdot 0,36 = 16,2(\text{ВАр}).$$

Повне навантаження освітлення площадки №1 визначимо за формулою 1.3:

$$S_{p\ o\ ст} = \sqrt{45^2 + 0,36^2} = 47,8 (\text{ВА}).$$

### 1.3 Розрахунок потрібної потужності та вибір трансформаторів

Визначаємо потужність трансформаторів використовуючи джерело - Програма курсу, контрольні завдання і методичні вказівки до виконання курсового проекту «Електрична частина станцій та підстанцій» для студентів спеціальності 6.05070103 «Електротехнічні системи електроспоживання» усіх форм навчання (методичні вказівки) [3]

Для ТП-2, потрібна потужність визначається за виразом:

$$S_T \geq S_H$$

$$S_{p\ пл1} = 46,83 + 0,058 = 46,888 (\text{кВА}).$$

Вибираємо найближчу стандартну номінальну потужність трансформатора

$$S_T = 63 \text{ кВА}$$

Для встановлення вибираємо трансформатор ТМ-63/10, характеристики якого наведені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Параметри силового трансформатора ТП-2

Тип	$U_v$ , кВ	$U_n$ , кВ	$\Delta P_{xx}$ , Вт	$\Delta P_k$ , Вт	$\Delta U$ , %	$I_{xx}$ , А
ТМ-63/10	10	0,4	230	1280	4,5	2,6

Для ТП-3, необхідна потужність визначається аналогічно попередньому.

$$S_{p_{пл2}} = 31,25 + 0,046 = 31,296 \text{ (кВА)}.$$

Вибираємо найближчу стандартну номінальну потужність трансформатора

$$S_T = 40 \text{ кВА}$$

Для встановлення вибираємо трансформатор ТМ-40/10, характеристики якого наведені у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Параметри силового трансформатора ТП-3

Тип	$U_B$ , кВ	$U_H$ , кВ	$\Delta P_{xx}$ , Вт	$\Delta P_K$ , Вт	$\Delta U$ , %	$I_{xx}$ , А
ТМ-40/10	10	0,4	160	880	4,5	2,8

ТП-1 є двотрансформаторною підстанцією тому вибір потужності трансформаторів здійснюється за виразом.

$$S_{тр ст} \geq 1,4$$

$$S_{тр ст} = 193 + 3,3 = 196,3 \text{ (кВА)}.$$

$$S_{тр ст} \geq \frac{195,8}{1,4} \geq 139,86 \text{ (кВА)}.$$

Вибираємо найближчу стандартну номінальну потужність трансформатора

$$S_T = 160 \text{ кВА}$$

Для трансформатор ТМ-160/10, характеристики якого наведені у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Параметри силового трансформатора ТП-1

Тип	$U_B$ , кВ	$U_H$ , кВ	$\Delta P_{xx}$ , Вт	$\Delta P_K$ , Вт	$\Delta U$ , %	$I_{xx}$ , А
ТМ-160/10	10	0,4	450	2600	4,5	1,9

## 1.4 Обчислення компенсаційних установок

### 1.4.1 Вибір із засобів компенсації реактивної енергії

Заходи для компенсації дають зменшення реактивної потужності, що перетікає між джерелами й електроприймачами природно не потребуючи спеціальних засобів компенсації, а тому не потребують матеріальних витрат для їх реалізації. Заходи компенсації застосовуються першочергово. При відсутності даних засобів для досягнення необхідного ступеня компенсації, розглядаються й упроваджуються засоби штучної компенсації.

До заходів компенсації реактивної потужності належать :

- заміна на менш потужні чи відключення частини силових трансформаторів, завантажених у менше ніж на 35 %;
- розроблення та запровадження заходів із вирівнювання графіків навантаження та покращання режиму роботи силового електрообладнання;
- створення схеми електропостачання шляхом зменшення кількості трансформаторів між джерелом і електроприймачами;
- доцільний вибір електродвигунів за потужністю і видом;
- заміна асинхронних двигунів, завантажених менше ніж на 60 % їх номінальної потужності;
- перемикання статорних обмоток асинхронного двигуна напругою до 1 кВ, схемою якого є схема «трикутник», на схему «зірка», якщо двигун завантажений менше ніж на 40 % номінальної потужності;
- збільшення якості ремонту двигунів;
- зменшення тривалості роботи в режимі неробочого ходу двигунів і зварювальних трансформаторів;
- зміна асинхронних двигунів синхронними;
- покращення технологічних процесів.

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		22

## 1.4.2 Обчислення потужності конденсаторних установок

Розрахунок потужності конденсаторних установок виконуємо згідно з [4]

Розраховуємо  $\operatorname{tg} \varphi$  насосної станції з урахуванням холостого ходу трансформаторів.

Рахуємо втрати в трансформаторах.

Втрати активної потужності визначаємо за формулою:

$$\Delta P = \sum \Delta P_{\text{к}} + \sum \Delta P_{\text{хх}}. \quad (1.4)$$

Розрахунки:

$$\Delta P = 2 \cdot 450 + 160 + 220 + 2 \cdot 2600 + 880 + 1270 = 8630 \text{ (Вт)} = 8,63 \text{ (кВт)}$$

Втрати реактивної потужності визначаємо за формулою:

$$\Delta Q = \sum \Delta Q_{\text{к}} + \sum \Delta Q_{\text{хх}}. \quad (1.5)$$

$$\Delta Q_{\text{хх}} = \frac{I_{\text{х}} S_{\text{НОМ}}}{U_{\text{к}}^2}. \quad (1.6)$$

$$\Delta Q_{\text{к}} = \frac{U_{\text{к}}^2 S_{\text{НОМ}}}{100}. \quad (1.7)$$

Розрахунки:

$$\Delta Q_{\text{хх тп-1}} = \frac{1,9 \cdot 150 \cdot 10^3}{100} = 3070 \text{ (ВАр)}.$$

$$\Delta Q_{\text{хх тп-2}} = \frac{2,6 \cdot 73 \cdot 10^3}{100} = 1738 \text{ (ВАр)}.$$

$$\Delta Q_{\text{хх тп-3}} = \frac{2,8 \cdot 40 \cdot 10^3}{100} = 1120 \text{ (ВАр)}.$$

$$\Delta Q_{\text{к тп-1}} = \frac{4,5 \cdot 160 \cdot 10^3}{100} = 7200 \text{ (ВАр)}.$$

$$\Delta Q_{\text{к тп-2}} = \frac{4,5 \cdot 63 \cdot 10^3}{100} = 2835 \text{ (ВАр)}.$$

$$\Delta Q_{\text{к тп-3}} = \frac{4,5 \cdot 40 \cdot 10^3}{100} = 1800 \text{ (ВАр)}.$$

$$\begin{aligned} \Delta Q &= 2 \cdot 3070 + 1738 + 1120 + 2 \cdot 7200 + 2835 + 1800 = 28873 \text{ (ВАр)} \\ &= 28,873 \text{ (кВАр)}. \end{aligned}$$

Повне активне навантаження станції :

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		23

$$P_{стз} = 192,005 + 0,054 + 0,045 + 3,54 + 8,65 = 204,294 \text{ (кВт)}$$

$$Q_{стз} = 101,42 + 0,02 + 0,016 + 1,42 + 27,873 = 130,329 \text{ (кВАр)}$$

$$\text{tg } \varphi_{ст} = \frac{Q_{стз}}{P_{стз}} = \frac{130,329}{204,294} = 0,638$$

Визначений  $\text{tg } \varphi_{ст} = 0,638$  не приймаємо умову електропостачальної організації ( $\text{tg } \varphi_{ес} = 0,2 - 0,3$ ). Тому має бути встановлення конденсаторної компенсаційної установки.

Необхідна потужність конденсаторної установки розраховується за формулою:

$$Q_{ку} = P_{стз} \cdot (\text{tg } \varphi_{ст} - \text{tg } \varphi_{ес}) \quad (1.8)$$

$$Q_{ку} = 204,294 \cdot (0,638 - 0,25) = 79,266 \text{ (кВАр)}$$

Для кожної секції (РУ) передбачаємо окрему конденсаторну установку.

$$Q_{ку} = \frac{Q_{ку}}{2} \quad (1.9)$$

$$Q_{ку} = \frac{79,266}{2} = 39,633 \text{ (кВАр)}$$

Обираємо стандартну потужність конденсаторної установки параметри конденсаторної установки записуємо в таблицю 1.8.

Таблиця 1.8 – Параметри конденсаторної установки

Тип	Напруга, кВ	Потужність, квар	Ємність, мкФ
КС2-0,66-40-3У3 (1У3, 2У3)	0,66	40	292

Розраховуємо повну потужність насосної станції з установленими ККУ:

$$S_{стз} = \sqrt{P_{стз}^2 + (Q_{стз} - Q_{ку})^2} \quad (1.10)$$

$$S_{стз} = \sqrt{205,294^2 + (130,319 - 80)^2} = 210,5 \text{ (кВА)}$$

Визначаємо  $\text{tg } \varphi$  станції з установленими ККУ:

$$\text{tg } \varphi_{ст} = \frac{Q_{стз} - Q_{ку}}{P_{стз}} = \frac{130,329 - 80}{204,295} = 0,247$$

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		24



## 1.5 Обчислення всіх параметрів та вибір перерізів провідників

Для розрахунку максимальних тривалих струмів використовуємо ПУЕ [2], а для визначення падіння напруги в лініях [4].

Розраховуємо допустимі втрати напруги в мережі ТП-1:

$$\Delta U_M = U_{\max} - U_{\min} - \Delta U_T \quad (1.11)$$

$U_{\max}$ -105%,  $U_{\min}$ -95%

$$\Delta U_T = \beta(U_{\text{ат}} \cdot \cos \varphi + U_{\text{рт}} \cdot \sin \varphi) \quad (1.12)$$

$$\cos \varphi = 0,88, \sin \varphi = 0,47, \beta = 0,7$$

$$U_{\text{ат}} = 100 \cdot \frac{\Delta P_{\text{к}}}{S_{\text{н}}} \quad (1.13)$$

$$U_{\text{ат}} = 100 \cdot \frac{2,6}{160} = 1,63\%$$

$$U_{\text{рт}} = \sqrt{U_{\text{к}}^2 + U_{\text{ат}}^2} \quad (1.14)$$

$$U_{\text{рт}} = \sqrt{4,5^2 + 1,63^2} = 4,8\%$$

$$\Delta U_T = 0,7(1,63 \cdot 0,88 + 4,8 \cdot 0,47) = 2,58\%$$

$$\Delta U_M = 105 - 95 - 2,58 = 7,42\%$$

Розраховуємо допустимі втрати напруги в мережі ТП-2:

$U_{\max}$ -105%,  $U_{\min}$ -95%,  $\cos \varphi = 0,89$ ,  $\sin \varphi = 0,45$ ,  $\beta = 0,78$

$$U_{\text{ат}} = 100 \cdot \frac{0,88}{40} = 2,2\%$$

$$U_{\text{рт}} = \sqrt{4,5^2 + 2,2^2} = 5\%$$

$$\Delta U_T = 0,78(2,2 \cdot 0,89 + 5 \cdot 0,45) = 3,28\%$$

$$\Delta U_M = 105 - 95 - 3,28 = 6,72\%$$

Розраховуємо допустимі втрати напруги в мережі ТП-3:

$U_{\max}$ -105%,  $U_{\min}$ -95%,  $\cos \varphi = 0,89$ ,  $\sin \varphi = 0,45$ ,  $\beta = 0,73$

$$U_{\text{ат}} = 100 \cdot \frac{1,28}{63} = 2,03\%$$

$$U_{\text{рт}} = \sqrt{4,5^2 + 2,03^2} = 4,9\%$$

$$\Delta U_T = 0,73(2,03 \cdot 0,89 + 4,9 \cdot 0,45) = 2,9\%$$

					МП 3.8.141.501 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		25

$$\Delta U_M = 105 - 95 - 2,9 = 7,1\%$$

Визначаємо моменти навантажень кожної лінії за формулою:

$$M = P \cdot l \quad (1.15)$$

Розраховуємо падіння напруги:

$$\Delta U_M = \frac{M_{\text{нр}}}{C \cdot S_{\text{AB}}} \quad (1.16)$$

Визначаємо струми навантажень ліній за формулами:

Для чотирьохпровідних ліній:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi} \quad (1.17)$$

Для трьохпровідних ліній:

$$I = \frac{P}{2 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi} \quad (1.18)$$

Для двохпровідних ліній:

$$I = \frac{P}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi} \quad (1.19)$$

Обираємо переріз провідників за допустимим тривалим струмом, після чого зрівнюємо падіння напруги з допустимим. Дані розрахунку заносимо до таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Характеристика ліній живлення електроприймачів насосної станції

Кабельна лінія	Потужність, кВт.	$\cos \varphi$	Струм, А.	Довжина, м.	Переріз мм <sup>2</sup> .	Падіння напруги розрахункове, %.	Момент навантаження кВт*м.	Коефіцієнт матеріалу.	Допустиме падіння напруги, %.
НА-1	65	0,88	129,4894	35	95	0,63	2625	44	7,42
НА-2	50	0,88	77,69367	50	35	1,46	2250	44	7,42
НА-3	65	0,88	129,4894	45	95	0,8	3375	44	7,42
НА-4	50	0,88	77,69367	60	35	1,75	2700	44	7,42
Засувка 1	5,5	0,87	9,605041	35	2,5	1,75	192,5	44	7,07
Засувка 2	5,5	0,87	9,605041	40	2,5	2	220	44	7,07
Засувка 3	5,5	0,87	9,605041	50	2,5	2,5	275	44	7,07
Засувка 4	5,5	0,87	9,605041	60	2,5	3	330	44	7,07

Продовження таблиці 1.9 – Характеристика ліній живлення електроприймачів насосної станції

Кабельна лінія	Потужність, кВт.	$\cos \varphi$	Струм, А.	Довжина, м.	Переріз мм <sup>2</sup> .	Падіння напруги розрахункове, %.	Момент навантаження кВт*м.	Коефіцієнт матеріалу.	падіння напруги, %.
Засувка 5	5,5	0,87	9,605041	70	2,5	3,5	385	44	7,07
Засувка 6	5,5	0,87	9,605041	50	2,5	2,5	275	44	7,07
Засувка 7	5,5	0,87	9,605041	30	2,5	1,5	165	44	7,07
Засувка 8	5,5	0,87	9,605041	40	2,5	2	220	44	7,07
Дренажний насос	5,5	0,86	13,25008	30	2,5	2,05	225	44	7,07
Кран-балка 1	7	0,86	15,9001	25	2,5	2,05	225	44	7,07
Кран-балка 2	7	0,86	15,9001	30	2,5	2,45	270	44	7,07
Вентиляційна установка 1	2,2	0,86	3,886691	50	2,5	1	110	44	7,07
Вентиляційна установка 2	2,2	0,86	3,886691	25	2,5	0,5	55	44	7,07
Свердловина 1	18,5	0,89	31,58185	90	6	3,85	1665	72	7,42
Свердловина 2	18,5	0,89	31,58185	120	6	5,14	2220	72	6,72
Свердловина 3	18,5	0,89	31,58185	85	6	3,64	1572,5	72	6,72
Свердловина 4	18,5	0,89	31,58185	55	6	2,36	1017,5	72	6,72
Свердловина 5	18,5	0,89	31,58185	110	6	4,71	2035	72	7,1
Свердловина 6	18,5	0,89	31,58185	60	6	2,6	1110	72	7,1
Освітлення побутових приміщень	0,084	0,87	0,438871	25	2,5	0,11	2,1	7,4	3,81
Освітлення коридор	0,054	0,87	0,282132	12	2,5	0,04	0,648	7,4	3,81
Розетки прохідна	3	0,87	15,67398	5	2,5	0,81	15	7,4	1,39
Освітлення прохідна	0,03	0,93	0,146628	15	2,5	0,02	0,45	7,4	1,39
ЩО	9,66	0,9	16,30761	15	6	3,26	144,9	7,4	7,07
ШР	97,59	0,87	170,4284	15	95	0,35	1463,9	44	7,42
Прохідна	3,03	0,9	15,30303	50	4	5,12	151,5	7,4	7,42
Павільон засувок №1	11	0,87	19,21008	35	2,5	3,5	385	44	7,07

МР 3.8.141.501 ПЗ

Арк.

27

Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

Продовження таблиці 1.9 – Характеристика ліній живлення електроприймачів насосної станції

Кабельна лінія	Потужність, кВт.	$\cos \varphi$	Струм, А.	Довжина, м.	Переріз мм <sup>2</sup> .	напруги розрахункове, %.	Момент навантаження кВт*м.	Коефіцієнт матеріалу.	падіння напруги, %.
Зовнішнє освітлення	2,5	0,93	12,21896	35	16	0,74	87,5	7,4	3,81
Розетки побутового приміщення	3	0,87	15,67398	15	2,5	2,43	45	7,4	3,81
Розетки операторської	3	0,87	15,67398	25	4	2,53	75	7,4	3,81
Освітлення РУ-0,4кВ	0,11	0,87	0,574713	10	2,5	0,06	1,1	7,4	3,81
Освітлення РУ-0,4кВ	0,11	0,87	0,574713	15	2,5	0,09	1,65	7,4	3,81
Освітлення Тр-рів	0,03	0,87	0,15674	25	2,5	0,04	0,75	7,4	3,81
Освітлення маш.зал	0,36	0,87	1,880878	100	2,5	1,95	36	7,4	3,81
Освітлення операторської	0,054	0,87	0,282132	30	2,5	0,09	1,62	7,4	3,81
Освітлення коридор	0,054	0,87	0,282132	12	2,5	0,04	0,648	7,4	3,81

Розраховуємо струм навантаження для кабелів 10 кВ, що підключенні ТП-1, ТП-2, ТП-3 за формулою:

$$I_{\text{макс}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot 10} \quad (1.20)$$

За цими розрахунками вибираємо переріз кабелів живлення, даннівносимо до таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 - Струми та переріз кабелів живлення ТП-1, ТП-2, ТП-3.

Кабельна лінія.	Максимальний струм, А.	Переріз жил кабелю, мм <sup>2</sup> .	Допустимий тривалий струм, А.
Від ТП ес до ТП-1	25,89	35	115
Від ТП-1 до ТП-2	8,32	35	115
Від ТП-1 до ТП-3	8,32	35	115
Від ТП-3 до ТП-2	5,09	35	115

### 1.6 Обчислення струмів короткого замикання

Розрахунок параметрів струмів КЗ проводимо за інструкцією наведеною в методичних вказівках [3].

Для обрання комутаційних апаратів та шинопроводів у РУ 10 кВ та 0,4 кВ потрібно визначити струми КЗ на шинах низької та високої напруги. Схема заміщення приведена на рисунку 1.4.

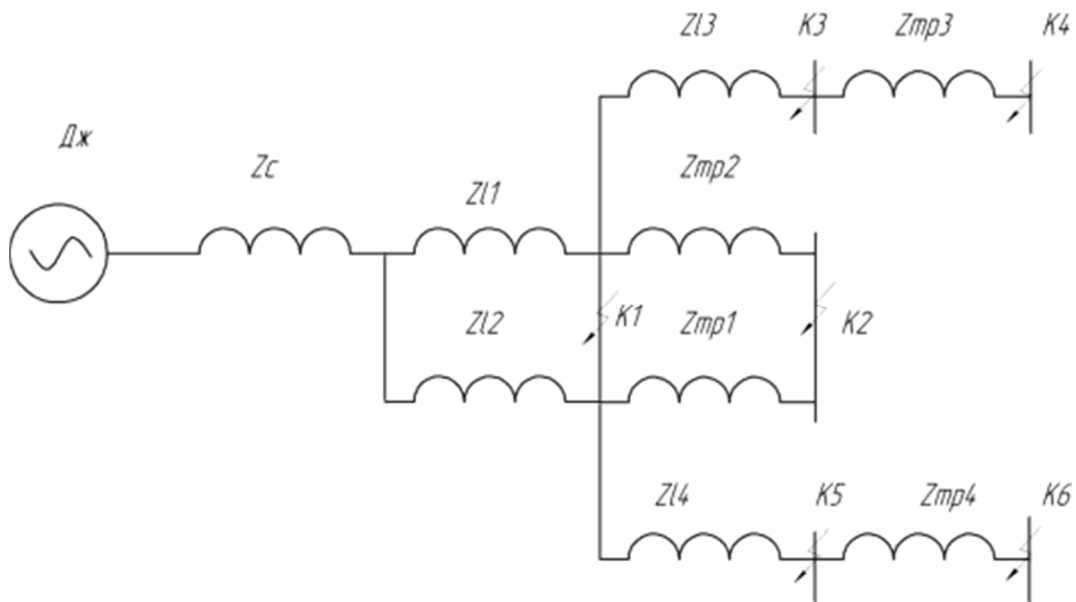


Рисунок 1.4 - Розрахункова схема заміщення

Визначаємо опори ліній за формулами:

$$r_l = r_0 \cdot l. \quad (1.21)$$

$$x_l = x_0 \cdot l. \quad (1.22)$$

Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

$$z_l = \sqrt{r^2 + x^2} \cdot l \quad (1.23)$$

Для кабелю ААБЛЗ\*35  $r_0 = 0,894$  Ом/км,  $x_0 = 0,095$  Ом/км

Визначаємо реактивні опори трансформаторів за формулою:

$$x_T = \frac{U_K \cdot U_{НОМ.ТР}^2}{100 \cdot S_{НОМ}} \quad (1.24)$$

Дані розрахунків заносимо до таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 - Параметри розрахункової схеми заміщення

Ділянка	Опір активний, Ом.	Опір реактивний, Ом	Опір загальний, Ом.
$l_1$	1,162	0,12	1,17
$l_2$	1,162	0,12	1,17
$l_3$	0,894	0,095	0,9
$l_4$	1,52	0,162	1,53
тр <sub>1</sub>		28,125	28,125
тр <sub>2</sub>		28,125	28,125
тр <sub>3</sub>		71,42	71,42
тр <sub>4</sub>		112,5	112,5

Спрощену схему заміщення наведено на рисунку 1.5:

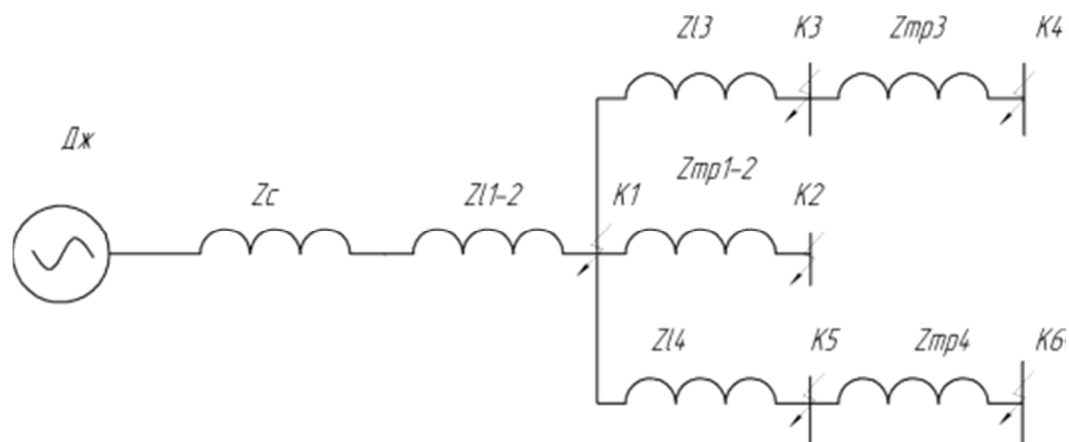


Рисунок 1.5 - Спрощена розрахункова схема заміщення.

Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

$$r_{l1-2} = \frac{r_{l1}}{2} = \frac{1,162}{2} = 0,581 \text{ (Ом).}$$

$$x_{l1-2} = \frac{x_{l1}}{2} = \frac{0,12}{2} = 0,06 \text{ (Ом).}$$

$$z_{l1-2} = \sqrt{r_{l1-2}^2 + x_{l1-2}^2} = \sqrt{0,581^2 + 0,06^2} = 0,58 \text{ (Ом).}$$

$$x_{тр1-2} = \frac{x_{тр1}}{2} = \frac{28,125}{2} = 14,06 \text{ (Ом).}$$

$$z_{l1-2} = 14,06 \text{ (Ом).}$$

Розраховуємо опори системи для визначених точок КЗ, результати заносимо до таблиці 1.12.

Таблиця 1.12 - Опори схеми заміщення в точках КЗ

Точка КЗ.	Активний опір, Ом.	Реактивний опір, Ом.	Повний опір, Ом.
К1	4,16	10,06	10,89
К2	3,58	24,12	24,4
К3	4,48	10,16	11,1
К4	4,48	81,59	81,71
К5	5,68	10,22	11,69
К6	5,68	122,72	122,85

Робимо розрахунок струмів КЗ в точках. Струми при трифазному КЗ розраховуємо за формулою:

$$I_{\text{к}}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot z_{\text{к}}} \quad (1.25)$$

Справжній струм КЗ у точках К2, К4, К6 визначаємо за формулою:

$$I_{\text{к}} = I_{\text{к}}^{(3)} \cdot \frac{U_{\text{в}}}{U_{\text{н}}} \quad (1.26)$$

Ударний струм визначаємо за формулою:

$$I_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 1,61 \cdot I_{\text{к}} \quad (1.27)$$

де  $Ta$  - постійна часу загасання аперіодичної складової для К1,К3,К5  $Ta = 0,05$  с, для К2,К4,К6 -  $Ta = 0,1$  с;

$t$  – час розбіжності контактів вимикача. Для К1,К3,К5.  $t = 0,1$ , для К2,К4,К6  $t = 0,4$ .

Інтеграл Джоуля розраховуємо за формулою:

$$W_R = I_k^2 \cdot (t + Ta). \quad (1.29)$$

Дані заносимо в таблицю 1.13.

Таблиця 1.13 - Параметри струмів КЗ

Струми короткого замикання	СКЗ у початковий момент часу $I_k, \text{кА}$	Ударний СКЗ $I_{уд}, \text{кА}$	СКЗ у момент втрати контактів вимикача, $I_{нс}, \text{кА}$	Аперіод. складова СКЗ, $I_a, \text{кА}$	Інтеграл Джоуля $W_R, \text{кА}^2\text{с}$
Шини 10 кВ ТП-1(К1)	0,53	1,21	0,53	0,1	4,22
Шини 0,4 кВ ТП-1(К2)	5,92	13,5	5,92	0,15	17512,1
Шини 10 кВ ТП-2(К3)	0,52	1,18	0,52	0,1	40,58
Шини 0,4 кВ ТП-2(К4)	1,77	4,02	1,77	0,05	1560,26
Шини 10 кВ ТП-3(К5)	0,49	1,12	0,49	0,09	36,55
Шини 0,4 кВ ТП-3(К6)	1,17	2,68	1,17	0,03	690,15



## 1.7 Обчислення параметрів та вибір електричних апаратів

На основі даних по струмах КЗ та струмах навантаження обираємо електричні апарати, для чого користуємося наступними джерелами: [5,6,7].

Для електричних апаратів потрібне виконання наступних умов:

1. Номінальна напруга апарата не менша ніж напруга мережі

$$U_c \leq U_{\text{ном}};$$

2. Номінальний струм не менший ніж найбільший струм в лінії

$$I_c \leq I_{\text{ном}};$$

3. Номінальний струм періодичної складової КЗ менший ніж номінальний струму вимкнення  $I_{\text{по}} \leq I_{\text{відк ном}};$

4. Ударний струм КЗ менший ніж струм електродинамічної стійкості  $I_{\text{уд}} \leq I_{\text{СКВ}};$

5. Струм КЗ у момент втрати контактів вимикача менший ніж номінальний струму вимкнення  $I_{\text{nc}} \leq I_{\text{відк ном}};$

6. Аперіодична складова струму КЗ менша ніж номінальна аперіодична складова струму апарата  $I_{\text{ac}} \leq I_{\text{a ном}};$

7. Тепловий імпульс струмів КЗ менший ніж максимальний тепловий імпульс вимикача  $B_K \leq I^2 t_r.$

Перелік апаратів для електричної мережі насосної станції наведено в таблицях 1.14, 1.15, 1.16, 1.17, 1.18, 1.19, 1.20, 1.21.

Таблиця 1.14 - Електричні апарати РУ 0,4 кВ ТП-1

	Тип апарата	Номінальна напруга, кВ.	Номінальний струм, А.	Максимальний струм вимкнення, кА.
Ввідний вимикач	РПС-3	0,4	400	----
Секційний вимикач	РПС-2	0,4	250	----

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		33

Продовження таблиці 1.14 - Електричні апарати РУ 0,4 кВ ТП-1

	Тип апарата	Номінальна напруга, кВ.	Номінальний струм, А.	Максимальний струм вимкнення, кА.
Вимикач НА1,3	ABB XT2S160	0,4	160	50
Пристрій плавного пуску двигуна НА1,3	ABB PSTX142	0,4	143	----
Вимикач НА2,4	ABB XT2S160	0,4	160	50
Пристрій плавного пуску двигуна НА2,4	ABB PSTX85	0,4	85	----
Вимикач ШР	ABB XT4S250	0,4	250	50
Контактор АВР ШР	ABB AF190	0,4	190	----
Вимикач лінії до Св1	ABB XT2S160	0,4	40	50
Пристрій плавного пуску двигуна Св1	ABB PSTX37	0,4	37	----

Таблиця 1.15 - Електричні апарати ШР

	Тип апарата	Номінальна напруга, кВ.	Номінальний струм, А.	Максимальний струм вимкнення, кА.
Вимикач лінії до дренажного насоса.	ABB SH203	0,4	16	6
Пристрій плавного пуску двигуна дренажного насоса.	ABB PSTX30	0,4	30	----
Вимикачі ліній до кран-балки 1-2.	ABB SH203	0,4	16	6

Продовження таблиці 1.15 - Електричні апарати ШР

	Тип апарата	Номінальна напруга, кВ.	Номінальний струм, А.	Максимальний струм вимкнення, кА.
Вимикач лінії до ЩО	ABB SH203	0,4	25	6
Вимикачі ліній до Зас 1-10	ABB SH203	0,4	16	6
Контактори Зас 1-10	ABB AF09- 30-10-13	0,4	10	----
Вимикач лінії до прохідної	ABB SH203	0,4	16	6
Вимикачі ліній до вентиляторів 1-2.	ABB SH203	0,4	16	6
Контактори вентиляторів 1-2.	ABB AF09- 30-10-13	0,4	10	----
Вимикач лінії до павільйону засувок №1	ABB SH203	0,4	16	6
Вимикач лінії до ЩО	ABB SH203	0,4	25	6

Таблиця 1.16 - Електричні апарати РУ 0,4 кВ ТП-2

	Тип апарата	Номінальна напруга, кВ.	Номінальний струм, А.	Максимальний струм вимкнення, кА.
Ввідний вимикач	РПС-2	0,4	250	----
Вимикачі ліній до Св2-4	ABB SH203	0,4	40	6
Вимикач лінії освітлення	ABB SH201	0,22	16	6
Пристрій плавного пуску двигуна Св2-4	ABB PSTX37	0,4	37	----

Таблиця 1.17 - Електричні апарати РУ 0,4 кВ ТП-3

	Тип апарата	Номінальна напруга, кВ.	Номінальний струм, А.	Максимальний струм вимкнення, кА.
Ввідний вимикач	РПС-1	0,4	100	----
Вимикачі ліній до Св 5-6	ABB SH203	0,4	40	6
Вимикач лінії освітлення	ABB SH201	0,22	16	6
Пристрій плавного пуску двигуна Св 5-6	ABB PSTX37	0,4	37	----

Таблиця 1.18 - Електричні апарати РУ 10кВ ТП-1

	Тип апарата	Номінальна напруга, кВ.	Номінальний струм, А.	Максимальний струм вимкнення, кА.
Ввідні вимикачі	ВН-10/400-20	10	400	20
Вимикачі силових Тр-рів	ВН-10/400-20	10	400	20
Вимикачі ліній до ТП-1, ТП-2	ВН-10/400-20	10	400	20
Секційний роз'єднувач	РВ-10/400	10	400	----

Таблиця 1.19 - Електричні апарати РУ 10кВ ТП-2

	Тип апарата	Номінальна напруга, кВ.	Номінальний струм, А.	Максимальний струм вимкнення, кА.
Ввідний вимикач	ВН-10/400-20	10	400	20
Вимикач силового Тр-ра	РВ-10/400	10	400	----
Вимикач лінії до ТП-3	ВН-10/400-20	10	400	20

Таблиця 1.20 - Електричні апарати РУ 10кВ ТП-3

	Тип апарата	Номінальна напруга, кВ.	Номінальний струм, А.	Максимальний струм вимкнення, кА.
Ввідний вимикач	ВН-10/400-20	10	400	20
Вимикач силового Тр-ра	РВ-10/400	10	400	----
Вимикач лінії до ТП-2	ВН-10/400-20	10	400	20

Таблиця 1.21 - Електричні апарати ЩО

	Тип апарата	Номінальна напруга, кВ.	Номінальний струм, А.	Максимальний струм вимкнення, кА.
Ввідний вимикач	ABB SH203	0,4	25	6
Зовнішнє освітлення	ABB SH201	0,22	16	6
Розетки побутового приміщення	ABB SH201	0,22	16	6
Розетки операторської	ABB SH201	0,22	16	6
Освітлення РУ-0,4кВ	ABB SH201	0,22	16	6
Освітлення РУ-10 кВ	ABB SH201	0,22	16	6
Освітлення Тр-рів	ABB SH201	0,22	16	6
Освітлення маш.зал	ABB SH201	0,22	16	6
Освітлення операторської	ABB SH201	0,22	16	6
Освітлення побутових приміщень	ABB SH201	0,22	16	6
Освітлення коридор	ABB SH201	0,22	16	6
Розетки прохідна	ABB SH201	0,22	16	6
Освітлення прохідна	ABB SH201	0,22	16	6

## 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1 Опис програми Matlab Simulink

MATLAB — пакет програм для числового аналізу, а також мова програмування, що використовується в даному пакеті. Система створена компанією The MathWorks та є засобом для роботи з математичними матрицями, малювання функцій, роботи з алгоритмами, створення робочих оболонок (user interfaces) з програмами в інших мовах програмування. Цей продукт спеціалізується на чисельному обчисленні, спеціальні інструментальні засоби працюють з програмним забезпеченням Maple

Simulink — інструмент (програмне забезпечення) для моделювання, імітації та аналізу динамічних систем, включаючи дискретні, неперервні та гібридні, нелінійні та розривні системи. Розроблене компанією The MathWorks, дає можливість будувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи, досліджувати працездатність систем і вдосконалювати проекти.

### 2.2 Вихідні дані для моделювання системи

Вихідними даними для проведення моделювання є дані визначені у попередньому розділі, а саме:

Номінальні потужності електрообладнання, розрахункові опори СЕП насосної станції, схема електропостачання насосної станції. За цими даними складаємо модель СЕП яку зображено у графічній частині роботи.

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>						
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата	Розрахунок головних параметрів та моделювання системи електропостачання насосної станції			Літера	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Тарабар О.А.							М	38	83	
Перевірив	Василега П.О.							СУМДУ ЕТ.М-11			
Н.контр.	Никифоров М.А										
Затв.	Лебединський І.Л										

## 2.3 Характеристика елементів моделі СЕП насосної станції

Для моделювання використано наступні блоки з бібліотеки Simulink:

1. Джерело змінної трифазної напруги. Графічне позначення показано на рисунку 2.1, робоче вікно показано на рисунку 2.2.

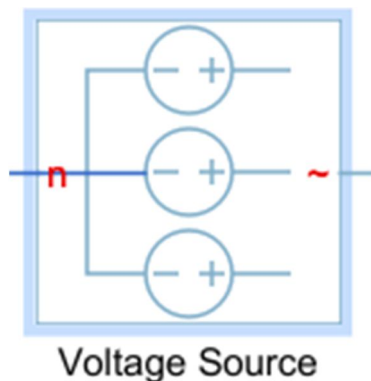


Рисунок 2.1 – Графічне позначення джерела змінної трифазної напруги.

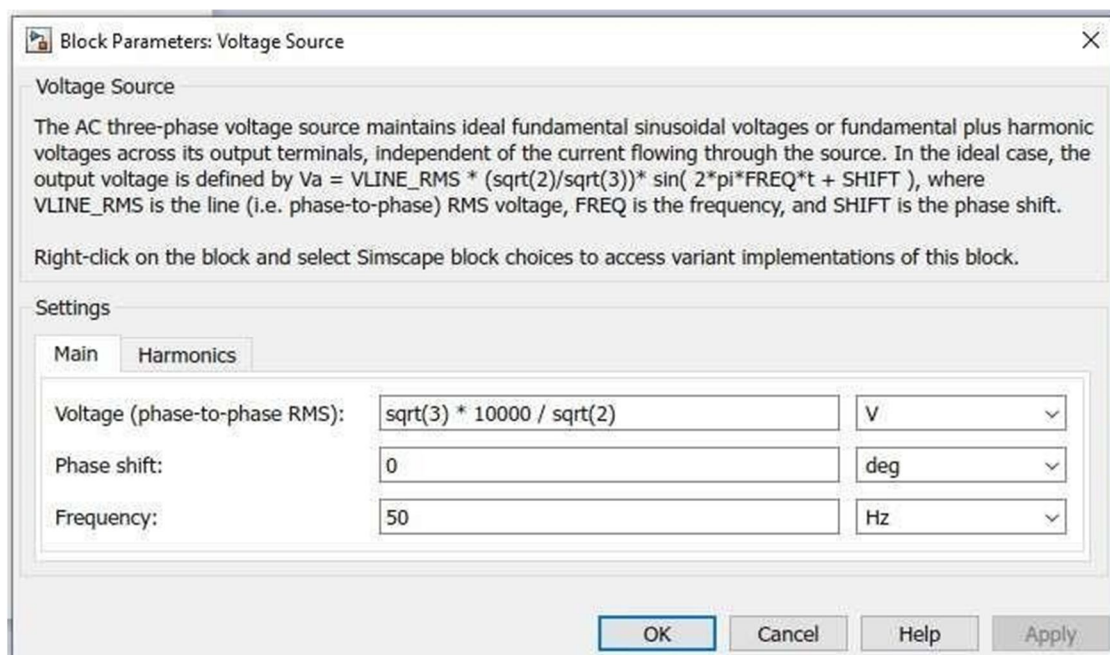


Рисунок 2.2 - Робоче вікно налаштувань

Трифазний трансформатор (для кожного трансформатора задається номінальна потужність, номінальна напруга первинної обмотки, номінальна

напруга вторинної обмотки, номінальну частоту струму). Графічне позначення показано на рисунку 2.3, робоче вікно модуля показано на рисунку 2.4.

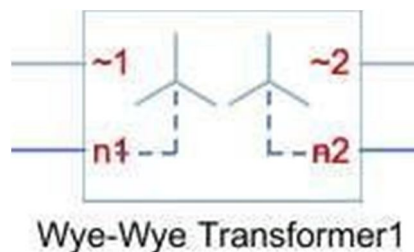


Рисунок 2.3 – Графічне позначення трансформатора.

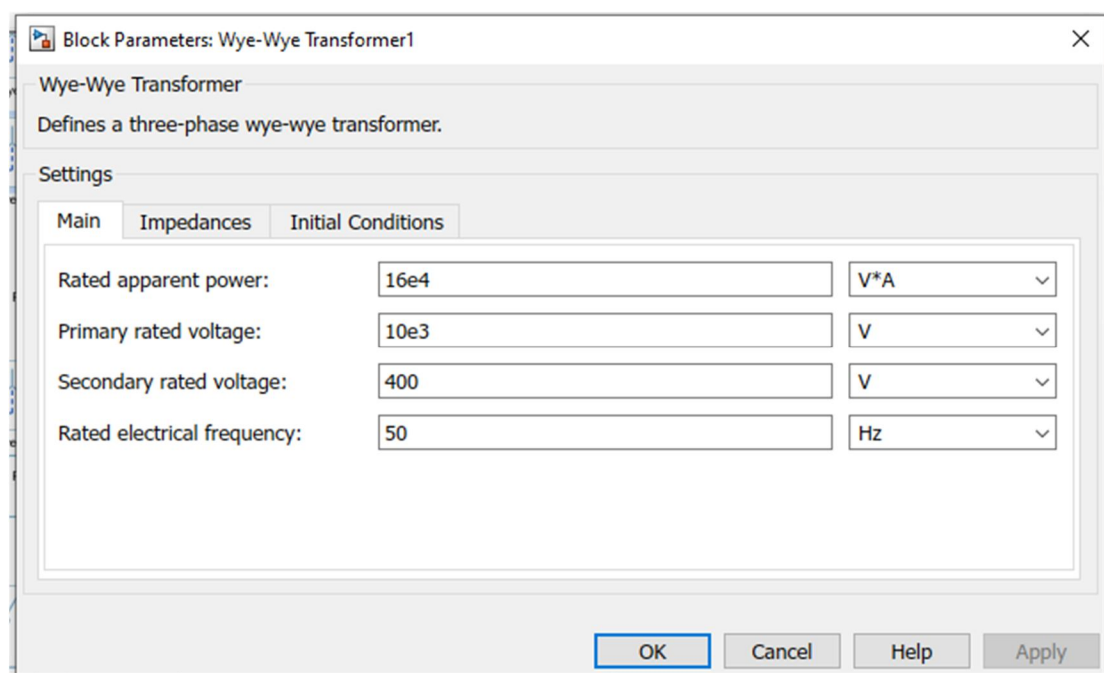


Рисунок 2.4 - Робоче вікно налаштувань трансформатора.

3. Вимикач призначений для розривання та замикання ланцюга живлення. Графічне позначення показано на рисунку 2.5, робоче вікно вимикача зображено на рисунку 2.6.

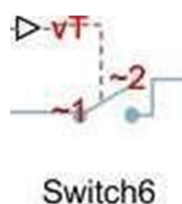


Рисунок 2.5 - Графічне позначення вимикача.



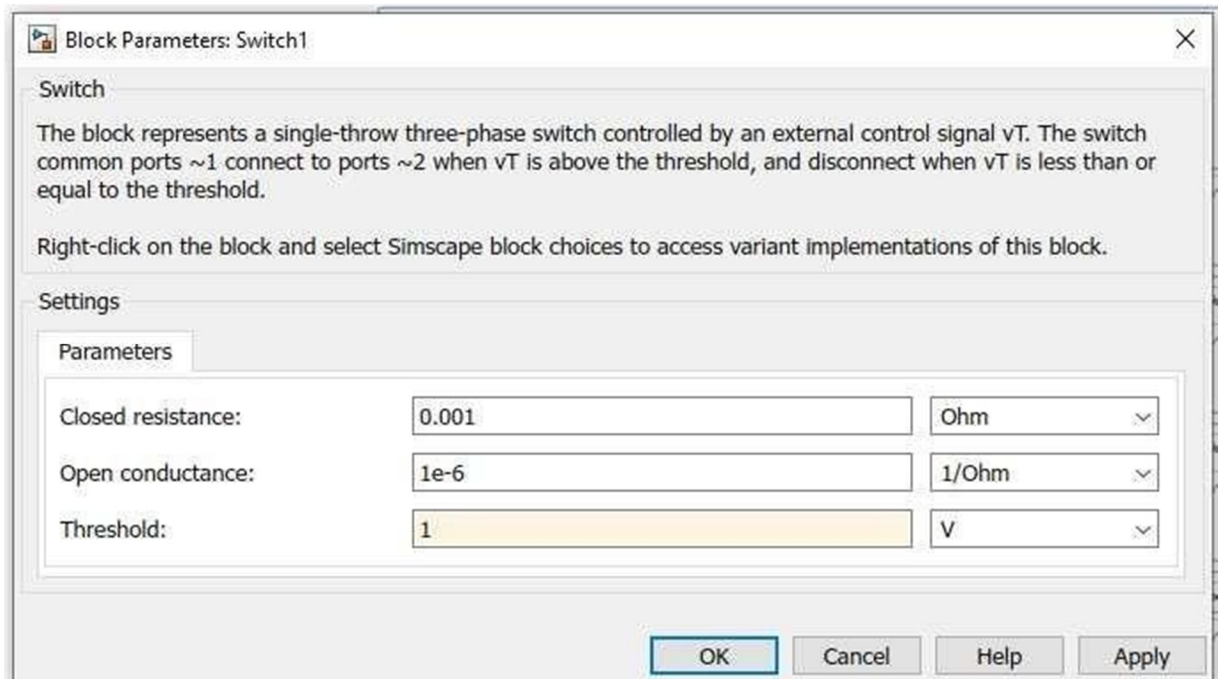


Рисунок 2.6 - Робоче вікно налаштувань вимикача.

4. Генератор імпульсів використано для керування вимикачами. Для кожного вимикача задається графік увімкнення та вимкнення електроприймачів.

5. Навантаження (з'єднання трикутник) для імітації навантаження двигунів та конденсаторних установок, для кожного електроприймача вказується номінальна активна та реактивна потужність, номінальна напруга, номінальна частота струму. Графічне позначення показано на рисунку 2.9, робоче вікно навантаження з'єднання трикутник зображене на рисунку 2.10.



Рисунок 2.9 - Графічне позначення навантаження з'єднання трикутник.

					МП 3.8.141.501 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		42

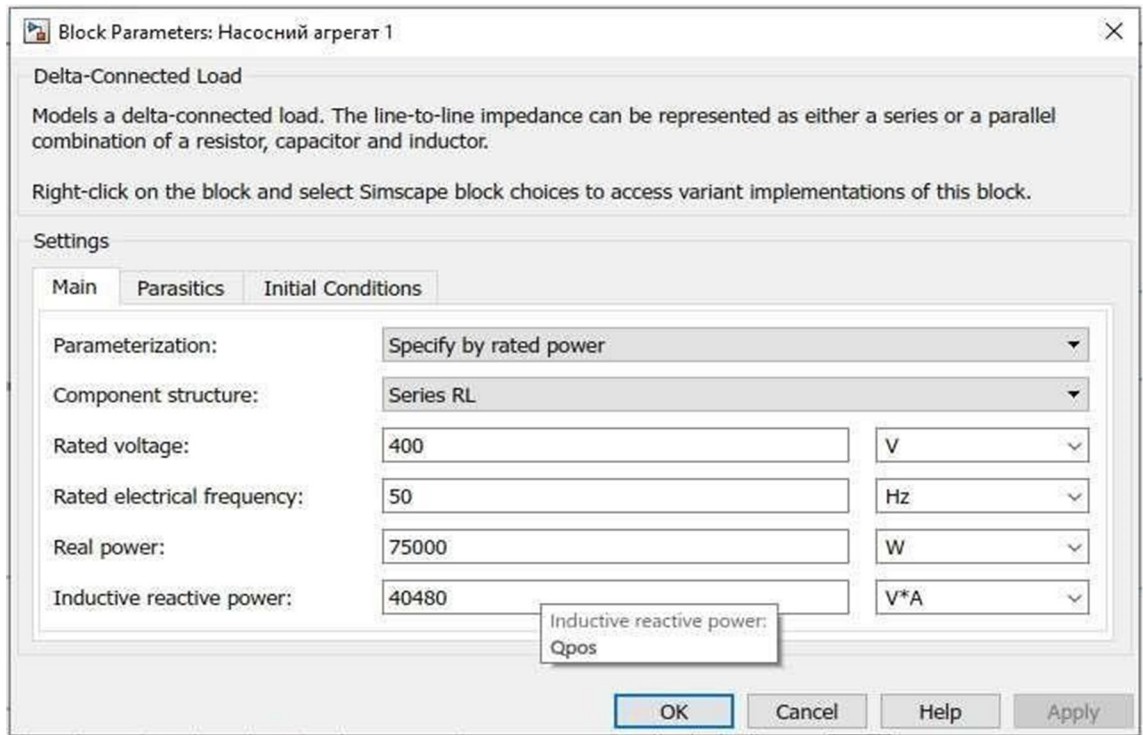


Рисунок 2.10 - Робоче вікно налаштувань навантаження з'єднання трикутник.

6. Навантаження (з'єднання зірка) для імітації навантаження освітлення. Графічне позначення показано на рисунку 2.11, робоче вікно навантаження з'єднання трикутник зображене на рисунку 2.12.



Рисунок 2.11 - Графічне позначення навантаження з'єднання зірка.

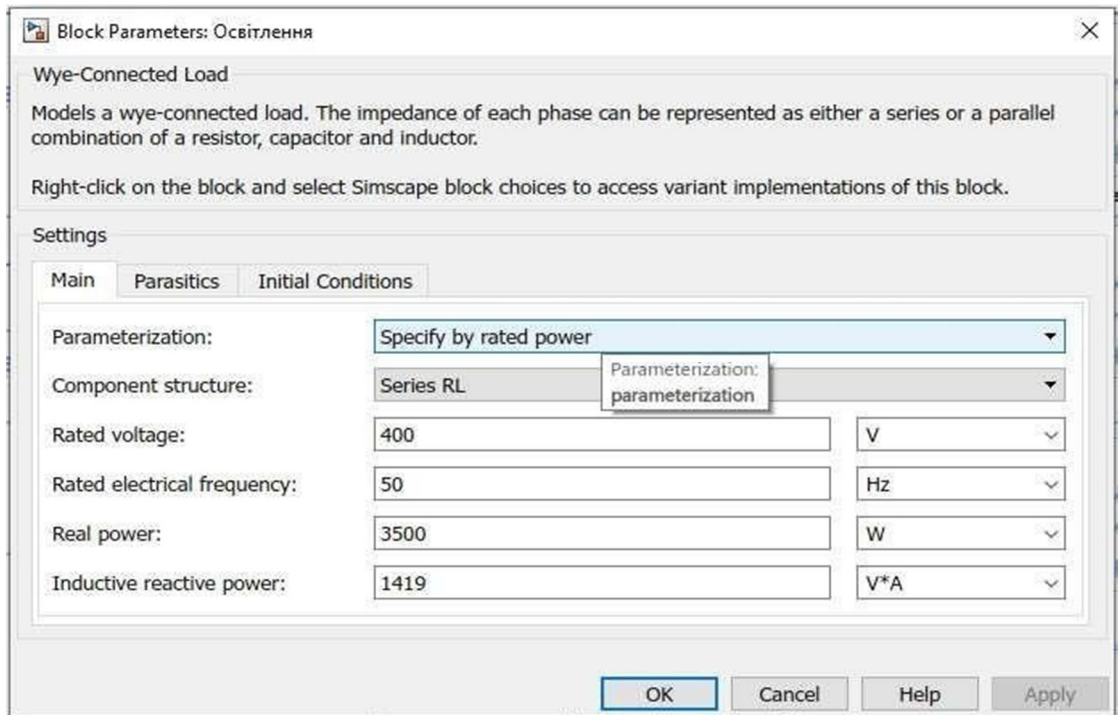


Рисунок 2.12 - Робоче вікно налаштувань навантаження

7. Призначення осцилографа для виведення результатів замірів.

Графічне позначення осцилографа показано на рисунку 2.13.

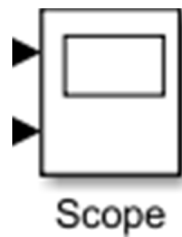


Рисунок 2.13 - Графічне позначення осцилографа.

8. Блок вимірювання навантаження активного та реактивного. Графічне позначення блоку показано на рисунку 2.14.

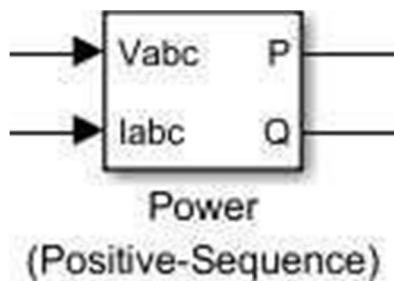


Рисунок 2.14 - Графічне позначення блоку вимірювання навантаження активного та реактивного.

9. Амперметр для вимірювання струму в лінії. Графічне позначення амперметра показано на рисунку 2.15.

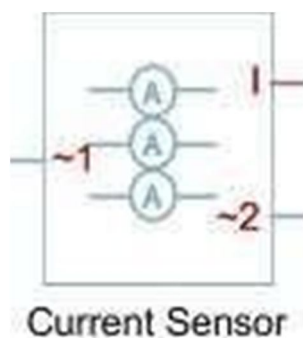


Рисунок 2.15 - Графічне позначення амперметра.

10. Вольтметр для вимірювання лінійної напруги. Графічне позначення вольтметра показано на рисунку 2.16.

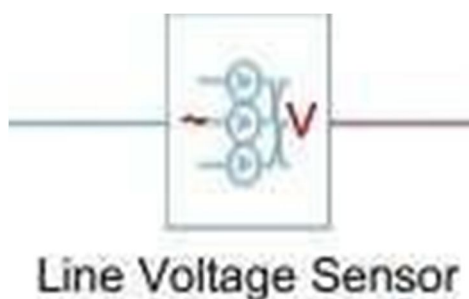


Рисунок 2.16 - Графічне позначення вольтметра.

11. Блок імітації короткого замикання. Для кожної точки КЗ вказується опір системи від джерела до точки КЗ, час КЗ та тривалість КЗ. Графічне позначення блоку показано на рисунку 2.17, робоче вікно блоку імітації КЗ зображено на рисунку 2.18.



Рисунок 2.17 - Графічне позначення блоку імітації короткого замикання.

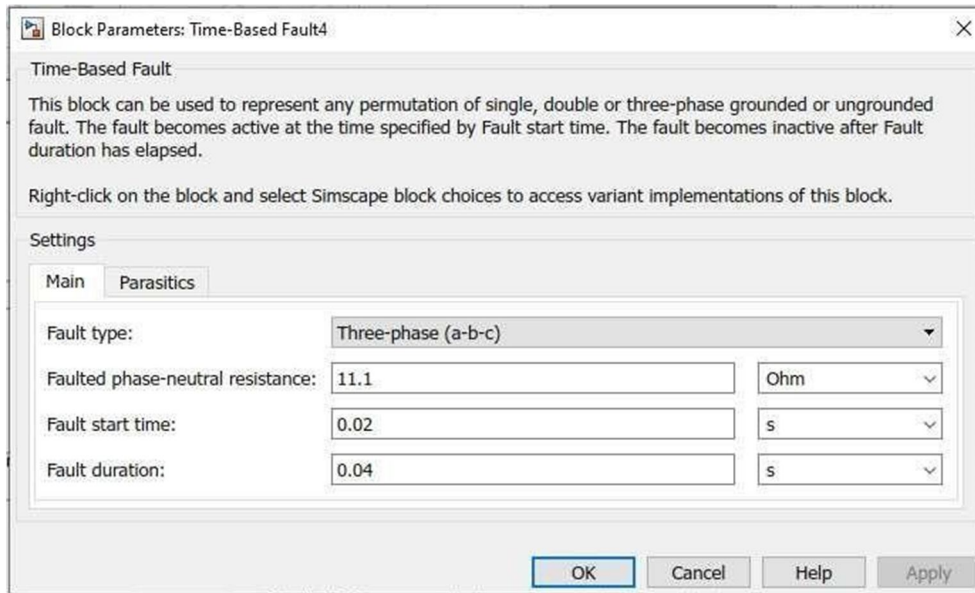


Рисунок 2.18 - Робоче вікно налаштувань блока імітації КЗ

12. Перетворювач сигналу з одиниць Simulink у фізичні одиниці. Графічне позначення показано на рисунку 2.19.



Рисунок 2.19 - Графічне позначення перетворювач сигналу з одиниць Simulink у фізичні одиниці.

## 2.4 Створення моделі добового режиму роботи насосної станції

В режимі роботи не усі електроприймачі насосної станції працюють одночасно. Режим роботи кожного електроприймача задається генераторами імпульсів, значення сигналу генератора імпульсів «1» відповідає замкнутому вимикачу, а сигнал «0» відповідає розімкнутому вимикачу. Даний дослід допомагає побудувати добовий графік навантаження станції.

					МР 3.8.141.501 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		46

Після запуску симуляції на осцилографі маємо графіки навантаження насосної станції, які зображені на рисунку 2.20.

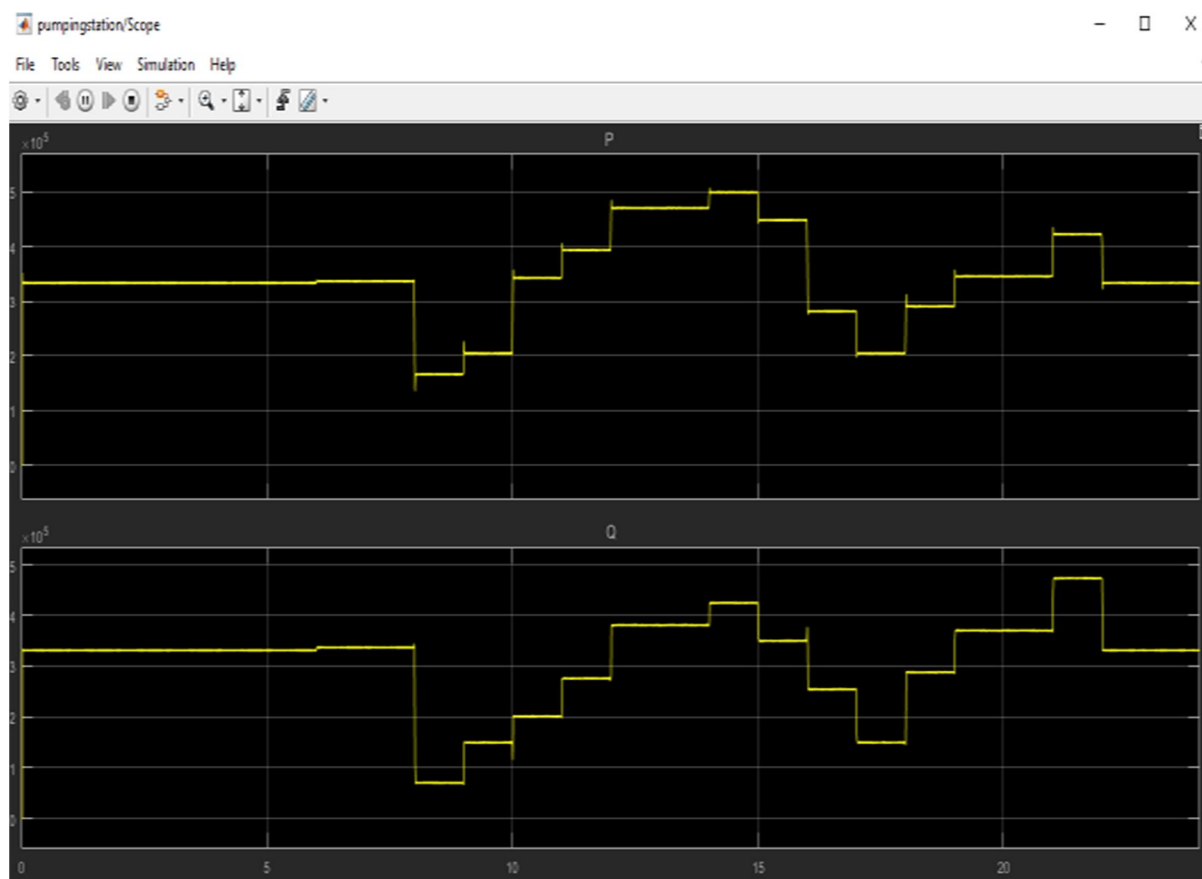


Рисунок 2.20. – Добовий графік навантаження насосної станції.

## 2.5 Створення моделі короткого замикання у контрольних точках

Для проведення досліду короткого замикання в контрольні точки, якими є шини РУ 10кВ та РУ 0,4 кВ ТП-1, ТП-2, ТП-3, підключено блоки імітації КЗ, які у визначений час імітують трифазне КЗ, дані вимірювання зображені на рисунках 2.21, 2.22, 2.23, 2.24, 2.25, 2.26

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		47

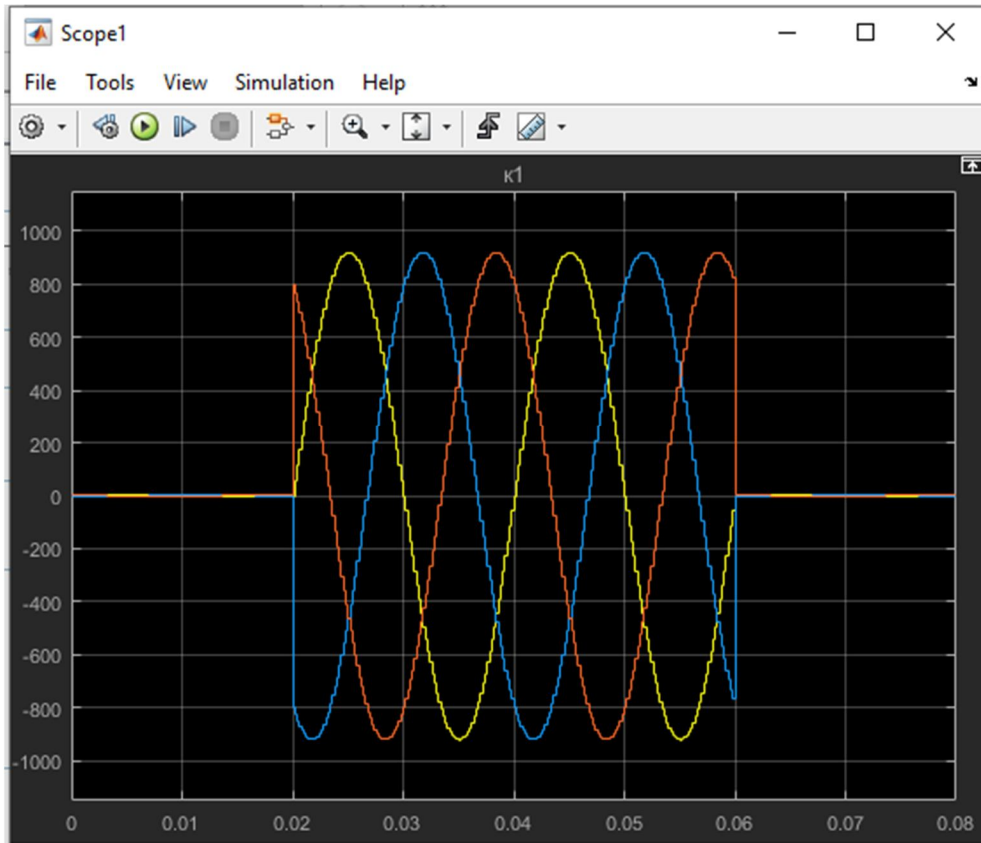


Рисунок 2.21 – Струм КЗ точки К1.

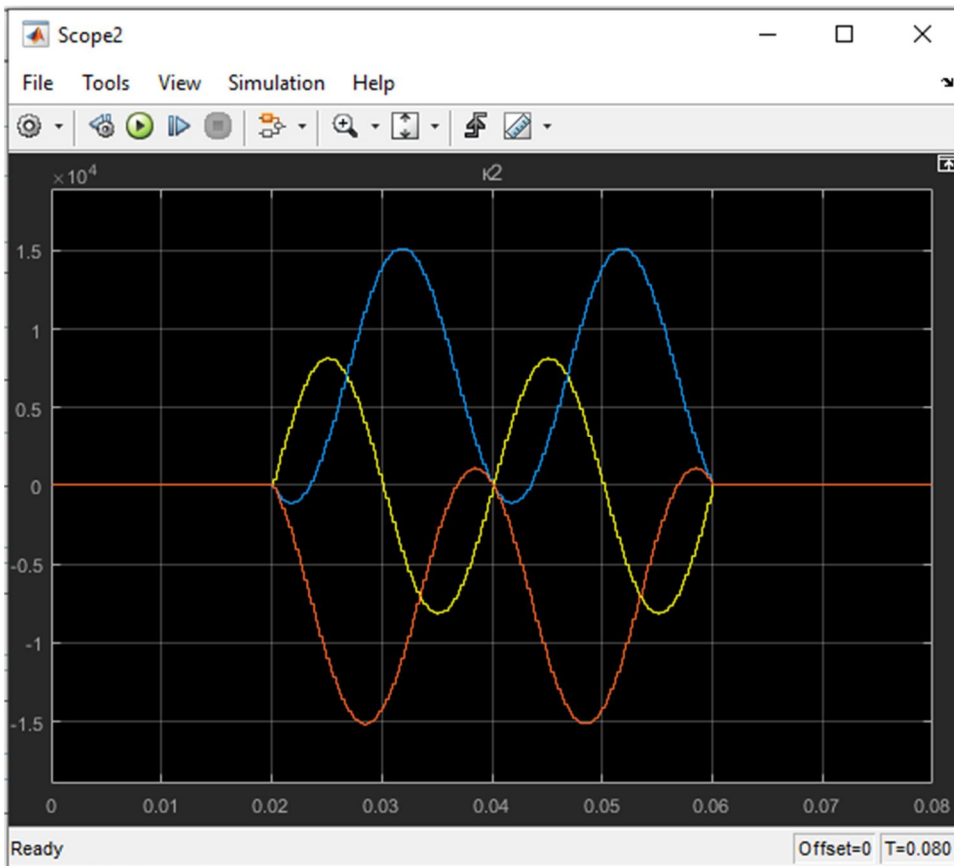


Рисунок 2.22 – Струм КЗ точки К2.

Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата



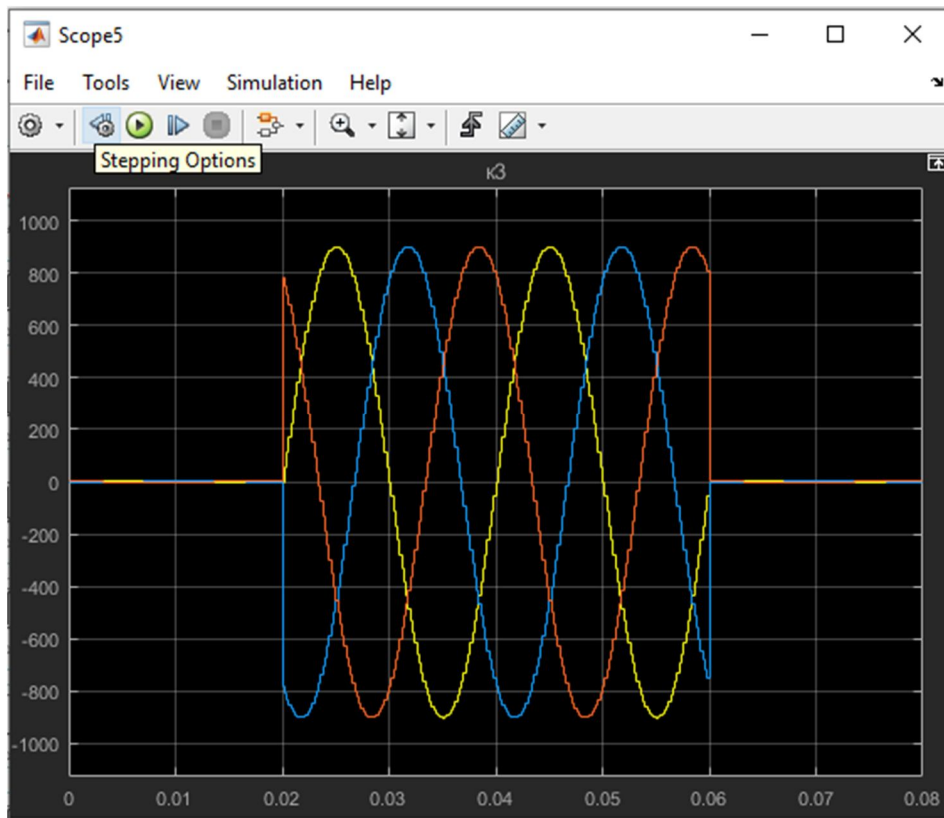


Рисунок 2.23 – Струм КЗ точки К3.

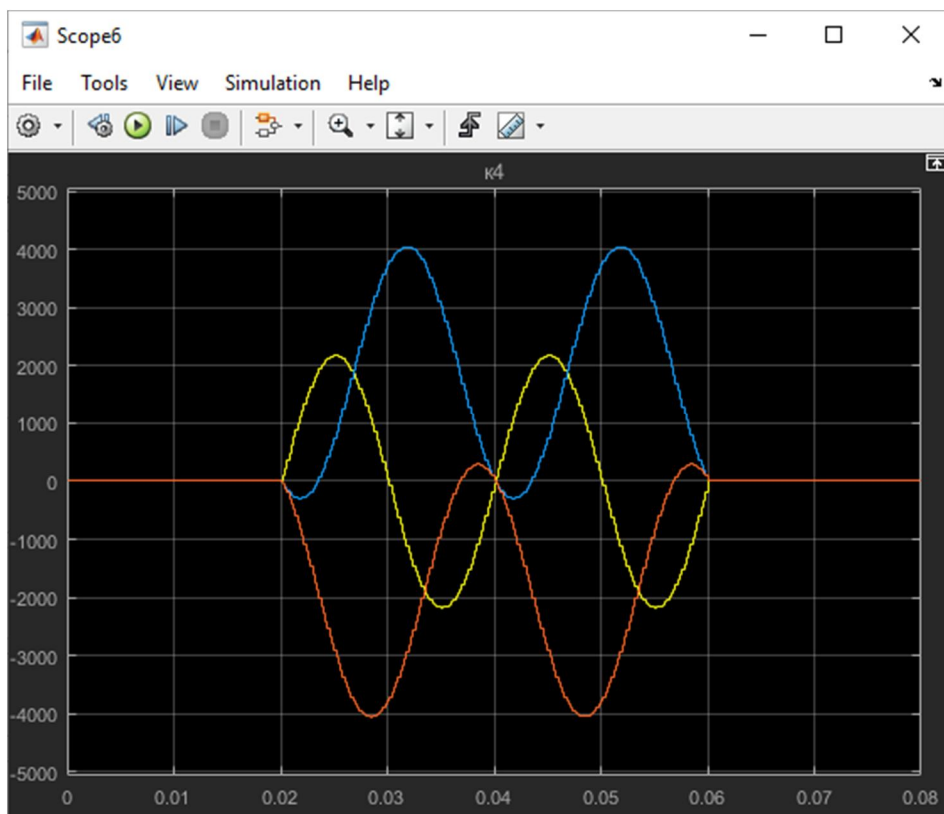


Рисунок 2.24 – Струм КЗ точки К4.

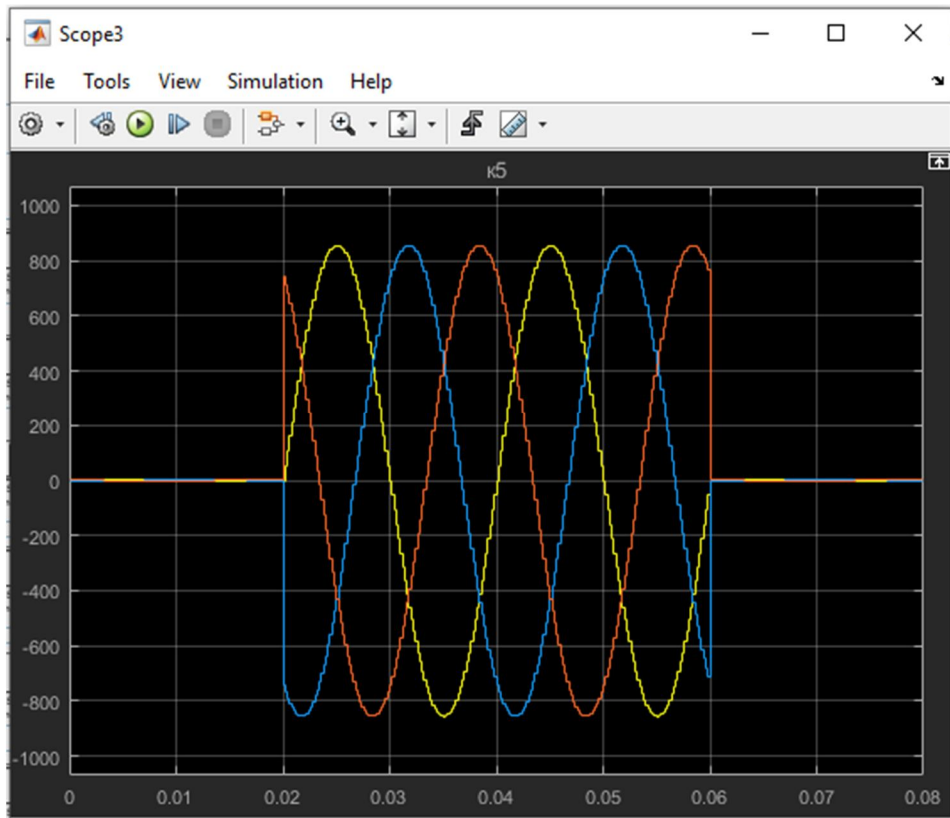


Рисунок 2.25 – Струм КЗ точки К5.

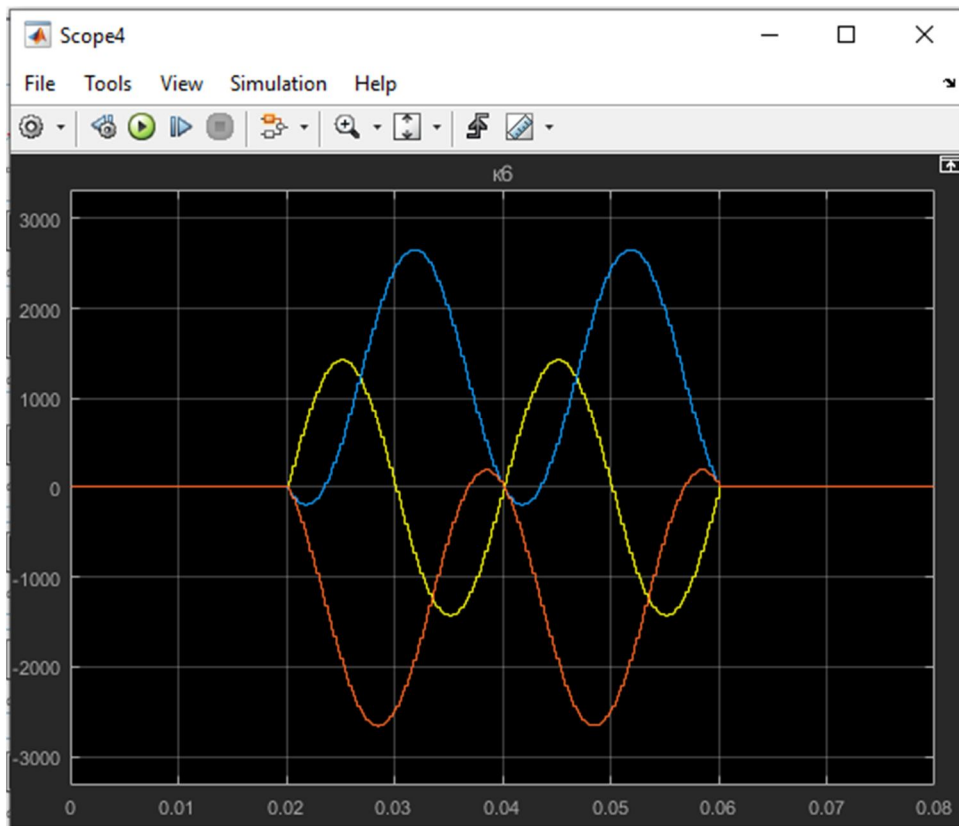


Рисунок 2.26 – Струм КЗ точки К6.

Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата

Порівнюємо отримані результати моделювання та розрахованими струмами КЗ у даних точках, результати заносимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1- Порівняння розрахованих та змодельованих струмів КЗ.

Струми короткого замикання	Розрахунковий СКЗ	Змодельований СКЗ
	$I_{к,кА}$	$I_{к,кА}$
Шини 10 кВ ТП-1(К1)	0,53	0,55
Шини 0,4 кВ ТП-1( К2 )	5,92	6,05
Шини 10 кВ ТП-2(К3)	0,52	0,54
Шини 0,4 кВ ТП-2( К4 )	1,77	1,79
Шини 10 кВ ТП-3(К5)	0,49	0,51
Шини 0,4 кВ ТП-3( К6 )	1,17	1,21

## 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Розрахунок річної економії від заміни світильників зовнішнього освітлення

Сьогодні вартість енергоносіїв має тенденцію до зростання, тому впровадження більш енергоефективних технологій є досить вигідним. Освітлення досучасної території світильником 50-а з газорозрядною ртутною лампою ДРЛ,

Модернізацією передбачено зміна цих світильників на сучасні світлодіодні світильники Id-park50w-40,

Розраховуємо споживання електроенергії світильників з ДРЛ та з LED

Активну потужність освітлювальної установки рораховуємо за формулою:

$$P = P_{св} \cdot n_{св} \quad (3.1)$$

Де,  $P_{св}$ -потужність світильника, кВт;

$n_{св}$ -кількість світильників.

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпи с	Дата				
Розробив	Тарабар О.А.				Розрахунок головних параметрів та моделювання системи електропостачання насосної станції	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Василега П.О.					М	52	83
Консультант	Маценко О.М					СУМДУ ЕТ.М-11		
Н.контр.	Никифоров М.А							
Затв.	Лебединський І.Л.							

Рективну потужність освітлювальної установки визначаємо за формулою:

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (3.2)$$

Де,  $\operatorname{tg} \varphi$ -відповідає паспортному коефіцієнту потужності світильників.

Добове споживання активної енергії розраховуємо за формулою:

$$W_{ад} = P \cdot t_{доб} \quad (3.3)$$

Де,  $t_{доб}$ - середньодобовий час роботи зовнішнього освітлення 12 годин на добу.

Добове споживання реактивної енергії розраховуємо за формулою:

$$W_{рд} = Q \cdot t \quad (3.4)$$

Річне споживання активної енергії розраховуємо за формулою:

$$W_{ар} = W_{ад} \cdot 365 \quad (3.5)$$

Річне споживання реактивної енергії розраховуємо за формулою:

$$W_{рр} = W_{рд} \cdot 365 \quad (3.6)$$

Вартість спожитої активної електроенергії за рік розраховуємо за формулою:

$$B_{ар} = W_{ар} \cdot C_{ае} \quad (3.7)$$

Де,  $C_{ае}$ - ціна активної електроенергії, 2,54 грн\*кВт/год.

Вартість спожитої реактивної електроенергії за рік розраховуємо за формулою:

$$B_{рр} = W_{рр} \cdot C_{ре} \quad (3.8)$$

Де,  $C_{ре}$ - ціна реактивної електроенергії, 0,07838 грн\*кВАр/год.

Вартість послуги з розподілу електроенергії розраховуємо за формулою:

$$B_{розп.р} = W_{ар} \cdot C_{розп} \quad (3.9)$$

Де,  $C_{розп}$ - ціна послуги з розподілу електроенергії, 1,12грн\*кВт/год.

Загальна вартість електроенергії розраховуємо за формулою:

$$B_{ее} = B_{розп.р} + B_{рр} + B_{ар} \quad (3.10)$$

Всі дані розрахунків заносимо до таблиці 3.3

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		53

Таблиця 3.3 Розрахунок вартості електроенергії спожитої освітлювальними установками з лампами ДРЛ та з LED.

	Світильники з LED	Світильники з ДРЛ
Активна потужність, кВт.	2,5	6,25
Рективна потужність, кВАр.	1	8,3125
Добове споживання активної енергії, кВт.	30	75
Добове споживання реактивної енергії, кВАр.	12	99,75
Річне споживання активної енергії, кВт.	10950	27375
Річне споживання реактивної енергії, кВАр.	4380	36408,75
Вартість спожитої активної електроенергії за рік, грн.	27813	69532,5
Вартість спожитої реактивної електроенергії за рік, грн.	27813	69532,5
Вартість послуги з розподілу електроенергії за рік, грн.	343,3044	2853,717825
Загальна вартість спожитої електроенергії за рік, грн.	12264	30660
ПДВ	8084,061	20609,24357
Разом з ПДВ	48504,37	123655,46

Відповідно до цих розрахунків розраховуємо економію на електроенергії за рік за формулою:

$$\Delta B = B_{ee \text{ ДРЛ}} - B_{ee \text{ LED}} \quad (3.11)$$

$$\Delta B = 123655,46 - 48504,37 = 75151,1 \text{ грн.}$$

### 3.2 Розрахунок періоду окупності модернізації системи освітлення

Для розрахунку терміну окупності ми розрахували вартість модернізації. Витрати на модернізацію включають матеріальні та інженерні витрати. Модернізація системи зовнішнього освітлення не потребує великої кількості матеріалів, тобто не потрібна модернізація шнура живлення системи освітлення та заміна кронштейнів, які тримають світильники. Отже, вартість матеріалу — це лише освітлювальний прилад. Вартість модернізації системи освітлення складала: демонтаж старих ліхтарів, встановлення нових ліхтарів та обслуговування автоматичного гідравлічного підйому. У таблиці 3.4 представлені оцінки модернізації.

Таблиця 3.4 – Кошторис на проведення модернізації системи зовнішнього освітлення насосної станції.

№	Найменування матеріалів та робіт	Один, виміру	Кількість	Ціна	Сума
	<b>МАТЕРІАЛИ</b>				
1	Світильник зовнішній	шт	50	2692,68	134634
	ПДВ				26926,8
	<b>РАЗОМ З ПДВ</b>				161560,8
	<b>ВИКОНАННЯ РОБІТ</b>				
1	Демонтаж світильників	шт	50	256,40	12820
2	Установлення світильників	шт	50	377,56	18878
4	Робота автогідропідйомника	Год.	24	294,67	7056
	<b>Всього</b>				38754
	<b>Загальна сума</b>				200314,8

Термін окупності реконструкції визначаємо за формулою:

$$TO = \frac{B_{рек}}{\Delta B} \quad (3.12)$$

$$TO = \frac{200314,8}{75151,1} = 2,67 \text{ роки} \approx 2 \text{ роки } 8 \text{ місяців.}$$

### 3.3 Розрахунок чистого приведеного доходу

Чистий зменшений дохід дозволяє отримати остаточний результат в абсолютних доларах. Дисконтований чистий прибуток означає різницю між дисконтованим чистим грошовим потоком протягом періоду експлуатації проекту та сумою інвестиційних витрат. Чистий приведений дохід розраховуємо за формулою:

$$ЧПД = \sum_{t=1}^n \frac{ГП}{(1+i)^t} - I_0 \quad (3.13)$$

Де, ГП - грошовий потік за кожен рік;

$I_0$  – сума інвестицій на виконання проекту;  $i$  – використана дисконтна ставка 20%;

$n$  – тривалість роботи системи.

Гарантійний термін роботи світильників 40000 год. З урахуванням режиму роботи системи освітлення розраховуємо тривалість роботи системи освітлення за формулою:

$$n = \frac{t}{\text{доб}} \quad (3.14)$$

Де,  $t$  - гарантійний термін роботи світильників 40000 год;

$$n = \frac{40000}{12} \approx 3333 \text{ дні} \approx 9,13 \text{ років} \approx 9 \text{ років } 1,5 \text{ місяць.}$$

Для розрахунку приймаємо тривалість роботи 9 років.

Для розрахунку приймаємо прогнозоване підвищення ціни на електроенергію на 15% на рік, що призводить до відповідного підвищення річної економії на електроенергії на відповідний відсоток. На основі раніше розрахованих показників складаємо грошовий потік наведений в таблиці 3.5.

					MP 3.8.141.501 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		56



Таблиця 3.5 -Грошовий потік

Рік	Витрати	Доходи	Грошовий потік
1	-200315	75151,1	-125163,7
2		86423,77	-38739,94
3		99387,33	60647,4
4		114295,4	114295,4
5		131439,7	131439,7
6		151155,7	151155,7
7		173829,1	173829,1
8		199903,4	199903,4
9		229888,9	229888,9

$$\text{ЧПД} = \frac{-125163,7}{(1+0,2)^1} + \frac{-38739,94}{(1+0,2)^2} + \frac{60647,4}{(1+0,2)^3} + \frac{114295,4}{(1+0,2)^4} + \frac{131439,7}{(1+0,2)^5} + \frac{151155,7}{(1+0,2)^6} + \frac{173829,1}{(1+0,2)^7} + \frac{199903,4}{(1+0,2)^8} + \frac{229888,9}{(1+0,2)^9} = 202012,43 \text{ грн.}$$

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Характеристика умов праці на насосній станції

На насосній станції діють наступні шкідливі та небезпечні виробничі чинники:

- Підвищений рівень шуму;
- Підвищений рівень вібрації;
- Підвищена вологість в приміщеннях насосної станції;
- Небезпека ураження електричним струмом;
- Можливість падіння працівників з висоти, можливість падіння предметів на працівників (при виконанні робіт на висоті);
- Неприятливі погодні умови (при виконанні робіт поза приміщеннями);
- Наближення до обертових механізмів.

### 4.2 Організаційно-технічні норми по забезпеченню безпеки персоналу

Відповідно до НПАОП 40.1-1.07-01 Правила техніки безпеки при експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених місць встановлено певні вимоги до охорони праці.

Організаційно-технічні заходи, щодо забезпечення та підвищення техніки безпеки об'єктів водопостачання та водовідведення, повинні бути спрямовані на:

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>						
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата				Літера	Аркуш	Аркушів	
Розробив		Тарабар О.А.			Розрахунок головних параметрів та моделювання системи електропостачання насосної станції			М	58	83	
Перевірив		Василега П.О.									
Н.контр.		Никифоров М.А						СУМДУ ЕТ.М-11			
Затв.		Лебединський І.Л									

1) забезпечення персоналу надійними засобами захисту, а також приладами контролю, вимірювання та сигналізації відповідно до небезпечних та шкідливих виробничих факторів;

2) контроль персоналу відповідно до безпечних методів роботи, використання засобів захисту та правильного їх використання;

3) удосконалення архітектурно-конструкторських та технологічних процесів, підвищення рівня механізації та автоматизації, а також створення безпечних та комфортних умов праці.

Всі роботи з охорони праці проводяться регулярно, ґрунтуючись на місячних, річних (по кварталах) та перспективних (п'ятирічних) планах, що розробляються на основі аналізів травматизму та професійних захворюваностей. Персоналу об'єктів як водопостачання, так і водовідведення, дозволено працювати на робочому місці лише після проходження навчання та перевірки здобутих знань з техніки безпеки для забезпечення належних умов праці. Для навчання та інструктажу персоналу на підприємстві повинні бути створені кабінети і кутки техніки безпеки, обладнані засобами наочності, плакатами, інструкціями, програмами та зразками захисних і профілактичних заходів. Підприємства регулюють постійний контроль за рівнем і якістю техніки безпеки, шляхом впровадження більш прогресивних методів (коефіцієнт безпеки, трирівневий контроль тощо):

- контроль I рівня проводиться щоденно майстром і черговим, призначеними з числа робітників (згідно з графіком). Одночасно контролюється стан робочого місця, інструментів, машин і установ, наявність засобів безпеки тощо. Результати перевірок фіксуються в журналі усунення виявлених несправностей;
- контроль II рівня здійснюється майстром не рідше одного разу на тиждень;

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

- контроль III ступеня («День охорони праці») здійснюється комісією під головуванням головного інженера за участю голів територіальних комітетів профспілок, інженерів з охорони праці, начальників цехів (відділів) та ін. експертів. За результатами перевірок розробляються підприємствам заходи, розпорядження та приписи щодо недопущення повторення виявлених порушень.

Результати перевірок систематично обговорюються на ділових нарадах, засіданнях місцевих комітетів тощо. Для забезпечення безпеки будівель і обладнання необхідно огороджувати рухомі і небезпечні частини, фіксувати і кріпити їх при обслуговуванні і транспортуванні, блокувати включення в неробочих і аварійних ситуаціях, робочі органи машин, освітлення і обладнання, управління механізми, пристрої керування та ін. При необхідності слід використовувати системи місцевої вентиляції, витяжки, фільтри, огорожі та екрани, гасники шуму та вібрації. Усі небезпечні зони на території та в спорудах водопостачання та водовідведення повинні бути надійно закриті або огорожені. Розміщуйте світлові та добре видимі знаки або плакати в небезпечних місцях. Працівники підприємств водопостачання та водовідведення повинні бути екіпіровані спецодягом, спецвзуттям та засобами безпеки згідно з чинними нормативними документами, а також засобами індивідуального захисту. Всі надані працівникам засоби захисту, спецодяг, спеціальне взуття тощо, повинно відповідати розмірам і зросту працівника, а також підганятись відповідно до індивідуальних розмірів кожного одержувача. Тож працівники таких підприємств мають право вимагати від своїх роботодавців увесь належний спецодяг, а також засоби захисту під час роботи.

2'					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

Якщо з виробничих причин, а не з недбалості працівників, спеціальний одяг і взуття прийшли в непридатність до закінчення регламентованого терміну, вони беззаперечно підлягають безкоштовній заміні працедавцем, згідно з прийнятим законодавством.

Для працівників підприємств водопостачання та водовідведення має бути організовано медичне обслуговування відповідно до вимог санітарних органів.

У всіх службах та в аварійних автомобілях повинні бути у наявності укомплектовані аптечки та засоби надання домедичної допомоги постраждалим.

Якщо виникають на об'єктах систем водопостачання та водовідведення певні умови, що загрожують життю та здоров'ю працівників, то вони зобов'язані призупинити небезпечні роботи, що проводять. Про це працівники повинні негайно повідомити своєму керівництву, одночасно вживаючи всіх необхідних заходів для запобігання небезпеці.

Кожен з робітників зобов'язаний дотримуватися чітко встановлених правил поведінки з машинами, механізмами, інвентарем, користуватися виданими засобами індивідуального захисту, суворо дотримуватися інструкцій і правил техніки безпеки, а також внутрішнього розпорядку підприємства.

Забороняється виконувати роботи на несправному обладнанні, при знятих або несправних огороженнях, відсутності захисних засобів та в інших умовах, що загрожують життю чи здоров'ю персоналу. Інструменти, які використовуються у роботі, повинні бути справними.

Механізми та електродвигуни повинні бути негайно (аварійно) відключені у таких випадках:

роб					МП 3.8.141.501 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		61

- при нещасному випадку з людиною, що потребує негайної зупинки двигуна;
- поява задимленості або вогню з двигуна або його пускорегулюючої апаратури;
- сильної вібрації;
- поломки приводного механізму;
- неприпустимо високому нагріванні підшипників та трансмісій;
- при сильному зниженні швидкості обертання, що супроводжується швидким нагріванням двигунів та машин, тощо.

При роботах з реагентами повинні вживатися заходи, що запобігають розпорошенню, випаровуванню та розливу їх по підлозі. Роботи повинні виконуватись із застосуванням відповідних засобів індивідуального захисту персоналу.

При проведенні у приміщеннях робіт, пов'язаних із виділенням шкідливих речовин, має бути забезпечена постійна робота систем вентиляції.

При направленні робітників на виконання небезпечних робіт (робота в колодязях, підземних комунікаціях, резервуарах та інших ємнісних спорудах, при монтажі та ремонті водопідйомного обладнання свердловин, робота, пов'язана з транспортуванням хлору та інших сильнодіючих отруйних речовин, робота на висоті тощо). відповідальні за виконання робіт керівники зобов'язані виписувати наряд-допуск.

Перелік небезпечних робіт, на які виписується наряд-допуск, розробляється на підприємстві та затверджується головним інженером.

Роботи в колодязях, підземних комунікаціях, резервуарах та інших ємнісних спорудах повинна виконувати бригада не менше ніж із трьох осіб. Робочі повинні бути забезпечені запобіжними лямковими поясами та тросами. Довжина тросу має бути більшою за глибину резервуара або колодязя.

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		62

Також перед виконанням робіт потрібно визначити загазованість споруд газоаналізаторами (індикаторами газу або лампами типу ЛБВК) також при необхідно забезпечити вентиляцію споруд. Ремонт обладнання, що знаходиться під водою, в резервуарах та інших ємнісних спорудах, повинен здійснюватися тільки після очиснення їх від води; про проведення робіт на цих спорудах потрібно повідомити диспетчера, майстра та інших керівників робіт.

Місця проведення ремонтних робіт в вологих умовах повинні освітлюватись переносними електричними лампами, що живляться від трансформатора з вторинною напругою не вище 12 В.

При роботах в колодязях та інших підземних комунікаціях, грабельних приміщеннях насосних станцій, очисних спорудах водовідведення та інших місцях, які можуть накопичуватися вибухонебезпечні гази, дозволяється користуватися для освітлення акумуляторними ліхтарями напругою не вище 6 В.

Всі експлуатаційні та ремонтні роботи на спорудах, персонал повинен виконувати у спецодязі. Спецодяг потрібно систематично прати, піддавати хімчистці при необхідності обробляти у дезінфекційних камерах та ремонтувати.

Проходи та сходи не повинні бути заставлені, залиті водою або олією. Їх слід тримати в чистоті, а взимку очищати від льоду та снігу. Не можна використовувати проходи для складування матеріалів.

При роботах на спорудах і в приміщеннях дозволяється використовувати приставні сходи та драбини.

Щаблі дерев'яних приставних драбин повинні бути врізані . Нижні кінці сходів забезпечують упорами у вигляді металевих шипів або гумових наконечників .

Розсувні сходи-драбини обладнують пристроями, що запобігають від мимовільного зсуву. Щаблі драбини повинні бути випробувані у встановленому порядку (результати випробування записують до журналу). На тятиві драбини

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		63

слід встановлювати бирку із зазначенням інвентарного номера та дати випробування.

#### **4.3 Вимоги безпеки робіт в електроустановках.**

Усі роботи пов'язані з ремонтом, обслуговуванням та експлуатацією електроустановок насосної станції проводяться відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС) [8], Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів .

Приміщення, в яких розміщуються електроустановки, що створюють шкідливі виробничі фактори, повинні відповідати вимогам діючих санітарних норм щодо проектування промислових підприємств. Рівні освітлення, опалення і вентиляція приміщень повинні відповідати вимогам будівельних норм і правил.

До виконання робіт по ремонту та обслуговуванню електрообладнання допускаються працівники не молодше 18 років, які пройшли навчання та перевірку знань з питань охорони праці та технології виконання робіт, та не мають медичних протипоказань для виконання робіт в діючих електроустановках. В процесі трудової діяльності всі працівники проходять інструктажі з охорони праці, щорічні навчання та перевірку знань з ПБЕЕС, ПТЕЕС та пожежної безпеки. Працівники, які не пройшли навчання та перевірку знань до роботи не допускаються.

Усі роботи у електроустановках насосної станції можуть виконуватися за нарядом-допуском, розпорядженням та в порядку поточної експлуатації. Список цих робіт розробляється особою відповідальною за електрогосподарство та затверджується керівником підприємства.

Усі працівники забезпечуються необхідними засобами захисту, спецодягом та спецвзуттям. Засоби індивідуального захисту, пристрої та інструмент, що застосовують для обслуговування електроустановок, будівель та споруд підприємств, повинні підлягати огляду і випробуванням, використовувати засоби захисту, які не пройшли періодичного випробування, заборонено.

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		64



Всі працівники під час виконання робіт в електроустановках повинні керуватися ПБЕЕС та інструкціями з охорони праці, що встановлюють вимоги безпеки за обсягом, обов'язковим для працівників даної спеціальності, і також знати та виконувати вимоги безпеки праці, що стосуються електроустановок, якимін обслуговує, та організацію праці на робочому місці.

Також всі працівники повинні знати методи і з вивільнення потерпілого від дії електричного струму та вміти надавати долікарську допомогу. В кожному підрозділі із електрогосподарства споживача, на виробничих ділянках, у кімнатах для оперативних (чергових) працівників повинні бути аптечки або сумки першої допомоги з постійним запасом медикаментів і медичних засобів.

Будівлі, приміщення, споруди електроустановок повинні бути оснащені первинними засобами пожежогасіння, а працівники, які перебувають у цих приміщеннях, повинні бути навчені відповідним діям у разі виникнення пожежі, правилам користування вогнегасниками та первинними засобами пожежогасіння.

#### **4.4 Вимоги до використання засобів індивідуального захисту**

При виконанні робіт в приміщеннях систем водопостачання потрібно користуватись наступними засобами індивідуального захисту:

Запобіжні пояси;  
Ізолюючі протигази;  
Газоаналізатори;  
Огородження; Знаки безпеки; Захисні каски; Захисні жилети; Захисні окуляри;

Відповідно до НПАОП 40.1-1.07-01 «Правила експлуатації електрозахисних засобів» регламентується використання засобів захисту при роботі у діючих електроустановках.

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		65

Працівників, які обслуговують електроустановки, необхідно забезпечити усіма необхідними засобами захисту, навчити правилам користування цими засобами і зобов'язати застосовувати їх для створення безпечних умов праці.

Засоби захисту необхідно розміщувати як інвентарні в приміщеннях електроустановок (в РУ, цехах електростанцій, на трансформаторних підстанціях, в розподільних пунктах тощо) або в складі інвентарного майна оперативно-виїзних бригад, бригад експлуатаційного обслуговування, пересувних високовольтних лабораторій тощо.

Засоби захисту можуть також видаватись для індивідуального користування.

Усі електрозахисні засоби і запобіжні пояси, що перебувають в експлуатації, повинні мати інвентарні номери, за винятком захисних касок, діелектричних килимів, ізолювальних підставок, плакатів і знаків безпеки, захисних огорожень.

Засоби захисту, крім ізолювальних підставок, діелектричних килимів, переносних заземлень, захисних огорожень, плакатів і знаків безпеки, необхідно випробовувати згідно з нормами експлуатаційних випробувань

Засоби захисту, що не витримали випробування, потрібно вилучити з експлуатації, і штамп необхідно перекреслити червоною фарбою.

Забороняється зберігати засоби захисту, що не витримали випробування або термін випробування яких минув, разом з придатними для користування засобами захисту

Таблиця 4.1 – Норми комплектування засобами захисту розподільних пристроїв напругою понад 1000 В

Назва засобу захисту	Кількість
Ізолювальна штанга (оперативна або універсальна)	2 шт. на кожний клас напруг
Показчик напруги	2 шт. на кожний клас напруг

Продовження таблиці 4.1 – Норми комплектування засобами захисту розподільних пристроїв напругою понад 1000 В

Назва засобу захисту	Кількість
Ізолювальні кліщі (за відсутності універсальної штанги)	1 шт. на кожний клас напруг
Діелектричні рукавички	Не менше 2 пар
Діелектричне взуття (для ВРУ)	1 пара
Переносні заземлення	Не менше 2 шт. на кожний клас напруг
Захисні огороження (щити)	Не менше 2 шт.
Плакати і знаки безпеки (переносні)	За місцевими умовами
Захисні окуляри	2 пари

Таблиця 4.2 – Норми комплектування засобами захисту розподільних пристроїв напругою до 1000 В

Назва засобу захисту	Кількість
Ізолювальна штанга (оперативна або універсальна)	За місцевими умовами
Показчик напруги	2 шт.
Ізолювальні кліщі	1 шт.
Діелектричні рукавички	2 пари
Діелектричні калоші	2 пари
Діелектричний килим або ізолювальна підставка	За місцевими умовами

Продовження таблиці 4.2 – Норми комплектування засобами захисту розподільних пристроїв напругою до 1000 В

Назва засобу захисту	Кількість
Захисні огороження, ізолювальні накладки, переносні плакати і знаки безпеки	За місцевими умовами
Захисні окуляри	1 пара
Переносні заземлення	За місцевими умовами

#### 4.6 Розрахунок зон захисту стрижневих блискавковідводів насосної станції

#### 4.7

Розрахувати висоту і зону захисту блискавковідводів, встановлених на двох порталах, і двох блискавковідводів, що стоять окремо, , вважаючи, що блискавковідводи розташовані симетрично по відношенню до вузької сторони. Надійність зони захисту від уражень блискавки  $PZ = 0,999$ .

Накреслити горизонтальний перетин зони захисту блискавковідводів на висоті  $h_x$  та вертикальний перетин зони захисту блискавковідводів, розташованих по діагоналі.

#### Вихідні дані

Таблиця 4.3 – Розрахункові параметри

A, м	B, м	L1, м	L2, м	L3, м	L4, м	L5, м	$h_x$ , м
60	40	40	38	34	8	12	10

### Розв'язання

Визначимо відстані  $L_6$  та  $L_7$  за наступними формулами:

$$L_6 = \frac{B - L_2}{2} = \frac{36 - 16}{2} = 10 \text{ м}$$

$$L_7 = \frac{B - L_3}{2} = \frac{36 - 30}{2} = 3 \text{ м}$$

Визначаємо відстані  $p_1$  і  $p_2$  :

$$p_1 = \sqrt{L_4^2 + L_6^2} = \sqrt{10^2 + 10^2} = 14,142 \text{ м}$$

$$p_2 = \sqrt{L_5^2 + L_7^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \text{ м}$$

Для зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу необхідної надійності радіус горизонтального перерізу  $r_x$  (при чому  $r_{x1}=p_1$ ) на висоті  $h_x$  визначається за формулою:

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0}$$

де  $r_0$  та  $h_0$  – це радіус та висота конуса, значення яких обчислюються за формулами, наведеними у таблиці 4.4 при  $P_3 = 0,999$ .

					МП 3.8.141.501 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		69

Таблиця 4.4 – Розрахунок зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу

Надійність захисту $P_z$	Висота блискавковідводу $h$ , м	Висота конуса $h_0$ , м	Радіус конуса $r_0$ , м
0,999	від 0 до 30	$0,7h$	$0,6h$
	від 30 до 100	$[0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$	$[0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	від 100 до 150	$[0,65 - 10^{-3}(h-100)]h$	$[0,5 - 2 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$

Зони захисту блискавковідводів висотою  $h \leq 30$  м були визначені на основі великих лабораторних досліджень. Надійність їх підтверджена тривалим досвідом експлуатації. Вони увійшли як складова частина до низки нормативних документів.

Потім встановлені зони захисту були поширені на блискавковідводи висотою до 100 м, при цьому було введено виправлення, що враховує зниження ефективності блискавковідводів висотою більше 30 м унаслідок бічних ударів блискавки, що уражають блискавковідводи в точках нижче його вершини.

Визначаємо висоту блискавковідводів  $h_1$  і  $h_2$  ( $h_1=h_2$ ). За ДБН при  $h$  від 0 до 30м.

$$\begin{aligned}
 h_0 &= 0,7 \cdot h_1 \\
 r_0 &= 0,6 \cdot h_1 \\
 r_x &= \frac{r_0 \cdot (h_0 - h_x)}{h_0}
 \end{aligned}$$

Розрахувавши систему, отримали :  $h_1 = h_2 = 21,59$  м.

Так як отримане значення не входить у заданий інтервал, перерахуємо, взявши формули для  $h$  від 30 до 100м. Система матиме вигляд:

$$\begin{aligned}
 h_0 &= [0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h_1 - 30)]h_1 \\
 r_0 &= [0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h_1 - 30)]h_1 \\
 r_x &= \frac{r_0 \cdot (h_0 - h_x)}{h_0}
 \end{aligned}$$

Розрахувавши систему, отримали :  $h_1 = h_2 = 21,475$ м.

Визначимо висоту блискавковідводів  $h_3$  і  $h_4$  ( $h_3=h_4$ ). За ДБН при  $h$  від 0 до 30м.

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

$$h_0 = 0,7 \cdot h_3 \cdot r_0$$

$$= 0,6 \cdot h_3$$

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0}$$

Розрахувавши систему, отримали :  $h_3 = h_4 = 25,32$  м

Граничні відстані  $L_{max}$  і  $L_c$  обчислюються за емпіричними формулами табл. 4.5, придатними для блискавковідводів висотою до 150 м.

Таблиця 4.5 – Розрахунок параметрів зони захисту подвійного стрижньового блискавковідводу

Надійність захисту $P_z$	Висота блискавковідводу $h$ , м	$L_{max}$ , м	$L_c$ , м
0,999	від 0 до 30	4,25h	2,25h
	від 30 до 100	$[4,25 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$	$[2,25 - 0,01007(h - 30)]h$
	від 100 до 150	4,0h	1,5h

Визначимо зони захисту блискавковідводів 1 та 2 :

$$L_{12} = L_2 = 16 \text{ м}$$

$$r_{01} = r_{02} = [0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3} \cdot (h_1 - 30)]h_1 = 12,954 \text{ м}$$

$$h_{01} = h_{02} = [0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4} \cdot (h_1 - 30)]h_1 = 15,113 \text{ м}$$

$$r_{x1} = r_{x2} = \frac{r_{01}(h_{01} - h_x)}{h_{01}} = \frac{23,93(28,35 - 6)}{28,35} = 7,811 \text{ м}$$

$$L_c = [2,25 - 0,01007 \cdot (h_1 - 30)]h_1 = 48,578 \text{ м}$$

$$L_{max} = [4,25 - 3,57 \cdot 10^{-3} \cdot (h_1 - 30)]h_1 = 91,757 \text{ м}$$

$$h_{c12} = h_{01} = 15,113 \text{ м}$$

$$r_{cx12} = \frac{r_{01}(h_{c12} - h_x)}{h_{c12}} = 7,811 \text{ м}$$

Розрахунок задовольняє умову  $h_x < h_{c12}$ .

Визначимо зони захисту блискавковідводів 3 та 4 :

$$L_{34} = L_3 = 30 \text{ м}$$

$$r_{03} = r_{04} = 0,6h_3 = 15,192 \text{ м}$$

$$h_{03} = h_{04} = 0,7h_3 = 17.724 \text{ м}$$

$$r_{x3} = r_{x4} = \frac{r_{03}(h_{03} - h_x)}{h_{03}} = 10.049 \text{ м}$$

$$L_{c34} = 2,25h_3 = 56.97 \text{ м}$$

$$L_{max} = 4,25h_3 = 107.61 \text{ м}$$

$$h_{c34} = h_{03} = 17.724 \text{ м}$$

$$r_{cx34} = \frac{r_{03}(h_{c34} - h_x)}{h_{c34}} = 10.049 \text{ м}$$

Розрахунок задовольняє умову  $h_x < h_{c34}$ .

Перевіримо зони захисту між блискавковідводами 1 та 3 за висоти  $h_1 = 21.59 \text{ м}$ .

$$L_{c13} = [2,25 - 0,01007 \cdot (h_1 - 30)]h_1 = 48.578 \text{ м}$$

$$L_{max13} = [4,25 - 3,57 \cdot 10^{-3} \cdot (h_1 - 30)]h_1 = 91.757 \text{ м}$$

$$h_{c13} = h_{01} = 15.113 \text{ м}$$

Перевіримо зони захисту між блискавковідводами 1 та 3 за висоти  $h_3 = 25.32 \text{ м}$

$$L_{c31} = 2,25h_3 = 56.97 \text{ м}$$

$$L_{max31} = 4,25h_3 = 107.61 \text{ м}$$

$$h_{c31} = h_{03} = 17.724 \text{ м}$$

$$h_{c \min 13} = \frac{h_{c13} + h_{c31}}{2} = \frac{15.113 + 17.724}{2} = 16.419 \text{ м}$$

$$r_{c013} = \frac{r_{01} + r_{03}}{2} = \frac{12.594 + 15.192}{2} = 14.073 \text{ м}$$

$$r_{cx13} = \frac{r_{c013}(h_{c \min 13} - h_x)}{h_{c \min 13}} = \frac{14.073 \cdot (16.419 - 6)}{16.419} = 8.93 \text{ м}$$

Визначимо параметри зони захисту між 1 та 4 (2 та 3) блискавковідводами.

$$L_{14} = \sqrt{(L_1)^2 + \left(L_2 + \frac{L_3 - L_2}{2}\right)^2} = 41.049 \text{ м}$$

Розрахуємо зону захисту між блискавковідводами 1 та 4 (2 та 3) за умови, що висота  $h_1 = 21.59 \text{ м}$

					МР 3.8.141.501 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		72



$$L_{c14} = [2,25 - 0,01007 \cdot (h_1 - 30)]h_1 = 48.578 \text{ м}$$

$$L_{max14} = [4,25 - 3,57 \cdot 10^{-3} \cdot (h_1 - 30)]h_1 = 91.757 \text{ м}$$

$$h_{c14} = h_{01} = 15.113 \text{ м}$$

Розрахуємо зону захисту між блискавковідводами 1 та 4 (2 та 3) за умови, що висота  $h_4 = 25.32 \text{ м}$

$$L_{c41} = 2,25h_4 = 56.97 \text{ м}$$

$$L_{max41} = 4,25h_4 = 107.61 \text{ м}$$

$$h_{c41} = h_{04} = 17.724 \text{ м}$$

Перевіримо зони захисту блискавковідводів 1 та 4 (2 та 3) при спільній їх дії :

$$h_{cmin14} = \frac{h_{c14} + h_{c41}}{2} = 16.419 \text{ м} \quad \text{I} \quad r$$

$$\text{II} \quad r_{c014} = \frac{r_{01} + r_{04}}{2} = 14.073 \text{ м}$$

$$\text{I} \quad r_{cx14} = \frac{r_{c014}(h_{cmin14} - h_x)}{h_{cmin14}} = 8.93 \text{ м}$$

В даному завданні були розраховані висота і зона захисту блискавковідводів, які встановлені на двох порталах і двох блискавковідводах, що стоять окремо. Був накреслений горизонтальний перетин зони захисту блискавковідводів на висоті  $h_x$  та вертикальний перетин зони захисту блискавковідводів.

В результаті розрахунку отримали наступну зону захисту рис.4.2:

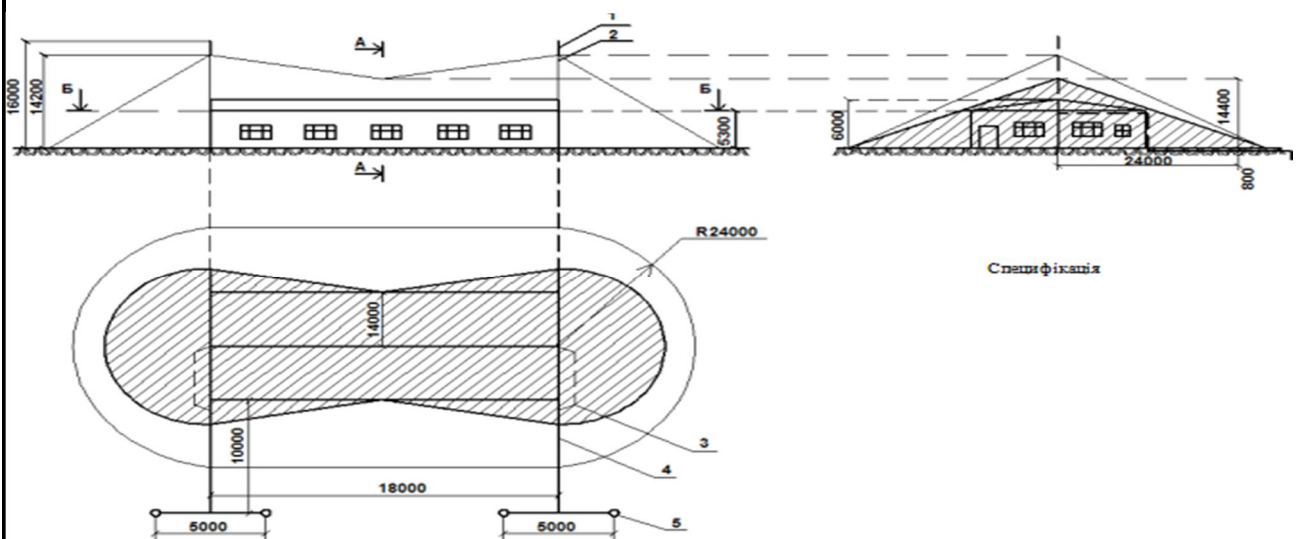


Рис. 4.2 – Зона захисту насосної станції

										Арк.
										73
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата						

## ВИСНОВКИ

В цій роботі були розраховані головні параметри системи електропостачання насосної станції, наведено характеристики основних електроприймачів насосної станції, створенно модель системи електропостачання, розглянуто питання охорони праці при проведенні робіт на насосній станції, а також основні засоби індивідуального захисту, які використовуються під час роботи, розглянуті також економічні питання.

Навантажувальна здатність станції, обчислили з використанням заданих параметрів приймального пристрою та з урахуванням коефіцієнта потреби системи.

На даних потужності навантаження було проведено обрахунок необхідних трансформаторів ТП, вибрано тип трансформаторів та приведено основні їх параметри.

Розглядаючи задачу компенсації реактивної потужності, виконано розрахунок потужності конденсаторного вузла компенсації. Розраховано переріз провідників системи електроживлення насосної станції, визначено падіння напруги в провідниках.

Виконано роботу із розрахунків струмів КЗ в основних точках, якими є шини РУ 10кВ та шини 0,4 кВ на ТП-1, ТП-2, ТП-3.

Вибір розподільчої апаратури (автоматичних вимикачів, пристроїв плавного пуску, контакторів, роз'єднувачів і вимикачів навантаження) здійснюється на основі розрахункових струмів КЗ і навантаження.

У другій частині будується модель системи електропостачання насосної станції. З проведених експериментів ми отримали розрахунковий добовий графік навантаження насосної станції. Також було виконано моделювання короткого замикання контрольної точки та порівняння змодельованих трифазних струмів короткого замикання з попередньо розрахованими струмами.

					МП 3.8.141.501 ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

В економічному розділі проведено розрахунок економії коштів на модернізацію системи зовнішнього освітлення насосної станції, яка передбачала заміну світильників на ДРЛ на світлодіодні лампи.

Також був проведений розрахунок терміну окупності, а також розрахунок чистого зменшення доходу від проведеної модернізації. Також враховано охорону праці та запропоновано організаційно-технічні заходи щодо забезпечення безпеки технологічного обладнання насосної станції. Дає основні правила виконання робіт в електроустановках. Також є перелік засобів індивідуального захисту, які використовуються під час роботи.

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		75

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

1. Програма курсу, контрольні завдання і методичні вказівки до виконання курсового проекту «Електрична частина станцій та підстанцій» для студентів спеціальності 6.05070103 «Електротехнічні системи електроспоживання» усіх форм навчання / Укладачі: Д.В. Муриков, І.Л. Лебединський, П.О. Василега, С.М. Лебеда. – Суми: Вид-во СумДУ, 2017. – 34 с.
2. Електропостачання : підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
3. Правила улаштування електроустановок. – Х.: Видавництво «Індустрія», 2014 – 300с.
4. ДБН В 25-23-2003. Інженерне обладнання будинків і споруд.
5. Каталог продукції АВВ <https://voltline.ua/catalogs.html>
6. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів.- Х.:видавництво «Форт», 2012.-374с.
7. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії Під заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: «Українські енциклопедичні знання», 2007. – 559
8. Енергетичні ресурси та потоки За заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2003. – 468 с.
9. Проблеми загальної енергетики/. Стогній Б.С., Жовтянський В.А. Енергозбереження та енергетична безпека України – 2005. – № 12. – С. 7–14.
10. Закон про електроенергетику № 575/97-ВР у редакції від 01.01.2014.
11. Інтелектуальні системи керування потоками електроенергії у локальних об'єктах / О.В. Кириленко, Ю.С. Петергеря, Т.О. Терещенко, В.Я. Жуйков. – К.: Медіа ПРЕС, 2005. – 212 с.
12. Дослідження тенденцій розвитку вітроенергетики в Європі і в Україні С. Кудря, Б. Тучинський, В. Дресвянніков, З. Рамазанова /Вітроенергетика України. – 2004. – № 1–2. – С.4–7.
13. 30 Years of Energy Use in IEA Countries. – Paris: IEA, 2004. – 211 p.

					МР 3.8.141.501 ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

14. Опис програми MathLab <https://uk.wikipedia.org/wiki/MATLAB>
15. Опис бібліотеки Simulink <https://uk.wikipedia.org/wiki/Simulink>
16. Положення про спеціальну підготовку і навчання з питань технічної експлуатації об'єктів електроенергетики.-Х.:видавництво «Форт», 2012.-40с
17. Правила експлуатації електрозахисних засобів.-Х.:видавництво «Форт», 208.-120 с.
18. Економічна енциклопедія: У трьох томах. Т. 1. / Редкол.: ...С. В. Мочерний (відп. ред.) та ін. – К.: Видавничий центр «Академія», 2000. – 864 с.
19. ДБН В 2.5-75-2013. Водопостачання зовнішні мережі та споруди.

					<b>МР 3.8.141.501 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		77

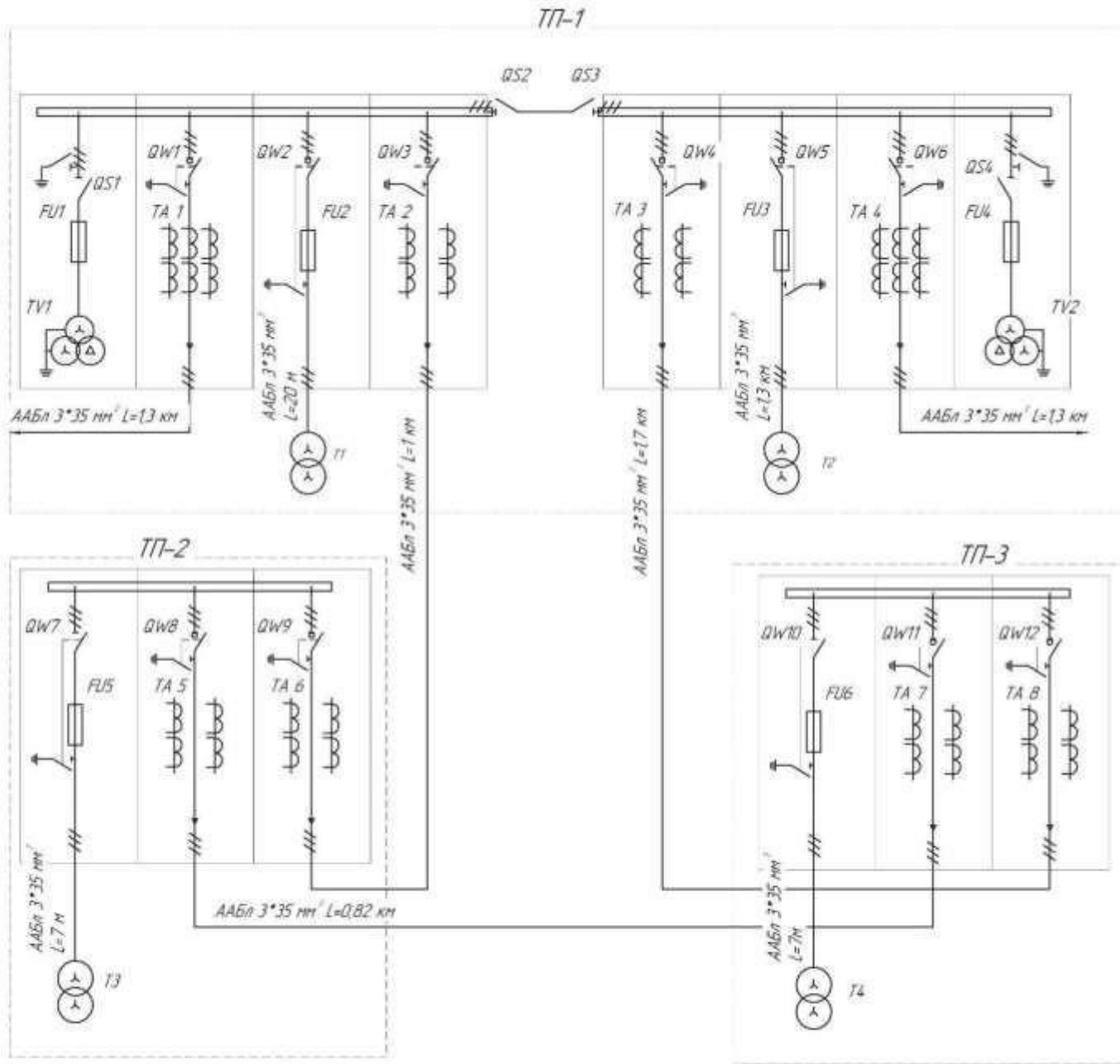
ДОДАТКИ

					МП 3.8.141.501 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		78

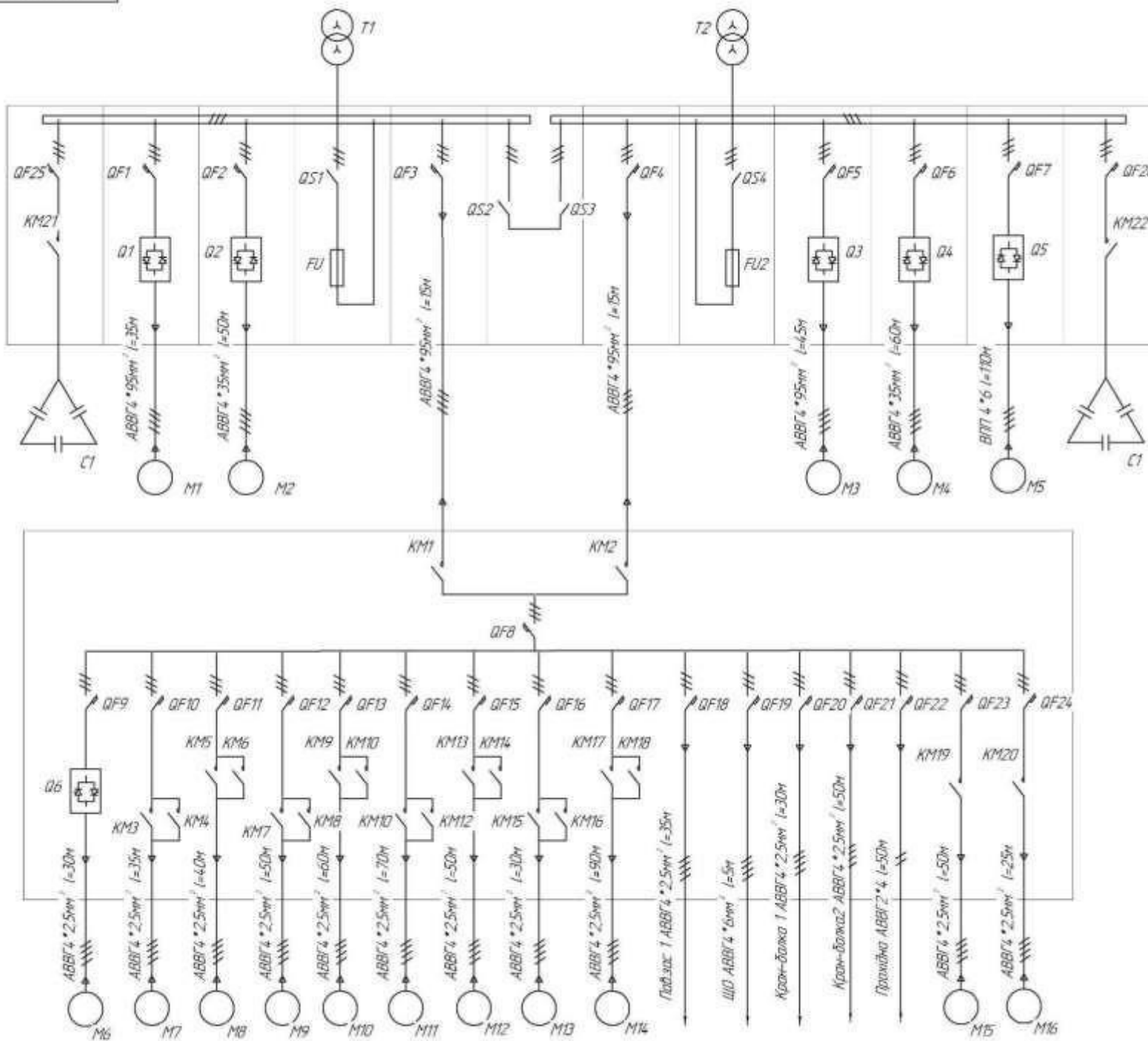








№	Об'єкт	Об'єкція	Назва об'єкції	к	Група об'єктів
	FU1-FU6		Заставки ПН 001-101/104	6	
	FU2, FU3		Заставки ПН 001-101/204	6	
	FU5		Заставки ПН 001-101/104	3	
	FU6		Заставки ПН 001-101/104	3	
	Q51, Q54		РН 10/400	4	
	QW1, QW12		РН-10/400-30	12	
	T1, T2		ТН-160/10	2	
	T3		ТН-63/10	1	
	T4		ТН-40/10	1	
	TV1, TV2		НТТ94-10	2	
	TA1, TA		ТН-10-30/5 У1	18	
НР 38 101/14					
№	№	№	№	№	№
Схема розподільчої мережі від					
заблення на місцевій станції					
СумДУ					

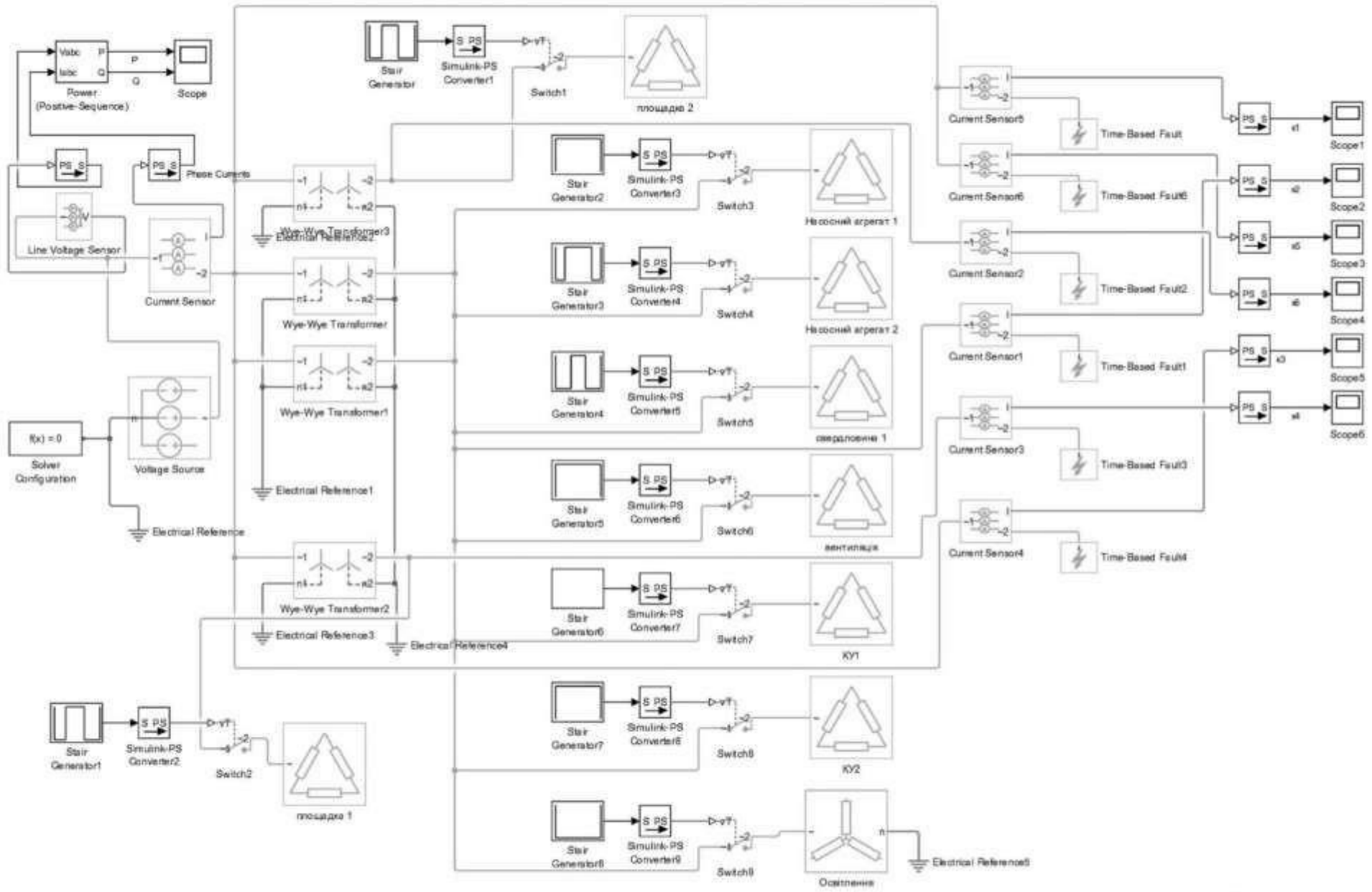


№	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
111113		Шкафы насосных агрегатов №1 2 МС №2280 5/1 75кВт	2	
112114		Шкафы насосных агрегатов №2 4 МС №2280 5/1 45кВт	2	
115		Замыкатели двигателей №1 №10 кв. 3РФ 80-02-41 85 кВт	1	
116		Шкафы автоматизации насосов №КС-1 7.5 кВт	1	
117,118		Шкафы плавильного агрегата №-10 100-400 5.5 кВт	8	
1115,116		Шкафы автоматизации №1 №14-75-2 Б 2.2 кВт	2	
Q51Q54		Рубильники РПС-3 400А	2	
Q52,Q53		Рубильники РПС-2 250А	2	
QF1,QF2,QF5,QF6,QF7		Автоматические выключатели АBB XT5 160 160А	5	
QF3,QF4,QF8		Автоматические выключатели АBB XT5 250 250А	3	
QF9,QF18,QF20,QF24		Автоматические выключатели АBB S200 10А	15	
QF19		Автоматический выключатель АBB S200 25А	1	
КМ11,КМ12		Контакторы АBB АФ150 150А	2	
КМ2,КМ20		Контакторы АBB АФ 09-30-80-13 10А	8	
Q1,Q3		Устройства плавного пуска Шкафы АBB PSTX 142	2	
Q2,Q4		Устройства плавного пуска Шкафы АBB PSTX 85	2	
Q5		Устройство плавного пуска Шкафы АBB PSTX 37	1	
Q6		Устройство плавного пуска Шкафы АBB PSTX 30	1	
1112		1114-160/100	2	
С1, С2		Конденсаторная установка КС2-0.66-40-3/3	2	

№ Р. 3.8.1014 ГЧ

Схема силовых сетей Руч. 4кВ ТП-1

СумДУ



				НП 38 В 10% ГУ			
№ п/п	Имя	№	Статус	№	Имя	Статус	№
1	Создатель	1	Создан	1	Имя	Статус	№
2	Модификатор	2	Изменен	2	Имя	Статус	№
3	Проверщик	3	Проверен	3	Имя	Статус	№
4	Утверждающий	4	Утвержден	4	Имя	Статус	№
				СумДУ			
				Страница 11			