

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

Завідувач кафедри  
електроенергетики  
\_\_\_\_\_І.Л. Лебединський

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2020 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

На тему: Аналіз режимів роботи системи електропостачання насосної станції та розрахунок головних її параметрів

**Спеціальність:** 141-Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**Освітня програма:** Електротехнічні системи електроспоживання

Виконав студент гр. ЕТдн-64С \_\_\_\_\_ Болюх Є.П.

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

# Сумський державний університет

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  
електроенергетики  
\_\_\_\_\_ Лебединський І.Л.  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

до виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра

Болюх Євген Петрович

1. Тема роботи :« Аналіз режимів роботи системи електропостачання насосної станції та розрахунок головних її параметрів»

затверджена наказом по університету № \_\_\_\_\_ від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

2. Термін здачі студентом закінченої роботи \_\_\_\_\_ р. \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи: 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. Характеристика об'єкту його електроприймачів та системи електропостачання.
  2. Визначення розрахункових навантажень насосної станції.
  3. Розрахунок необхідної потужності та вибір трансформаторів.
  4. Розрахунок компенсаційних установок \_\_\_\_\_
  5. Розрахунок параметрів та вибір перерізів провідників \_\_\_\_\_
  6. Розрахунок струмів короткого замикання \_\_\_\_\_
  7. Розрахунок параметрів та вибір електричних апаратів \_\_\_\_\_
  8. Охорона праці. \_\_\_\_\_
- Висновки по роботі. \_\_\_\_\_
- Список використаних джерел. \_\_\_\_\_

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

1. Схема силових мереж РУ 0,4 ТП-1.
2. Схема внутрішнього освітлення приміщень насосної станції.
3. Схема розподільчих мереж 10 кВ живлення насосної станції.
4. План освітлювальня територія насосної станції.

					БР 5.6.141.603 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата			
Розробив		Болюх Є.П.			Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Василега П.О.				Б	2
Н.контр.					СУМДУ		
Затв.		Лебединський І.Л.					

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика об'єкту його електроприймачів та системи електропостачання	04.05. 20- 07.05. 20	
2	Визначення розрахункових навантажень насосної станції	08.05. 20- 11.05. 20	
3	Розрахунок необхідної потужності та вибір трансформаторів	12.05. 20- 15.05. 20	
4	Розрахунок компенсаційних установок	16.05. 20- 19.05. 20	
5	Розрахунок параметрів та вибір перерізів провідників	20.05. 20- 23.05. 20	
6	Розрахунок струмів короткого замикання	24.05. 20- 26.05. 20	
7	Розрахунок параметрів та вибір електричних апаратів	27.05. 20- 29.05. 20	
8	Охорона праці.	30.05. 20- 02.06. 20	
9	Оформлення графічного матеріалу	03.06. 20- 04.06. 20	
10	Оформлення пояснювальної записки	05.06. 20	
11	Здача роботи на перевірку	06.06. 20	
12	Захист роботи	09.06.20	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		

## РЕФЕРАТ

49с. , 6 рис. , 21 табл. , 13 джерел , кресл. 4

**Об'єкт дослідження** – система електропостачання насосної станції.

**Мета роботи** – необхідно розрахувати параметри системи електропостачання та проаналізувати роботу системи електропостачання насосної станції.

**Графічні матеріали:** принципова схема силової мережі, принципова схема освітлювальної мережі, схема електрична принципова розподільчої мережі, план освітлення території.

**Ключові слова:** розрахунок, навантаження, потужність, коефіцієнт, струм, шафа розподільча, кабель, вимикач, освітлення, трансформатор, конденсатор, електродвигун.

Calculation, load, power, ratio, current, distribution cabinet, cable, switch, lighting, electric receiver, transformer, capacitor, electric motor.

Расчет, нагрузка, мощность, коэффициент, ток, шкаф распределительный, кабель, выключатель, освещение, трансформатор, конденсатор, электродвигатель.

**Короткий огляд:** У даній роботі виконано розрахунок навантажень, номінальних струмів, струмів короткого замикання, розрахунок втрат напруги. Вибрані кабелі та електрообладнання насосної станції. Для розрахунку навантажень взяті коефіцієнти з Державних будівельних норм В25-23-2003 Інженерне обладнання будинків і споруд (ДБН) [1] та методика коефіцієнта попиту. Вибір кабелів та електрообладнання здійснено за допомогою таблиць перетину кабелю, взятих з Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) [2] , номінального струму та навантаження.

					БР 5.6.141.603 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		4

## Зміст

Перелік умовних позначень та скорочень.....	6
Вступ.....	8
1. Характеристика об'єкту його електроприймачів та системи електропостачання.....	9
2. Визначення розрахункових навантажень насосної станції.....	13
2.1. Розрахунок навантаження двигунів. ....	13
2.2. Розрахунок навантаження освітлення.....	16
3. Розрахунок необхідної потужності та вибір трансформаторів.....	20
4. Розрахунок компенсаційних установок.....	22
4.1. Вибір способів компенсації реактивної енергії. ....	22
4.2. Розрахунок потужності конденсаторних батарей.....	23
5. Розрахунок параметрів та вибір перерізів провідників.....	26
6. Розрахунок струмів короткого замикання.....	32
7. Розрахунок параметрів та вибір електричних апаратів.....	37
8. Охорона праці.....	43
8.1. Характеристика умов праці.....	43
8.2. вимоги безпеки під час виконання робіт в електроустановках.....	43
Висновки.....	45
Список використаних джерел.....	46
Додатки .....	47

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата				
Розробив		Болюх Є.П.			Аналіз режимів роботи системи електропостачання насосної станції та розрахунок головних її параметрів	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Василега П.О.				Б	5	47
Н.контр.					СУМДУ			
Затв.		Лебединський І.Л.						

## Перелік умовних позначень та скорочень.

АВР - автоматичне увімкнення резерву;

АПВ - автоматичне повторне увімкнення;

АСК - автоматизована система керування;

АСКЕ - автоматизована система керування електрогосподарством споживача;

АСКП - автоматизована система керування підприємством;

ВРУ - відкрита розподільна установка;

ЗВТ - засоби вимірювальної техніки;

ЗДТК - засоби диспетчерського і технологічного керування;

ЗРУ - закрита розподільна установка;

ЗРУЕ - закрита розподільна установка елегазова;

КЗ - коротке замикання;

КЛ - кабельна лінія;

КРУ - комплектна розподільна установка (внутрішнього розташування);

КРУЕ - комплектна розподільна установка елегазова;

КРУЗ - комплектна розподільна установка (зовнішнього розташування);

КТП - комплектна трансформаторна підстанція;

НД - нормативно-правові акти та нормативно-технічні документи;

ОВБ - оперативно-виїзна бригада;

ОПН - обмежувач перенапруг;

ПА - протиаварійна автоматика;

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 ізольована;

ПУЕ - правила улаштування електроустановок;

					БР 5.6.141.603 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		6

РЗАіТ - релейний захист, автоматика і телемеханіка;

РПН - регулювання під навантаженням;

РУ - розподільна установка;

САВН - спеціальна автоматика відключення навантаження;

СІП - самоутримний ізольований провід;

СНЗ - спеціалізований навчальний заклад;

ССБП - система стандартів безпеки праці;

ТН - трансформатор напруги;

ТОР - система технічного обслуговування та ремонту;

ТС - трансформатор струму;

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

PEN-провідник - провідник в електроустановках на напругу до 1 кВ, який поєднує в собі функції захисного (РЕ-) і нейтрального (N-) провідників.

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		7

## Вступ

Сьогодні є актуальною проблема раціонального використання енергоресурсів у всіх сферах життєдіяльності. Від вибору оптимальних рішень питань забезпечення електроприймачів якісним постачанням електричної енергії залежить економічна ефективність використання електроенергії та параметри роботи основного обладнання. При розробці схем постачання та виборі електричних апаратів та провідників необхідно забезпечити мінімізацію втрат потужності, а також можливість довготривалої безаварійної роботи. Так як 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. Електроприймачі станції це:

- 2 насосних агрегати потужністю 75 кВт;
- 2 насосних агрегати потужністю 45 кВт;
- 6 заглиблених насоси потужністю 18,5 кВт;
- Дренажний насос потужністю 7,5 кВт;
- 2 кран-балки потужністю 9 кВт;
- 10 електрифікованих засувки потужністю 5,5 кВт;
- 2 вентиляційних установки потужністю 2,2 кВт;
- Опір системи  $3+j10$  Ом.

Заданий енергопостачальною організацією  $\tan \varphi = 0,2 - 0,3$

Мета роботи визначити навантаження станції, розрахувати необхідну потужність та тип силових трансформаторів встановлених на ТП, розрахувати потужність компенсаційних установок, вибрати оптимальних перерізів провідників, розрахувати струми КЗ, вибрати комутаційну апаратуру, розглянути питання охорони праці.

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата				
Розробив		Болюх Є.П.			Аналіз режимів роботи системи електропостачання насосної станції та розрахунок головних її параметрів	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Василега П.О.				Б	8	47
Н.контр.					СУМДУ			
Затв.		Лебединський І.І.						



# 1 Характеристика об'єкту його електроприймачів та системи електропостачання

Насосна станція призначена для викачування води зі свердловин та подальшого перекачування її до споживачів. До складу станції 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 станції здійснюється двома кабельними лініями 10 кВ. Відстань до ТП електросистеми – 1,3 км. Так як 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 5 свердловин. ТП-2 та ТП-3 мають з'єднання між собою кабельною лінією 10 кВ довжиною 1,1 км для забезпечення взаємного резервного живлення. На ТП-2 та ТП-3 встановлюються по одному силовому трансформатору.

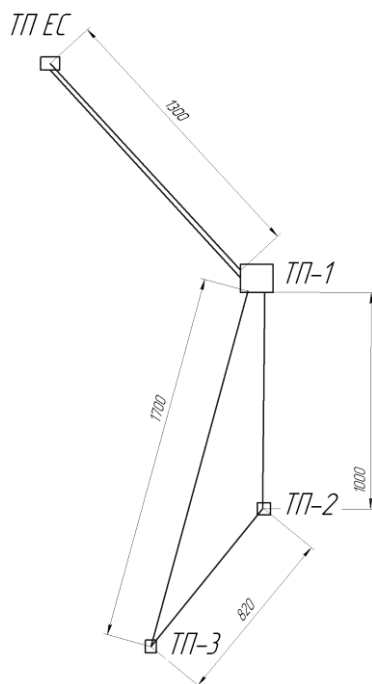


Рисунок 1.1 - Схема живлення станції 10 кВ

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>		
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата			
Розробив	Болюх Є.П.				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Василега П.О.				Б	9	47
Н.контр.					СУМДУ		
Затв.	Лебединський І.І.						
					Аналіз режимів роботи системи електропостачання насосної станції та розрахунок головних її параметрів		

На території станції розташовані наступні будівлі: будівля насосної станції з вбудованою в неї ТП-1, прохідна, резервуар чистої води, 2 павільйони засувок та павільйон свердловини №1.

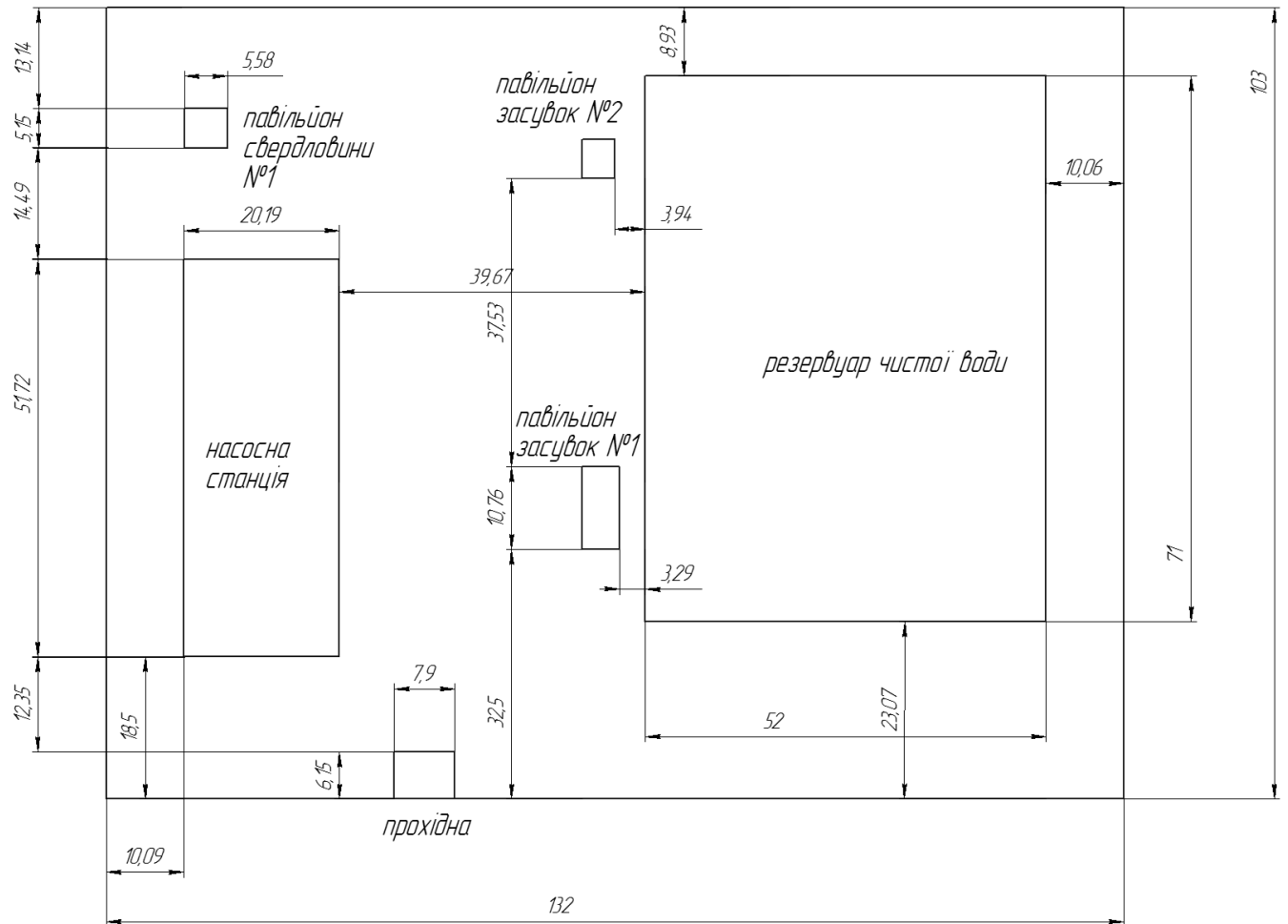


Рис1.2 - План території насосної станції

Основні електроприймачі станції:

- 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>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		10

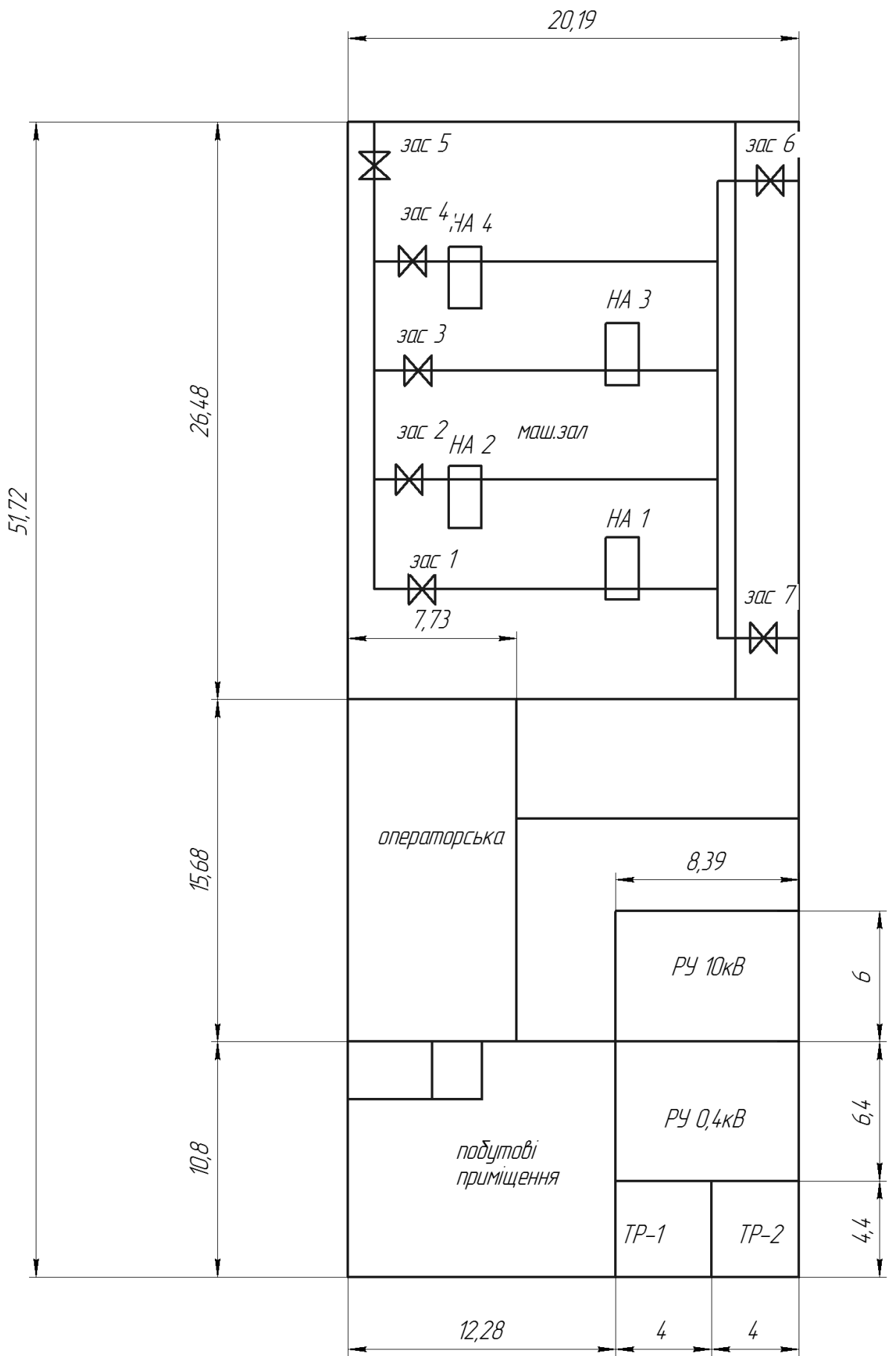


Рис 1.3 - План приміщення станції

Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата

БР 5.6.141.603 ПЗ

Арк.

11

Всього на станції встановлюються 4 насосних агрегати (2 робочих, 2 резервних), 2 кран-балки, 2 вентиляційних установки, 10 засувок з електроприводом, 1 дренажний насос, 6 заглиблених насосів свердловин.

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

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		12

## 2 Визначення розрахункових навантажень насосної станції

### 2.1 Розрахунок навантаження двигунів

Навантаження електродвигунів розраховуємо по встановленій потужності та коефіцієнту попиту ДБН [1].

Визначаємо встановлену потужність  $P_{ном}$  групи приймачів і коефіцієнти потужності  $\cos \varphi$  і попиту  $K_{п}$  даної групи результати заносимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Характеристика двигунів насосної станції

Електроприймач	Марка	$P_{ном}$ , кВт	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	кількість	$K_{в}$	$K_{п}$
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 225S/M	45	0,88	0,54	2	0,85	0,75
Насосні агрегати №1,3	WEG W22 280S/M	75	0,88	0,54	2	0,85	0,75
Двигун дренажного насоса	НЦС-1	7,5	0,86	0,59	1	0,85	0,5
Двигуни кран-балки	T10632	9	0,86	0,59	2	0,15	0,1
Двигуни привода засувки	ПД - 1400	5,5	0,87	0,57	10	0,2	0,15
Двигуни вентиляції	ВЦ4 - 75 - 3,15	2,2	0,86	0,59	2	0,7	0,75

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>					
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата	Аналіз режимів роботи системи електропостачання насосної станції та розрахунок головних її параметрів			Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Болюх Є.П.							Б	13	47
Перевірив	Василега П.О.							СУМДУ		
Н.контр.										
Затв.	Лебединський І.І.									

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

$$P_p = K_{\Pi} \cdot P_{\text{ном}} \quad (2.1)$$

де  $K_{\Pi}$  – коефіцієнт попиту.

Розраховуємо навантаження площадки № 1, на якій знаходяться 2 заглиблених насоси, за формулою 2.1:

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

Розраховуємо навантаження площадки № 2, на якій знаходяться 3 заглиблених насоси, за формулою 2.1:

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

Розраховуємо навантаження електродвигунів станції, за формулою 2.1:

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

Загальне активне навантаження насосної станції:

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

Розраховуємо реактивне навантаження двигунів станції за формулою:

$$Q_p = P_p \cdot \tan \varphi \quad (2.2)$$

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

Реактивне навантаження площадки №1:

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

					БР 5.6.141.603 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		14

Реактивне навантаження площадки №2:

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

Розраховуємо реактивне навантаження електродвигунів станції:

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

Загальне реактивне навантаження насосної станції:

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

Повне навантаження визначаємо за формулою:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.3)$$

Повне навантаження площадки №1:

$$S_{p_{пл1}} = \sqrt{27,75^2 + 14,15^2} = 31,15 \text{ (кВА)}.$$

Повне навантаження площадки №2:

$$S_{p_{пл2}} = \sqrt{41,63^2 + 21,23^2} = 46,73 \text{ (кВА)}.$$

Розраховуємо повне навантаження електродвигунів станції:

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

Загальне повне навантаження насосної станції:

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

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		15

## 2.2 Розрахунок навантаження освітлення

Освітлення станції здійснюється світлодіодними світильниками. Параметри встановлених світильників приведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Параметри світильників насосної станції

Приміщення	Тип світильника	Кількість	Потужність, Вт	$K_B$	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$
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

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		16



Визначаємо активне навантаження освітлення станції за формулою 2.1:

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

Визначаємо реактивне навантаження освітлення станції за формулою 2.2:

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

Розраховуємо повне навантаження освітлення станції за формулою 2.3:

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

Таблиця 2.3 - Параметри світильників площадки №1

Приміщення	Тип світильника	Кількість	Потужність, Вт	$K_b$	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$
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>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		17

Визначаємо активне навантаження освітлення площадки №1 за формулою

2.1:

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

Визначаємо реактивне навантаження освітлення площадки №1 за формулою 2.2:

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

Розраховуємо повне навантаження освітлення площадки №1 за формулою 2.3:

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

Таблиця 2.4 - Параметри світильників площадки №2

Приміщення	Тип світильника	Кількість	Потужність, Вт	$K_B$	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$
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

2.1:

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

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		18

Визначаємо реактивне навантаження освітлення площадки №1 за формулою 2.2:

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

Розраховуємо повне навантаження освітлення площадки №1 за формулою 2.3:

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

					БР 5.6.141.603 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		19

### 3 Розрахунок необхідної потужності та вибір трансформаторів

Відповідно до розрахованого навантаження електроприймачів насосної станції визначаємо необхідну 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, на якій встановлюється один силовий трансформатор необхідна потужність визначається за виразом:

$$S_T \geq S_H$$

$$S_{p_{пл1}} = 46,73 + 0,057 = 46,787 \text{ (кВА)}.$$

Вибираємо найближчу стандартну номінальну потужність трансформатора

$$S_T = 63 \text{ кВА}$$

Для встановлення вибираємо трансформатор ТМ-63/10, характеристики якого наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри силового трансформатора ТП-2

Тип	$U_B$ , кВ	$U_H$ , 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, на якій також встановлюється один силовий трансформатор необхідна потужність визначається аналогічно попередньому.

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата				
Розробив	Болюх Є.П.				Літера		Аркуш	Аркушів
Перевірив	Василега П.О.				Б		20	47
Н.контр.					СУМДУ			
Затв.	Лебединський І.І.							
					Аналіз режимів роботи системи електропостачання насосної станції та розрахунок головних її параметрів			

$$S_{p\text{пл}2} = 31,15 + 0,048 = 31,198 \text{ (кВА)}.$$

Вибираємо найближчу стандартну номінальну потужність трансформатора

$$S_T = 40 \text{ кВА}$$

Для встановлення вибираємо трансформатор ТМ-40/10, характеристики якого наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри силового трансформатора ТП-3

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

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

$$S_{tr} \geq \frac{S_{p\text{ст}}}{1,4}$$

$$S_{p\text{ст}} = 192 + 3,8 = 195,8 \text{ (кВА)}.$$

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

Вибираємо найближчу стандартну номінальну потужність трансформатора

$$S_T = 160 \text{ кВА}$$

Для встановлення вибираємо трансформатор ТМ-160/10, характеристики якого наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – 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

## 4 Розрахунок компенсаційних установок

### 4.1 Вибір засобів компенсації реактивної енергії

Заходи компенсації забезпечують зменшення реактивної потужності, що перетікає між джерелами й електроприймачами природно без використання спеціальних засобів компенсації, а тому зазвичай не потребують великих матеріальних витрат для їх реалізації. Заходи компенсації впроваджуються першочергово. При недостатності даних засобів для досягнення необхідного ступеня компенсації, розглядаються й упроваджуються засоби штучної компенсації.

До основних заходів компенсації реактивної потужності належать:

- заміна на менш потужні або відключення частини силових трансформаторів, завантажених у середньому менше ніж на 30 %;
- розроблення та впровадження заходів із вирівнювання графіків навантаження й покращання енергетичного режиму роботи силового електрообладнання;
- створення раціональної схеми електропостачання шляхом зменшення кількості трансформаторів між джерелом і електроприймачами;
- правильний вибір електродвигунів за потужністю та видом;
- заміна асинхронних двигунів, завантажених менше ніж на 70 % їх номінальної потужності;
- перемикання статорних обмоток асинхронного двигуна напругою до 1 кВ, основною схемою якого є схема «трикутник», на схему «зірка», якщо двигун завантажений менше ніж на 40 % номінальної потужності;
- покращання якості ремонту двигунів;
- обмеження тривалості роботи в режимі неробочого ходу двигунів і зварювальних трансформаторів;

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата				
Розробив		Болюх Є.П.			Аналіз режимів роботи системи електропостачання насосної станції та розрахунок головних її параметрів	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Василега П.О.				Б	22	47
						СУМДУ		
Н.контр.								
Затв.		Лебединський І.Л.						

- заміна асинхронних двигунів синхронними;
- упорядкування технологічних процесів.

## 4.2 Розрахунок потужності конденсаторних батарей

Розрахунок потужності конденсаторних батарей виконуємо згідно Електропостачання : підручник / П. О. Василега (електропостачання) [4]

Розраховуємо  $\tan \varphi$  насосної станції з урахуванням холостого ходу трансформаторів.

Визначаємо втрати в трансформаторах.

Втрати активної потужності визначаємо за формулою:

$$\Delta P = \sum \Delta P_K + \sum \Delta P_{xx}. \quad (4.1)$$

Розрахунок:

$$\Delta P = 2 \cdot 450 + 160 + 230 + 2 \cdot 2600 + 880 + 1280 = 8650 \text{ (Вт)} = 8,65 \text{ (кВт)}$$

Втрати реактивної потужності визначаємо за формулою:

$$\Delta Q = \sum \Delta Q_K + \sum \Delta Q_{xx}. \quad (4.2)$$

$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_x S_{ном}}{100}. \quad (4.3)$$

$$\Delta Q_K = \frac{U_K S_{ном}}{100}. \quad (4.4)$$

Розрахунки:

$$\Delta Q_{xx \text{ тп-1}} = \frac{1,9 \cdot 160 \cdot 10^3}{100} = 3040 \text{ (ВАр)}.$$

$$\Delta Q_{xx \text{ тп-2}} = \frac{2,6 \cdot 63 \cdot 10^3}{100} = 1638 \text{ (ВАр)}.$$

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

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

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		23

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

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

$$\Delta Q = 2 \cdot 3040 + 1638 + 1120 + 2 \cdot 7200 + 2835 + 1800 = 27873(\text{ВАр}) \\ = 27,873 (\text{кВАр}).$$

Повне активне навантаження станції:

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

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

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

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

Необхідна потужність конденсаторної установки розраховується за формулою:

$$Q_{\text{ку}} = P_{\text{стз}} \cdot (\tan \varphi_{\text{ст}} - \tan \varphi_{\text{ес}}) \quad (4.5)$$

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

Для кожної секції розподільного устаткування (РУ) передбачаємо окрему конденсаторну установку.

$$Q_{\text{ку}} = \frac{Q_{\text{ку}}}{2}. \quad (4.6)$$

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

Вибираємо стандартну потужність конденсаторних батарей параметри обраної конденсаторної батареї записуємо в таблицю 4.1.

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		24



Таблиця 4.1 – Параметри конденсаторної батареї

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

Визначаємо повну потужність насосної станції з установленими ККУ:

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

$$S_{стз} = \sqrt{204,294^2 + (130,329 - 80)^2} = 210,4 \text{ (КВА)}.$$

Визначаємо  $\tan \varphi$  станції з установленими ККУ:

$$\tan \varphi_{ст} = \frac{Q_{стз} - Q_{ку}}{P_{стз}} = \frac{130,329 - 80}{204,294} = 0,246$$

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		25

## 5 Розрахунок параметрів та вибір перерізів провідників

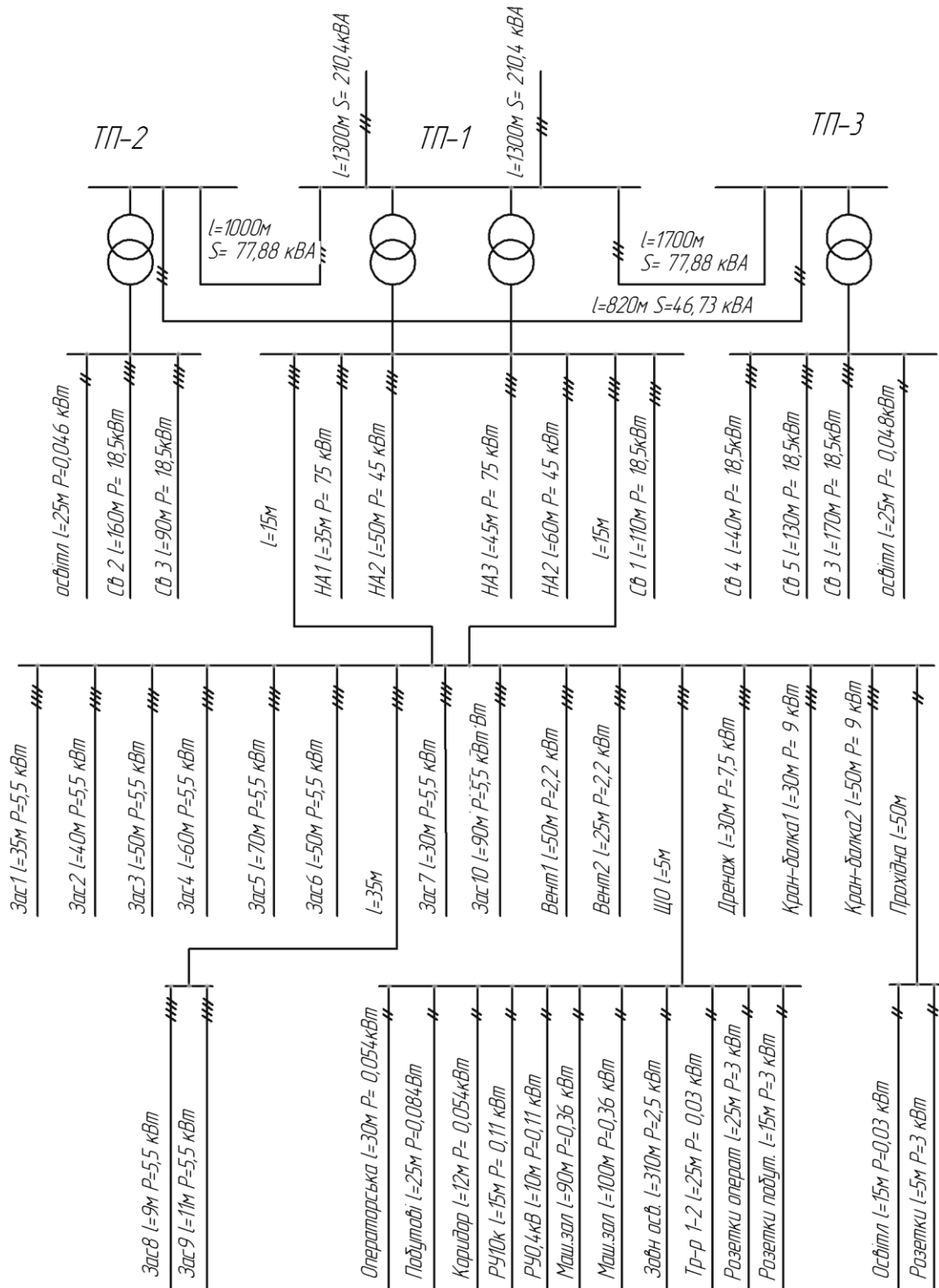


Рисунок 5.1 - Схема живлення електроприймачів насосної станції

<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата
Розробив		Болюх Є.П.		
Перевірив		Василега П.О.		
Н.контр.				
Затв.		Лебединський І.І.		
Аналіз режимів роботи системи електропостачання насосної станції та розрахунок головних її параметрів			Літера	Аркуш
			Б	26
			Аркушів	
			47	
			СУМДУ	

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

Визначаємо допустимі втрати напруги в мережі ТП-1:

$$\Delta U_M = U_{\max} - U_{\min} - \Delta U_T \quad (5.1)$$

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

$$\Delta U_T = \beta(U_{\text{ат}} \cdot \cos \varphi + U_{\text{рт}} \cdot \sin \varphi) \quad (5.2)$$

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

$$U_{\text{ат}} = 100 \cdot \frac{\Delta P_K}{S_H} \quad (5.3)$$

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

$$U_{\text{рт}} = \sqrt{U_K^2 + U_{\text{ат}}^2} \quad (5.4)$$

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

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

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

Визначаємо допустимі втрати напруги в мережі ТП-2:

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

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

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

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

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

Визначаємо допустимі втрати напруги в мережі ТП-3:

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

					БР 5.6.141.603 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		27

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

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

$$\Delta U_{\text{T}} = 0,73(2,03 \cdot 0,89 + 4,9 \cdot 0,45) = 2,9\%$$

$$\Delta U_{\text{M}} = 105 - 95 - 2,9 = 7,1\%$$

Розраховуємо моменти навантажень кожної лінії за формулою:

$$M = P \cdot l \quad (5.5)$$

Розраховуємо падіння напруги:

$$\Delta U_{\text{M}} = \frac{M_{\text{пр}}}{C \cdot S_{\text{AB}}} \quad (5.6)$$

Розраховуємо струми навантажень ліній за формулами:

Для чотирьохпровідних ліній:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi} \quad (5.7)$$

Для трьохпровідних ліній:

$$I = \frac{P}{2 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi} \quad (5.8)$$

Для двохпровідних ліній:

$$I = \frac{P}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi} \quad (5.9)$$

					БР 5.6.141.603 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		28

Вибираємо переріз провідників за допустимим тривалим струмом, після чого порівнюємо падіння напруги з допустимим. Дані розрахунків заносимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Параметри 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	75	0,88	129,4894	35	95	0,63	2625	44	7,42
НА-2	45	0,88	77,69367	50	35	1,46	2250	44	7,42
НА-3	75	0,88	129,4894	45	95	0,8	3375	44	7,42
НА-4	45	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
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
Дренажний насос	7,5	0,86	13,25008	30	2,5	2,05	225	44	7,07
Кран-балка 1	9	0,86	15,9001	25	2,5	2,05	225	44	7,07
Кран-балка 2	9	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
Засувка 8	5,5	0,87	9,605041	9	2,5	0,45	49,5	44	3,57
Засувка 9	5,5	0,87	9,605041	11	2,5	0,55	60,5	44	3,57
Засувка 10	5,5	0,87	9,605041	90	2,5	4,5	495	44	7,07

Продовження таблиці 5.1 - Параметри 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, %.
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
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 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

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

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>				Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата					30

$$I_{\text{макс}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot 10} \quad (5.10)$$

На основі цих розрахунків вибираємо переріз кабелів живлення, данні заносимо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 - 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

## 6 Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахунки параметрів струмів КЗ проводимо за методикою наведеною в методичних вказівках [3].

Для вибору комутаційних апаратів та шинопроводів у РУ 10 кВ та 0,4 кВ необхідно визначити струми КЗ на шинах високої та низької напруги. Схема заміщення приведена на рис .

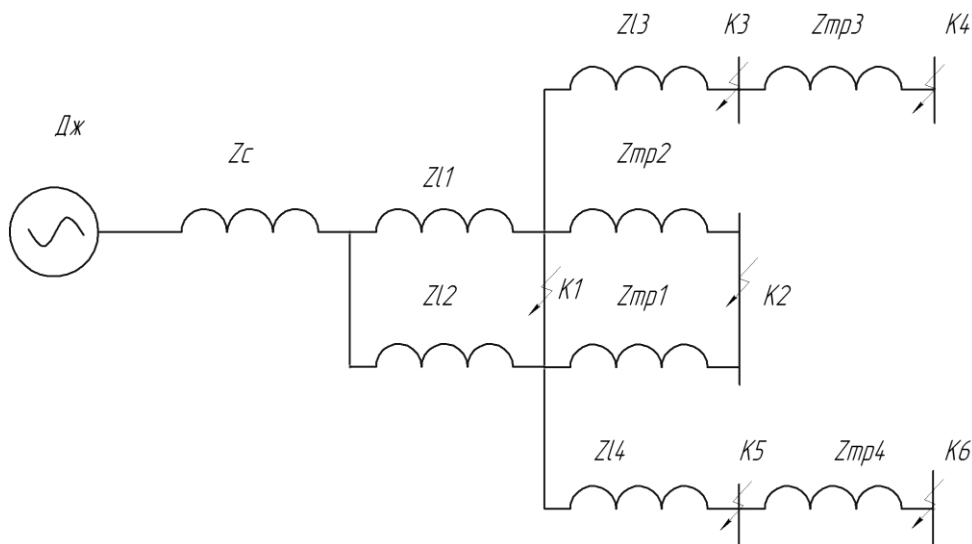


Рисунок 6.1 - Розрахункова схема заміщення

Визначаємо опори ліній за формулами:

$$r_l = r_0 \cdot l. \quad (6.1)$$

$$x_l = x_0 \cdot l. \quad (6.2)$$

$$z_l = \sqrt{r_l^2 + x_l^2}. \quad (6.3)$$

Для кабелю ААБл3\*35  $r_0 = 0,894 \text{ Ом/км}$ ,  $x_0 = 0,095 \text{ Ом/км}$

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата				
Розробив	Болюх Є.П.				Літера		Аркуш	Аркушів
Перевірив	Василега П.О.				Б		32	47
Н.контр.					СУМДУ			
Затв.	Лебединський І.І.							
					Аналіз режимів роботи системи електропостачання насосної станції та розрахунок головних її параметрів			



Розраховуємо реактивні опори трансформаторів за формулою:

$$x_T = \frac{U_K \cdot U_{\text{ном.тр}}^2}{100 \cdot S_{\text{ном}}} \quad (6.4)$$

Дані розрахунків заносимо до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - 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

Спрощуємо схему заміщення:

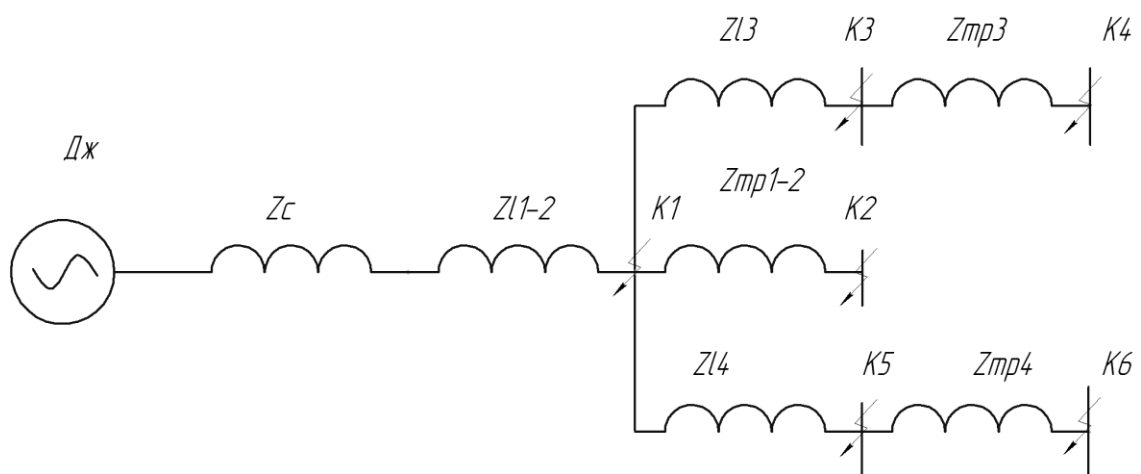


Рисунок 6.2 - Спрощена розрахункова схема заміщення.

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

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

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

$$x_{\text{тр}1-2} = \frac{x_{\text{тр}1}}{2} = \frac{28,125}{2} = 14,06 \text{ (Ом)}.$$

$$z_{l1-2} = 14,06 \text{ (Ом)}.$$

Визначаємо опори системи до визначених точок КЗ, результати заносимо до таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 - 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

Проводимо розрахунок струмів КЗ в намічених точках.

Струм при трифазному КЗ розраховуємо за формулою:

$$I_K^{(3)} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot z_K} \quad (6.5)$$

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

$$I_K = I_K^{(3)} \cdot \frac{U_B}{U_H} \quad (6.6)$$

Ударний струм визначаємо за формулою:

$$I_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,61 \cdot I_{к} \quad (6.7)$$

Допустимо, що амплітуда ЕДС і періодична складова струмів КЗ незмінні за часом, тому через час, який дорівнює часу відключення

$$I_{нт1} = I_{к1}$$

Аперіодичну складову струмів КЗ до моменту розбіжності контактів вимикача визначаємо за формулою:

$$I_a = \sqrt{2} \cdot I_{к} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}} \quad (6.8)$$

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

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

Інтеграл Джоуля визначаємо за формулою:

$$W_R = I_{к}^2 \cdot (t + T_a) \quad (6.9)$$

Дані розрахунків заносимо в таблицю 6.3.

					БР 5.6.141.603 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		35

Таблиця 6.3 - 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, $I_{нт}, \text{кА}$	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	1,35	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

## 7 Розрахунок параметрів та вибір електричних апаратів

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

Для електричних апаратів необхідне виконання наступних умов:

1. Номінальна напруга вибраного апарата не менша ніж напруга мережі

$$U_c \leq U_{\text{ном}};$$

2. Номінальний струм апарата 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  $I_{\text{нт}} \leq I_{\text{відк ном}};$

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

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

Перелік електричних апаратів для електричної мережі насосної станції наведено в таблицях 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8.

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата				
Розробив	Болюх Є.П.				Літера	Аркуш		Аркушів
Перевірив	Василега П.О.					Б	37	
Н.контр.					СУМДУ			
Затв.	Лебединський І.Л.							
					Аналіз режимів роботи системи електропостачання насосної станції та розрахунок головних її параметрів			

Таблиця 7.1 - Електричні апарати РУ 10кВ ТП-1

	Тип апарата	Номинальна напруга, кВ.	Номинальний 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 7.2 - Електричні апарати РУ 10кВ ТП-2

	Тип апарата	Номинальна напруга, кВ.	Номинальний 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 7.3 - Електричні апарати РУ 10кВ ТП-3

	Тип апарата	Номинальна напруга, кВ.	Номинальний 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 7.4 - Електричні апарати РУ 0,4 кВ ТП-2

	Тип апарата	Номинальна напруга, кВ.	Номинальний 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 7.5 - Електричні апарати РУ 0,4 кВ ТП-3

	Тип апарата	Номинальна напруга, кВ.	Номинальний 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 7.6 - Електричні апарати РУ 0,4 кВ ТП-1

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

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		39

Продовження таблиці 7.6 - Електричні апарати РУ 0,4 кВ ТП-1

	Тип апарата	Номинальна напруга, кВ.	Номинальний 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 7.7 - Електричні апарати ШР

	Тип апарата	Номинальна напруга, кВ.	Номинальний 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 7.7 - Електричні апарати ШР

	Тип апарата	Номинальна напруга, кВ.	Номинальний 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 7.8 - Електричні апарати ЩО

	Тип апарата	Номинальна напруга, кВ.	Номинальний 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

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		41

Продовження таблиці 7.8 - Електричні апарати ЩО

	Тип апарата	Номінальна напруга, кВ.	Номінальний струм, А.	Максимальний струм вимкнення, кА.
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

## 8 Охорона праці

### 8.1 Характеристика умов праці

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.

### 8.2 Вимоги безпеки під час виконання робіт в електроустановках

Усі роботи пов'язані з ремонтом, обслуговуванням та експлуатацією електроустановок насосної станції проводяться відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕ) [8], Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕ) [9].

Приміщення, у 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

					<b>БР 5.6.141.603 ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата				
Розробив		Болюх Є.П.			Аналіз режимів роботи системи електропостачання насосної станції та розрахунок головних її параметрів	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Василега П.О.				Б	43	47
Н.контр.						СУМДУ		
Затв.		Лебединський І.І.						

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 і споруд підприємств, повинні підлягати огляду і випробуванням, використовувати засоби захисту, які не пройшли періодичного випробування, заборонено.

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, а також знати і виконувати вимоги безпеки праці, що стосуються електроустановок, які він обслуговує, та організацію праці на робочому місці.

Також усі працівники повинні знати методи вивільнення потерпілого від дії електричного струму та вміти надавати долікарську допомогу. У кожному підрозділі електрогосподарства споживача, на виробничих дільницях, 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.

					БР 5.6.141.603 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		44

## Висновки

У даній роботі було проведено аналіз параметрів системи електропостачання насосної станції.

Було розраховано потужність навантаження станції за допомогою параметрів встановлених електроприймачів та врахуванням коефіцієнту попиту.

На основі потужності навантаження було проведено розрахунок необхідної потужності силових трансформаторів ТП, вибрано тип трансформаторів та приведено основні їх параметри.

Розглянуте питання компенсації реактивної енергії та виконано розрахунок потужності конденсаторної компенсаційної установки.

Розраховано переріз провідників системи електроживлення насосної станції, визначено падіння напруги в провідниках.

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

Проведено вибір комутаційних апаратів (автоматичних вимикачів, рубильників, контакторів, пристроїв плавного пуску двигунів, роз'єднувачів та вимикачів навантаження) на основі розрахованих струмів КЗ та струмів навантаження.

Також розглянуто основні питання охорони праці.

					БР 5.6.141.603 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		45

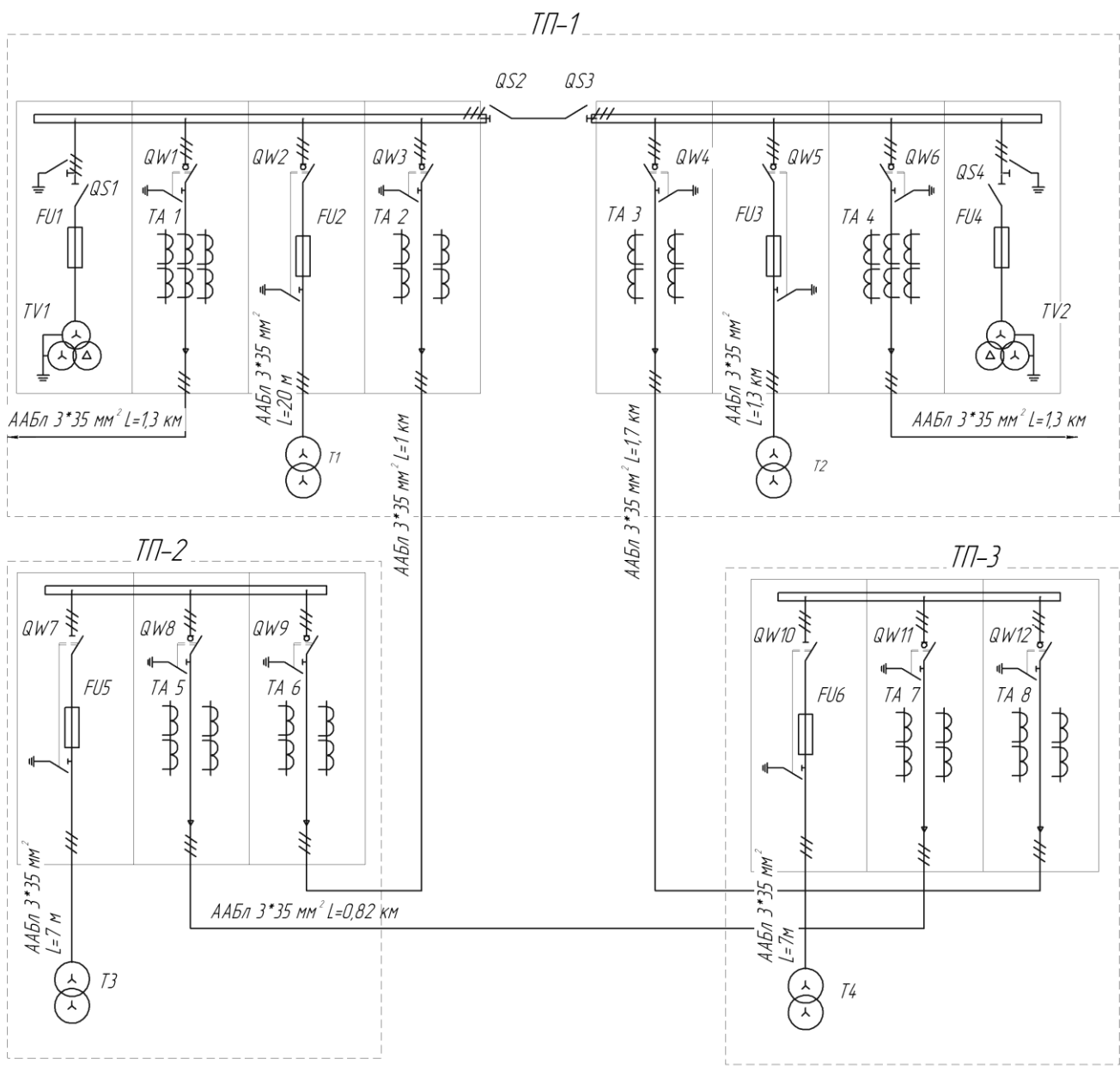
Список використаних джерел.

1. ДБН В 25-23-2003. Інженерне обладнання будинків і споруд.
2. Правила улаштування електроустановок. – Х.: Видавництво «Індустрія», 2014 – 300с.
3. Програма курсу, контрольні завдання і методичні вказівки до виконання курсового проекту «Електрична частина станцій та підстанцій» для студентів спеціальності 6.05070103 «Електротехнічні системи електроспоживання» усіх форм навчання / Укладачі: Д.В. Муриков, І.Л. Лебединський, П.О. Василега, С.М. Лебедка. – Суми: Вид-во СумДУ, 2017. – 34 с.
4. Електропостачання : підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
5. Каталог продукції АВВ <https://voltline.ua/catalogs.html>
6. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ АВТОГАЗОВЫЕ ТИПА ВН-10-630(400)/20 УЗ ЛИСТОК-КАТАЛОГ <http://www.laborant.ru/eltech/02/0/3/03-96.htm>
7. Каталог продукції Ураленерго. <http://uralen.ru/catalog/raz/group-203/131.html>
8. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів.- Х.:видавництво «Форт», 2012.-374с.
9. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.- К.:видавництво «Основа», 1998.-380с.
10. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. - М.: Энергоатомиздат, 1987, 2004.
11. Васильев А. А. Электрическая часть станций и подстанций.- М.:Энергия, 1990.
12. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Электрооборудование и автоматизация / Под ред. А. А. Федорова, Г.В. Сербиновского. - М.:Энергия, 1981. - 624 с.
13. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. - М.: Энергия, 1970. - 520 с.

					БР 5.6.141.603 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		46

ДОДАТКИ

					БР 5.6.141.603 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата		47



Вид	Жанр	Лист	Обозначение	Наименование	кол	Примечание
			FU1, FU4	Заложник ТКН 001-10У1 10А	6	
			FU2, FU3	Заложник ТКН 001-10У1 20А	6	
			FU5	Заложник ТКН 001-10У1 10А	3	
			FU6	Заложник ТКН 001-10У1 16А	3	
			QS1, QS4	РВ 10/400	4	
			QW1, QW12	ВН-10/400-20	12	
			T1, T2	ТМ-160/10	2	
			T3	ТМ-63/10	1	
			T4	ТМ-40/10	1	
			TV1, TV2	НТММ-10	2	
			TA1, TA	ТПА-10-30/5 У1	18	

БР 5.6.14.1603 ЕЗ

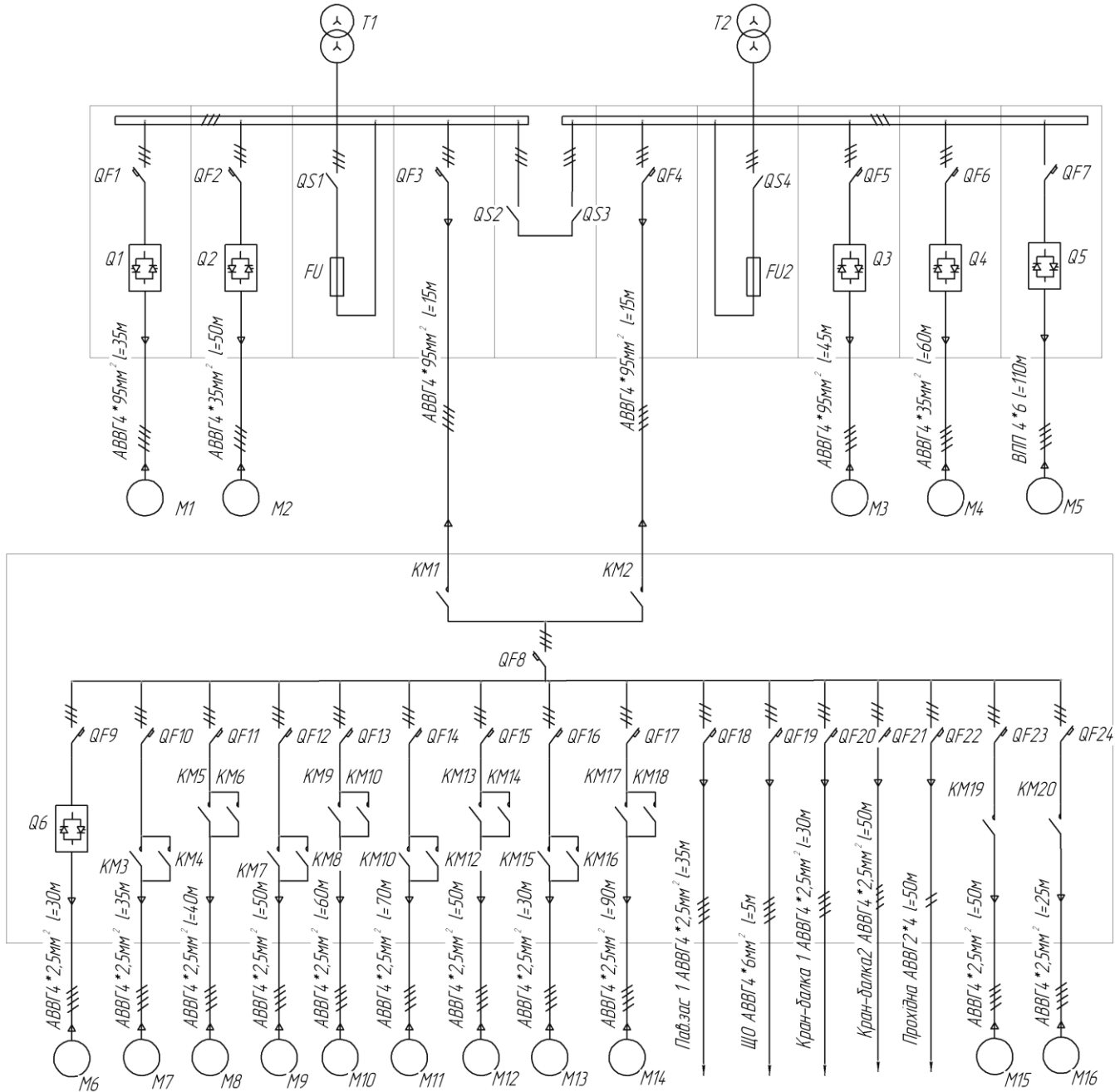
ЭП 1	Лист	№ докум	Лист	Лист	Масса	Масштаб
Разработчик	Борис ЕП				5	1:1
Проверщик	Васильев ПП					1:1
Т.инженер						1
Инженер						
Старш	Васильев ПП					

Схема раздаточных сетей 10 кВ  
жилищно насосной станции

СумДУ

Копировать Формат А1





Код	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
M1, M3		Двигуни насосних агрегатів №1, 2, WEG W22280 S/M 75кВт	2	
M2, M4		Двигуни насосних агрегатів №2, 4, WEG W22280 S/M 45кВт	2	
M5		Звільнений насос свердловини №1 W10 X10 SPW 160-102-A1 185 кВт	1	
M6		Двигуни дренажного насоса НЦС-1 75 кВт	1	
M7, M14		Двигуни приводів сараїв №4-7,10 ПД-14,00 5,5 кВт	8	
M15, M16		Двигуни вентиляційних установок №12 ВЦ4-75-3,15 2,2 кВт	2	
QS1, QS4		Рудильник РПС-3 4,00А	2	
QS2, QS3		Рудильник РПС-2 250А	2	
QF1, QF2, QF5, QF6, QF7		Автоматичний вимикач АBB XT5 160 160А	5	
QF3, QF4, QF8		Автоматичний вимикач АBB XT5 250 250А	3	
QF9, QF18, QF20, QF24		Автоматичний вимикач АBB SH203 16А	15	
QF19		Автоматичний вимикач АBB SH203 25А	1	
KM1, KM2		Контактор АBB AF190 190А	2	
KM2, KM20		Контактор АBB AF 09-30-10-13 10А	18	
Q1, Q3		Тристор плавного пуску двигуна АBB PSTX 14,2	2	
Q2, Q4		Тристор плавного пуску двигуна АBB PSTX 185	2	
Q5		Тристор плавного пуску двигуна АBB PSTX 37	1	
Q6		Тристор плавного пуску двигуна АBB PSTX 30	1	
T1, T2		ТМ-160/10	2	

БР 56.14.1603 ЕЗ

Дата: 15.05.2018

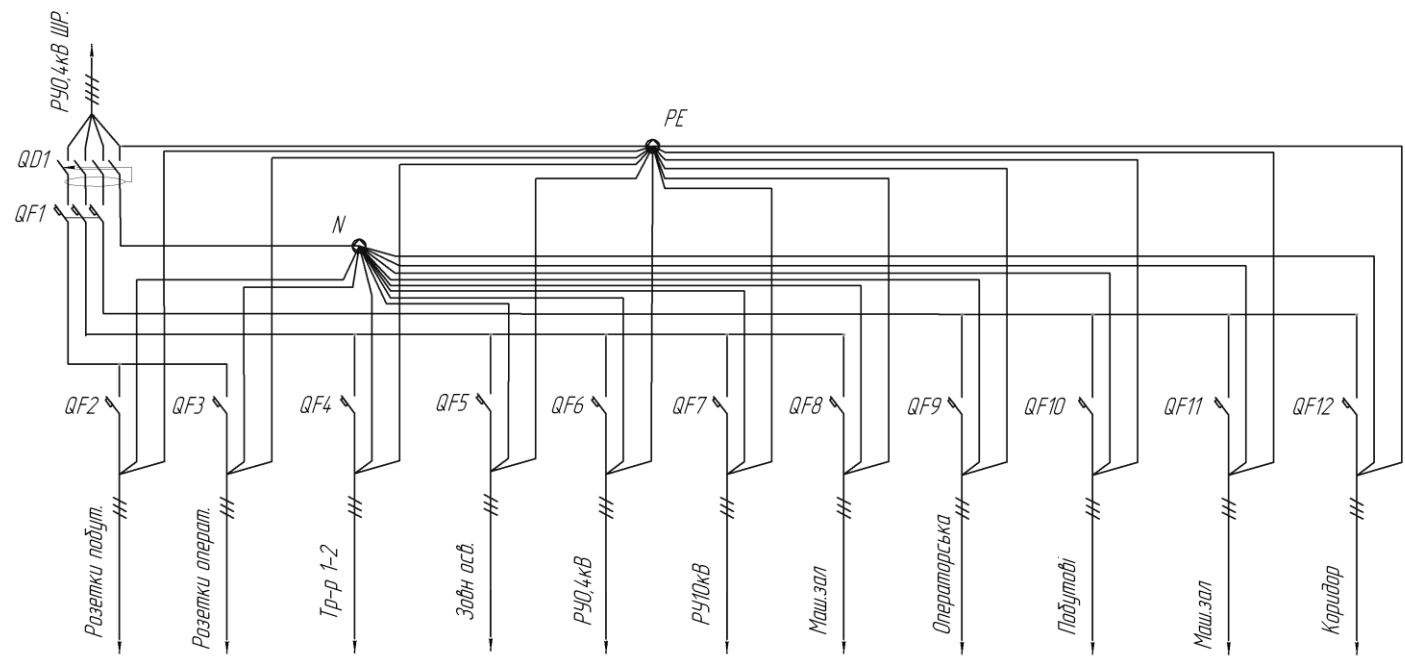
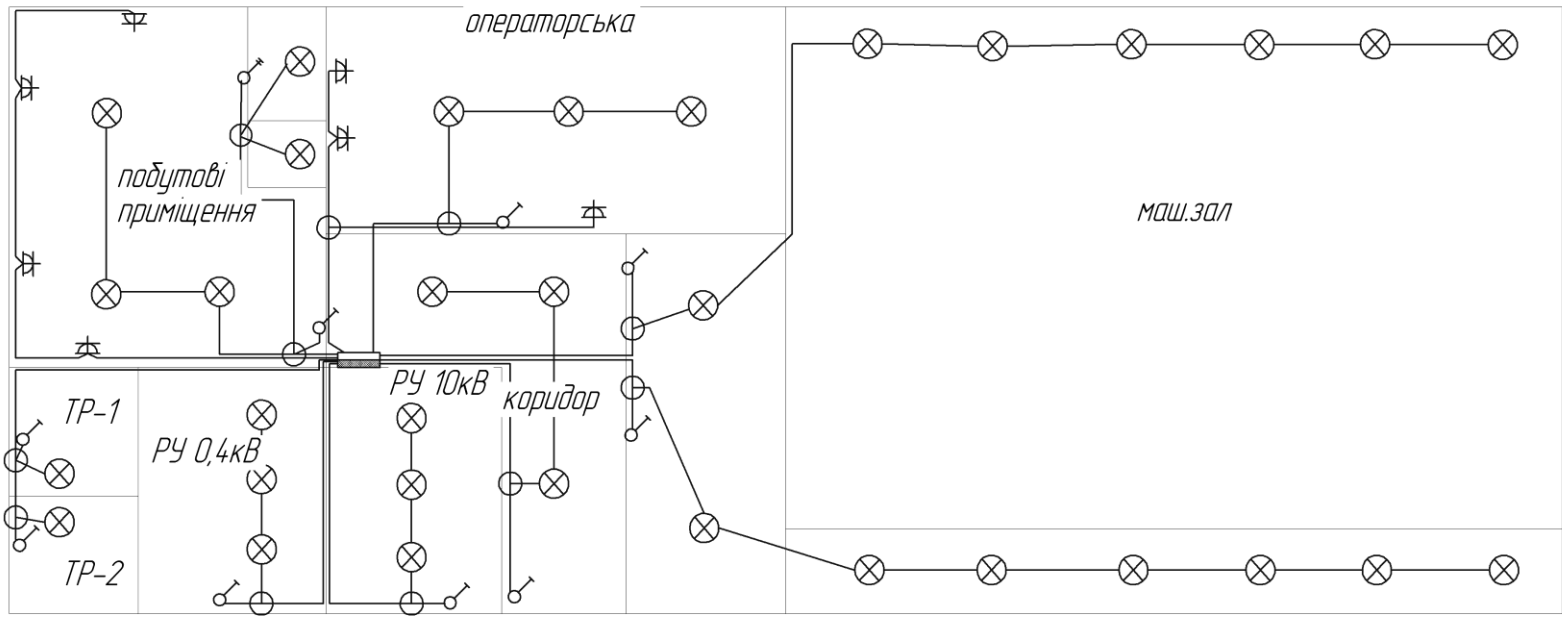
Схема силових мереж РЧО, 4кВ ТП-1

Лист 11

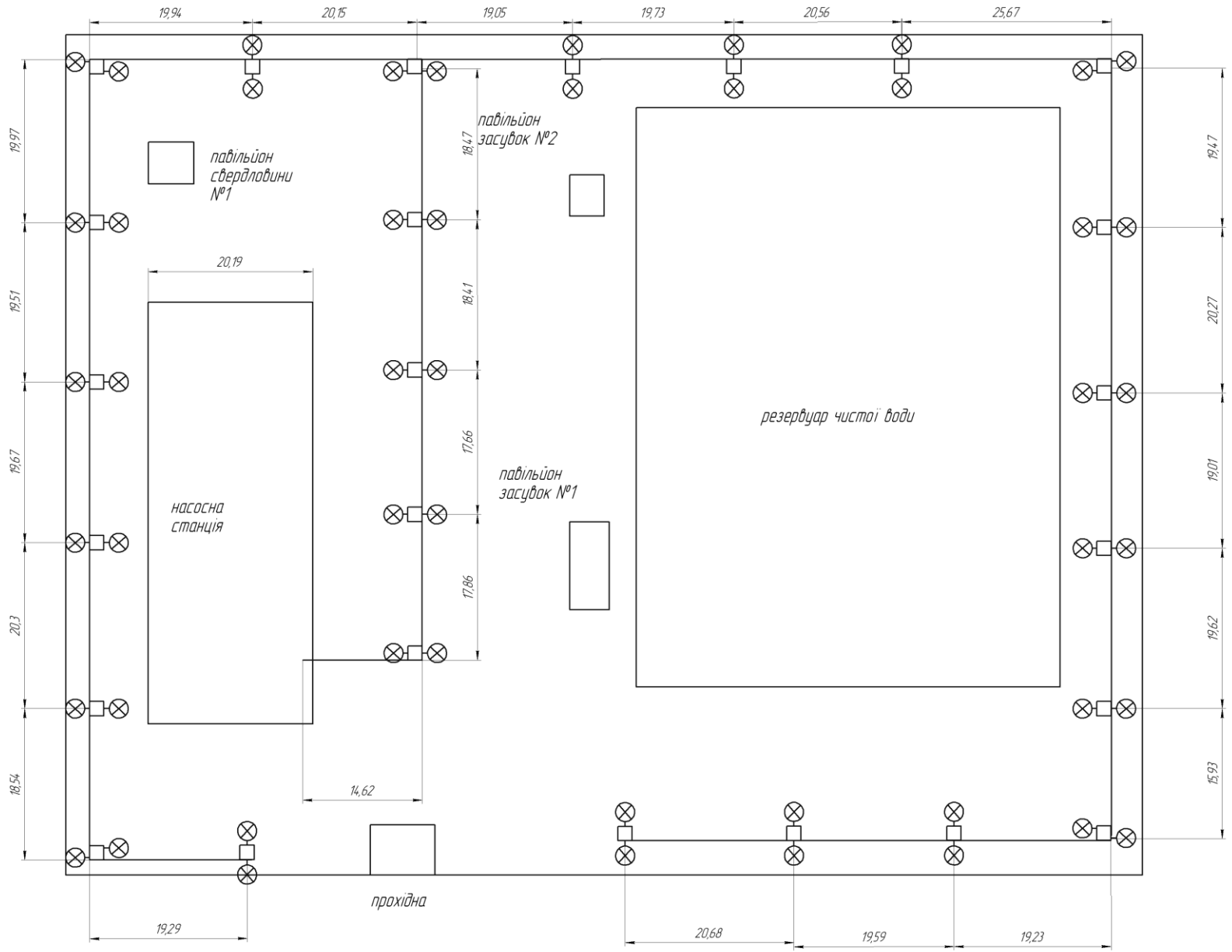
Масштаб: 1:1

СумДУ

Формат: А1



Код	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
		QD1	Пристрій захисного відключення АВВ FN204 25А 30МА	1	
		QS1	Автоматичний вимикач АВВ SH203 25А	1	
		QS2..QS12	Автоматичний вимикач АВВ SH201 16А	11	
БР 5.6.14.1603 ЕЗ					
Замовник	Пр. Об'єкт	Лист	Масштаб	Схема внутрішнього освітлення приміщень насосної станції	
Проектант	Висновки 1103				
Надано	Затв.	Відомості 11		Лист	Масштаб
				5	1:1
				Архив	1
				СумДУ	
				Формат А1	



				БР 5.6.14.1603.3В			
Замовник	М. Волин	План	Штук	Лист	Масштаб	Масштаб	
Резервуар	№ 471	Площа	м <sup>2</sup>	5	1:1		
Прокладка	Височина 110	Діаметр	мм				
Контра							
Назва	Водостанція (1)						
Замовник							
				СумДУ			
				Формат А1			