

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Факультет будівництва, транспорту та енергетики  
Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”  
Зав. кафедрою ЕТС та ЕМ  
к.т.н., професор  
\_\_\_\_\_ Петро ПЛІШКОВ  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

## **ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ**

### **ВИЩОЇ ОСВІТИ**

на тему:

**«Проектування системи електропостачання компресорної станції  
заводу сільськогосподарського машинобудування»**

Виконав здобувач вищої освіти  
ІІІ курсу, групи ЕЕ-22мб,  
ОПП «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»  
спеціальності 141 «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»  
\_\_\_\_\_ Микола ФЕДОСЕНКО  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник роботи  
доцент, канд. техн. наук  
\_\_\_\_\_ Олександр КОЗЛОВСЬКИЙ  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Рецензент

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2025 р.

Міністерство освіти і науки України  
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ЕТС та ЕМ

\_\_\_\_\_ Петро ПЛЄШКОВ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА  
ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ  
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Федосенка Миколи Олексійовича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) «Проектування системи електропостачання компресорної станції заводу сільськогосподарського машинобудування.

Design of the power supply system of the compressor station of the agricultural machinery plant»

2. Керівник роботи (проекту) Козловський Олександр Антонович, к.т.н., доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 2.06.2025 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: Комплексне проектування електропостачання компресорної станції заводу сільськогосподарського машинобудування.

1. Вступ. 2. Електричні навантаження. 3. Картограма електричних навантажень. 4. Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання. 5. Компенсація реактивної потужності. 6. Трансформаторні підстанції. 7. Розрахунок струмів КЗ і вибір обладнання. 8. Спеціальний розділ. 9. Висновки. 10. Перелік посилань.

5. Консультанти розділів роботи (проекту)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Спеціальний розділ</i>	<i>доцент Н. Ю. Гарасьова</i>		

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи (проекту)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	<i>7.03.25</i>	
2	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	<i>21.03.25</i>	
3	<i>Картограма електричних навантажень</i>	<i>28.03.25</i>	
4	<i>Техніко-економічне обґрунтування схеми електропостачання</i>	<i>7.04.25</i>	
5	<i>Компенсація реактивної потужності</i>	<i>14.04.25</i>	
6	<i>Трансформаторні підстанції</i>	<i>21.04.25</i>	
7	<i>Розрахунок струмів КЗ і вибір обладнання</i>	<i>5.05.25</i>	
8	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>16.05.25</i>	
9	<i>Висновки</i>	<i>19.05.25</i>	
10	<i>Складання переліку бібліографічних посилань</i>	<i>20.05.25</i>	
11	<i>Оформлення пояснювальної записки роботи</i>	<i>26.05.25</i>	
12	<i>Оформлення слайдів (графічна частина роботи)</i>	<i>2.06.25</i>	

Дата видачі завдання

« 28 » « лютого » 2025 року

Підпис керівника

\_\_\_\_\_

Олександр КОЗЛОВСЬКИЙ

Задання прийнято до виконання

« 28 » « лютого » 2025 року

Підпис здобувача

\_\_\_\_\_

Микола ФЕДОСЕНКО

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: загальний обсяг 86 с., 8 рис.; 22 табл.; 12 джерел;  
2 додатки на 18 с.

**Федосенко М. О. Проектування системи електропостачання компресорної станції заводу сільськогосподарського машинобудування. – Рукопис.**

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2025 рік.

У кваліфікаційній роботі представлено комплексне проектування компресорної станції, розроблене з урахуванням сучасних вимог до економічності та надійності електропостачання. Для досягнення поставленої мети виконано низку інженерних розрахунків, що включають: аналіз електричних навантажень, техніко-економічне обґрунтування схеми приєднання станції до мережі, розрахунок параметрів компенсації реактивної потужності та струмів короткого замикання.

На основі отриманих результатів здійснено вибір основного електрообладнання та кабельних ліній на напругу 10 кВ, а також обґрунтовано конфігурацію та розміщення цехових трансформаторних підстанцій. Значну увагу в дослідженні приділено аналізу режимів роботи синхронних двигунів (СД). Розрахунки показали, що падіння напруги під час їх прямого пуску не перевищує 3%, що дозволяє забезпечити живлення інших електроспоживачів від ГЗП заводу. Разом з тим, аналіз умов самозапуску виявив, що пусковий момент СД за зниженої напруги є недостатнім для їх самозапуску без попереднього розвантаження.

Спеціальний розділ кваліфікаційної роботи присвячено проектуванню внутрішньоцехової електричної мережі напругою 0,4 кВ. У ньому детально розглянуто систему розподілу електроенергії, що реалізована на базі силових пунктів серії ПР-8500. Для захисту ліній та обладнання в цих пунктах обрано автоматичні вимикачі серії АЕ20М. Підключення кінцевих споживачів до силових пунктів передбачено проводами типу АПВ та кабелем типу АПВБг.

**Ключові слова:** електричні навантаження, компенсація реактивної потужності, електрична мережа, компресорна установка

## ABSTRACT

Qualification work: 86 p.; 8 Fig.; 22 tables; 12 sourc.; 2 add. on 18 p.

### **Fedosenko M. O. Design of the power supply system of the compressor station of the agricultural machinery plant. – Manuscript.**

Bachelor's thesis on specialty 141 «Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics», OPP «Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics». – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2025.

The qualification work presents a comprehensive design of the compressor station, developed taking into account modern requirements for the efficiency and reliability of power supply. To achieve this goal, a number of engineering calculations were performed, including: analysis of electrical loads, feasibility study of the grid connection scheme, calculation of reactive power and short-circuit current compensation parameters.

Based on the results obtained, the main electrical equipment and 10 kV cable lines were selected, and the configuration and location of the shop transformer substations were justified. Considerable attention in the study is paid to the analysis of synchronous motors (SM) operating modes. The calculations showed that the voltage drop during their direct start does not exceed 3%, which makes it possible to supply power to other electrical consumers from the plant's MSDS. At the same time, the analysis of the self-starting conditions revealed that the starting torque of the MS at reduced voltage is insufficient for their self-starting without preliminary unloading.

A special section of the qualification work is devoted to the design of an intra-shop electrical network with a voltage of 0,4 kV. It describes in detail the power distribution system implemented on the basis of PR-8500 series power stations. To protect the lines and equipment in these points, circuit breakers of the AE20M series were selected. The connection of end users to the power points is provided by APV type wires and APVBg type cable.

**Keywords:** electrical loads, reactive power compensation, electrical grid, compressor unit

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>8</b>	стр.
<b>1. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....</b>	<b>9</b>	
1.1. Розрахунок потужності електропривода компресора.....	12	
1.2. Розрахунок силових електричних навантажень у електричних мережах до 1000 В.....	13	
1.3. Розрахунок освітлювальних навантажень.....	14	
1.4. Розрахунок електричних навантажень у мережах вище 1000 В.....	17	
1.5. Побудова графіків електричних навантажень станції.....	21	
<b>2. КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ І МІСЦЕ РОЗТАШУВАННЯ ЦРУ 10 КВ.....</b>	<b>24</b>	
<b>3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ..</b>	<b>26</b>	
3.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення.....	26	
3.2. Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання.....	32	
<b>4. КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ.....</b>	<b>33</b>	
4.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації.....	33	
4.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування пристроїв компенсації реактивної потужності.....	34	
<b>5. ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ.....</b>	<b>36</b>	
5.1. Вибір кількості та потужності трансформаторів цехових підстанцій...	36	
5.2. Улаштування та місце встановлення цехової трансформаторної підстанції.....	37	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ			
Розроб.		Федосенко М.О.			«Проектування системи електропостачання компресорної станції заводу сільськогосподарського машинобудування. Design of the power supply system of the compressor station of the agricultural machinery plant»	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Козловський О.				Д	6	86
Н.контр.					ЦНТУ гр. ЕЕ-22мб			
Затв.		Плешков П. Г.						

## **6. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ, ВИБІР**

<b>ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК І СИЛОВИХ МЕРЕЖ.....</b>	<b>38</b>
6.1. Розрахунок струмів КЗ.....	38
6.2. Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж.....	44
6.3. Вибір електрообладнання.....	45
6.4. Пуск синхронних двигунів.....	50
6.5. Самозапуск синхронних двигунів.....	52

## **7. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ..... 56**

7.1. Розрахунок силової мережі 0,4 кВ.....	56
7.3 Розрахунок освітлювальної мережі.....	64

## **ВИСНОВКИ ..... 69**

## **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... 70**

## **ДОДАТКИ..... 71**

Додаток А. Розрахунок електричних навантажень.....	72
Додаток Б. Картограма електричних навантажень.....	75

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					7

## ВСТУП

Компресорна станція (КС) являється структурною одиницею і представляє комбіновану одно- двоповерхову споруду. Всередині якої знаходяться всі необхідні для технологічного процесу приміщення: машинний зал, приміщення РУ 10 кВ, КТП 10/0,4 кВ, диспетчерська та ін.

Компресорна станція призначена для забезпечення підприємства стисненим повітрям. Мінімальна і максимальна витрата повітря відповідно рівна 190-380 м<sup>3</sup>/хв, а також тиск в магістралях стислого повітря, яке полягає в межах 6,5 - 7,5 кгс/см<sup>2</sup>. Місячна споживання повітря складає  $8,9 \times 10^6 - 1,1 \times 10^7$  м<sup>3</sup>.

За надійністю електропостачання у відповідності з [1] КС відноситься до II категорії.

Режим роботи компресорної станції – тризмінний, причому у 3 зміну споживання повітря знижується до 50% у порівнянні з I-ю зміною; субота, неділя – вихідні дні.

Живлення КС може здійснюватися від ГЗП заводу сільськогосподарського машинобудування, по КЛ 10 кВ довжиною 0,17 км, від двох трансформаторів потужністю 10 МВА напругою 35/10 кВ.

Основним обладнанням компресорної станції є компресорні установки 4ВМ10-100/8 (опозитні горизонтальні крейцкопфні чотирирядні поршневі машини двоступінчатого стиснення с чотирма циліндрами подвійної дії), що приводяться в рух високовольтними синхронними двигунами, а також установка осушення повітря та ресивери Ці компресори обладнані системою автоматизації, що включає комплекс пристроїв для пуску, блокування і сигналізації.

Регулювання продуктивності здійснюється ступінчасто (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) шляхом перепуску повітря із робочої порожнини циліндрів у всмоктуючу порожнину та приєднанням додаткового шкідливого об'єму.

Ресивери служать для відділення вологи і парів оливи з газу. З цією метою в ньому встановлюють сенарируючі прилади. Ресивери розміщують зовні приміщення тому, що вони вибухонебезпечні.

Охолоджувачі газу, встановлюють між ступенями компресора, зазвичай це трубчаті теплообмінники у вертикальній чи горизонтальній площині.

Мета кваліфікаційної роботи – комплексне проектування електропостачання компресорної станції заводу сільгоспмашинобудування.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					8

# 1 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

## 1.1 Розрахунок потужності електропривода компресора

Вибір потужності приводного електродвигуна компресора базується на розрахунку статичного навантаження його валу. Для поршневого компресора сили, що діють на його робочий орган, обумовлюють величину та особливості цього навантаження. Ключовим індикатором експлуатаційних властивостей компресора слугує його  $Q$ - $H$  характеристика (продуктивність-напір). Її графічне зображення та дані для конкретних моделей компресорних установок наводяться виробниками у відповідних каталогах.

Проведемо вибір приводного двигуна при для компресора СДКП2-17-26-12 з параметрами  $p_1 = 0,1$ ,  $p_2 = 0,8$ ,  $t_1 = 20$  °С.

Потужність на валу компресора:

$$P_{\text{сд}} = R_3 \frac{Q(A_{\text{із}} + A_{\text{а}})}{2 \cdot \eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{п}}} 10^{-3} = 1,05 \frac{1,67(171966 + 237000)}{2 \cdot 0,77 \cdot 0,74} \cdot 10^{-3} = 630200 \cdot 10^{-3} \approx 630 \text{ кВт},$$

де  $R_3$  – коефіцієнт запасу, лежить у межах 1,05 - 1,3;

$Q$  – подача компресора, м<sup>3</sup>/с;

$A_{\text{із}}$  – питома робота ізотермічного стискання:

$$A_{\text{із}} = p_1 \cdot \vartheta \cdot \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right) = 98100 \cdot 0,843 \cdot \ln\left(\frac{0,8}{0,1}\right) = 171966 \text{ Дж/м}^3,$$

$\vartheta$  – об'єм 1 кг повітря при  $t_1 = 20$  °С

$$\vartheta = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{1,186} = 0,843 \text{ м}^3/\text{кг};$$

$\rho$  – густина повітря, при  $t_1 = 20$  °С становить  $\rho = 1,186$  кг/м<sup>3</sup>;

$A_{\text{а}}$  – питома робота адіабатичного стискання

$$A_{\text{а}} = \frac{n}{n-1} p_1 \vartheta \ln\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1\right] = \frac{1,4}{1,4-1} 98100 \cdot 0,843 \cdot \ln\left[\left(\frac{0,8}{0,1}\right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1\right] = 237000 \text{ Дж/м}^3,$$

$n$  – показник політропи;

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	9

$p_1$  – початковий тиск, Па;

$p_2$  – кінцевий надлишковий тиск, Па;

$\eta_k$  – ККД компресора ( $\eta_k = 0,6...0,8$ );

$\eta_{\text{п}}$  – ККД передачі ( $\eta_{\text{п}} = 0,7...0,8$ ).

Отже, приймаємо до подальшого розгляду синхронний двигун з номінальною потужністю  $P_{\text{ном}} = 630$  кВт, типу СДКП2-17-26-12 КУХЛ4 з технічними характеристиками:

$U_{\text{ном}}=10$  кВ;  $I_{\text{ном}} = 43,1$  А; ККД = 91,9 %;  $\cos \varphi = 0,9$ ;  $n_{\text{ном}} = 500$  об/хв;

$$\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{ном}}} = 5,2; \quad \frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{ном}}} = 0,95; \quad \frac{M_{s=0,05}}{M_{\text{ном}}} = 1,0; \quad \frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}} = 2,17;$$

Тип тиристорного збуджувача – ТЕ8-320/75Т-5У4.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		10

## 1.2 Розрахунок силових електричних навантажень у електричних мережах до 1000 В

Визначення електричних навантажень для мереж напругою 0,4 кВ проводиться із застосуванням методу впорядкованих діаграм згідно з методикою та рекомендаціями, що приведені в [2, 3, 6]. Як приклад, розглянемо детальний розрахунок відповідних величин для машинної зали.

Розрахункова активна потужність групи електроприймачів машинної зали:

$$P_p = P_{\text{срз}} \cdot k_M = 145,0 \cdot 1,13 = 163,1 \text{ кВт},$$

де  $P_{\text{срз}}$  – середньозмінне активне навантаження групи споживачів

$$P_{\text{срз}} = \sum_i^n P_{\text{срз}_i} = 72,8 + 18,2 + 8,0 + 19,5 + 0,5 + 7,0 + 16,0 + 11,0 = 145,0 \text{ кВт};$$

$k_M$  – коефіцієнт максимуму:

$$k_M = \sqrt{1 + \frac{4,4k_B^2 - 12,7k_B + 8,235}{(k_B + 0,05) \cdot n_{\text{еф}}^{(1,04-0,4k_B)}}} = \sqrt{1 + \frac{4,4 \cdot 0,67^2 - 12,7 \cdot 0,67 + 8,235}{(0,67 + 0,05) \cdot 17^{(1,04-0,4 \cdot 0,67)}}} = 1,13,$$

$k_B$  – груповий коефіцієнт використання

$$k_B = \frac{P_{\text{срз}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}_i}} = \frac{145,0}{216,6} = 0,67,$$

$P_{\text{ном}}$  – номінальна активна потужність  $i$ -го електроприймача машинної зали;

$n_{\text{еф}}$  – ефективне число електроприймачів у машинній залі;

$$n_{\text{еф}} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{\text{ном}_i}}{P_{\text{ном.макс}}} = \frac{2 \cdot 216,6}{26} = 16,7 \approx 17 \text{ шт},$$

оскільки співвідношення між номінальними потужностями найбільшого  $P_{\text{ном.макс}}$  і найменшого споживачів  $P_{\text{ном.мін}}$  складає

$$m = \frac{P_{\text{ном.макс}}}{P_{\text{ном.мін}}} = \frac{26}{4} = 6,5 > 3,$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		11

а груповий коефіцієнт використання  $> 0,2$ .

Розрахункове реактивне навантаження електроприймачів машинної зали

$$Q_p = Q_{сзм} = 249,5 \text{ квар,}$$

оскільки  $n_{сф} = 17 > 10$  шт.

Максимум повного навантаження машинної зали

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{163,1^2 + 249,5^2} = 298,1 \text{ кВ}\cdot\text{А.}$$

Силкові електричні навантаження для решти споживачів мережі 0,4 кВ компресорної станції розраховуються аналогічно до розглянутого прикладу, тому їх розрахунок та результати представлено у зведеній табл. 1.1.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					12

Таблиця 1.1 – Визначення параметрів силових електронавантажень на шинах 0,4кВ компресорної станції

№ п/п	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кількість електро-споживачів	Встановлена потужність, кВт		m	k <sub>в</sub>	cosφ	tgφ	Середнє навантаження за зміну		n <sub>c</sub>	k <sub>м</sub>	Розрахункова потужність					
			Одного	Р <sub>макс</sub>					Сумарна	P <sub>срв</sub> , кВт			Q <sub>срв</sub> , квар	P <sub>p</sub> , кВт	Q <sub>p</sub> , квар	S <sub>p</sub> , кВ·А		
																	P <sub>мін</sub>	
1	<b>Машинна зала</b>																	
	Системи збудження СД	4	26,0	26,0	104,0	0,70	0,38	2,43	72,8	177,2								
	Насоси	5	4,0	5,5	26,0	0,70	0,80	0,75	18,2	13,7								
	Вентилятори	4	7,5	7,5	30,0	0,65	0,80	0,75	19,5	14,6								
	Кран	1	4,6	4,6	4,6	0,10	0,50	1,73	0,5	0,8								
	Осушувач повітря	1	10,0	10,0	10,0	0,70	0,75	0,88	7,0	6,2								
	Калорифер	4	5,0	5,0	20,0	0,80	0,45	1,98	16,0	31,8								
	ЩКУ	1	22,0	22,0	22,0	0,50	0,90	0,48	11,0	5,3								
	Всього	20	4,0	26,0	216,6	7	0,67	0,50	1,72	145,0	249,5	17	1,13	163,1	249,5	298,1		
2	<b>Ремонтне відділення</b>																	
	Металообробні верстати	4	2,2	11,0	23,7	0,12	0,50	1,73	2,8	4,9								
	Зварювальний трансформатор	1	16,0	16,0	16	0,30	0,35	2,68	4,8	12,8								
	Конвективний обігрівач	1	4,5	4,5	4,5	0,40	1,00	0,00	1,80	0,00								
	Вентилятор	1	2,2	2,2	4,0	0,65	0,80	0,75	2,60	1,95								
	Всього	7	2,2	16,0	48,2	7	0,20	0,47	1,88	9,4	17,8	6	2,30	21,7	19,6	29,2		
3	<b>Роздягалка</b>																	
		1	4,5	4,5	4,5	1	0,40	1,00	0,00	1,8	0,0	1	1,0	1,8	0,0	1,8		
4	<b>Кабінет майстра</b>																	
		1	4,5	4,5	4,5	1	0,40	1,00	0,00	1,8	0,0	1	1,0	1,8	0,0	1,8		
9	<b>Диспетчерська</b>																	
		4	1,5	3,0	15,0	2	0,56	0,61	1,31	8,4	11,0	4	1,52	12,8	12,1	17,6		
	<b>Всього по КС (силове)</b>																	
	<b>на шинах 0,4 кВ</b>	33	1,5	26,0	288,8	17	0,58	0,51	1,67	166,4	278,3	22	1,15	190,5	278,3	337,3		

### 1.3 Розрахунок освітлювальних навантажень

Проведемо докладний розрахунок навантаження освітлення машинної зали, застосовуючи метод коефіцієнта використання. Попередньо приймаємо, що будуть встановлені світильники РСП-07В-400-211 (Ватра) з лампами ДРЛ-400, що мають середній світловий потік  $\Phi_{\text{л}} = 23000$  лм. Для даного приміщення коефіцієнти відбиття рівні: підлоги –  $\rho_{\text{п}} = 50$ ; стін –  $\rho_{\text{с}} = 30$ , робочих поверхонь –  $\rho_{\text{р}} = 10$ .

Необхідний потік ламп світильника

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot F \cdot z}{n} = \frac{150 \cdot 1,5 \cdot 341,6 \cdot 1,15}{0,44} = 200884,1 \text{ лм,}$$

де  $E$  – необхідна мінімальна освітленість приміщення, лк;

$k$  – коефіцієнт запасу, приймаємо 1,5;

$F$  – освітлювана площа приміщення;

$z$  – відношення  $E_{\text{ср}}/E_{\text{мін}}$ , приймаємо 1,15 для ламп типу ДРЛ;

$n_{\text{св}}$  – кількість світильників, шт.;

$n$  – коефіцієнт використання світлового потоку.

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h(a + b)} = \frac{11,2 \cdot 30,5}{6(11,2 + 30,5)} = 1,37,$$

де  $a, b$  – відповідно довжина та ширина приміщення машинної зали, м;

$h$  – розрахункова висота від світильника до робочої поверхні

$$h = H - h_{\text{с}} - h_{\text{р}} = 7,8 - 1 - 0,8 = 6 \text{ м,}$$

$H$  – висота приміщення, м;

$h_{\text{с}}$  – відстань світильників від стелі, для світильників типу світильників РСП-07В – 1 м;

$h_{\text{р}}$  – висота розрахункової поверхні, приймаємо 0,8 м.

За отриманим значенням індексу приміщення та коефіцієнтами відбиття визначаємо коефіцієнт використання  $n = 0,44$ .

Тоді необхідна кількість ламп у приміщенні

$$n_{\text{л}} = \frac{\Phi}{\Phi_i} = \frac{200884,1}{23000} = 8,7 \approx 9 \text{ шт.}$$

де  $\Phi_i$  – світловий потік ламп кожного світильника.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		14

Кількість світильників у приміщенні:

$$n_{\text{св}} = n_{\text{л}} / n_{\text{л.св}} = 9 / 1 = 9 \text{ шт.},$$

де  $n_{\text{л.св}}$  – кількість ламп у світильнику, шт.

Отже, приймаємо до установки у машинній залі 9 світильників РСП-07В-400-211.

Складові розрахункового освітлювального навантаження машинної зали:  
– активна

$$P_{\text{р}} = k_{\text{п}} \cdot k_1 \cdot P_{\text{в}} = 0,85 \cdot 1,12 \cdot 3,6 = 3,43 \text{ кВт};$$

де  $k_{\text{п}}$  – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження;

$k_1$  – частка втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі, для люмінесцентних ламп  $k_1 = 1,2$ , для ламп ДРЛ –  $k_1 = 1,12$ ;

– реактивна

$$Q_{\text{р}} = P_{\text{р}} \cdot \text{tg}\varphi = 3,43 \cdot 1,732 = 5,9 \text{ квар},$$

$\text{tg}\varphi$  – для ламп ДРЛ становить 1,73;

– повна

$$S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2} = \sqrt{3,43^2 + 5,9^2} = 6,85 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Для інших приміщень компресорної станції освітлювальні навантаження розраховуються подібним чином, у зв'язку з чим їх розрахунок виконано як табл. 1.2.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		15

Таблиця 1.2 – Розрахунок освітлювальних навантажень компресорної станції

№ п/п	Назва підрозділу	a, м	b, м	F, м <sup>2</sup>	Тип світильника	E, лк	k <sub>з</sub>	ρ <sub>л</sub>	ρ <sub>с</sub>	ρ <sub>р</sub>	h, м	z	i	n
1	Машинна зала	11,2	30,5	341,6	РСП-07В-400-211	150	1,5	50	30	10	6,0	1,15	1,37	0,44
2	Ремонтне відділення	3,4	6,4	21,76	РСП-07В-400-211	300	1,5	50	30	10	2,7	1,15	0,82	0,31
3	Роздягалка	1,8	2,9	5,22	ЛСП-02В-40-211	75	1,5	70	50	10	3,2	1,10	0,35	0,25
4	Кабінет майстра	2,8	3,8	10,64	ЛСП-02В-2х40-211	300	1,5	70	50	30	3,2	1,10	0,50	0,25
5	Коридор	3,6	8,1	46,76	ЛСП-02В-2х40-211	75	1,5	50	30	10	3,2	1,10	0,78	0,33
6	Приміщення Т/ПС	4,0	9,2	36,8	ЛСП-02В-2х40-211	100	1,5	50	30	10	3,2	1,10	0,87	0,25
8	Коридор	2,8	8,8	24,64	ЛСП-02В-2х40-211	75	1,5	50	30	10	3,2	1,10	0,66	0,24
9	Диспетчерська	4,0	11,2	44,8	ЛСП-02В-2х40-211	200	1,5	70	50	30	3,2	1,10	0,92	0,34

продовження табл. 1.2.

№ п/п	Φ <sub>р</sub> , лм	И <sub>л</sub> , шт	И <sub>св</sub> , шт	tgφ	P <sub>у</sub> , кВт	Q <sub>у</sub> , квар	k <sub>1</sub>	k <sub>п</sub>	P <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , квар	S <sub>р</sub> , кВА
1	200884,1	9	9	1,732	3,60	6,2	1,12	0,85	3,43	5,9	6,85
2	36325,2	2	2	1,732	0,80	1,4	1,12	1,00	0,90	1,6	1,79
3	2583,9	1	1	0,484	0,04	0,0	1,20	0,80	0,04	0,0	0,04
4	21067,2	8	4	0,484	0,32	0,2	1,20	1,00	0,38	0,2	0,43
5	17535,0	6	3	0,484	0,24	0,1	1,20	0,80	0,23	0,1	0,26
6	24288,0	9	5	0,484	0,36	0,2	1,20	0,80	0,35	0,2	0,38
8	12705,0	5	3	0,484	0,20	0,1	1,20	0,80	0,19	0,1	0,21
9	43482,4	15	8	0,484	0,60	0,3	1,20	0,80	0,58	0,3	0,64
Всього		55,0	35,0		6,16	8,5			6,1	8,3	10,6

## 1.4 Розрахунок електричних навантажень у мережі вище 1000 В

У мережах із напругою понад 1000 В розрахунковими вузлами для визначення навантаження слугують вводи цехової трансформаторної підстанції (ЦТП) та збірні шини 10 кВ центральної розподільної установки (ЦРУ). Перед виконанням основних розрахунків визначається необхідна кількість трансформаторів на цеховій ТП. Зважаючи на те, що електроспоживачі компресорної станції відносяться до II-ї категорії надійності електропостачання, для забезпечення резервування живлення обирається двотрансформаторна ЦТП.

Сумарне силове навантаження електроспоживачів (до 1000 В) компресорної станції за період найбільш завантаженої робочої зміни:

– активне

$$P_{\text{сзм}} = \sum_i^n P_{\text{сзм},i} = 145 + 9,4 + 1,8 + 1,8 + 8,4 = 166,4 \text{ кВт},$$

де  $P_{\text{сзм},i}$  – середньозмінне навантаження  $i$ -го виробничого підрозділу, кВт;

– реактивне

$$Q_{\text{сзм}} = \sum_i^n Q_{\text{сзм},i} = 249,5 + 17,8 + 11,0 = 278,3 \text{ квар},$$

де  $Q_{\text{сзм},i}$  – середньозмінне навантаження  $i$ -го виробничого підрозділу, квар.

Проектне силове навантаження на шинах 0,4 кВ ТП-1:

– активне

$$P_{\text{р.с.0,4}} = P_{\text{сзм}} \cdot k_{\text{м}} = 166,4 \cdot 1,15 = 190,5 \text{ кВт},$$

де  $k_{\text{м}}$  – коефіцієнт максимуму:

$$k_{\text{м}} = \sqrt{1 + \frac{4,4 \cdot k_{\text{в}}^2 - 12,7 \cdot k_{\text{в}} + 8,235}{(k_{\text{в}} + 0,05) \cdot n_{\text{еф}}^{(1,04-0,4k_{\text{в}})}}} = \sqrt{1 + \frac{4,4 \cdot 0,58^2 - 12,7 \cdot 0,58 + 8,235}{(0,58 + 0,05) \cdot 22^{(1,04-0,4 \cdot 0,58)}}} = 1,15;$$

$k_{\text{в}}$  – груповий коефіцієнт одночасності

$$k_{\text{в}} = \frac{P_{\text{с.сзм}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном},i}} = \frac{166,4}{288,8} = 0,58,$$

$P_{\text{ном},i}$  – паспортна активна потужність  $i$ -го електроприймача КС;

$n_{\text{еф}}$  – ефективне число електроприймачів, що підключені до ТП-1

$$n_{\text{еф}} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{\text{ном},i}}{P_{\text{ном.мах}}} = \frac{2 \cdot 288,8}{26} = 22,2 \approx 22 \text{ шт},$$

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	17

– реактивне(так як  $n_{\text{еф}} = 22 > 10$  шт.)

$$Q_{\text{р.с.0,4}} = Q_{\text{сзм.с}} = 278,3 \text{ квар};$$

– повне

$$S_{\text{р.с.0,4}} = \sqrt{P_{\text{р.с.0,4}}^2 + Q_{\text{р.с.0,4}}^2} = \sqrt{190,5^2 + 278,3^2} = 337,3 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Проектне силове навантаження на шинах 10 кВ ТП-1:

– активне:

$$P_{\text{р}} = P_{\text{р.с.0,4}} + P_{\text{ос}} + \Delta P_{\text{Т}} = 190,5 + 6,1 + 5,1 = 201,7 \text{ кВт},$$

де  $P_{\text{ос}}$  – розрахункове освітлювальне активне навантаження (з табл. 1.2)

$\Delta P$  – повні втрати активної потужності в трансформаторах:

$$\Delta P = n(\Delta p_{\text{н.х}} + \Delta p_{\text{к.з}} \cdot k_3^2) = 2(0,74 + 3,76 \cdot 0,695^2) = 5,1 \text{ кВт};$$

$n$  – кількість трансформаторів ПС;

$\Delta p_{\text{н.х}}$  – активні втрати неробочого ходу в трансформаторі ТМЗ-250/10/0,4;

$\Delta p_{\text{к.з}}$  – активні втрати короткого замикання в трансформаторі ТМЗ-250/10/0,4;

$k_3$  – коефіцієнт завантаження трансформаторів;

– реактивне:

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{р.с.0,4}} + Q_{\text{ос}} + \Delta Q_{\text{Т}} = 278,3 + 8,3 + 27,2 = 313,9 \text{ кВт},$$

$Q_{\text{ос}}$  – реактивне освітлювальне навантаження (з табл. 1.2), квар;

$\Delta Q$  – повні втрати реактивної потужності в трансформаторах ПС:

$$\Delta Q_{\text{Т}} = n \cdot S_{\text{Т.НОМ}} \left( \frac{i_{\text{н.х}}}{100} + \frac{u_{\text{к.з}}}{100} k_3^2 \right) = 2 \cdot 250 \left( \frac{2,3}{100} + \frac{6,5}{100} 0,695^2 \right) = 27,2 \text{ квар},$$

$S_{\text{Т.НОМ}}$  – номінальна потужність трансформаторів ТП-1, кВА;

$i_{\text{н.х}}$  – струм неробочого ходу трансформатора ТМЗ-250/10/0,4;

$u_{\text{к.з}}$  – напруга короткого замикання трансформатора ТМЗ-250/10/0,4;

– повне

$$S_{\text{р.10}} = \sqrt{P_{\text{р.10}}^2 + Q_{\text{р.10}}^2} = \sqrt{201,7^2 + 313,9^2} = 373,1 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Розрахунок електричних по компресорній станції, в цілому, представлений у табл. 1.3.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		18

Таблиця 1.3 – Визначення силових електронавантажень у мережі 10 кВ компресорної станції

№ п/п	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кількість споживачів	Встановлена потужність, кВт			m	k <sub>b</sub>	cosφ	tgφ	Середнє навантаження за змину, кВт		n <sub>c</sub>	k <sub>M</sub>	Розрахункова потужність		
			Одного		Q <sub>ср</sub> , квар					P <sub>ср</sub> , кВт	Q <sub>ср</sub> , квар			S <sub>p</sub> , кВ·А		
			P <sub>мін</sub>	P <sub>макс</sub>											Р <sub>ср</sub> , кВт	Q <sub>ср</sub> , квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	<b>ТП-1 (2x250 кВА)</b> Машинна зала															
	силове	20	4,0	26,0	216,6	7	0,67	0,50	1,72	145,0	249,5	17	1,13	163,1	249,5	298,1
	освітлювальне									3,6	6,2			3,4	5,9	
	Всього									148,6	255,8			166,5	255,5	305,0
2	Ремонтне відділення															
	силове	7	2,2	16,0	48,2	7	0,20	0,47	1,88	9,4	17,8	6	2,30	21,7	19,6	29,2
	освітлювальне									0,8	1,4			0,9	1,6	
	Всього									10,2	19,2			22,6	21,1	30,9
3	Роздягалка															
	силове	1	4,5	4,5	4,5	1	0,40	1,00	0,00	1,8	0,0	1	1,0	1,8	0,0	1,8
	освітлювальне									0,04	0,0			0,04	0,0	
	Всього									1,8	0,0			1,8	0,0	1,8
4	Кабінет майстра															
	силове	1	4,50	4,50	4,5	1	0,40	1,00	0,00	1,8	0,0	1	1,0	1,8	0,0	1,8
	освітлювальне									0,3	0,2			0,4	0,2	
	Всього									2,1	0,2			2,2	0,2	2,2
5	Коридор															
	силове									0,0	0,0			0,0	0,0	
	освітлювальне									0,2	0,1			0,2	0,1	
	Всього									0,2	0,1			0,2	0,1	0,3

продовження табл. 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6	Приміщення ПС															
	силове									0,0	0,0			0,0	0,0	
	освітлювальне									0,4	0,2			0,3	0,2	
	Всього									0,4	0,2			0,3	0,2	0,4
8	Коридор															
	силове									0,0	0,0			0,0	0,0	
	освітлювальне									0,2	0,1			0,2	0,1	
	Всього									0,2	0,1			0,2	0,1	0,2
9	Диспетчерська															
	силове	4	1,5	3,0	15,0	2,00	0,56	0,61	1,31	8,4	11,0	4	1,52	12,8	12,1	17,6
	освітлювальне									0,6	0,3			0,6	0,3	
	Всього									9,0	11,3			13,4	12,4	18,2
	силове	33	1,5	26,0	288,8	17	0,58	0,51	1,67	166,4	278,3	22	1,15	190,5	278,3	337,3
	освітлювальне									6,2	8,5			6,1	8,3	
	разом													196,6	286,6	347,6
	втрати у трансформаторах													5,1	27,2	
	<b>Всього по ТП -1 (2x250 кВА)</b>													201,7	313,9	373,1
	<b>Всього по компресорній станції</b>															
	силове	33	1,5	26,0	288,8	17	0,58	0,51	1,67	166,4	278,3	22	1,15	190,5	278,3	337,3
	освітлювальне									6,2	8,5			6,1	8,3	
	Разом (на стороні 0,4 кВ)									172,6	286,8			<b>196,6</b>	<b>286,6</b>	<b>347,6</b>
	Втрати у трансформаторах													5,1	27,2	
	<b>Синхронні двигуни 10 кВ</b>	4	630	630	2520,0	1,0	0,70	1,00	0,00	1764,0	0,0	4,0	1,30	2298,5	0,0	2298,5
	<b>Всього по КС на шинях 10 кВ</b>													2500,2	313,9	2519,8

## 1.5 Побудова графіків електричних навантажень станції

Добові графіки електроспоживання компресорної станції побудовані на базі типових графіків виражених у відносних одиницях. Графік роботи компресорної станції цілодобовий, однак, у нічну зміну працює лише два агрегати, субота та неділя – вихідні дні (65 діб зимового та 48 діб літнього періодів). Прийнято, що зимовий період триває 212 діб, а літній – 153 доби.

Максимальні навантаження робочої літньої доби:

$$P_{p,л} = k_p \cdot P_p = 0,98 \cdot 2500,2 = 2450,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{p,л} = k_q \cdot Q_p = 0,98 \cdot 313,9 = 307,6 \text{ кВт},$$

де  $k_p, k_q$  – коефіцієнти, що враховують зниження електроспоживання, відповідно, активної та реактивної потужностей у літню пору року.

Виконаємо перерахунок для одного ступеню добового графіку електричного навантаження зимового робочого дня:

- активна потужність

$$P_{3,j=1} = \frac{p_{3,j=1,\%}}{100\%} P_p = \frac{50,0\%}{100\%} 2500,2 = 1250,1 \text{ кВт};$$

- реактивна потужність

$$Q_{3,j=1} = \frac{q_{3,j=1,\%}}{100\%} Q_p = \frac{38\%}{100\%} 313,9 = 119,3,$$

де  $p_j, q_j$  – ординати, що відповідають 1-му ступеню, відповідного добового графіку електричного навантаження, %;

- повна потужність

$$S_{3,j=1} = \sqrt{P_{3,j=1}^2 + Q_{3,j=1}^2} = \sqrt{1250,1^2 + 119,3^2} = 1255,8 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Розрахунок інших ступенів добових графіків аналогічний представленому та виконаний у вигляді табл. А.1-А4. Графічне зображення добових графіків електроспоживання на шинах 10 кВ ЦРУ приведено на рис. 1.1.

На базі добових, побудовано річні графіки електроспоживання за тривалістю. Вихідні дані та їх розрахунок оформлений у вигляді табл. А5, а графічне зображення приведено на рис. 1.2.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		21

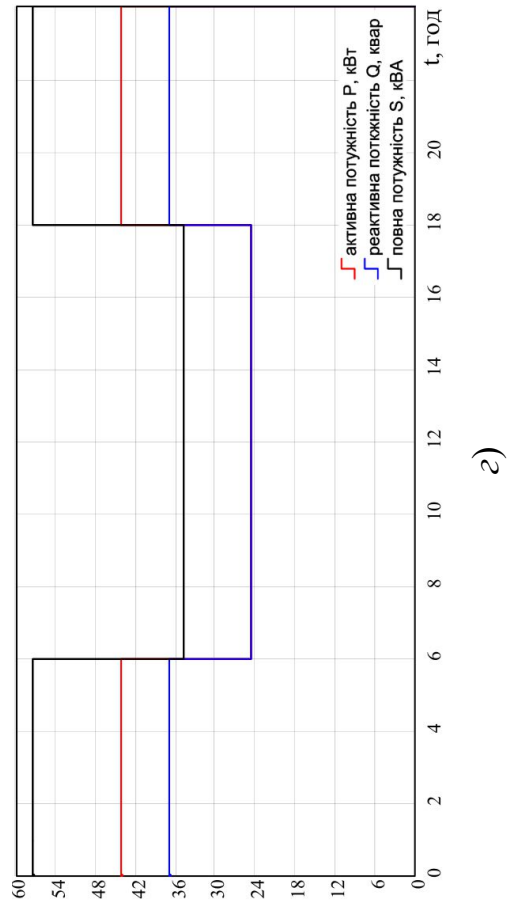
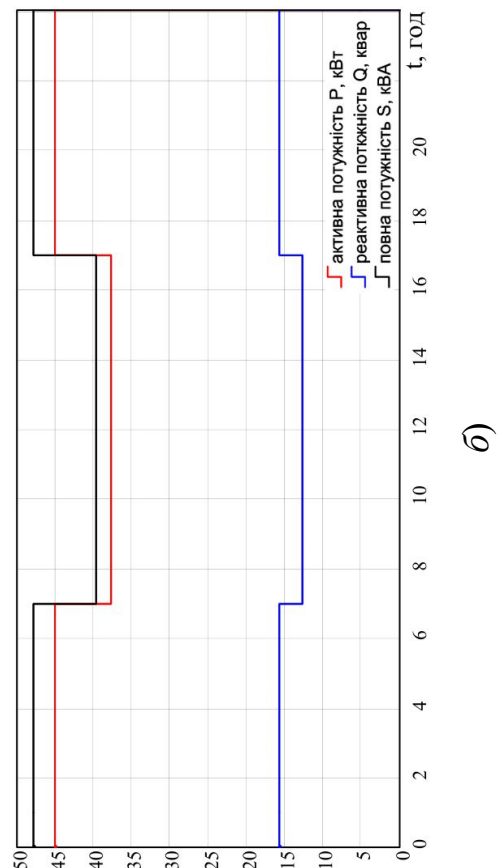
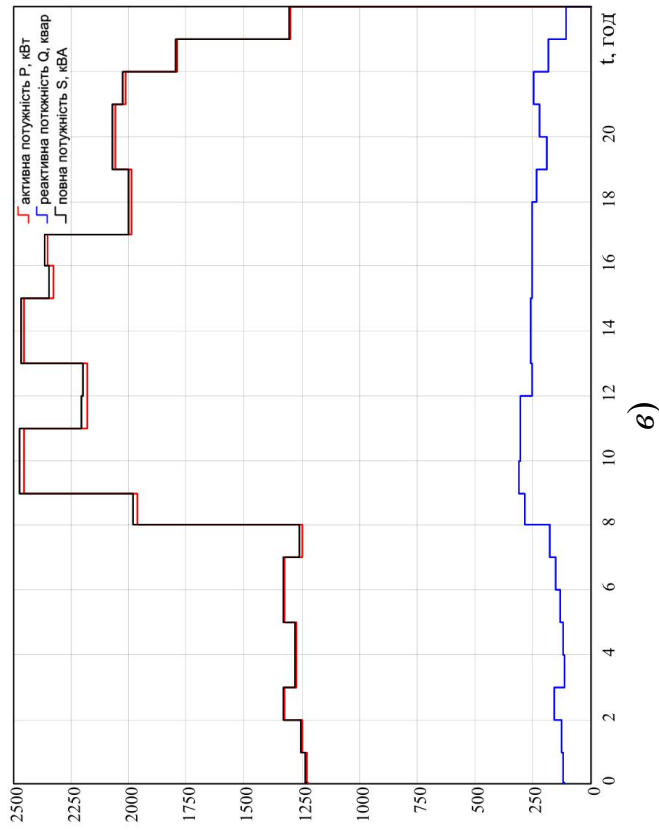
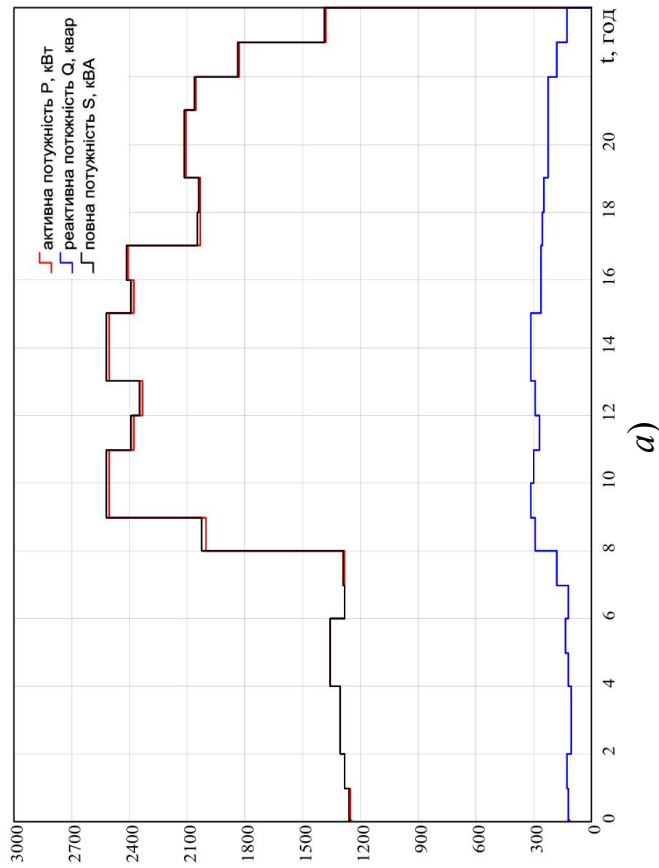


Рисунок 1.1 – Добові графіки електроспоживання компресорної станції:

для зимового періоду – робоча доба (а) та вихідна доба (б); для літнього періоду – робоча доба (в) та вихідна доба (г).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата
-----	------	----------	---------	------

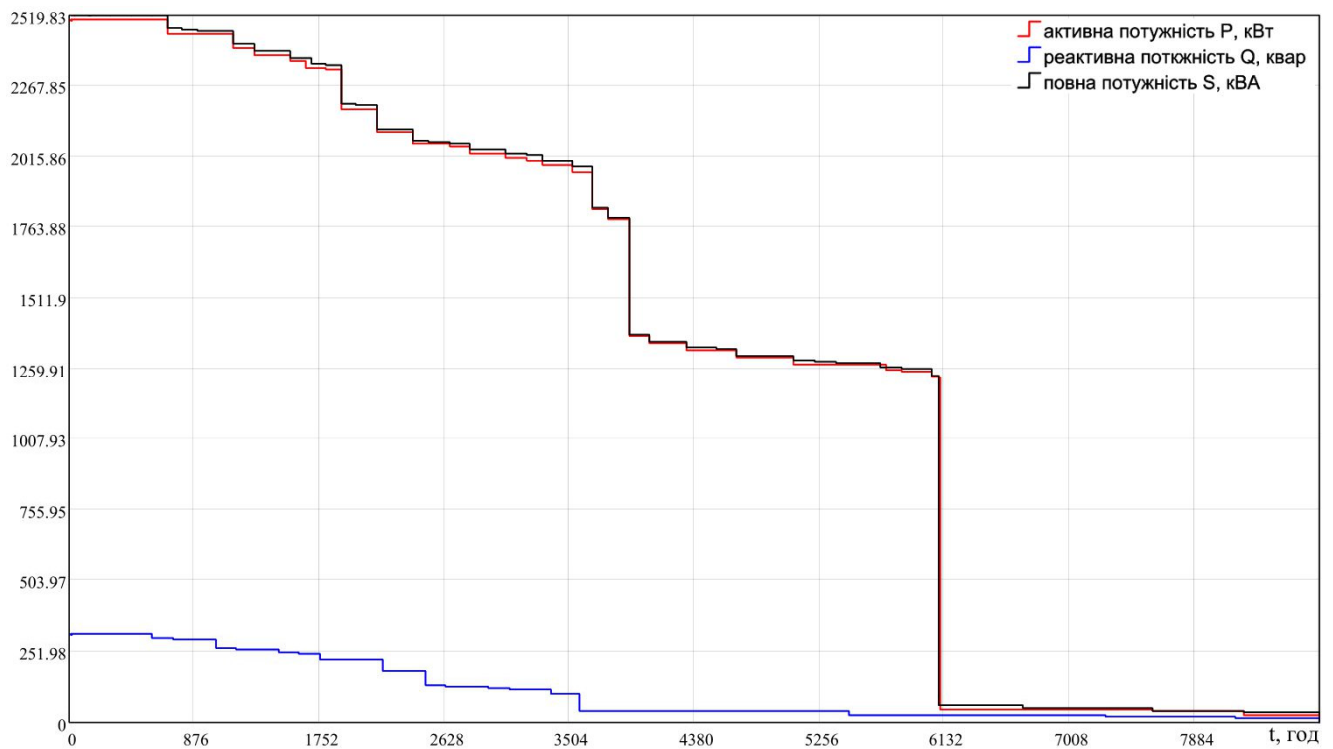


Рисунок 1.2 – Річний графік тривалості електричних навантажень

На основа річного графіку визначається річна витрата активної та реактивної енергій, час використання максимального навантаження та максимальних втрат:

- активна енергія

$$W_p = \Sigma P_j \cdot t_j \cdot 10^{-3} = 11415,6 \text{ МВт} \cdot \text{год};$$

- реактивна енергія:

$$V_p = \Sigma Q_j \cdot t_j \cdot 10^{-3} = 1321,4 \text{ Мвар} \cdot \text{год};$$

де  $P_j$ ,  $Q_j$  – ординати  $j$ -го ступеня, відповідно, річних графіків активної (кВт) та реактивної, (квар) потужності;

$t_j$  – тривалість  $j$ -го ступеня відповідного річного графіка електричних навантажень, год.

Час використання максимуму електричного навантаження

$$T_{\text{макс}} = \frac{\sqrt{W_p^2 + V_p^2}}{S_p} = \frac{\sqrt{11415,6^2 + 1321,4^2}}{2519,8} = 4560,4 \text{ год.}$$

Час максимальних втрат

$$\tau = \left[ 0,124 + \frac{T_{\text{макс}}}{10000} \right]^2 8760 = \left[ 0,124 + \frac{4560,4}{10000} \right]^2 8760 = 2947,4 \text{ год.}$$

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	23

## 2 КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ І МІСЦЕ РОЗТАШУВАННЯ ЦРУ 10 КВ

Для визначення координат розміщення ЦРУ 10 кВ та ЦТП на генеральному плані компресорної станції будується картограма електричних навантажень. Суть цього підходу полягає в тому, що для кожного підрозділу (споживача) будується умовне коло з радіусом, площа якого в обраному масштабі пропорційна його розрахунковому активному навантаженню.

Для машинної зали для споживачів 0,4 кВ радіус кола буде рівним

$$R = \sqrt{\frac{P_{р.мз\Sigma}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{166,5}{3,14 \cdot 0,1}} = 20,5 \text{ мм},$$

де  $P_{р. мз.\Sigma}$  – сумарне розрахункове навантаження 0,4 кВ машинної зали, кВт;  
 $m$  – масштаб для кіл, приймаємо рівним 0,1 кВт/мм<sup>2</sup>.

На кожному колі виділяється сектор, площа якого пропорційна у вибраному обраному розрахунковому освітлювальному навантаженню. Для побудови сектору визначаємо його центральний кут

$$\alpha_i = 360 \frac{P_{осв(р).мз}}{P_{р\Sigma}} = 360 \frac{3,4}{166,5} = 7,4^\circ.$$

Для інших підрозділів компресорної станції та високовольтного навантаження машинної зали розрахунок картограми аналогічний представленому та виконаний у табличному вигляді (табл. 2.1).

Розрахункові координати центру електричних навантажень (ЦЕН) станції:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{3413,9 + 42726,6 + 778,3 + 66,2 + 76,4 + 8,8 + 13,5 + 6,9 + 535,2}{2581,0} = 18,5 \text{ м};$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{499,6 + 18989,6 + 226,3 + 12,9 + 8,7 + 0,3 + 2,4 + 1,5 + 80,3}{2581,0} = 7,7 \text{ м},$$

де  $n$  – кількість підрозділів компресорної станції;

$x_i$  та  $y_i$  – координати  $i$ -го підрозділу на генеральному плані;

$P_i$  – розрахункове навантаження  $i$ -го підрозділу.

Розрахунок показує, що ЦЕН знаходиться в центрі машинної зали, тому ЦРУ 10 кВ зміщуємо в напрямку джерела живлення до точки з координатами  $x_0 = 40 \text{ м}$ ,  $y_0 = 7,9 \text{ м}$ .

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					24

Таблиця 2.1 – Визначення параметрів картограми електричних навантажень і ЦЕН

№ п/п	Назва підрозділу	Навантаження, кВт			Радіус кола, мм	Координати центру кола, м		Градусна міра кута,	Добутки, кВт·м	
		$P_{p,i}$	$P_{p,oc,i}$	$P_{\Sigma}$		$x_i$	$y_i$		$P_{\Sigma} \cdot x_i$	$P_{\Sigma} \cdot y_i$
1	Машинна зала	163,1	3,4	166,5	23,0	20,5	3,0	7,4	3413,9	499,6
	Машинний зал 10 кВ	2373,7	0,0	2373,7	86,9	18,0	8,0	0,0	42726,6	18989,6
2	Ремонтне відділення	21,7	0,9	22,6	8,5	34,4	10,0	14,3	778,3	226,3
3	Роздягалка	1,8	0,0	1,8	2,4	36,0	7,0	7,5	66,2	12,9
4	Кабінет майстра	1,8	0,4	2,2	2,6	35,0	4,0	63,3	76,4	8,7
5	Коридор	0,0	0,2	0,2	0,9	38,0	1,2	360,0	8,8	0,3
6	Приміщення ПС 10/0,4 кВ	0,0	0,3	0,3	1,0	39,0	7,0	360,0	13,5	2,4
8	Коридор	0,0	0,2	0,2	0,8	36,0	8,0	360,0	6,9	1,5
9	Диспетчерська	12,8	0,6	13,4	6,5	40,0	6,0	15,5	535,2	80,3
	Всього			2581,0					47625,9	19821,6

### 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

#### 3.1 Схема приєднання та вибір напруги живлення

Варіант схеми приєднання компресорної станції вибираємо, враховуючи наступні фактори: розрахункове навантаження, відстань до потенційних джерел електропостачання, вимоги до надійності забезпечення електроенергією, номінальна напруга високовольтних споживачів.

Метою вибору напруги для схеми приєднання є знаходження такого стандартного значення, яке б повністю відповідало технічним вимогам і водночас було найбільш економічно виправданим.

Компресорна станція належить до об'єктів малої потужності, оскільки номінальна потужність встановленого обладнання складає 2,8 МВА. Для таких електроспоживачів зазвичай застосовують схеми з одним приймальним пунктом електроенергії (ЦРУ 10 кВ).

З огляду на вищезазначене, до розгляду приймаємо такі можливі варіанти схеми приєднання:

1) електропостачання здійснюється від ГЗП заводу по двох кабельних лініях довжиною 0,17 км на напрузі 10 кВ. При цьому біля компресорної станції споруджується ЦРУ 10 кВ (рис. 3.1, вар. №1). Всі електроприймачі станції підключаються за радіальною схемою;

2) електроспоживачі компресорної станції підключаються до ГЗП по кабельних лініях 10 кВ довжиною 0,21-0,25 км за радіальною схемою (рис. 3.1, вар. №1).

Остаточне проектне рішення визначається шляхом порівняння зведених витрат за наміченими варіантами.

##### 3.1.1. Вибір кабельних ліній

*Варіант №1.* Розрахунковий струм у КЛ-1:

- у нормальному режимі роботи СЕП

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{2519,8}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 72,8 \text{ А};$$

- у післяаварійному режимі роботи СЕП

$$I_{p.пав} = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{2519,8}{\sqrt{3} \cdot 10} = 145,6 \text{ А.}$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		26

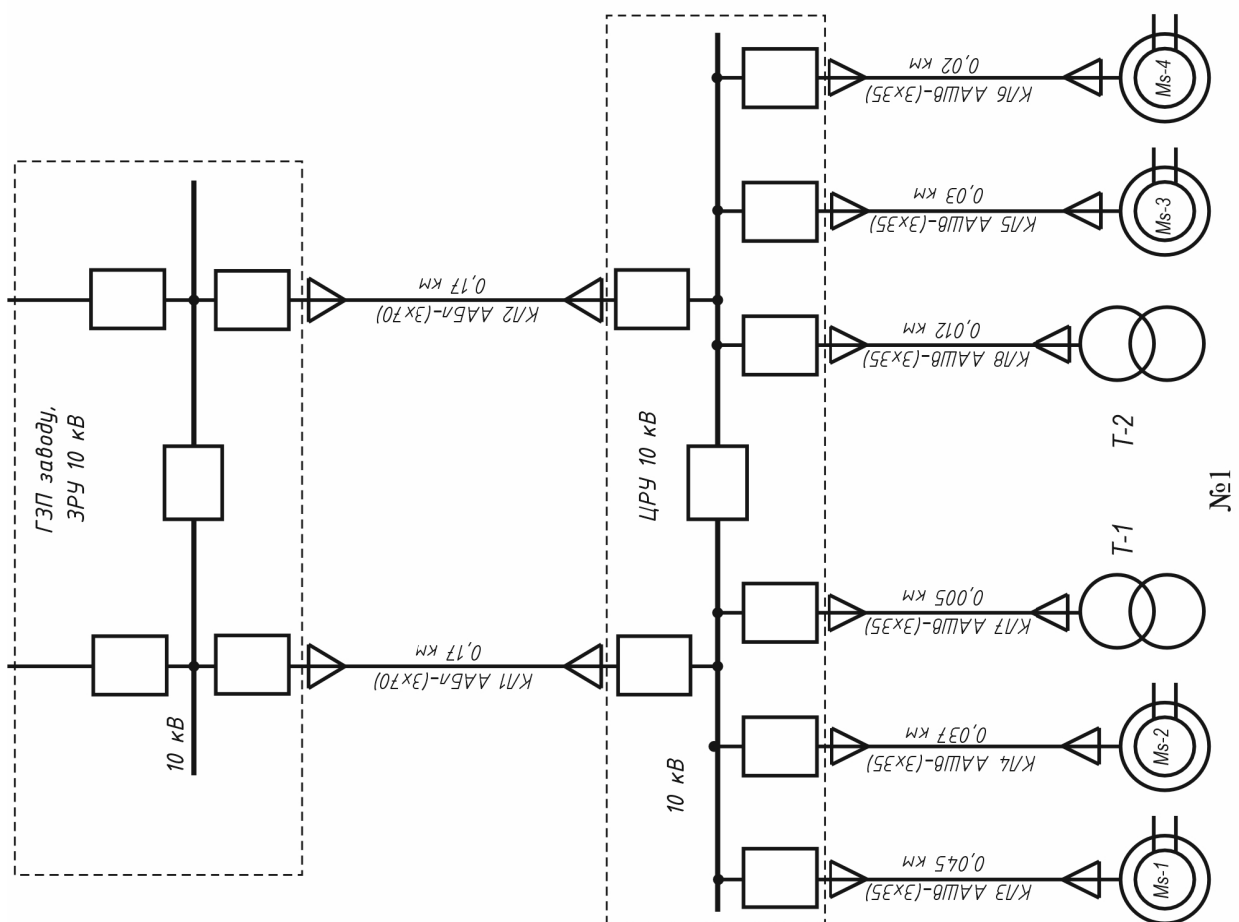
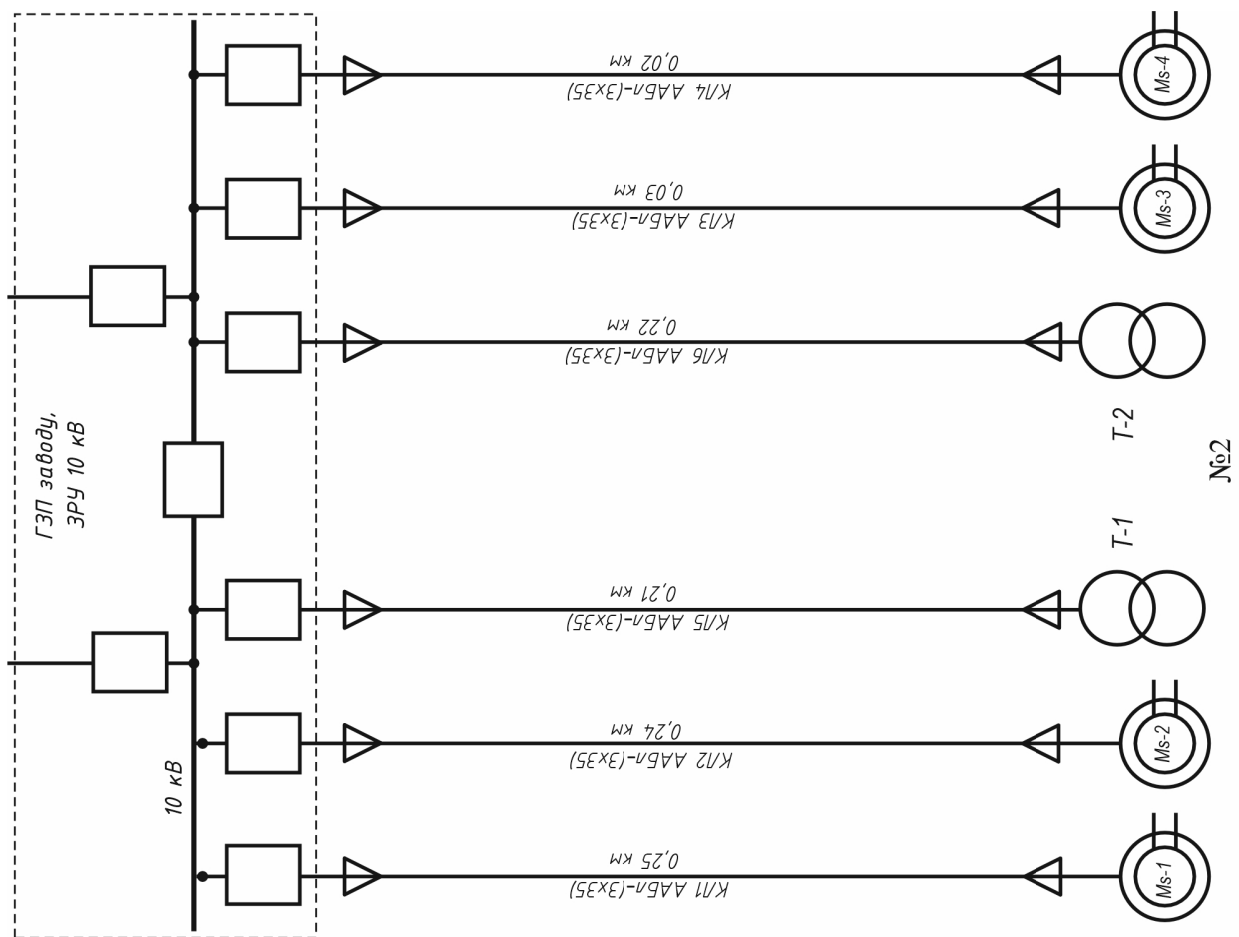


Рисунок 3.1 – Варіанти електропостачання компресорної станції

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата



### 3.1.2 Вибір схеми приєднання

Вибір схеми приєднання компресорної станції ґрунтується на обранні такого варіанта з-поміж усіх намічених (розрахованих), який забезпечує мінімум річних приведених витрат.

Для варіанту №1 приведені витрати складуть:

$$P_{\text{вл}} = E_{\text{н}} \cdot K + C + B = 0,12 \cdot 2721,5 + 494,3 + 124,0 = 9458 \text{ тис. грн.},$$

де  $C$  – сукупні річні витрати на забезпечення роботи схеми приєднання компресорної станції, тис. грн/рік;

$K$  – сумарні капіталовкладення в схему приєднання КС, тис. грн;

$E_{\text{н}}$  – нормативний коефіцієнт, приймається 0,12;

$B$  – вартість річних витрат електроенергії в КЛ, тис. грн. / рік.

### 3.1.3. Загальна сума капіталовкладень за варіантами

Загальні суми капіталовкладень для кожного варіанту схеми приєднання визначено за укрупненими показникам вартості їх елементів.

Результати розрахунків зведені до табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Загальна сума капіталовкладень у схему приєднання за варіантами

№ вар.	Найменування елемента схеми	Одиниця	Кількість, шт. (км)	Вартість одиниці, тис. грн.	Вартість всього, тис. грн.
I	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ	шт.	11	202,0	2222,0
	Кабельна лінія ААБл-(3х50)	км	0,340	1102,0	374,7
	Кабельна лінія ААШв-(3х35)	км	0,142	879,0	124,8
	Всього				2721,5
II	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ	шт.	6	202,0	1212,0
	Кабельна лінія ААБл-(3х35)	км	1,370	910,0	1246,7
	Всього				2458,7

### 3.1.4. Розрахунок поточних витрат

Розглянемо розрахунок поточних витрат для шаф КРУ 10 кВ з вимикачами варіанту №1. Розрахунок проводиться укрупнено за двома складовими частинами витрат амортизаційними відрахуваннями  $A$  та експлуатаційними витрати  $E$ :

$$C_{\text{л.ш}} = A_{\text{л.ш}} + E_{\text{л.ш}} = \frac{K_{\text{л.ш}} \cdot H_{\text{а}}}{100} + \frac{K_{\text{л.ш}} \cdot H_{\text{е}}}{100} = \frac{2222 \cdot 15}{100} + \frac{2222 \cdot 5}{100} = 444,4 \text{ тис. грн.},$$

де  $K_i$  – загальна вартість усіх шаф КРУ 10 кВ з вимикачем, для вар. №1, тис. грн.;

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		29

$H_a, H_e$  – норми відрахувань, відповідно, на амортизацію  $A$  та на експлуатацію  $E$ , приймаються 15% та 5%, відповідно;

Розрахунки сукупних річних витрат для інших елементів для обох варіантів схеми приєднання зведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Калькуляція сукупних річних витрат на забезпечення роботи схеми приєднання

№ вар.	Елемент схеми	Норма, %		Витрати, тис. грн./рік			
		$H_a$	$H_e$	$K$	$A$	$E$	$C$
I	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ	15,0	5,0	2222,0	333,3	111,1	444,4
	Кабельна лінія ААБл-(3х50)	5,0	5,0	374,7	18,7	18,7	37,5
	Кабельна лінія ААШВ-(3х35)	5,0	5,0	124,8	6,2	6,2	12,5
	Всього						494,3
II	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ	15,0	5,0	1212,0	181,8	60,6	242,4
	Кабельна лінія ААБл-(3х35)	5,0	5,0	1246,7	62,3	62,3	124,7
	Всього						367,1

### 3.1.5. Вартість втрат електроенергії

Розглянемо докладно, як розраховується вартість втрат електроенергії для кабельних ліній варіанта №I.

Навантажувальні втрати електроенергії у кабельних лініях КЛ-1, 2:

$$\Delta E = \Delta P_{\text{нав}} \cdot \tau = 3,44 \cdot 2947,4 = 10148,7; \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

де  $\Delta P_{\text{нав}}$  – навантажувальні втрати потужності в кабелі:

$$\Delta P_{\text{нав}} = \Delta p_{\text{кл}} \cdot l \cdot k_3^2 = 44 \cdot 0,34 \cdot 0,48^2 = 3,44 \text{ кВт}.$$

$l$  – довжина кабелю, км;

$k_3$  – коефіцієнт завантаження кабельних ліній у нормальному режимі роботи.

Вартість втрат електроенергії у КЛ-1, 2:

$$B = c_0 \cdot \Delta E = 8,8567 \cdot 10148,7 = 93244,1 \text{ тис. грн./рік};$$

де  $c_0$  – вартість 1 кВт·год електричної енергії, грн.

Розрахунок вартості втрат електроенергії для інших кабельних ліній обох варіантів аналогічний розглянутому та представлений у вигляді табл. 3.4.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					30

Таблиця 3.4 – Розрахунок вартості втрат електроенергії

№ вар	Назва ел.	№ КЛ	Тип лінії	$\Delta p$ , кВт/км	$k_3$	$l_{\Sigma}$ , км	$\Delta p$ , кВт	$\Delta E$ , кВт·год	$B$ , грн
I	Кабельна лінія	1, 2	ААБл-(3x50)	44	0,49	0,340	3,6	10528,1	93244,1
		3	ААШВ-(3x35)	42	0,47	0,045	0,4	1213,2	10745,2
		4	ААШВ-(3x35)	42	0,47	0,037	0,3	997,5	8834,9
		5	ААШВ-(3x35)	42	0,47	0,030	0,3	808,8	7163,5
		6	ААШВ-(3x35)	42	0,47	0,020	0,2	539,2	4775,6
		7	ААШВ-(3x35)	42	0,12	0,005	0,003	8,4	0,0
		8	ААШВ-(3x35)	42	0,12	0,005	0,003	8,4	74,6
Всього						0,482	14103,7	124838,0	
II	Кабельна лінія	1	ААБл-(3x35)	42	0,48	0,250	2,5	7248,7	64199,3
		2	ААБл-(3x35)	42	0,48	0,240	2,4	6958,7	61631,3
		3	ААБл-(3x35)	42	0,48	0,230	2,3	6668,8	59063,4
		4	ААБл-(3x35)	42	0,48	0,220	2,2	6378,8	56495,4
		5	ААБл-(3x35)	42	0,12	0,210	0,1	380,7	3371,7
		6	ААБл-(3x35)	42	0,12	0,220	0,1	398,8	3532,2
Всього						1,370	28034,5	248293,3	

Підсумкові результати техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) варіантів схеми приєднання і річні приведені витрати зводимо до табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати ТЕО варіантів схеми приєднання КС

Показники	Од. вим.	Варіант	
		I	II
Капіталовкладення	тис. грн.	2721,5	2458,7
Поточні витрати	тис. грн./рік	494,3	367,1
Вартість втрат електроенергії	тис. грн./рік	124,8	248,3
Річні приведені витрати	тис. грн. /рік	945,8	910,4

У результаті порівняння виявляється, що намічені варіанти за економічними показниками приблизно рівноцінні (різниця складає 4%). Виходячи із технічних міркувань перевагу надаємо I-му варіанту, який є більш перспективним при розширенні компресорної станції та більш економічним (вартість втрат електроенергії менша у 2 рази), а також зручнішим у плані експлуатації.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					31

### 3.2 Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання

Для живлення внутрішніх споживачів компресорної станції можуть застосовуватися різні топології мережі, зокрема радіальна, магістральна або їх комбінація – змішана. Вибір певного схемного рішення визначається особливостями розподілу навантажень та рівнем вимог до його надійності.

Радіальні схеми, отримали найбільшого поширення на промислових об'єктах. Їх ключова особливість полягає в тому, що кожен потужний споживач або група споживачів отримує живлення по окремій лінії безпосередньо від ЦРУ чи ЗРУ ГЗП підприємства. Це створює чіткі, незалежні «промені» живлення. На практиці, для збереження простоти та ефективності, такі схеми найчастіше будуються з одним або, максимум, двома ступенями розподілу.

Одноступінчасті радіальні схеми є ідеальним рішенням для об'єктів з відносно невеликою встановленою потужністю та для живлення споживачів, що розташовані близько до джерела. Двоступінчасті можуть містити проміжний розподільний пункт, від якого живляться кінцеві споживачі, але принцип живлення окремими лініями зберігається. Головною перевагою радіальної конфігурації є можливість глибокого секціонування системи. Це означає, що при виникненні аварії на одній з ліній, спрацювання захисту відключає лише цю пошкоджену ділянку, не впливаючи на роботу інших споживачів, підключених до того ж джерела живлення, але по інших радіальних лініях. Такий підхід до локалізації пошкоджень дозволяє забезпечити високий ступінь надійності електропостачання. Простота схеми також полегшує її обслуговування та пошук несправностей.

На відміну від радіальних, магістральні схеми знаходять своє застосування там, де споживачі численні та/або територіально рознесені, і прокладання окремої лінії до кожного було б економічно не вигідним чи технічно складним. У таких схемах електроенергія передається по спільній магістральній лінії, від якої робляться відгалуження до окремих споживачів чи підстанцій. Їх основна перевага – зменшення кількості комутаційної апаратури та загальної довжини КЛ порівняно з повністю радіальною схемою для тієї ж кількості споживачів.

Враховуючи специфіку компресорної станції – її відносно невелику споживану потужність, зосереджене розташування основного обладнання та віднесення до II категорії за вимогами до безперебійності електропостачання – її внутрішню мережу виконуємо за радіальною схемою. Ця схема найкраще відповідає зазначеним умовам, забезпечуючи необхідну надійність та керованість електропостачання.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					32

## 4 КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

### 4.1 Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір засобів для її компенсації

Сумарна потужність компресорної станції:

- активна:

$$P_p = P_{\text{нав.вн}} + P_{\text{нав.нн}} + \Delta P_{\text{тр}} = 2373,6 + 196,6 + 5,1 = 2575,4 \text{ кВт},$$

де  $P_{\text{нав.вн}}$  – високовольтне навантаження, кВт;

$P_{\text{нав.нн}}$  – низьковольтне навантаження, кВт;

$\Delta P_{\text{тр}}$  – втрати активної потужності у трансформаторах ЦТП, кВт;

- реактивна:

$$Q_p = Q_{\text{нав.вн}} + Q_{\text{нав.нн}} + \Delta Q_{\text{тр}} = 0 + 286,6 + 27,7 = 313,9 \text{ квар}$$

$Q_{\text{нав.вн}}$  – високовольтне навантаження, СД працюють у режимі  $\cos\varphi = 1$ ;

$Q_{\text{нав.нн}}$  – низьковольтне навантаження, квар;

$\Delta Q_{\text{тр}}$  – втрати реактивної потужності у цехових трансформаторах, квар.

Максимум реактивної потужності, передача якої від енергосистеми є економічно виправдана:

$$Q_e = P_p \cdot \text{tg}\varphi_e = 2575,4 \cdot 0,15 = 386,3 \text{ квар},$$

$\text{tg}\varphi_e$  – тангенс кута, що відповідає економічно обґрунтованому значенню реактивної потужності.

Мінімальна кількість цехових трансформаторів

$$n = P_{\text{нав.нн}} / (k_3 \cdot S_{\text{тр.ном}}) = 196,6 / (0,7 \cdot 160) = 1,8 \text{ шт.}$$

Приймаємо  $n = 2$  шт.

Розглянемо два варіанти компенсації реактивної потужності у мережі компресорної станції:

1) встановлюються два цехові трансформатори з  $S_{\text{ном.І}} = 160$  кВА;

2) встановлюються два цехові трансформатори з  $S_{\text{ном.І}} = 250$  кВА.

Варіант І: (2×160 кВА).

Реактивна потужність, що технічно може бути передана зі сторони ВН (10 кВ) трансформаторів ЦТП на сторону НН (0,4 кВ):

$$Q'_{1.І} = \sqrt{(n \cdot S_{\text{т.ном}} \cdot k_3)^2 - P_{\text{нав.нн}}^2} = \sqrt{(2 \cdot 160 \cdot 0,7)^2 - 196,6^2} = 107,4 \text{ квар.}$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		33

Необхідна потужність засобів компенсації реактивної потужності (ЗКРП) для встановлення в мережі НН:

$$Q_{\text{зкрп.нн}} = Q_{\text{нав.нн}} - Q'_{1.1} = 286,6 - 107,4 = 178,6 \text{ квар.}$$

Якщо розрахункова потреба в компенсації реактивної потужності  $Q_{\text{зкрп.нн}} > 0$ , то до подальшого розгляду обираємо стандартні конденсаторні установки 0,4 кВ (КУ) із загальною потужністю  $Q_{\text{ку.нн}} = 2 \times 90$  квар.

$$\text{Корегуємо значення } Q_{1.1} = Q_{\text{нав.нн}} - Q_{\text{ку.нн}} = 286,6 - 180 = 106,6 \text{ квар.}$$

Величина потужності ЗКРП, що підлягають встановленню на стороні ВН:

$$Q_{\text{зкрп.вн}} = Q_p - Q_{\text{ку.нн}} - Q_e = 313,9 - 180 - 386 = -252 \text{ квар.}$$

Отже,  $Q_{\text{зкрп.вн}} < 0$ , тому в установці ЗКРП на стороні ВН немає потреби.

Варіант II: (2×250 кВА).

Реактивна потужність, що технічно може бути передана зі сторони ВН трансформаторів ЦТП на сторону НН:

$$Q'_{1.11} = \sqrt{(n \cdot S_{\text{т.ном}} \cdot k_3)^2 - P_{\text{нав.нн}}^2} = \sqrt{(2 \cdot 250 \cdot 0,7)^2 - 196,6^2} = 289,6 \text{ квар.}$$

Величина потужності ЗКРП, що підлягають встановленню на стороні НН:

$$Q_{\text{зкрп.нн}} = Q_{\text{нав.нн}} - Q_{1.11} = 286,6 - 289,6 \approx 0 \text{ квар.}$$

Так як  $Q_{\text{зкрп.нн}} = 0$ , то установка ЗКРП у мережі 0,4 кВ непотрібна.

$$\text{Корегуємо значення } Q_{1.11} = Q_{\text{нав.нн}} - Q_{\text{ку.нн}} = 286,6 - 0 = 286,6 \text{ квар.}$$

Величина потужності ЗКРП, що підлягають встановленню на стороні ВН:

$$Q_{\text{зкрп.вн}} = Q_p - Q_{\text{ку.нн}} - Q_e = 313,9 - 0 - 386 = -73 \text{ квар.}$$

Отже  $Q_{\text{зкрп.вн}} < 0$ , тому установка ЗКРП 10 кВ теж не потрібна, тобто в години максимального навантаження достатньо реактивної потужності, яку може видати енергосистема.

## 4.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування засобів компенсації реактивної потужності

Варіант I. Річні приведені витрати на компенсацію реактивної потужності в мережах НН та ВН компресорної станції:

$$\begin{aligned} P_{\text{в.1}} &= E \cdot (K_{\text{ку.нн}} + K_{\text{к.тп}}) + (\Delta P_{\text{ку.нн}} + \Delta P_{\text{т}}) \cdot c_0 \cdot \tau = \\ &= 0,32(101 + 282) + (0,8 + 0,62) \cdot 8,8567 \cdot 2947,4 \cdot 10^{-3} = 159,6 \text{ тис грн.} \end{aligned}$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		34

де  $E$  – загальна сума щорічних відрахувань:

$$E = E_H + H_c + H_a = 0,12 + 0,05 + 0,15 = 0,32;$$

$K_{\text{КУ.НН}}$  – капітальні вкладення, необхідні для встановлення низьковольтних КУ:

$$K_{\text{КУ.НН}} = n_{\text{КУ.НН}} \cdot K_{\text{КУ.НН}} = 2 \cdot 44,97 = 89,93 \text{ тис. грн.};$$

$K_{\text{КТП}}$  – вартість комплектної трансформаторної підстанції з двома трансформаторами по 160 кВА кожний, тис. грн.;

$\Delta P_{\text{КУ.НН}}$  – сумарні втрати активної потужності ПКРП 0,4 кВ:

$$\Delta P_{\text{КУ.НН}} = \Delta P_{\text{Пит}} \cdot Q_{\text{КУ.НН}} = 0,0045 \cdot 180 = 0,8 \text{ кВт};$$

$\Delta P_{\text{Пит}}$  – питома дисипація активної потужності в конденсаторах конденсаторної установки кВт/вар;

$\Delta P_{\text{T}}$  – сумарні втрати активної потужності у трансформаторах ЦТП при пересиланні через них реактивної енергії:

$$\Delta P_{\text{T}} = Q_{1.I}^2 \cdot R_{\text{ЕК.I}} / U_{\text{НОМ}}^2 = 106,6^2 \cdot 5,47 \cdot 10^{-3} / 10^2 = 0,62 \text{ кВт};$$

$R_{\text{ЕК.I}}$  – еквівалентний опір трансформаторів ЦТП

$$R_{\text{ЕК.I}} = (\Delta P_{\text{КЗ}} \cdot U_{\text{НОМ}}^2) / (n_{\text{T}} \cdot S_{\text{T.НОМ}}^2) = (2,8 \cdot 10^2) / (2 \cdot 160^2) = 5,47 \cdot 10^{-3}.$$

Варіант II. Річні приведені витрати на компенсацію реактивної потужності в мережах НН та ВН компресорної станції:

$$П_{\text{В.ІІ}} = E \cdot K_{\text{КТП}} + \Delta P_{\text{T}} \cdot c_0 \cdot \tau = 0,32 \cdot 321 + 2,47 \cdot 8,8567 \cdot 2947,4 \cdot 10^{-3} = 167,2 \text{ тис грн.},$$

де  $K_{\text{КТП}}$  – вартість комплектної трансформаторної підстанції з двома трансформаторами по 250 кВТ кожний, тис. грн.;

$\Delta P_{\text{T}}$  – сумарні втрати активної потужності у трансформаторах ЦТП при пересиланні через них реактивної енергії.:

$$\Delta P_{\text{T}} = Q_{1.II}^2 \cdot R_{\text{ЕК.II}} / U_{\text{НОМ}}^2 = 286,6^2 \cdot 3,01 \cdot 10^{-3} / 10^2 = 2,47 \text{ кВт};$$

$R_{\text{ЕК.II}}$  – еквівалентний опір трансформаторів ЦТП:

$$R_{\text{ЕК.II}} = (\Delta p_{\text{КЗ}} \cdot U_{\text{НОМ}}^2) / (n_{\text{T}} \cdot S_{\text{T.НОМ}}^2) = (3,76 \cdot 10^2) / (2 \cdot 250^2) = 3,01 \cdot 10^{-3}.$$

Отже, проведений розрахунок показує, що розглянуті варіанти, з економічної точки зору фактично рівноцінні, різниця їх річних приведених витрат складає менше 5%. З технічної точки зору, варіант №2 є більш доцільним оскільки для його реалізації потрібно менше електротехнічного обладнання, а коефіцієнт потужності ближчий до встановленого енергосистемою.

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	35

## 5 ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ

### 5.1 Вибір кількості, потужності трансформаторів цехових підстанцій

Для забезпечення електропостачання цехової мережі 10 кВ компресорної станції вибираємо двотрансформаторну підстанцію. Це рішення обґрунтоване наступними факторами:

- більшість споживачів підстанції відносяться до II-ї категорії за надійністю електропостачання;

- всі споживачі є зосередженими;

- робочий графік компресорної станції – тризмінний;

- складського резерву трансформаторів не передбачається.

При цьому, за прийнятої кількості цехових трансформаторів їх коефіцієнти завантаження повинні бути в рекомендованих межах: 0,65–0,7.

Таким чином, попередньо приймаємо до розгляду двотрансформаторну ПС з одиничною потужністю трансформаторів 250 кВ·А.

Коректність зробленого вибору перевіримо за методом питомої густини навантаження [5]. Згідно цього методу, існує залежність між кількістю трансформаторів  $n_{\text{тр}}$  та їх номінальною потужністю

$$n_{\text{тр}} = \frac{S_{\text{п}}}{k_{\text{з.тр}} \cdot S_{\text{т.е.ном}}} = \frac{347,6}{0,7 \cdot 250} = 1,99 \approx 2 \text{ шт.},$$

де  $S_{\text{т.е.ном}}$  – економічно обґрунтована номінальна потужність трансформатора.

Питома щільність розрахункового навантаження 0,4 кВ:

$$s_{\text{п}} = \frac{S_{\text{п}}}{F} = \frac{347,6}{550} = 0,632 \text{ кВ} \cdot \text{А}/\text{м}^2,$$

де  $F$  – площа виробничих приміщень компресорної станції, м<sup>2</sup>.

Згідно з рекомендаціями [5], вибираємо двотрансформаторні підстанції, оскільки  $s_{\text{п}} > 0,4 \text{ кВ} \cdot \text{А}/\text{м}^2$ .

Перевіримо вибрані трансформатори за перевантажувальною здатністю:

- нормальний режим роботи:

$$k_3 = \frac{S_{\text{п}}}{n \cdot S_{\text{ном}}} = \frac{347,6}{2 \cdot 250} = 0,695;$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		36

- аварійному режимі роботи:

$$k_{з.ав} = \frac{S_p}{S_{ном}} = \frac{347,6}{2 \cdot 250} = 1,39 < k_{з.доп} = 1,4.$$

Отже, приймаємо до встановлення двотрансформаторну комплектну ПС 2хКТП-250/10/0,4-У3 з трансформаторами типу ТМЗ-250/10/0,4.

## 5.2 Улаштування та місце встановлення цехової трансформаторної підстанції

Місце розташування ЦТП компресорної станції безпосередньо залежить від величини, характеру та розміщення електричних навантажень на її генеральному плані. Головна мета – розташувати ЦТП якомога ближче до основних споживачів електроенергії.

Для даної компресорної станції ЦТП розміщується в окремому, спеціально виділеному приміщенні. Це приміщення розташоване максимально близько до машинного залу, де сконцентрована основна маса потужних електроспоживачів. Важливою вимогою є наявність окремого виходу з приміщення ПС назовні.

Таке розміщення ЦТП біля машинного залу має значні переваги:

- конструкція розподільчої мережі 0,4 кВ стає простішою та дешевшою;
- дозволяє створити надійнішу схему розподілу електроенергії;
- дозволяє зменшити протяжність кабельних ліній 0,4 кВ;
- призводить до скорочення втрати електричної енергії в мережах.

Хоча близькість до навантажень є ключовою, при виборі остаточного місця для ПС компресорної станції також враховано:

- архітектурно-будівельні норми та особливості будівлі станції;
- експлуатаційні вимоги та зручність обслуговування;
- іншого технологічного обладнання;
- вимоги до систем охолодження трансформаторів;
- норми пожежної та електричної безпеки.

Отже, розташування цехової ПС компресорної станції в окремому приміщенні максимальним наближенням до машинного залу є техніко-економічно обґрунтованим рішенням, що враховує як близькість до основних споживачів, так і нормативні вимоги.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					37

# 6 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ, ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК І СИЛОВИХ МЕРЕЖ

## 6.1 Розрахунок струмів КЗ

Виконаємо детальний розрахунок струмів короткого замикання (КЗ) для ділянки розподільної мережі «джерело – КЛ-3», враховуючи максимальний режим роботи енергосистеми (рис. 6.1). Результати аналогічних розрахунків для інших кабельних ліній (КЛ) наведено в табл. 6.1.

Для подальших обчислень приймаються такі базисні величини:

- напруги  $U_{6.I} = 36,8$  кВ,  $U_{6.II} = 10,5$  кВ;

- потужність  $S_6 = 500$  МВ·А.

Базисні струми:

$$I_{6.I} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{6.I}} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 36,8} = 7,8 \text{ кА};$$

$$I_{6.II} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{6.II}} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 27,5 \text{ кА};$$

Параметри схеми заміщення (рис. 6.2):

- опір енергосистеми

$$x_{c*} = \frac{S_6}{\sqrt{3} I_{кз.с.мак} \cdot U_{cp}} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 5,4 \cdot 36,8} = 1,45 \text{ в.о.};$$

- трансформатора ГЗП заводу:

$$r_{т.ГЗП*} = \Delta p_{кз} \cdot \frac{S_6}{S_{НОМ}^2} = 0,065 \cdot \frac{500}{10^2} = 0,325 \text{ в.о.};$$

$$x_{т.ГЗП*} = \frac{u_{кз, \%}}{100\%} \cdot \frac{S_6}{S_{НОМ}^2} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{500}{10^2} = 3,75 \text{ в.о.};$$

- кабельних ліній:

КЛ

$$r_{кЛ*} = \frac{r_0}{n} \cdot l_{кЛ} \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = \frac{0,206}{2} \cdot 3 \cdot \frac{500}{36,8^2} = 0,114 \text{ в.о.};$$

$$x_{кЛ*} = \frac{x_0}{n} \cdot l_{кЛ} \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = \frac{0,116}{2} \cdot 3 \cdot \frac{500}{10,5^2} = 0,064 \text{ в.о.};$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		38

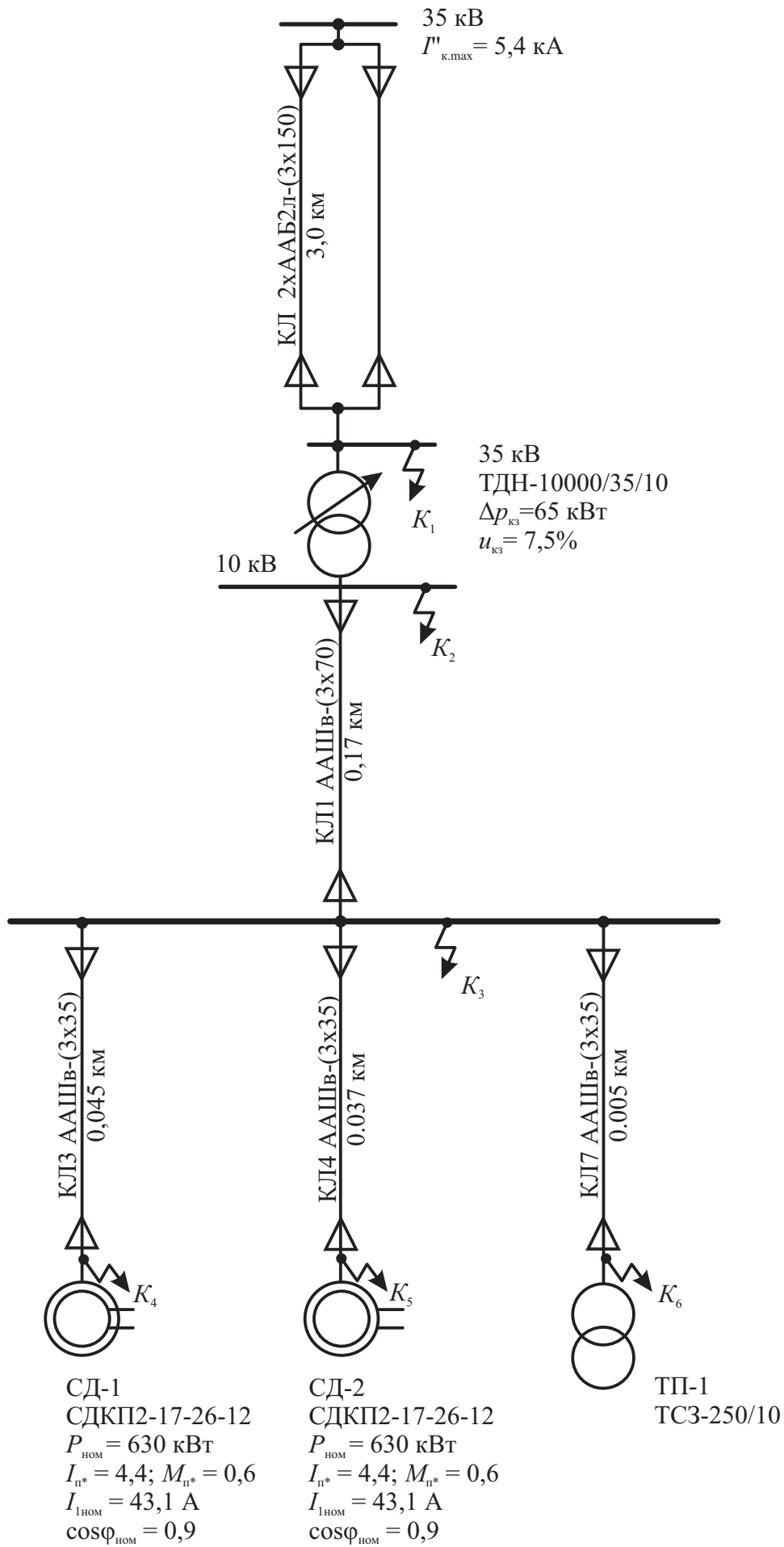


Рисунок 6.1 - Розрахункова схема системи електропостачання

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата

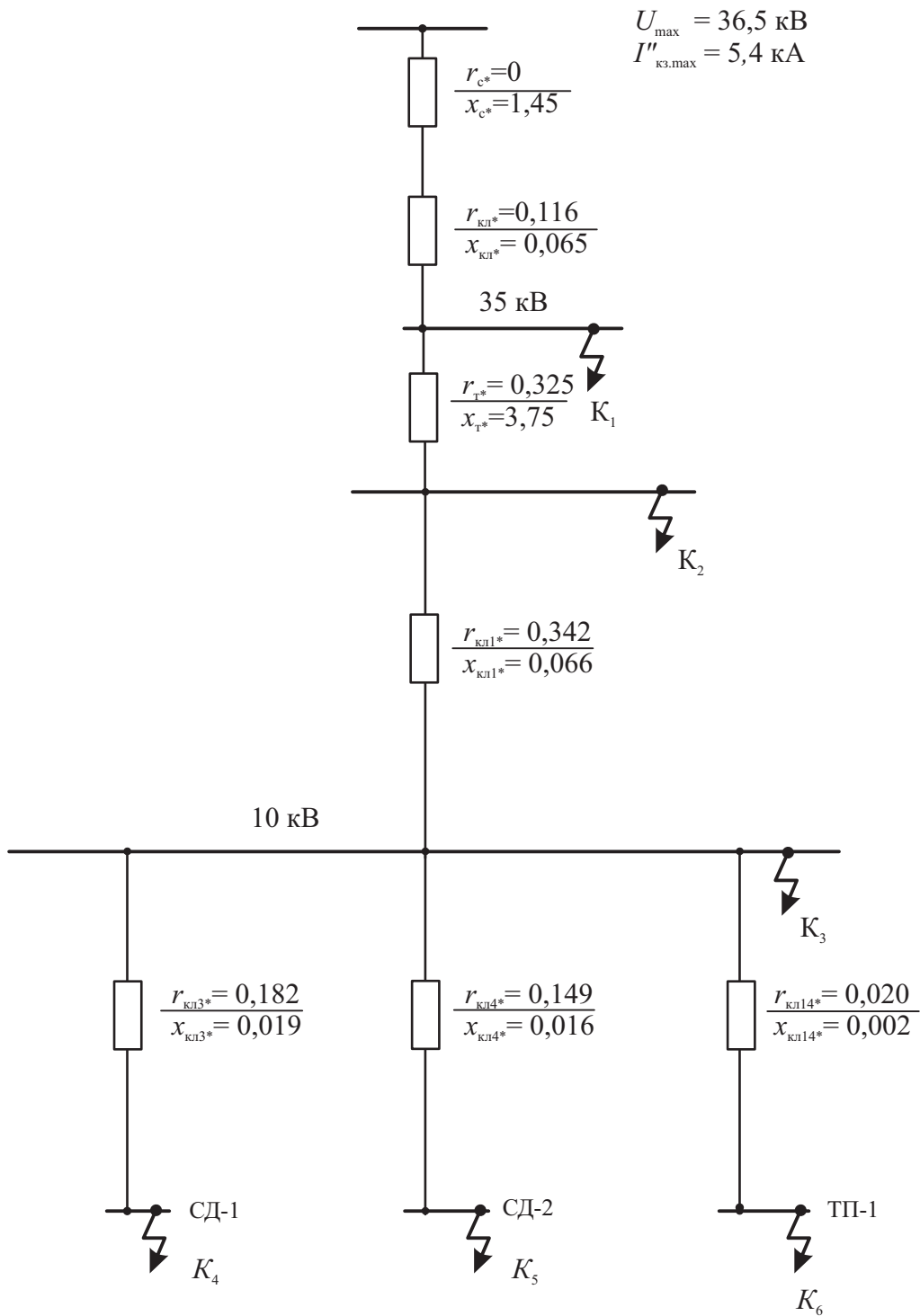


Рисунок 6.2 - Схема заміщення СЕП компресорної станції

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата

КЛ-1:

$$r_{\text{кл1}*} = r_0 \cdot l_{\text{кл1}} \cdot \frac{S_6}{U_{\text{ср}}^2} = 0,443 \cdot 0,17 \cdot \frac{500}{10,5^2} = 0,342 \text{ в.о.};$$

$$x_{\text{кл1}*} = x_0 \cdot l_{\text{кл1}} \cdot \frac{S_6}{U_{\text{ср}}^2} = 0,086 \cdot 0,17 \cdot \frac{500}{10,5^2} = 0,066 \text{ в.о.};$$

КЛ-3:

$$r_{\text{кл3}*} = r_0 \cdot l_{\text{кл3}} \cdot \frac{S_6}{U_{\text{ср}}^2} = 0,89 \cdot 0,045 \cdot \frac{500}{10,5^2} = 0,182 \text{ в.о.};$$

$$x_{\text{кл3}*} = x_0 \cdot l_{\text{кл3}} \cdot \frac{S_6}{U_{\text{ср}}^2} = 0,095 \cdot 0,045 \cdot \frac{500}{10,5^2} = 0,019 \text{ в.о.};$$

де  $r_0$  – активний питомий опір кабелю, Ом/км;

$x_0$  – активний питомий опір кабелю, Ом/км;

$l$  – довжина КЛ, км.

Еквівалентні опори кіл до намічених точок короткого замикання:

-  $K_1$ :

$$r_{\text{рез1}*} = r_{\text{с}*} + r_{\text{кл1}*} = 0 + 0,114 = 0,114 \text{ в.о.};$$

$$x_{\text{рез1}*} = x_{\text{с}*} + x_{\text{кл1}*} = 1,45 + 0,064 = 1,517 \text{ в.о.};$$

$$z_{\text{рез1}*} = \sqrt{r_{\text{рез1}*}^2 + x_{\text{рез1}*}^2} = \sqrt{0,114^2 + 1,517^2} = 1,52 \text{ в.о.};$$

-  $K_2$ :

$$r_{\text{рез2}} = r_{\text{рез1}} + r_{\text{т.гзп}*} = 0,114 + 0,325 = 0,439 \text{ в.о.};$$

$$x_{\text{рез2}*} = x_{\text{рез1}*} + x_{\text{т}*} = 1,517 + 3,75 = 5,27;$$

$$z_{\text{рез2}*} = \sqrt{r_{\text{рез2}*}^2 + x_{\text{рез2}*}^2} = \sqrt{0,439^2 + 5,27^2} = 5,29 \text{ в.о.};$$

-  $K_3$ :

$$r_{\text{рез3}*} = r_{\text{рез2}*} + r_{\text{кл1}*} = 0,342 + 0,478 = 0,820 \text{ в.о.};$$

$$x_{\text{рез3}*} = x_{\text{рез2}*} + x_{\text{кл1}} = 5,27 + 0,066 = 5,336 \text{ в.о.};$$

$$z_{\text{рез3}*} = \sqrt{r_{\text{рез3}*}^2 + x_{\text{рез3}*}^2} = \sqrt{0,820^2 + 5,336^2} = 5,4 \text{ в.о.};$$

-  $K_4$ :

$$r_{\text{рез4}*} = r_{\text{рез3}*} + r_{\text{кл3}*} = 0,820 + 0,182 = 0,964 \text{ в.о.};$$

$$x_{\text{рез4}*} = x_{\text{рез3}*} + x_{\text{кл3}} = 5,336 + 0,019 = 5,355 \text{ в.о.};$$

$$z_{\text{рез4}*} = \sqrt{r_{\text{рез4}*}^2 + x_{\text{рез4}*}^2} = \sqrt{0,964^2 + 5,355^2} = 5,452 \text{ в.о.}$$

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	41

Ударні коефіцієнти:

$$k_{уд1} = 1 + e^{(-0,01/T_{a1})} = 1 + e^{(-0,01/0,042)} = 1,79; \quad k_{уд2} = 1 + e^{(-0,01/T_{a2})} = 1 + e^{(-0,01/0,038)} = 1,77;$$

$$k_{уд3} = 1 + e^{(-0,01/T_{a3})} = 1 + e^{(-0,01/0,022)} = 1,631; \quad k_{уд4} = 1 + e^{(-0,01/T_{a4})} = 1 + e^{(-0,01/0,016)} = 1,569;$$

де  $T_a$  – тривалість згасання аперіодичної компоненти струму короткого замикання:

$$T_{a1} = \frac{x_{рез1*}}{\omega \cdot r_{рез1*}} = \frac{1,517}{314,16 \cdot 0,114} = 0,042 \text{ с}; \quad T_{a2} = \frac{x_{рез2}}{\omega \cdot r_{рез2}} = \frac{5,267}{314,16 \cdot 0,439} = 0,038 \text{ с};$$

$$T_{a3} = \frac{x_{рез3}}{\omega \cdot r_{рез3}} = \frac{5,346}{314,16 \cdot 0,783} = 0,022 \text{ с}; \quad T_{a4} = \frac{x_{рез4}}{\omega \cdot r_{рез4}} = \frac{5,366}{314,16 \cdot 0,964} = 0,018 \text{ с}.$$

Надперехідний струм створюваний системою:

$$I_1'' = \frac{E_*'' \cdot I_{бI}}{z_{рез1*}} = \frac{1 \cdot 7,8}{1,52} = 5,15 \text{ кА}; \quad I_2'' = \frac{E_*'' \cdot I_{бII}}{z_{рез2*}} = \frac{1 \cdot 27,5}{5,27} = 5,19 \text{ кА};$$

$$I_3'' = \frac{E_*'' \cdot I_{бIII}}{z_{рез3*}} = \frac{1 \cdot 27,5}{5,4} = 5,09 \text{ кА}; \quad I_4'' = \frac{E_*'' \cdot I_{бIV}}{z_{рез4*}} = \frac{1 \cdot 27,5}{5,452} = 5,04 \text{ кА};$$

де  $E_*''$  – надперехідна ЕРС, приймаємо згідно [5, 6]  $E_*'' = 1$ .

Ударні струми створювані системою:

$$i_{уд1} = \sqrt{2} k_{уд1} \cdot I_1'' = \sqrt{2} \cdot 1,79 \cdot 5,16 = 13,05 \text{ кА};$$

$$i_{уд2} = \sqrt{2} k_{уд2} \cdot I_2'' = \sqrt{2} \cdot 1,77 \cdot 5,2 = 13,02 \text{ кА};$$

$$i_{уд3} = \sqrt{2} k_{уд3} \cdot I_3'' = \sqrt{2} \cdot 1,631 \cdot 5,09 = 11,74 \text{ кА};$$

$$i_{уд4} = \sqrt{2} k_{уд4} \cdot I_4'' = \sqrt{2} \cdot 1,569 \cdot 5,04 = 11,19 \text{ кА}.$$

Початкові значення періодичної складової струму КЗ, створюваного синхронним двигуном:

$$I_{сд}'' = \frac{n \cdot E_{сд*}'' \cdot I_2}{x_d} = \frac{2 \cdot 1,117 \cdot 0,0431}{0,225} = 0,43 \text{ кА};$$

де  $n$  – кількість синхронних двигунів;

$E_{сд*}''$  – надперехідна ЕРС СД:

$$E_{сд*}'' = \sqrt{(U_{*(0)} \cdot \cos \varphi_1)^2 + (U_{*(0)} \cdot \sin \varphi_1 + I_{*(0)} \cdot x_{*d}'')^2} =$$

$$= \sqrt{(1 \cdot 0,9)^2 + (1 \cdot 0,451 + 1 \cdot 0,225)^2} = 1,117;$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		42

$x_d$  – поздовжня надперехідна реактивність синхронного двигуна:

$$x_d = \frac{1}{I_{п*}} \sqrt{1 - \left( \frac{M_{п*}}{I_{п*}} \right)^2} = \frac{1}{4,4} \sqrt{1 - \left( \frac{0,6}{4,4} \right)^2} = 0,225 \text{ в.о.};$$

$I_2$  – номінальний струм двигуна:

$$I_2 = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,938 \cdot 0,9} = 43,1 \text{ А.}$$

Значення ударного коефіцієнта для синхронного двигуна визначається на основі кривих, що наведені в літературних джерелах [6, 7], і приймається рівним  $k_{\text{уд}} = 1,91$ . Тоді ударний струм короткого замикання, що створюється синхронними двигунами становитиме:

$$i_{\text{уд.сд}} = \sqrt{2} k_{\text{уд.сд}} \cdot I_{\text{сд}} = \sqrt{2} \cdot 1,91 \cdot 0,43 = 1,2 \text{ кА.}$$

Сумарні значення струмів КЗ у намічених точках:

$$I_{2\Sigma}'' = I_2'' + I_{\text{сд}}'' = 5,2 + 0,43 = 5,63 \text{ кА};$$

$$I_{3\Sigma}'' = I_3'' + I_{\text{сд}}'' = 5,09 + 0,43 = 5,52 \text{ кА};$$

$$I_{4\Sigma}'' = I_4'' + I_{\text{сд}}'' = 5,04 + 0,43 = 5,47 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд.2.}\Sigma} = i_{\text{уд.2}} + i_{\text{уд.сд}} = 12,98 + 1,2 = 14,18 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд.3.}\Sigma} = i_{\text{уд.3}} + i_{\text{уд.сд}} = 11,74 + 1,2 = 12,94 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд.4.}\Sigma} = i_{\text{уд.4}} + i_{\text{уд.сд}} = 11,19 + 1,2 = 12,4 \text{ кА.}$$

Таблиця 6.1 – Розрахунок струмів КЗ у розподільній мережі 10 кВ КС

Точка КЗ	$r_0$ , Ом/км	$x_0$ , Ом/км	$l$ , км	$r_{\text{кл}}$ , в.о.	$x_{\text{кл}}$ , в.о.	$r_{\text{рез}}$ , в.о.	$x_{\text{рез}}$ , в.о.	$z_{\text{рез}}$ , в.о.	$T_a$ , с	$k_y$	$I''$ , кА	$i_{\text{уд}}$ , кА	$I''_{\Sigma}$ , кА	$i_{\text{уд.}\Sigma}$ , кА
$K_1$	0,103	0,058	3,000	0,116	0,065	0,116	1,530	1,534	0,0420	1,788	5,15	13,04	-	-
$K_2$	-	-	-	-	-	0,441	5,280	5,298	0,0381	1,769	5,19	12,98	5,62	14,18
$K_3$	0,443	0,086	0,170	0,342	0,066	0,783	5,346	5,403	0,0217	1,631	5,09	11,74	5,52	12,94
$K_4$	0,89	0,095	0,045	0,182	0,019	0,964	5,366	5,452	0,0177	1,569	5,04	11,19	5,47	12,39
$K_5$	0,89	0,095	0,037	0,149	0,016	0,932	5,362	5,443	0,0183	1,579	5,05	11,28	5,48	12,48
$K_6$	0,89	0,095	0,005	0,020	0,002	0,803	5,348	5,408	0,0212	1,624	5,08	11,68	5,51	12,88

## 6.2 Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж

Попередній вибір кабельних ліній виконано в розділі 3 (див. табл. 3.1). Далі проводимо перевірку попередньо вибраних КЛ за умовою термічної стійкості.

Мінімальний перетин кабелю (для лінії КЛ-1), що відповідає умові термічної стійкості:

$$F_{min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{100} \cdot \sqrt{40,4 \cdot 1000} = 63,6 \text{ мм}^2;$$

де  $C$  – коефіцієнт, для КЛ 10 кВ дорівнює  $100 \text{ А} \cdot \text{с}^{0,5}/\text{мм}^2$ ;

$B_k$  – тепловий імпульс

$$B_k = I''^2 (t_b + T_a) = 5,63^2 (1,242 + 0,0382) = 40,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$t_b$  – повний час від'єднання кабелю від мережі

$$t_b = t_{b,ч} + t_{рз,мах} = 0,042 + 1,2 = 1,242 \text{ с};$$

$t_{b,ч}$  – власний час відключення вимикача типу ВР-1, складає 28-42 мс;

$t_{рз,мах}$  – максимальний час спрацювання релейного захисту, для мікропроцесорних захистів приймаємо 0,3 с;

$I''$  – усталене значення струму КЗ у точці КЗ  $K_2$ , кА.

За стандартний, термічно стійкий переріз приймаємо найближчий до розрахункової величини  $F_{min}$ , тобто  $70 \text{ мм}^2$ .

Перевірка:

$$F_{кл,ст} = 70 > F_{min} = 63,6 \text{ мм}^2.$$

Отже, остаточно приймаємо для прокладання кабельної лінії КЛ-1 кабель ААБВ-(3х70).

Перевірка перерізів інших КЛ на термічну стійкість аналогічна представлений і виконана у вигляді табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Перевірка кабельних ліній за умовою термічної стійкості

№ КЛ	$t_b, \text{ с}$	$B_k, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$F_{min}, \text{ мм}^2$	$F_{ст}, \text{ мм}^2$	Тип кабелю прийнятого до прикладання
1, 2	1,242	40,4	63,6	70	ААБЛ-(3х70)
3, 5	0,342	11,6	34,0	35	ААШВ-(3х35)

## 6.3 Вибір електрообладнання

### 6.3.1. Вибір вимикачів

Попередньо вибираємо, у якості лінійного вимикача РУ 10 кВ ГЗП заводу вимикач типу ВР1-10-20/630У2. Перевірка вірності вибору зведена у табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Вибір лінійного вимикача

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_p = 72,8 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$I_{р.ав} = 145,6 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$I'' = 5,62 \text{ кА}$	$I_{вим.ном} = 20 \text{ кА}$
$i_{а.т} = 2,04 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \frac{\beta_{норм}}{100} I_{дин} = \sqrt{2} \cdot \frac{40}{100} \cdot 20 = 11,3 \text{ кА}$
$I_{нт} \approx I'' = 5,63 \text{ кА}$	$I_{дин} = 20 \text{ кА}$
$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I'' = \sqrt{2} \cdot 1,77 \cdot 5,63 = 14,2 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot I_{дин} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 20 = 50,9 \text{ кА}$
$B_k = 40,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k = I_{н.т}^2 \cdot t_{т.н} = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

де  $I_p$  – розрахунковий струм КЛ-1(КЛ-2) у нормальному режимі роботи:

$$I_{р.кл-1} = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{2520}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 72,8 \text{ А};$$

$I_{р.ав}$  – розрахунковий струм КЛ-1(КЛ-2) в аварійному режимі роботи:

$$I_{р.ав} = k_{ап} \cdot I_p = 2 \cdot 72,8 = 145,6 \text{ А};$$

$i_{а.т}$  – значення аперіодичної складової струму короткого замикання, що відповідає моменту часу  $\tau$ :

$$i_{а.т} = \sqrt{2} I'' e^{-\tau/T_a} = \sqrt{2} \cdot 5,63 \cdot e^{-0,052/0,0382} = 2,04 \text{ кА};$$

де  $\tau$  – мінімальний проміжок часу від моменту виникнення КЗ до розмикання дугогасних контактів вимикача марки ВР1-10-20/630:

$$\tau = t_{рз.мін} + t_{в.ч} = 0,01 + 0,042 = 0,052 \text{ с};$$

$t_{рз.мін}$  – найменший час дії релейного захисту, с;

Таким чином, обраний на попередньому етапі вимикач типу ВР1-10-20/630У2 відповідає усім критеріям вибору, відтак його прийнято до встановлення.

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	45

У якості ввідного, секційного та лінійних вимикачів ЦРУ 10 кВ компресорної станції приймаємо ВР1-10-20/630У2. Це пов'язано з тим, що цей вимикач є першим у каталогу, а всі розрахункові параметри в місцях встановлення вказаних вимикачів мають менші значення ніж були розглянуті вище. Тому вимикач ВР1-10-20/630У2 автоматично пройде всі перевірки.

### 6.3.2. Вибір трансформаторів власних потреб

Потужність споживачів власних потреб незначна, тому вони приєднуються до мережі 0,4 кВ, що отримує живлення від трансформаторів власних потреб (ТВП).

Потужність ТВП вибирається за розрахунковим навантаженням з урахуванням коефіцієнту попиту. Розрахунок встановленої потужності споживачів власних потреб ЦРУ 10 кВ компресорної станції представлено в табл. 6.4, значення навантажень прийняті по [8, 9].

Розрахункове навантаження ТВП:

$$S_{\text{ТВП,р}} = k_{\text{п}} \sqrt{P_{\text{вст}}^2 + Q_{\text{вст}}^2} = 0,8 \sqrt{25,4^2 + 0^2} = 20,3 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

де  $k_{\text{п}}$  – коефіцієнт попиту, прийнято згідно рекомендацій джерел [8, 9].

У ЦРУ 10 кВ компресорної станції відсутній постійний черговий персонал, тому намічаємо установку двох ТВП, тоді

$$S_{\text{т.ном}} = 25 > S_{\text{т,р}} = 20,3 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Отже, приймаємо до встановлення два трансформатори марки ТСКС-25/10.

Таблиця 6.4 – Встановлена потужність споживачів власних потреб ЦРУ 10 кВ

Споживач	Кільк. спож.	Встановлена потужність $P_{\text{уст}}$ , кВт		tgφ	Сумарна встановлена потужність	
		одиниці	сумарна		$P_{\text{вст}}$ , кВт	$Q_{\text{вст}}$ , квар
Електропідігрів шаф КРУ	14	0,6	8,4	0	8,4	0
Електропідігрів шаф РЗ	14	0,5	7,0	0	7,0	0
Електроопалення, освітлення приміщення ЗРУ	1	7	7	0	7,0	0
Споживання оперативними колами	1	3	3	0	3	0
<b>Підсумок</b>					25,4	0

### 6.3.3. Вибір трансформаторів струму

Попередньо приймаємо до розгляду для лінійної шафи РУ 10 кВ заводу трансформатор струму ТОЛ-10-І-7/150. Перевірку правильності попереднього вибору виконано у вигляді табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Вибір ТС лінійної шафи РУ 10 кВ заводу

Розрахункові параметри	Каталожні дані ТС
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{р.кл-1} = 72,8 \text{ А}$	$I_{ном} = 150 \text{ А}$
$I_{рmax} = 145,8$	$I_{ном} = 150 \text{ А}$
Клас точності 0,5S	0,5S
$i_{уд} = 14,8 \text{ кА}$	$i_{дин} = 31,8 \text{ кА}$
$B_k = 40,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k = I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 12,5^2 \cdot 1 = 156,3 \text{ кА}$
$Z_2 = 0,127 \text{ Ом}$	$Z_{2ном} = 0,4 \text{ Ом}$

де  $Z_2$  – вторинне навантаження ТС, приймаємо  $Z_2 = r_2$ , Ом.

Опір з'єднувальних проводів (попередньо):

$$r'_{пр} = Z_{2ном} - r_{прил} - r_k = 0,4 - 0,004 - 0,05 = 0,346 \text{ Ом};$$

$r_{прил}$  – опір приладів приєднаних до ТС:

$$r_{прил} = S_{прил} / I_2^2 = 0,1 / 5^2 = 0,004 \text{ Ом};$$

де  $r_k$  – опір контактів приймаємо  $r_k = 0,05 \text{ Ом}$ ;

$S_{прил}$  – повне навантаження від приладів обліку та вимірювання, В·А.

Розрахунок споживаної приладами приведено у табл. 6.6

Попередньо переріз з'єднувальних проводів:

$$s'_{пр} = \frac{\rho \cdot l_{пр}}{r'_{пр}} = \frac{\sqrt{3} \rho \cdot l_{роз} \sqrt{3} \cdot 0,0175 \cdot 6}{0,346} = 0,53 \text{ мм}^2;$$

де  $\rho$  – питомий опір проводів з мідними струмопровідними жилами, Ом/м·мм<sup>2</sup>;

Таблиця 6.6 – Вторинне навантаження трансформатора струму ТОЛ-10-І-7

Прилад	Тип	Навантаження фази, В·А		
		А	В	С
Амперметр	Е-377	0,1	-	0,1
Лічильник (ф. Honeywell)	A1805RAL-GB-DW	0,003	-	0,003
Всього		0,1	-	0,1

$l_{роз}$  – розрахункова довжина з'єднувальних проводів, приймаємо з [8, 9].

Згідно ПУЕ [1] за умовою механічної міцності переріз проводу з мідною струмопровідною жилою має бути не менше 2,5 мм<sup>2</sup>.

Тоді, реальний опір з'єднувальних проводів становитиме:

$$r_{пр} = \frac{\rho \cdot l_{пр}}{s} = \frac{0,0175 \cdot 10,4}{2,5} = 0,073 \text{ Ом};$$

Реальне навантаження трансформатора струму складе

$$Z_2 = r_{пр} + r_{прил} + r_k = 0,073 + 0,004 + 0,05 = 0,127 \text{ Ом}.$$

Підсумовуючи, трансформатор струму ТОЛ-10-І-7/150, обраний на попередньому етапі, відповідає всім розглянутим вимогам, тому приймається рішення щодо його встановлення.

Процедура вибору трансформаторів струму для решти приєднань аналогічна розглянутій, тому виконана у формі табл. 6.7 – табл. 6.9.

Таблиця 6.7 – Вторинне навантаження трансформаторів струму

Прилад	Марка приладу	Повне навантаження фази, В·А		
		А	В	С
Ввідна та секційна шафи ЦРУ 10 кВ				
Амперметр	Е-377	0,1	-	0,1
Підсумок		0,1	-	0,1
Лінійна шафа (КЛ 3-8)				
Амперметр	Е-377	0,1	-	0,1
Лічильник активної, реактивної енергії	НИК 2300ART.0200.0.13	0,05	-	0,05
<b>Підсумок</b>		<b>0,15</b>	-	<b>0,15</b>

Таблиця 6.8 – Визначення опорів вторинних кіл трансформаторів струму

Призначення ТС	$r_{прил}$ , Ом	$r'_{пр}$ , Ом	$s$ , мм <sup>2</sup>	$l_{пр}$ , м	$r_{пр}$ , Ом	$Z_2$ , Ом
Ввідна та секційні шафи ЦРУ	0,004	0,346	2,5	10,4	0,073	0,127
Лінійний (КЛ 3-8)	0,006	0,344	2,5	6	0,042	0,098

Таблиця 6.9 – Вибір трансформаторів струму ЦРУ 10 кВ компресорної станції

Умова вибору	Од. вим.	Призначення шафи КРУ 10 кВ у якій розміщено ТС			
		Ввід ЦРУ	Лінійні (КЛ 3-6)	Лінійні (КЛ 7, 8)	Секційна
$U_{уст} < U_{ном}$	кВ	10 = 10	10 = 10	10 = 10	10 = 10
$I_p < I_{ном}$	А	72,8 < 150	43,1 < 50	18,3 < 50	72,8 < 80
$I_{p.ав} < I_{ном}$	А	145,6 < 150	43,1 < 50	36,6 < 50	72,8 < 80
Клас точності	-	1,0	1,0	1,0	1,0
$i_{уд} < i_{дин}$	кА	12,9 < 31,8	12,9 $\approx$ 12,8	12,9 $\approx$ 12,8	12,9 < 14,7
$B_{к.р} < B_{к.н}$	кА <sup>2</sup> ·с	29,4 < 12,5 <sup>2</sup> = 156	11,1 < 5 <sup>2</sup> = 25	11,1 < 5 <sup>2</sup> = 25	20,2 < 5,85 <sup>2</sup> = 34
$Z_2 < Z_{ном}$	Ом	0,127 < 0,4	0,098 < 0,4	0,098 < 0,4	0,127 < 0,4
Тип ТС прийнятого до установки		ТОЛ-10-І-7-150/5	ТОЛ-10-І-7-50/5	ТОЛ-10-І-7-50/5	ТОЛ-10-І-7-80/5

#### 6.3.4. Вибір трансформаторів напруги

Рекомендований набір приладів, що необхідно встановити на одній із систем шин, визначено відповідно з [8, 9]. Зважаючи на те, що в ЦРУ монтується комірці КРУ КУ-10Ц, до подальшого аналізу обирається трансформатор напруги (ТН) марки НАМИТ-10-2. Розрахунок його вторинного навантаження виконано в табл. 6.9, а обґрунтування його вибору – в табл. 6.10.

Таблиця 6.10 – Вибір трансформатора напруги

Умова вибору	Од. вим.	Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{уст} \leq U_{ном}$	кВ	$U_{уст} = 10$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ
Схема з'єднань:	-	Y <sub>0</sub> /Y <sub>0</sub> / Δ-0	Y <sub>0</sub> /Y <sub>0</sub> / Δ-0
Клас точності:	-	1,0	1,0
$S_p \leq S_{ном}$	В·А	$S_p = 32$	$S_{ном} = 150$

Таблиця 6.11 – Вторинне навантаження ТН

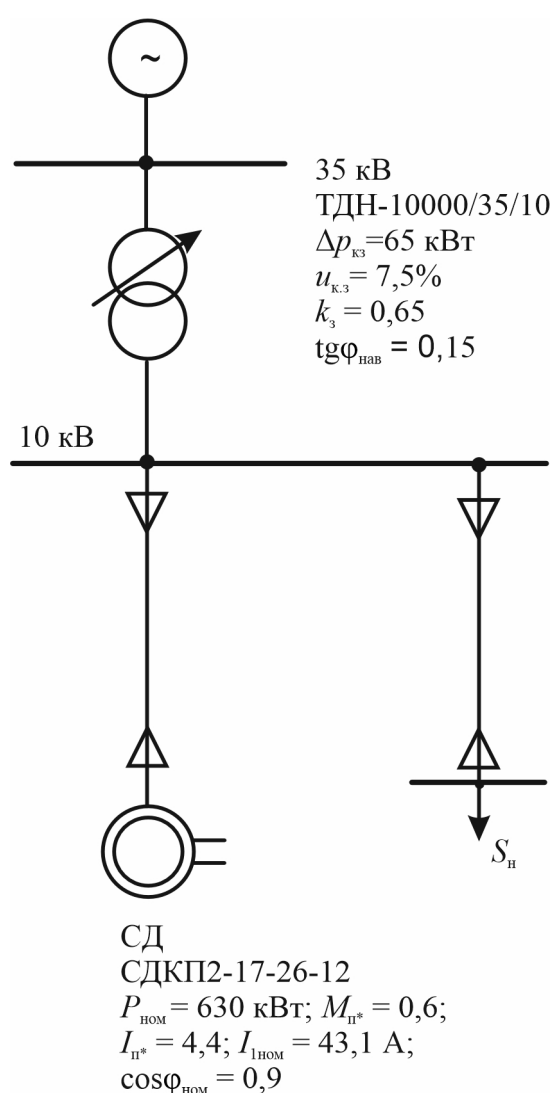
Прилад	Тип	S <sub>ном</sub> , В·А	Кількість приладів	Загальна споживана потужність, В·А
Лічильник	NIK 2300ART.0200.0.13	10	3	30
Вольтметр	E377	2	1	2
Всього				32

Підсумовуючи, трансформатор напруги НАМИТ-10-2 обраний на попередньому етапі, відповідає всім розглянутим вимогам, тому приймається рішення щодо його встановлення.

					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	49

## 6.4 Пуск синхронних двигунів

Схема прямого пуску від повної напруги мережі є найпростішою та найефективнішою. Значні пускові струми, що пропорційні напрузі мережі, при прямому пуску спричиняють різке зростання надлишкового моменту та відповідне зменшення часу розгону. Тепловий вплив при прямому пуску явнополюсних синхронних двигунів призводить до меншого нагріву обмоток за час пуску, ніж при пуску зі зниженою напругою. За механічними впливами на обмотки двигунів прямий пуск є допустимим. Отже, сучасні явнополюсні СД пристосовані до прямого пуску.



Щодо впливу на мережу, прямий пуск допускається за умови, що напруга на шинах джерела живлення під час пуску не знизиться нижче певного рівня, що забезпечує нормальну роботу інших споживачів. Відповідно до інструкції з проектування електропостачання, зниження напруги на шинах 10 кВ джерела живлення при пусках СД не повинно перевищувати 10-15% від номінальної при живленні освітлювального та змішаного навантаження. навантаження.

Проведемо розрахунок рівня напруги при прямому пуску синхронного двигуна СДКП2-17-26-12. Для розрахунку припустимо, що трансформатор ГЗП машинобудівного заводу завантажений на 65%, при цьому працюють пристрої компенсації реактивної потужності і коефіцієнт потужності мережі становить  $\text{tg}(\varphi) = 0,15$ . СД запускається при номінальних параметрах (див. рис. 6.3).

Рисунок 6.3 – Розрахункова схема СЕП для визначення напруги на шинах і вводах СД

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		50

Приймаємо базисну потужність  $S_6 = 10$  МВА.

Умовна пускова потужність двигуна, що підключається разом з іншим навантаженням на спільних шинах трансформатора:

$$S_{II} = \sqrt{\left[ S_{д.н1} I_{II*} \cos\varphi_{п.д} \left( \frac{U_{нн.т}}{U_{н.д}} \right) + S_{т.ном} k_3 \right]^2 + \left[ S_{д.н1} I_{II*} \sin\varphi_{п.д} \left( \frac{U_{нн.т}}{U_{н.д}} \right) + \frac{S_{т.ном} \cdot k_3 \cdot \sin\varphi_{нав}}{\cos\varphi_{нав}} \right]^2} =$$

$$= \sqrt{\left[ 746 \cdot 4,4 \cdot 0,25 \left( \frac{10,0}{10,0} \right) + 10000 \cdot 0,65 \right]^2 + \left[ 746 \cdot 4,4 \cdot 0,96 \left( \frac{10,0}{10,0} \right) + \frac{10000 \cdot 0,65 \cdot 0,2}{0,98} \right]^2}$$

$$= 8581 \text{ кВА}$$

де  $S_{д.н1}$  – потужність, що споживається СД із мережі при нормальному режиму пуску, кВА;

$I_{II}$  – кратність пускового струму СД;

$\cos\varphi_{п.д}$ ,  $\sin\varphi_{п.д}$  – відповідно, косинус та синус кута  $\varphi$  у початковий момент пуску СД;

$U_{нн.д}$  – вторинна напруга трансформатора у режимі, що передував пуску СД;

$S_{т.ном}$  – номінальна потужність трансформатора ГЗП, кВА;

$k_3$  – коефіцієнт завантаження трансформатора ГЗП до пуску СД;

$\cos\varphi_{нав}$ ,  $\sin\varphi_{нав}$  – відповідно, косинус та синус кута  $\varphi$  навантаження.

Відносне значення умовної пускової потужності двигуна:

$$S_{II*} = \frac{S_{II}}{S_6} = \frac{8581}{10000} = 0,858 \text{ в.о.}$$

Повний опір синхронного двигуна

$$z_{II*} = \frac{1}{S_{II*}} = \frac{1}{0,858} = 1,166 \text{ в.о.}$$

Коефіцієнт потужності у колі СД сумісно з загальним навантаженням:

$$\cos\varphi_{II} = \frac{S_{д.н1} \cdot I_{II*} \cdot \cos\varphi_{п.д} \cdot \left( \frac{U_{т.нн}}{U_{д.ном}} \right) + S_{т.ном} \cdot k_3}{S_n} =$$

$$= \frac{746 \cdot 4,4 \cdot 0,25 \cdot \left( \frac{10,0}{10,0} \right) + 10000 \cdot 0,65}{8581} = 0,853;$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		51

У відповідності зі схемою рис. 6.3, напруга на загальних шинах у момент вмикання СД становитиме:

$$U_{ш} = \frac{U_{нн.т}}{\sqrt{\cos^2 \varphi_{п} + (u_{к.з} \cdot S_{п*} + \sin \varphi_{п})^2}} =$$

$$= \frac{10000}{\sqrt{0,853^2 + (0,065 \cdot 0,858 + 0,522)^2}} = 9706 \text{ В.}$$

де

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - 0,853^2} = 0,522.$$

Відносне падіння напруги

$$k_u = \left(1 - \frac{U_{ш}}{U_{т.нн}}\right) 100\% = \left(1 - \frac{9706}{10000}\right) 100\% = 2,9\%.$$

Отже, падіння напруги при прямому пуску СД не перевищує 3%, тому встановлення струмообмежуючих пристроїв не потрібно, також від трансформаторів ГЗП можливо живити інших технологічних споживачів.

## 6.5 Самозапуск синхронних двигунів

Самозапуск – це процес розгону вала двигуна до підсинхронної частоти обертання і входження синхронного двигуна (СД) у синхронізм після відновлення живлення, втраченого через короткочасне вимкнення джерела або глибоке зниження напруги внаслідок КЗ на суміжних елементах мережі. У всіх випадках втрати живлення СД починає гальмуватися.

Електромагнітні та електромеханічні перехідні процеси, що відбуваються в двигуні при вимкненні напруги живлення з наступним автоматичним повторним ввімкненням (АПВ), відрізняються від процесів, які виникають під час КЗ на суміжних елементах мережі. При вимкненні джерела живлення гальмування може відбуватися за рахунок моменту опору від приводного механізму. Якщо одночасно вимикається група збуджених двигунів, їх вибіг залишатиметься синхронним, доки напруга на їхніх виводах перевищує  $(0,4-0,5)U_{ном}$ . При цьому гальмування залежатиме від наведеної сталої часу енергії всіх агрегатів, що беруть участь у спільному вибігу.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		52

Магнітна система збуджених СД, які вибігають внаслідок вимкнення живильного джерела, залишається насиченою. Після відновлення живлення виникає електромагнітний перехідний процес через несинхронне ввімкнення збуджених СД, частота напруги яких значно відрізняється від частоти мережі. Струми, що виникають при цьому в обмотках двигуна, та електромагнітні моменти, які передаються валом на приводний механізм, можуть значно перевищувати відповідні величини, характерні для режиму КЗ на двигуні.

При відновленні напруги після вимкнення КЗ на суміжному елементі мережі, струми та електромагнітні моменти обертання, що виникають у СД, менші, ніж при несинхронному ввімкненні, спричиненому дією пристроїв АПВ. Це пояснюється тим, що результуючий магнітний потік двигуна в цьому випадку значно послаблений через розмагнічувальний ефект струму короткого замикання.

Характер електромеханічного перехідного процесу залежить від тривалості перерви живлення, завантаження двигуна та параметрів двигуна й мережі. При перервах живлення через коротке замикання на суміжному елементі, якщо замикання вимкнено захистом без витримки часу, кут навантаження  $\delta$  синхронного двигуна зазвичай не встигає зрости до критичної величини, при якій можливе порушення динамічної стійкості. Електромеханічний перехідний процес у цьому випадку має характер затухаючих синхронних коливань.

При триваліших перервах живлення ковзання може досягти помітної величини, а розгін до підсинхронної частоти можливий у випадку, якщо середній асинхронний момент перевищує момент навантаження та генераторний момент, зумовлений струмом збудження в активному опорі статора СД.

При віддаленому КЗ через трансформатор частота обертання СД не знижується навіть при значному часі вимкнення короткого замикання (2-3 с), якщо залишкова напруга на шинах перевищує  $(0,4-0,5)U_{ном}$ . Для малонавантажених двигунів (з навантаженням менше 70% від  $P_{ном}$ ), обладнаних пристроями форсування збудження, стабільна синхронна робота з мережею може зберігатися навіть при зниженні напруги до 30% від  $U_{ном}$ .

Проведемо розрахунок самозапуску двигунів компресорної. До трансформатора ТДН-10000/35/10 підключено 2 СД потужністю 630 кВт. Перевіримо можливість самозапуску при дії АВР у мережі. Час порушення живлення 2 сек. Параметри електродвигунів:  $P_{сд,ном} = 630$  кВт;  $U_{сд,ном} = 10$  кВ;  $\cos\varphi_{ном} = 0,9$ ;  $n_0 = 500$  об/хв;  $\eta = 0,938$ ;  $m_{п} = 0,6$ ;  $m_{вх} = 1,0$ ;  $I_{п} = 4,4$ ;  $m_{мс} = 3,0$ ;  $m_{мах} = 1,87$ ;  $j = 2,75$  Т/м<sup>2</sup>, момент опору механізму  $M_c = 0,82$ ; струм короткого замикання на шинах 10 кВ  $I''_{кр} = 5,52$  кА.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		53

Механічна стала часу

$$T_a = \frac{10,96 \cdot j \cdot n_0^2}{P_{\text{сд.ном}}} = \frac{10,96 \cdot 2,75 \cdot 500^2}{630 \cdot 10^3} = 11,96 \text{ с.}$$

Відносний час пуску

$$t_{\text{пуск}} = \frac{t_{\text{пор}}}{T_a} = \frac{2}{11,96} = 0,167.$$

За кривою вибігу (залежність відносної швидкості  $u$  від часу пуску) з при  $t_{\text{пуск}} = 0,167$  і  $U = 0$  знаходимо  $u = 0,9$ , тоді ковзання:

$$s = 1 - u = 1 - 0,9 = 0,1.$$

Пусковий струм

$$I_{\text{пуск}} = k_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}} = 2,7 \cdot 43,1 = 116,4 \text{ А.}$$

де  $k_{\text{пуск}}$  – кратність пускового струму, при  $s = 0,1$  та  $U_{\text{зал}} = 1,0$  по кривим залежностей статичного  $m_{\text{ст}}$  та обертаючого  $m_{\text{об}}$  знаходимо  $k_{\text{пуск}} = 2,7$ .

Пускова потужність

$$S_{\text{пуск}} = \frac{P \cdot k_{\text{пуск}}}{\eta_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}} = \frac{630 \cdot 2,7}{0,938 \cdot 0,9} = 2015 \text{ кВ}\cdot\text{А.}$$

Опір одного електродвигуна

$$x_1 = \frac{S_{\text{б}} \cdot U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{пуск}} \cdot U_{\text{б}}^2} = \frac{10000 \cdot 10^2}{2015 \cdot 10,5^2} = 4,5.$$

Опір групи ( $n = 2$ ) електродвигунів

$$x_{\text{сд}} = \frac{x_1}{n} = \frac{4,5}{2} = 2,25.$$

Залишкова напруга на двигунах

$$U_{\text{зал}} = \frac{U'_p \cdot x_{\text{сд}}}{x_{\text{сд}} + x_{\text{т}}} = \frac{1,0 \cdot 2,25}{2,25 + 0,075} = 0,968,$$

де  $x_{\text{т}}$  – опір трансформатора зв'язку з енергосистемою

$$x_{\text{т}} = \frac{u_{\text{кз}} \cdot U_{\text{ном}}}{100 S_{\text{т}}} = \frac{7,5 \cdot 10}{100 \cdot 10} = 0,075.$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		54

### Критичне ковзання

$$s_{кр} = 0,06 \sqrt{\frac{1,2 \cdot m_{\max} - 0,6m_{ст}}{T_a}} = 0,06 \sqrt{\frac{1,2 \cdot 1,87 - 0,6 \cdot 0,82}{11,96}} = 0,023 .$$

Можливість самозапуску визначається із умови:

$$m_{вх} \cdot U_{зал}^2 \geq \frac{0,055m_{ст}}{s_{кр}},$$

у даному випадку

$$1,87 \cdot 0,968^2 = 1,75 \leq \frac{0,055 \cdot 0,82}{0,023} = 1,961 .$$

З розрахунку випливає, що вхідний момент при зниженій напрузі виявився меншим ніж необхідно, і тому самозапуск без попереднього розвантаження двигуна не забезпечується.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		55

## 7 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. «РОЗРАХУНОК ЦЕХОВОЇ МЕРЕЖІ»

### 7.1 Розрахунок силової мережі 0,4 кВ

Розробка системи електропостачання компресорної станції неможлива без ретельного розрахунку мережі 0,4 кВ, адже саме він є фундаментом для забезпечення надійного живлення всіх її споживачів. Правильно виконані розрахунки струмових навантажень та втрат напруги дозволяють обрати оптимальні параметри кабельних ліній, захисного та комутаційного обладнання, що запобігає аварійним ситуаціям і підвищує безпеку експлуатації. Крім того, точність розрахунків мінімізує енергетичні втрати, сприяючи енергоефективності системи, а отримані результати є основою для вибору довговічного та ефективного електрообладнання, що відповідає специфічним потребам компресорної станції.

Таким чином, якісний розрахунок мережі 0,4 кВ є ключовим елементом досягнення мети кваліфікаційної роботи.

До проектування приймаємо радіальну цехову мережу, виходячи з наступного:

- машинній залі порівняно невелика кількість споживачів;
- споживачі мають малу та середню потужність;
- до споживачів від КТП 10/0,4 невеликі відстані;
- радіальна мережа має високу надійність, проста в експлуатації;
- можливість поетапного введення в експлуатацію та розширення.

Кабельні лінії прокладаються у каналах. При необхідності відкриті вводи кабелів у електродвигуни, апарати і прилади виконуються у захисних металорукавах. Кабельна мережа виконується проводами з алюмінієвими жилами [1]. Для розподілу електроенергії використовують силові пункти.

Розрахункова схема проектованої цехової мережі представлена на рис. Б.1.

#### 7.1.1. Вибір силових розподільчих пунктів

Для прийому та розподілу електроенергії до груп споживачів трифазного змінного струму промислової частоти напругою 380 В компресорної станції застосовуються силові розподільні пункти (СП), які вибираються за умовами:

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата						56

- вимогами навколишнього середовища робочої зони;
- за кількістю приєднаних електроприймачів;
- за струмовим навантаженням.

Силові пункти розміщуються у вздовж стіни машинної зали. Ступінь захисту силових розподільчих пунктів IP21, серія ПР-8504, ПР-8505. За способом установки приймаємо навісні пункти.

Розглянемо детально вибір силового пункту СП-1.

Машинна зала належить до категорії приміщень з нормальними умовами навколишнього середовища.

До СП-1 підключається група з 5-ти споживачів: осушувач повітря, 2 насоси, вентилятор, система збудження СД, ЩКУ. Отже, приймаємо СП, що дозволяє установку 6-ти автоматичних вимикачів з  $I_{ном} = 63-100$  А марки АЕ2046М та АЕ2056М та номінальним струм збірних шин 400 А.

Перевірка за струмовим навантаженням СП-1:

$$I_{ном} = 400 > I_p = 152,8 \text{ А,}$$

де  $I_p$  – розрахунковий струм групи споживачів СП-1

$$I_{p-сп1} = \frac{S_{p-сп1}}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{100,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 152,7 \text{ А.}$$

$S_{p-сп1}$  – розрахункова повна потужність групи споживачів СП-1 кВА. Визначається за методом впорядкованих діаграм (розділ 2), результати розрахунку приведені у табл. Б.1.

Вибір інших силових пунктів представлено у вигляді табл. 7.1. Для визначення розрахункових струмів силових пунктів проводимо розрахунок навантажень.

Таблиця 7.1 – Вибір силових пунктів

№ п/п	Тип	Кільк. авт. вим.	$I_{ном} > I_p$ , А	$I_{ном}$ , А	Тип автоматичних вимикачів
СП-1	ПР8504-3071	6	$400 > 152,8$	63-100	АЕ2046М, АЕ2056М
СП-2	ПР8504-3071	6	$400 > 119,5$	63-100	АЕ2046М, АЕ2056М
СП-3	ПР8504-3069	4	$250 > 117,4$	63-100	АЕ2046М, АЕ2056М
СП-4	ПР8504-3069	4	$250 > 117,4$	63-100	АЕ2046М, АЕ2056М
СП-5	ПР8504-3017	8	$250 > 70,0$	63	АЕ2046М
СП-6	ПР8504-3006	6/2	$250 > 27,7$	10-63	АЕ2046М

## 7.2.2 Вибір кабельних ліній

Розрахункові струми ліній, що живлять окремі електроприймачі визначаються як сума номінальних струмів електродвигунів, встановлених у одиниці технологічного обладнання, а ліній, що живлять силові пункти – за розрахунковим навантаженням.

Виконаємо вибір кабельної лінії (КЛ-1) по якій отримує живлення СП-1.

Розрахунковий струм КЛ-1 становить 152, А, тому приймаємо як попередній варіант розглядаємо кабель марки АПВБг-(3х95)+1х50 з  $I_{\text{доп}} = 170$  А (за умови прокладання в повітрі).

Перевірка за допустимим струмом:

$$I_{\text{р-сп-1}} = 152,7 < k_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 1 \cdot 170 = 170,$$

де  $k_{\text{пр}}$  – поправочний коефіцієнт на умови прокладки проводів і кабелів [1].

Втрата напруги у КЛ-1:

$$\Delta U_{\text{кл-1}} = \frac{l \cdot P_{\text{р-сп-1}}}{10U_{\text{м}}^2} (r_0 + x_0 \cdot \text{tg}\varphi) = \frac{37 \cdot 60,1}{10 \cdot 0,38^2} (0,35 + 0,06 \cdot 0,8) \cdot 10^{-3} = 0,66\%,$$

де  $r_0$  – питомий активний опір кабелю, Ом/км;

$x_0$  – питомий реактивний опір кабелю, Ом/км;

$l$  – довжина кабелю, км.

Перевірка за допустимою втратою напруги

$$\Delta U_{\text{кл-1}} = 0,66\% < \Delta U_{\text{доп}} = 5\%.$$

Таким чином, попередньо прийнятий до розгляду кабель АПВБг-(3х95)+1х50 задовольняє умовам вибору.

Вибір перерізів струмопровідних жил інших кабельних ліній здійснюється за аналогічною методикою, тому проведений у формі табл. Б.2.

## 7.1.3. Розрахунок струмів коротких замикань

При розрахунку струмів КЗ у мережі 0,4 кВ враховуються всі опори елементів схеми (як активні, так і індуктивні): трансформатора, контактів і котушки розчіплювача автоматичних вимикачів, рубильників, кабелів і шин..

Розглянемо детальний розрахунок однофазного та трифазного струмів КЗ до розрахункової точки К1.1 (рис. 7.1) в іменованих одиницях. При розрахунку приймаємо, що секційний автоматичний вимикач  $QF-1.3$  розімкнений.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		58



Параметри схеми заміщення:

- опори системи:

$$X_c = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot I''_{кз}} \cdot \left[ \frac{U_{б.ст}}{U_c} \right]^2 = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 5510} \left[ \frac{0,38}{10} \right]^2 = 1,51 \text{ мОм},$$

де  $U_{б.ст}$  – напруга базисного ступеню, кВ;

$U_c$  – напруга на затискачах цехового трансформатора, кВ;

$$R_c = 0 \text{ Ом};$$

- трансформатора цехової ПС:

$$Z_T = \frac{u_{кз}, \% \cdot U_{нн}^2}{100 S_{Т.НОМ}} = \frac{6,5 \cdot 400^2}{100 \cdot 10^6} = 41,6 \text{ мОм};$$

$$R_T = \frac{\Delta p_{кз} \cdot U_{нн}^2}{S_{Т.НОМ}^2} = \frac{3,7 \cdot 0,4^2}{250^2} 10^3 = 9,47 \text{ мОм};$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{41,6^2 - 9,47^2} = 40,5 \text{ мОм};$$

- шин, що з'єднують трансформатор Т1.1 і ввідний автоматичний вимикач QF1.1:

$$R_{ш} = R_0 \cdot l_{ш} = 0,074 \cdot 5 = 0,37 \text{ мОм};$$

$$X_{ш} = X_0 \cdot l_{ш} = 0,163 \cdot 5 = 0,815 \text{ мОм},$$

де  $R_0, X_0$  – питомі опори, відповідно, активний та індуктивний шин [9, 10], мОм/м;

$l$  – довжина шин, м;

- ввідного автоматичного вимикача ТП-1, QF-1.1:

- контактів:  $R_{кон} = 0,25 \text{ мОм};$

- котушки розчеплювача:  $R_{кат} = 0,12 \text{ мОм}, X_{кат} = 0,09 \text{ мОм};$

- шин, що з'єднують ввідну шафу з автоматичним вимикачем QF1:

$$R_{ш} = R_0 \cdot l_{ш} = 0,074 \cdot 4 = 0,3 \text{ мОм};$$

$$X_{ш} = X_0 \cdot l_{ш} = 0,163 \cdot 4 = 0,652 \text{ мОм};$$

- автоматичного вимикача QF-1:

- контактів:  $R_{кон} = 0,4 \text{ мОм};$

- котушки роз'єднувача:  $R_{кат} = 0,15 \text{ мОм}, X_{кат} = 0,1 \text{ мОм};$

- кабельної лінії КЛ-1:

$$R_{кл1} = R_0 \cdot l_{кл1} = 0,35 \cdot 37 = 12,95 \text{ мОм};$$

$$X_{кл1} = X_0 \cdot l_{кл1} = 0,06 \cdot 37 = 2,22 \text{ мОм};$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		60

- автоматичного вимикача  $QF-1.1$ :
- контактів:  $R_{\text{кон}} = 0,6$ , мОм;
- котушки розчеплювача:  $R_{\text{кат}} = 0,36$  мОм;  $X_{\text{кат}} = 0,28$  мОм;
- лінії Л-1.1:

$$\underline{X}_{\text{Л1.1}} = X_0 \cdot l_{\text{Л1.1}} = 0,07 \cdot 9 = 0,63 \text{ мОм};$$

$$R_{\text{Л1.1}} = R_0 \cdot l_{\text{Л1.1}} = 3,33 \cdot 9 = 30 \text{ мОм};$$

Сумарні опори кіл КЗ:

- активні:

$$\begin{aligned} R_{1\Sigma} &= R_c + R_T + R_{\text{ш}} + R_{\text{кон}} + R_{\text{кат}} + R_{\text{ш}} = \\ &= 0 + 9,47 + 0,37 + 0,25 + 0,12 + 0,3 = 10,51 \text{ мОм}; \end{aligned}$$

$$R_{2\Sigma} = R_{1\Sigma} + R_{\text{кон}} + R_{\text{кат}} + R_{\text{кл1}} = 10,51 + 0,4 + 0,15 + 12,95 = 24,01 \text{ мОм};$$

$$R_{1.1\Sigma} = R_{2\Sigma} + R_{\text{кон}} + R_{\text{кат}} + R_{\text{Л1.1}} = 24,01 + 0,6 + 0,36 + 30,0 = 54,97 \text{ мОм};$$

- індуктивні:

$$\begin{aligned} X_{1\Sigma} &= X_c + X_{\text{тр}} + X_{\text{ш}} + X_{\text{кон}} + X_{\text{кат}} + X_{\text{ш}} = \\ &= 1,51 + 40,5 + 0,815 + 0 + 0,05 + 0,652 = 43,53 \text{ мОм}; \end{aligned}$$

$$X_{2\Sigma} = X_{1\Sigma} + X_{\text{кон}} + X_{\text{кат}} + X_{\text{кл1}} = 43,53 + 0 + 0,1 + 2,22 = 45,85 \text{ мОм};$$

$$X_{1.1\Sigma} = X_{2\Sigma} + X_{\text{кон}} + X_{\text{кат}} + X_{\text{Л1.1}} = 45,85 + 0 + 0,28 + 0,63 = 46,8 \text{ мОм};$$

Повні опори у відповідних точках КЗ:

$$Z_{1\Sigma} = \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2} = \sqrt{10,51^2 + 43,53^2} = 44,8 \text{ мОм};$$

$$Z_{2\Sigma} = \sqrt{R_{2\Sigma}^2 + X_{2\Sigma}^2} = \sqrt{24,01^2 + 45,85^2} = 51,8 \text{ мОм};$$

$$Z_{1.1\Sigma} = \sqrt{R_{1.1\Sigma}^2 + X_{1.1\Sigma}^2} = \sqrt{55^2 + 46,8^2} = 72,2 \text{ мОм}.$$

Надперехідні струми трифазного КЗ у намічених точках:

$$I_{\text{к1}}^{(3)''} = \frac{U_{\text{нн}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot Z_{1.1\Sigma}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 44,8} = 5,0 \text{ кА};$$

$$I_{\text{к2}}^{(3)''} = \frac{U_{\text{нн}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot Z_{2\Sigma}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 51,8} = 4,2 \text{ кА};$$

$$I_{\text{к1.1}}^{(3)''} = \frac{U_{\text{нн}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot Z_{1.1\Sigma}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 72,2} = 3,0 \text{ кА}.$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					61

Надперехідні струми однофазного короткого замикання у відповідних точках КЗ:

$$I_{к1}^{(1)''} = \frac{U_{\phi}}{Z_{п8.2}} = \frac{220}{33,24} = 6,2 \text{ кА};$$

$$I_{к2}^{(1)''} = \frac{U_{\phi}}{Z_{п2}} = \frac{220}{38,1} = 5,8 \text{ кА};$$

$$I_{к1.1}^{(1)''} = \frac{U_{\phi}}{Z_{п1.1}} = \frac{220}{127,0} = 1,7 \text{ кА};$$

де  $Z_{п1}$ ,  $Z_{п2}$ ,  $Z_{п1.1}$  – опір петлі "фаза - нуль" у колі точки  $K_1$ :

$$Z_{п1} = \frac{Z_{\tau}^{(1)}}{3} + Z_{ш} l_{ш} = \frac{90}{3} + 0,36 \cdot 9 = 33,24 \text{ мОм};$$

$$Z_{п2} = Z_{п1} + Z_0 \cdot l_{кл1} = 33,24 + 0,13 \cdot 37 = 38,1 \text{ мОм};$$

$$Z_{п1.1} = Z_{п2} + Z_0 \cdot l_{кл1.1} = 38,1 + 9,88 \cdot 9 = 127 \text{ мОм},$$

$Z_{\tau}^{(1)}$  – опір петлі "фаза - нуль" трансформатора ПС приведений до НН, приймаємо згідно [9].

Для інших точок КЗ розрахунок виконаний за допомогою програми для персонального комп'ютера ТКЗ0.4. Результати розрахунку для всіх електроприймачів представлені в табл. Б.3 – Б.8.

#### 7.1.4. Вибір автоматичних вимикачів

ЦТП зі встановленими трансформаторами ТМЗ-250/10/0,4 комплектуються шафами ШНВ-6 з вимикачами серії «Електрон» Е-06В.

Номінальний струм ввідних автоматичних вимикачів ЦТП визначається за номінальною потужністю трансформатора, з урахуванням його допустимого 40-ка відсоткового перевантаження в післяаварійному режимі

$$I_{\text{вим.ном}} = \frac{1,4 S_{\text{т.ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}} = \frac{1,4 \cdot 250}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 532 \text{ А.}$$

Приймаємо до розгляду автоматичний вимикач з номінальним струмом  $I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$  та струмом розчеплювача –  $I_{\text{р.ном}} = 630 \text{ А}$ .

Струм уставки спрацювання теплового розчіплювача

$$I_{\text{у.тепл}} = 1,25 \cdot I_{\text{р.ном}} = 1,25 \cdot 630 = 788 \text{ А.}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					62

Згідно захисної характеристики, час перевантаження можливо регулювати розчіплювачем від 4 до 16 с.

Струм спрацювання розчіплювача при КЗ, пропорційний 3, 5 та 7-ми кратному значенню  $I_{p.ном}$ :

$$I_{y.роз} = 7 \cdot I_{p.ном} = 7 \cdot 630 = 4,4 \text{ кА.}$$

Виконуємо перевірки на здатність спрацювання у проектованій мережі:

$$I_{кз}^{(3)} = 6,0 > I_{y.роз} = 4,4 \text{ кА;}$$

$$I_{кз}^{(1)} = 5,88 > I_{y.роз} = 0,788 \text{ кА.}$$

На селективній приставці розчіплювача повинна бути встановлена витримку часу рівна 0,7 с.

Попередньо вибраний автоматичний вимикач Е-06В задовольняє всім умовам вибору тому приймаємо його до встановлення.

Вибір інших автоматичних вимикачів виконується за такою ж методикою, тому виконаний у формі табл. Б.9.

Після вибору автоматичних вимикачів, обов'язково проводиться перевірка попередньо вибраних кабельних і силових ліній на відповідність захисному пристрою за умовою:

$$k_{пр} \cdot I_{доп.кл} > k_{зах} \cdot I_з \text{ А,}$$

де  $k_{пр}$  – коефіцієнт, що враховує умови прокладання кабелю;

$k_{зах}$  – коефіцієнт захисту. Для провідників з полівінілхлоридною ізоляцією та для яких передбачено обов'язковий захист за перевантаженням  $k_{зах} = 1$ ;

$I_з$  – номінальний струм або струм спрацювання захисного пристрою.

Виконаємо цю перевірку для КЛ-1:

$$k_{пр} \cdot I_{доп.кл-1} = 170 \text{ А} > k_{зах} \cdot I_{y.т.р} = 160 \text{ А.}$$

Отже, умова виконується, тому кабель марки АПВБг-(3х95)+1х50 приймаємо до прокладання.

Перевірка інших кабельних і силових ліній, виконується аналогічно та проведена у формі табл. Б.10.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					63

### 7.2.5. Вибір діаметру труб для електропроводок

Після остаточного вибору перерізів провідників силових ліній виконуємо підбір діаметрів труб для їх прокладання. Внутрішній діаметр (умовний прохід) труби визначається відповідно до кількості, діаметрів проводів та складності траси трубопроводу.

Складність траси визначається її протяжністю, кількістю та величиною кутів повороту. Вибір стандартних діаметрів труб здійснюємо на основі таблиці наведеної в [10], а складність траси визначаємо за генеральним планом виробничих приміщень компресорної станції. Результати вибору представлено в табл. Б.10.

## 7.2 Розрахунок освітлювальної мережі

Вибір перерізів струмопровідних жил проводів освітлювальної мережі пов'язаний з раціональним розподілом наявної втрати напруги по ділянках мережі.

Освітлювальні навантаження виробничих приміщень компресорної станції були розраховані в розділі 1 кваліфікаційної роботи, а їх результати представлено в табл. 1.2.

Проведемо детальний розрахунок для освітлювальних ліній 1-2 та 2-3. Моменти ліній складуть (рис. 7.2)

$$M_{1-2} = l_{1-2} \cdot \sum S_i = 11 \cdot 10,76 = 118,4 \text{ кВА} \cdot \text{м};$$

$$M_{2-3} = l_{2-3} \cdot S_i = 45 \cdot 4 \cdot 0,693 = 382,5 \text{ кВА} \cdot \text{м}.$$

Перетин проводу лінії 1-2:

$$F_{1-2} = \frac{\sum_{i=1}^n M + \alpha \sum_{j=1}^m m}{C \cdot \Delta U} =$$
$$= \frac{118,4 + 1,85 \cdot (124,7 + 176,7 + 20,8 + 2,9 + 0,4 + 6,8 + 2,7 + 4 + 14,7)}{44 \cdot 5,32} = 3,3 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо стандартне значення 4 мм<sup>2</sup>, дійсна втрати напруги у лінії 1-2:

$$\Delta U_{12} = \frac{M_{12}}{C \cdot F_{12}} = \frac{118,4}{44 \cdot 4} = 0,67\%.$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					64

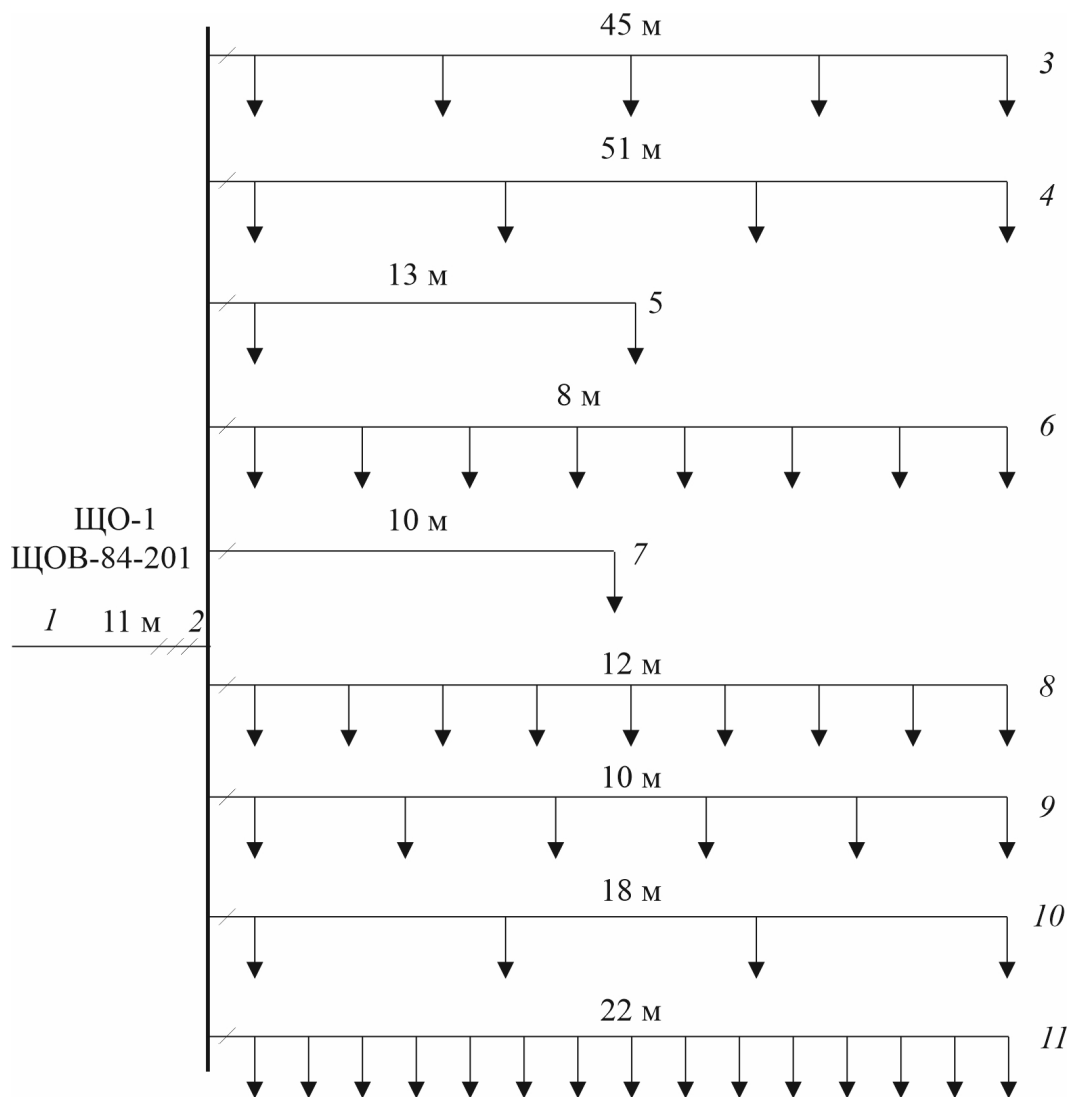


Рисунок 7.2 – Схема освітлювальної мережі компресорної станції

Допустимі втрати напруги на ділянках 2-3-2-10:

$$\Delta U_{23} = \Delta U_{\text{доп}} - \Delta U_{12} = 5,32 - 0,67 = 4,65 \%$$

де  $\Delta U_{\text{доп}}$  – відхилення напруги на шинах 0,4 кВ ЦТП у режимі мінімальних навантажень роботи енергосистеми, %.

Переріз проводів ділянки 2-3:

$$F_{23} = \frac{M_{23}}{C \cdot \Delta U_{23}} = \frac{124,7}{7,4 \cdot 4,65} = 3,6 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо найближчі стандартні перетини проводів для лінії 2-3 – 4 мм<sup>2</sup>.

Перевірка за допустимим струмом:

$$I_{12} = 16,4 < I_{\text{доп}} = 28 \text{ А};$$

$$I_{23} = 12,6 < I_{\text{доп}} = 32 \text{ А},$$

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		65

де  $I_{12}$ ,  $I_{23}$  – розрахункові струми у лініях:

$$I_{12} = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{10,76}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 16,4 \text{ А}; \quad I_{23} = \frac{S_{23}}{U_{\phi}} = \frac{2,77}{0,22} = 12,6 \text{ А}.$$

$I_{\text{доп}}$  – допустимий струм проводу, приймаємо згідно [1].

Вибір перетину проводів для інших ділянок освітлювальної мережі компресорної станції аналогічний приведеному і представлений у табл. 7.2.

Таблиця 7.2 – Розрахунок освітлювальної мережі компресорної станції

№ п/п	Назва підрозділу	$S_p$ , кВА	№ лінії	$l$ , м	$M$ , кВА·м	$F$ , мм <sup>2</sup>	$F_{\text{ст}}$ , мм <sup>2</sup>	$I_p$ , А	$I_{\text{доп}}$ , А
1	Машинна зала	3,05	2-3	45,0	137,08	4,0	4	13,8	32
		3,81	2-4	51,0	194,20	5,6	6	17,3	39
2	Ремонтне відділення	1,79	2-5	13,0	23,30	0,7	2,5	8,1	20
3	Роздягалка	0,04	2-6	8,0	0,34	0,0	2,5	0,2	20
4	Кабінет майстра	0,43	2-7	10,0	4,27	0,1	2,5	1,9	20
5	Коридор	0,26	2-8	12,0	3,07	0,1	2,5	1,2	20
6	Приміщення Т/ПС	0,38	2-9	10,0	3,84	0,1	2,5	1,7	20
8	Коридор	0,21	2-10	18,0	3,84	0,1	2,5	1,0	20
9	Диспетчерська	0,64	2-11	22,0	14,08	0,4	2,5	2,9	20

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі спроектовано систему електропостачання компресорної станції заводу сільськогосподарського машинобудування.

Розрахунок електричних навантажень по окремих підрозділах та компресорній станції в цілому виконано за методом упорядкованих діаграм. Розрахункове навантаження на шинах 10 кВ ЦРУ склало 2500 кВт та 313 квар.

Для побудови графіків електричних навантажень використано типові графіки, характерні для компресорних станцій. Рік було поділено на зимовий та літній періоди з урахуванням робочих і вихідних днів для кожного з них.

Схема приєднання була вибрана з наступних варіантів:

1) електропостачання здійснюється від ГЗП заводу по двох КЛ 10 кВ довжиною 0,17 км. При цьому біля компресорної станції споруджується ЦРУ 10 кВ. Всі електроприймачі станції підключаються за радіальною схемою;

2) всі електроспоживачі компресорної станції підключаються до ГЗП по КЛ 10 кВ довжиною 0,21-0,25 км за радіальною схемою.

На підставі техніко-економічного аналізу та технічних міркувань для реалізації прийнято варіант №1.

Аналіз режимів реактивної потужності підтвердив, що енергосистема забезпечить потреби компресорної станції за умови роботи СД з  $\cos\phi=1$ .

Струми короткого замикання в мережах 10 кВ розраховано у відносних одиницях. За результатами цього розрахунку обрано наступне високовольтне обладнання: вакуумні вимикачі ВР1-10-20/630У3 (з ЕМ приводом), трансформатори струму серії ТОЛ-10-І та кабельні лінії 10 кВ.

Розрахункове падіння напруги при прямому пуску СД не перевищує 3%, що виключає необхідність встановлення струмообмежувальних засобів. Це також дозволяє жити інших електроспоживачів від ГЗП заводу.

Водночас проведені розрахунки виявили, що пусковий момент СД при зниженій напрузі виявився меншим, ніж необхідно, тому їх самозапуск без попереднього розвантаження неможливий.

У спеціальному розділі роботи виконано проектування електричної мережі 0,4 кВ. Розподіл електроенергії в ній здійснюється силовими пунктами серії ПР-8500, для яких було вибрано автоматичні вимикачі серії АЕ20. Споживачі підключаються до силових пунктів проводами типу АПВ та кабелем типу АПВБг.

Загалом кваліфікаційна робота виконана у відповідності до технічних та економічних вимог.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					67

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х.: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.
2. Василега П. О. Електропостачання: підручник. – Суми: Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
3. Маліновський А. А. Основи електропостачання / А. А. Маліновський, Б. К. Хохулін. – Львів: Видавництво Національного університет "Львівська політехніка", 2005.
4. Бурбело М. Й. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків: навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 204 с.
5. Рудницький В. Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 153 с.
6. Перехідні процеси в системах електропостачання: Підручник для вузів./ Г. Г. Півняк, В. М. Винославський, А. Я. Рибалко, Л. І. Несен / За ред. Г. Г. Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2002.
7. Перехідні процеси в системах електропостачання: / М. М. Черемісін, О. М. Мороз, О. Б. Єгоров, С. В. Швець. – Харків: ТОВ «В справі», 2016. – 260 с.
8. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання / А. Ю. Орлович, П. Г. Плешков, О. А. Козловський та ін. – М-во освіти і науки України, Центральнуокр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 274 с.
9. Лежнюк П. Д. Проектування електричної частини електричних станцій / П. Д. Лежнюк, В. М. Лагутін, В. В, Тептя. – Вінниця: ВНТУ, 2009. 194 с.
10. Довідник сільського електрика / В.С. Олійник, В.М. Гайдук, В.Ф. Гончар та ін.; За ред. В.С. Олійника. – К.: Урожай, 1989. – 264 с.
11. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 280 с.
12. Кваліфікаційна робота бакалавра: метод. рекомендації до структури та оформлення випускної кваліфікаційної роб. для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спец. 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад.: П. Г. Плешков, Н. Ю. Гарасьова, А. І. Котиш та ін.]; М-во освіти і науки України, Центральнуокр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – 80 с.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					68

## **ДОДАТКИ**



Таблиця А.1 – Розрахунок добових графіків  $P_{з.р}(t)$ ,  $Q_{з.р}(t)$ ,  $S_{з.р}(t)$  робочої зимової доби

Номер інтервалу	Інтервал $t$ , год	$p_{з.р}, \%$	$P_{з.р}, \text{кВт}$	$q_{з.р}, \%$	$Q_{з.р}, \text{квар}$	$S_{з.р}, \text{кВА}$
1	0 – 1	50,0	1250,1	38,0	119,3	1255,8
2	1 – 2	51,0	1275,1	39,0	122,4	1281,0
3	2 – 3	52,0	1300,1	32,0	100,4	1304,0
4	3 – 4	52,0	1300,1	32,0	100,4	1304,0
5	4 – 5	54,0	1350,1	36,0	113,0	1354,8
6	5 – 6	54,0	1350,1	41,0	128,7	1356,2
7	6 – 7	51,0	1275,1	36,0	113,0	1280,1
8	7 – 8	51,0	1275,1	57,0	178,9	1287,6
9	8 – 9	80,0	2000,2	93,0	291,9	2021,4
10	9 – 10	100,0	2500,2	100,0	313,9	2519,8
11	10 – 11	100,0	2500,2	95,0	298,2	2517,9
12	11 – 12	95,0	2375,2	84,0	263,7	2389,8
13	12 – 13	93,0	2325,2	93,0	291,9	2343,4
14	13 – 14	100,0	2500,2	100,0	313,9	2519,8
15	14 – 15	100,0	2500,2	100,0	313,9	2519,8
16	15 – 16	95,0	2375,2	82,0	257,4	2389,1
17	16 – 17	96,0	2400,2	82,0	257,4	2414,0
18	17 – 18	81,0	2025,2	79,0	248,0	2040,3
19	18 – 19	81,0	2025,2	77,0	241,7	2039,5
20	19 – 20	84,0	2100,2	70,0	219,7	2111,6
21	20 – 21	84,0	2100,2	71,0	222,9	2112,0
22	21 – 22	82,0	2050,2	71,0	222,9	2062,2
23	22 – 23	73,0	1825,1	57,0	178,9	1833,9
24	23 – 24	55,0	1375,1	40,0	125,6	1380,8

Таблиця А.2. Розрахунок добових графіків  $P_{з.в}(t)$ ,  $Q_{з.в}(t)$ ,  $S_{з.в}(t)$  вихідної зимової доби

Номер інтервалу	Інтервал $t$ , год	$p_{з.в}, \%$	$P_{з.в}, \text{кВт}$	$q_{з.в}, \%$	$Q_{з.в}, \text{квар}$	$S_{з.в}, \text{кВА}$
1	0 – 1	1,8	45,0	5,0	15,7	47,7
2	1 – 2	1,8	45,0	5,0	15,7	47,7
3	2 – 3	1,8	45,0	5,0	15,7	47,7
4	3 – 4	1,8	45,0	5,0	15,7	47,7
5	4 – 5	1,8	45,0	5,0	15,7	47,7
6	5 – 6	1,8	45,0	5,0	15,7	47,7
7	6 – 7	1,8	45,0	5,0	15,7	47,7
8	7 – 8	1,5	37,5	4,0	12,6	39,5
9	8 – 9	1,5	37,5	4,0	12,6	39,5
10	9 – 10	1,5	37,5	4,0	12,6	39,5
11	10 – 11	1,5	37,5	4,0	12,6	39,5
12	11 – 12	1,5	37,5	4,0	12,6	39,5
13	12 – 13	1,5	37,5	4,0	12,6	39,5
14	13 – 14	1,5	37,5	4,0	12,6	39,5
15	14 – 15	1,5	37,5	4,0	12,6	39,5
16	15 – 16	1,5	37,5	4,0	12,6	39,5
17	16 – 17	1,5	37,5	4,0	12,6	39,5
18	17 – 18	1,8	45,0	5,0	15,7	47,7
19	18 – 19	1,8	45,0	5,0	15,7	47,7
20	19 – 20	1,8	45,0	5,0	15,7	47,7
21	20 – 21	1,8	45,0	5,0	15,7	47,7
22	21 – 22	1,8	45,0	5,0	15,7	47,7
23	22 – 23	1,8	45,0	5,0	15,7	47,7
24	23 – 24	1,8	45,0	5,0	15,7	47,7

Таблиця А.3 – Розрахунок добових графіків  $P_{л.р}(t)$ ,  $Q_{л.р}(t)$ ,  $S_{л.р}(t)$  робочої літньої доби

Номер інтервалу	Інтервал $t$ , год	$P_{л.р}, \%$	$P_{л.р}, \text{кВт}$	$q_{л.р}, \%$	$Q_{л.р}, \text{квар}$	$S_{л.р}, \text{кВА}$
1	0 – 1	50,0	1225,1	39,0	120,0	1231,0
2	1 – 2	51,0	1249,6	40,0	123,0	1255,6
3	2 – 3	54,0	1323,1	51,0	156,9	1332,4
4	3 – 4	52,0	1274,1	36,0	110,7	1278,9
5	4 – 5	52,0	1274,1	38,0	116,9	1279,5
6	5 – 6	54,0	1323,1	42,0	129,2	1329,4
7	6 – 7	54,0	1323,1	48,0	147,7	1331,3
8	7 – 8	51,0	1249,6	56,0	172,3	1261,4
9	8 – 9	80,0	1960,2	93,0	286,1	1980,9
10	9 – 10	100,0	2450,2	100,0	307,6	2469,4
11	10 – 11	100,0	2450,2	98,0	301,5	2468,7
12	11 – 12	89,0	2180,7	98,0	301,5	2201,4
13	12 – 13	89,0	2180,7	82,0	252,3	2195,2
14	13 – 14	100,0	2450,2	84,0	258,4	2463,8
15	14 – 15	100,0	2450,2	84,0	258,4	2463,8
16	15 – 16	95,0	2327,7	82,0	252,3	2341,3
17	16 – 17	96,0	2352,2	81,0	249,2	2365,3
18	17 – 18	81,0	1984,7	82,0	252,3	2000,6
19	18 – 19	81,0	1984,7	76,0	233,8	1998,4
20	19 – 20	84,0	2058,2	62,0	190,7	2067,0
21	20 – 21	84,0	2058,2	72,0	221,5	2070,0
22	21 – 22	82,0	2009,2	80,0	246,1	2024,2
23	22 – 23	73,0	1788,6	60,0	184,6	1798,1
24	23 – 24	53,0	1298,6	35,0	107,7	1303,1

Таблиця А.4 – Розрахунок добових графіків  $P_{л.в}(t)$ ,  $Q_{л.в}(t)$ ,  $S_{л.в}(t)$  вихідної літньої доби

Номер інтервалу	Інтервал $t$ , год	$P_{л.в}, \%$	$P_{л.в}, \text{кВт}$	$q_{л.в}, \%$	$Q_{л.в}, \text{квар}$	$S_{л.в}, \text{кВА}$
1	0 – 1	1,8	44,1	12,0	36,9	57,5
2	1 – 2	1,8	44,1	12,0	36,9	57,5
3	2 – 3	1,8	44,1	12,0	36,9	57,5
4	3 – 4	1,8	44,1	12,0	36,9	57,5
5	4 – 5	1,8	44,1	12,0	36,9	57,5
6	5 – 6	1,8	44,1	12,0	36,9	57,5
7	6 – 7	1,0	24,5	8,0	24,6	34,7
8	7 – 8	1,0	24,5	8,0	24,6	34,7
9	8 – 9	1,0	24,5	8,0	24,6	34,7
10	9 – 10	1,0	24,5	8,0	24,6	34,7
11	10 – 11	1,0	24,5	8,0	24,6	34,7
12	11 – 12	1,0	24,5	8,0	24,6	34,7
13	12 – 13	1,0	24,5	8,0	24,6	34,7
14	13 – 14	1,0	24,5	8,0	24,6	34,7
15	14 – 15	1,0	24,5	8,0	24,6	34,7
16	15 – 16	1,0	24,5	8,0	24,6	34,7
17	16 – 17	1,0	24,5	8,0	24,6	34,7
18	17 – 18	1,0	24,5	8,0	24,6	34,7
19	18 – 19	1,8	44,1	12,0	36,9	57,5
20	19 – 20	1,8	44,1	12,0	36,9	57,5
21	20 – 21	1,8	44,1	12,0	36,9	57,5
22	21 – 22	1,8	44,1	12,0	36,9	57,5
23	22 – 23	1,8	44,1	12,0	36,9	57,5
24	23 – 24	1,8	44,1	12,0	36,9	57,5

Таблиця А.5 – Розрахунок річних графіків за активної, реактивної та повної потужностей за тривалістю

№ п/п	Тривалість ступеня, год	Потужність $P_j$ , год	Тривалість ступеня, год	Потужність $Q_j$ , кВт	Тривалість ступеня, год	Потужність $S_j$ , квар
1	2	3	4	5	6	
1	147	2500,2	147	313,9	147	2519,8
2	147	2500,2	147	313,9	147	2519,8
3	147	2500,2	147	313,9	147	2519,8
4	147	2500,2	147	298,2	147	2517,9
5	105	2450,2	147	291,9	105	2469,4
6	105	2450,2	147	291,9	105	2468,7
7	105	2450,2	147	263,7	105	2463,8
8	105	2450,2	147	257,4	105	2463,8
9	147	2400,2	147	257,4	147	2414,0
10	147	2375,2	147	248,0	147	2389,8
11	147	2375,2	147	241,7	147	2389,1
12	105	2352,2	147	222,9	105	2365,3
13	105	2327,7	147	222,9	147	2343,4
14	147	2325,2	147	219,7	105	2341,3
15	105	2180,7	147	178,9	105	2201,4
16	105	2180,7	147	178,9	105	2195,2
17	147	2100,2	147	128,7	147	2112,0
18	147	2100,2	147	125,6	147	2111,6
19	105	2058,2	147	122,4	105	2070,0
20	105	2058,2	147	119,3	105	2067,0
21	147	2050,2	147	113,0	147	2062,2
22	147	2025,2	147	113,0	147	2040,3
23	147	2025,2	147	100,4	147	2039,5
24	105	2009,2	147	100,4	105	2024,2
25	147	2000,2	48	36,9	147	2021,4
26	105	1984,7	48	36,9	105	2000,6
27	105	1984,7	105	36,9	105	1998,4
28	105	1960,2	105	36,9	105	1980,9
29	147	1825,1	105	36,9	147	1833,9
30	105	1788,6	105	36,9	105	1798,1
31	147	1375,1	105	36,9	147	1380,8
32	147	1350,1	105	36,9	147	1356,2
33	147	1350,1	48	36,9	147	1354,8
34	105	1323,1	48	36,9	105	1332,4
35	105	1323,1	48	36,9	105	1331,3
36	105	1323,1	48	36,9	105	1329,4
37	147	1300,1	48	36,9	147	1304,0
38	147	1300,1	48	36,9	147	1304,0
39	105	1298,6	48	36,9	105	1303,1
40	147	1275,1	48	36,9	147	1287,6
41	147	1275,1	48	36,9	147	1281,0
42	147	1275,1	48	36,9	147	1280,1
43	105	1274,1	105	36,9	105	1279,5
44	105	1274,1	105	36,9	105	1278,9
45	147	1250,1	105	36,9	105	1261,4
46	105	1249,6	105	36,9	147	1255,8

продовження табл. А.5

1	2	3	4	5	6	
47	105	1249,6	105	36,9	105	1255,6
48	105	1225,1	105	36,9	105	1231,0
49	65	45,0	105	24,6	48	57,5
50	65	45,0	105	24,6	48	57,5
51	65	45,0	105	24,6	48	57,5
52	65	45,0	105	24,6	48	57,5
53	65	45,0	105	24,6	48	57,5
54	65	45,0	48	24,6	48	57,5
55	65	45,0	48	24,6	48	57,5
56	65	45,0	48	24,6	48	57,5
57	65	45,0	48	24,6	48	57,5
58	65	45,0	48	24,6	48	57,5
59	65	45,0	48	24,6	48	57,5
60	65	45,0	48	24,6	48	57,5
61	65	45,0	48	24,6	65	47,7
62	65	45,0	48	24,6	65	47,7
63	48	44,1	48	24,6	65	47,7
64	48	44,1	48	24,6	65	47,7
65	48	44,1	48	24,6	65	47,7
66	48	44,1	105	24,6	65	47,7
67	48	44,1	105	24,6	65	47,7
68	48	44,1	105	24,6	65	47,7
69	48	44,1	105	24,6	65	47,7
70	48	44,1	105	24,6	65	47,7
71	48	44,1	105	24,6	65	47,7
72	48	44,1	105	24,6	65	47,7
73	48	44,1	65	15,7	65	47,7
74	48	44,1	65	15,7	65	47,7
75	65	37,5	65	15,7	65	39,5
76	65	37,5	65	15,7	65	39,5
77	65	37,5	65	15,7	65	39,5
78	65	37,5	65	15,7	65	39,5
79	65	37,5	65	15,7	65	39,5
80	65	37,5	65	15,7	65	39,5
81	65	37,5	65	15,7	65	39,5
82	65	37,5	65	15,7	65	39,5
83	65	37,5	65	15,7	65	39,5
84	65	37,5	65	15,7	65	39,5
85	48	24,5	65	15,7	48	34,7
86	48	24,5	65	15,7	48	34,7
87	48	24,5	65	12,6	48	34,7
88	48	24,5	65	12,6	48	34,7
89	48	24,5	65	12,6	48	34,7
90	48	24,5	65	12,6	48	34,7
91	48	24,5	65	12,6	48	34,7
92	48	24,5	65	12,6	48	34,7
93	48	24,5	65	12,6	48	34,7
94	48	24,5	65	12,6	48	34,7
95	48	24,5	65	12,6	48	34,7
96	48	24,5	65	12,6	48	34,7
<b>Всього</b>	<b>8760</b>		<b>8760</b>		<b>8760</b>	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата

Арк.

74



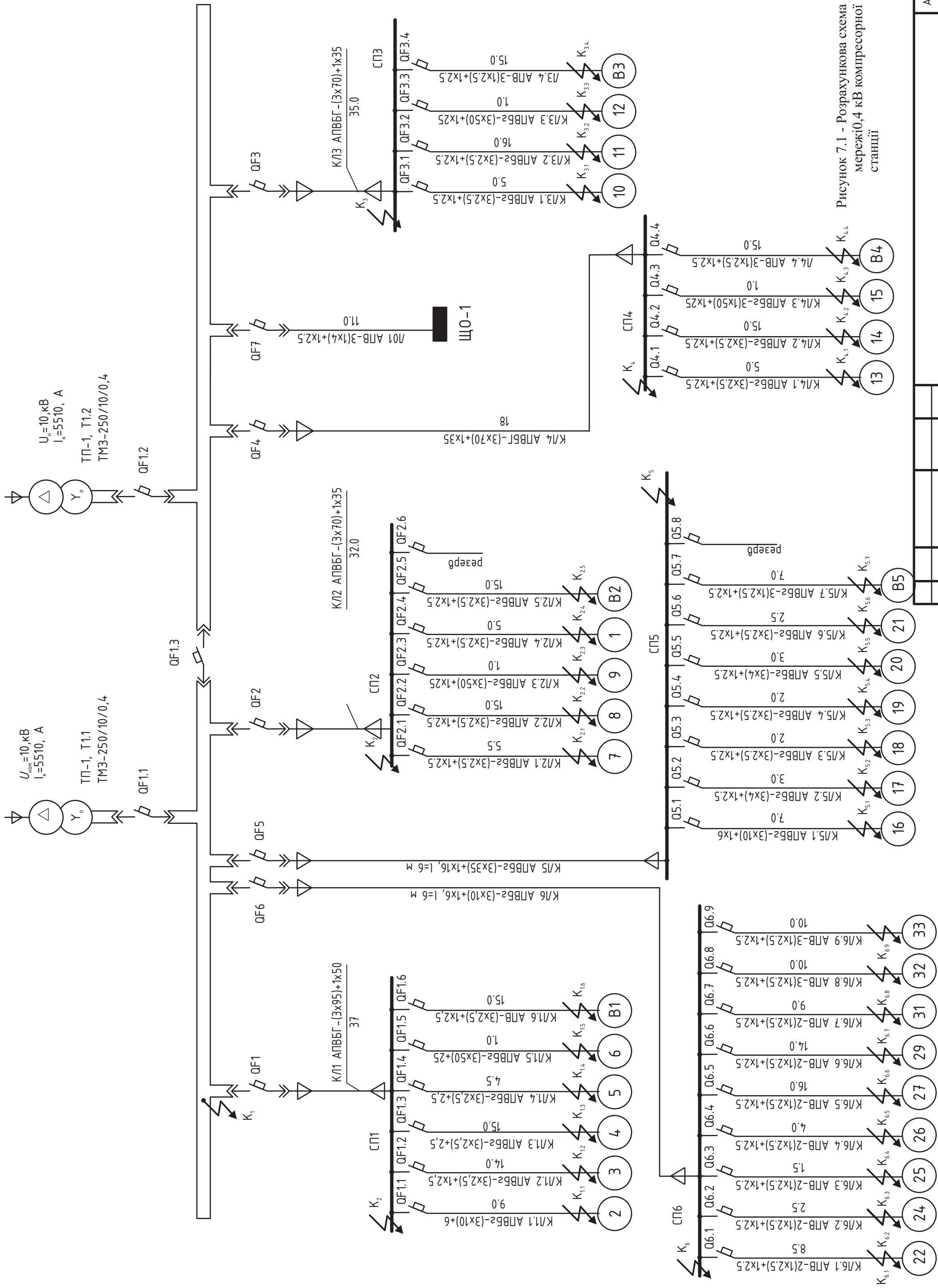


Рисунок 7.1 - Розрахункова схема мережі 0,4 кВ компресорної станції

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата

Таблиця Б.1 – Розрахунок силових електричних навантажень для вибору силових пунктів

№ п/п	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кількість ел. споживачів	Встановлена потужність, кВт			m	k <sub>в</sub>	cosφ	tgφ	Середнє навантаження за зміну		n <sub>с</sub>	k <sub>м</sub>	Розрахункова потужність			Струм
			P <sub>min</sub>	одного P <sub>max</sub>	сумарна					P <sub>ср</sub> , кВт	Q <sub>ср</sub> , квар			P <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , квар	S <sub>р</sub> , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	<b>СП-1</b>																
	Осушувач повітря	1	20	20,0	20,0		0,70	0,75	0,88	14,0	12,3						
	Насос	2	4	5,5	9,5		0,70	0,80	0,75	6,7	5,0						
	Вентилятор	1	7,5	7,5	7,5		0,65	0,80	0,75	4,9	3,7						
	Система збудження	1	26	26,0	26,0		0,70	0,38	2,43	18,2	44,3						
	ЩКУ	1	5	5,0	5,0		0,80	0,45	1,98	4,0	7,9						
	Всього	6	4,0	26,0	68,0	7	0,70	0,55	1,53	47,7	73,2	5	1,26	60,1	80,6	100,5	152,7
	<b>СП-2</b>																
2	Кран	1	4,6	4,6	4,6		0,10	0,50	1,73	0,5	0,8						
	Насос	1	5,5	5,5	5,5		0,70	0,80	0,75	3,9	2,9						
	Вентилятор	1	7,5	7,5	7,5		0,65	0,80	0,75	4,9	3,7						
	Система збудження	1	26	26,0	26,0		0,70	0,38	2,43	18,2	44,3						
	ЩКУ	1	5	5,0	5,0		0,80	0,45	1,98	4,0	7,9						
	Всього	5	4,6	26,0	48,6	6	0,65	0,47	1,90	31,4	59,6	4	1,38	43,4	65,5	78,6	119,4

проведення табл. Б.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	<b>СП-3, СП-4</b>																
3, 4	Насос	1	5,5	5,5	5,5		0,70	0,80	0,75	3,9	2,9						
	Вентилятор	1	7,5	7,5	7,5		0,65	0,80	0,75	4,9	3,7						
	Система збудження	1	26	26,0	26,0		0,70	0,38	2,43	18,2	44,3						
	ЩКУ	1	5	5,0	5,0		0,80	0,45	1,98	4,0	7,9						
	Всього	4	5,0	26,0	44,0	5	0,70	0,47	1,90	30,9	58,8	3	1,36	42,1	64,7	77,2	117,3
	<b>СП-5</b>																
5	М/о верстати	4	2,2	11	23,7		0,12	0,5	1,73	2,8	4,9						
	Звар. трансформатор	1	16	16	16		0,3	0,35	2,68	4,8	12,8						
	Електрокалорифер	1	22	22	22		0,5	0,9	0,48	11,0	5,3						
	Вентилятор	1	2,2	2,2	2,2		0,65	0,8	0,75	1,4	1,1						
	Всього	7	2,2	22,0	63,9	10	0,31	0,64	1,20	20,1	24,2	6	1,87	37,5	26,6	46,0	49,5
	<b>СП-6</b>																
6	Конвективний обігрівач	3	3	3	9		0,4	1	0,00	3,6	0,0						
	Конвективний обігрівач	3	1,5	1,5	4,5		0,4	1	0,00	1,8	0,0						
	ДЩКУ	3	2	2	6		0,8	0,4	2,29	4,8	11,0						
	Всього	9	1,5	3,0	19,5	2	0,52	0,68	1,08	10,2	11,0	9	1,34	13,6	12,1	18,2	27,7

Таблиця Б.2 - Вибір кабелів і силових ліній 0,4 кВ

№ п/п	Назва	$P_p$ , кВт	КПД	cosφ	$I_p$ , А	Тип і перетин проводу	$I_d$ , А	$l$ , м	$r_0$ , Ом·м	$x_0$ , Ом·м	$\Delta U$ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	<b>СП-1</b>	60,1	1	0,60	152,7	АПВБг-(3x95)+1x50	170	37,0	0,35	0,06	0,66
2	Осушувач повітря	20,0	0,86	0,87	40,6	АПВБг-(3x10)+1x6	42	9,0	3,33	0,07	0,42
3	Насос конденса	4,0	0,84	0,84	8,6	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19	14,0	13,30	0,10	0,52
4	ЩКУ	5,0	1,00	0,45	16,9	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19	15,0	13,30	0,10	0,70
5	Маслонасос	7,5	0,88	0,86	15,1	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19	4,5	13,30	0,10	0,31
6	Система збудження СД	24,0	0,93	0,39	100,5	АПВБг-(3x50)+1x25	110	1,0	0,67	0,06	0,01
В1	Вентилятор	7,5	0,88	0,86	15,1	АПВ-3(1x2,5)+1x2,5	19	15,0	13,30	0,10	1,04
	<b>СП-2</b>	43,4	1,00	0,55	119,4	АПВБг-(3x70)+1x35	140	32,0	0,48	0,06	0,55
7	Маслонасос	7,5	0,88	0,86	15,1	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19	5,5	13,30	0,10	0,38
8	ЩКУ	5,0	1,00	0,45	16,9	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19	15,0	13,30	0,10	0,70
9	Система збудження СД	24,0	0,93	0,39	100,5	АПВБг-(3x50)+1x25	110	1,0	0,67	0,06	0,01
1	Кран	4,6	0,80	0,83	10,5	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19	5,0	13,30	0,10	0,21
В2	Вентилятор	7,5	0,88	0,86	15,1	АПВ-3(1x2,5)+1x2,5	19	15,0	13,30	0,10	1,04
	<b>СП-3</b>	42,1	1,00	0,55	117,3	АПВБг-(3x70)+1x35	140	25,0	0,48	0,06	0,42
10	Маслонасос	7,5	0,88	0,86	15,1	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19	5,0	13,30	0,10	0,35
11	ЩКУ	5,0	1,00	0,45	16,9	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19	16,0	13,30	0,10	0,75
12	Система збудження СД	24,0	0,93	0,39	100,5	АПВБг-(3x50)+1x25	110	1,0	0,67	0,06	0,01
В3	Вентилятор	7,5	0,88	0,86	15,1	АПВ-3(1x2,5)+1x2,5	19	15,0	13,30	0,10	1,04
	<b>СП-4</b>	42,1	1,00	0,55	117,3	АПВБг-(3x70)+1x35	140	18,0	0,48	0,06	0,30
13	Маслонасос	7,5	0,88	0,86	15,1	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19	5,0	13,30	0,10	0,35
14	ЩКУ	5,0	1,00	0,45	16,9	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19	15,0	13,30	0,10	0,70
15	Система збудження СД	24,0	0,93	0,39	100,5	АПВБг-(3x50)+1x25	110	1,0	0,67	0,06	0,01
В4	Вентилятор	7,5	0,88	0,86	15,1	АПВ-3(1x2,5)+1x2,5	19	15,0	13,30	0,10	1,04

продовження табл. Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	<b>СП-5</b>	37,5	1,00	0,82	69,9	АПВБг-(3x35)+1x16	90	6,0	0,95	0,06	0,15
16	Електрокалорифер	22,0	1,00	1,00	33,4	АПВБг-(3x10)+1x6	42	7,0	3,33	0,07	0,36
17	Токарно-винторізний	11,0	0,85	0,84	23,4	АПВБг-(3x4)+1x2,5	27	3,0	8,35	0,10	0,19
18	Загочувальний	2,2	0,80	0,83	5,0	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19	2,0	13,30	0,10	0,04
19	Вертикально-свердильний.	3,0	0,82	0,83	6,7	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19	2,0	13,30	0,10	0,06
20	Звар. парарат ТВ=40%	12,3	0,90	0,88	23,6	АПВБг-(3x4)+1x2,5	27	3,0	8,35	0,10	0,21
21	Вертикально-фрезерний	7,5	0,86	0,85	15,6	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19	2,5	13,30	0,10	0,17
В5	Вентилятор	2,2	0,90	0,88	4,2	АПВ-3(1x2,5)+1x2,5	19	7,0	13,30	0,10	0,14
	<b>СП-6</b>	13,6	1,00	0,75	27,7	АПВБг-(3x10)+1x6	42	3,0	3,33	0,07	0,10
22, 23	Конвективний обігрівач	3,0	1,00	1,00	13,6	АПВ-2(1x2,5)+1x2,5	19	8,5	13,30	0,10	0,23
24	Конвективний обігрівач	1,5	1,00	1,00	6,8	АПВ-2(1x2,5)+1x2,5	19	2,5	13,30	0,10	0,03
25	Конвективний обігрівач	1,5	1,00	1,00	6,8	АПВ-2(1x2,5)+1x2,5	19	1,5	13,30	0,10	0,02
26	Конвективний обігрівач	1,5	1,00	1,00	6,8	АПВ-2(1x2,5)+1x2,5	19	4,0	13,30	0,10	0,06
27, 28	Конвективний обігрівач	3,0	1,00	1,00	13,6	АПВ-2(1x2,5)+1x2,5	19	16,0	13,30	0,10	0,44
29, 30	Конвективний обігрівач	3,0	1,00	1,00	13,6	АПВ-2(1x2,5)+1x2,5	19	14,0	13,30	0,10	0,39
31	ДЦКУ	2,0	1,00	0,40	7,6	АПВ-3(1x2,5)+1x2,11	19	9,0	13,30	0,10	0,17
32	ДЦКУ	2,0	1,00	0,40	7,6	АПВ-3(1x2,5)+1x2,12	19	10,0	13,30	0,10	0,19
33	ДЦКУ	2,0	1,00	0,40	7,6	АПВ-3(1x2,5)+1x2,13	19	11,0	13,30	0,10	0,21
	<b>ЩО-1</b>	6,1	1,00	0,59	15,7	АПВ-3(1x4)+1x2,5	32	11,0	8,35	0,10	0,39

Розрахунок струмів короткого замикання

Табл. Б.3. Коротке замикання на РУ 0.4 кВ  
(струми в місці КЗ від системи, А)

Вид КЗ	R дуги = 0	R дуги по ДЕСТ	R дуги = 15 МОм
К(3)	6023	4648	5159
К(2)	5216	4110	
К(1)	5972	4614	

Табл. Б.4. Струми КЗ на стороні ВН трансформатора при КЗ на РУ 0.4 кВ, А

КЗ на боці 0,4 кВ на фазах:	R дуги = 0			R дуги по ГОСТ			R дуги = 15 МОм		
	I (A)	I (B)	I (C)	I (A)	I (B)	I (C)	I (A)	I (B)	I (C)
А - В - С	229	229	229	177	177	177	197	197	197
В - С	115	229	115	89	177	89			
А - 0	131	0	131	101	0	101			

Табл. Б.5. Струми при КЗ на затискачах приєднань, А

Назва приєднання	R дуги = 0			R дуги по ДЕСТ			R дуги = 15 МОм
	К(3)	К(2)	К(1)	К(3)	К(2)	К(1)	К(3)
СП-3	5185	4490	4598	4089	3617	3691	4305
10	831	719	594	795	683	550	789
11	968	838	693	928	803	656	912
12	5139	4451	4526	4058	3590	3641	4264
В-3	1024	887	734	980	850	698	961
СП-4	5427	4700	4981	4252	3761	3951	4526
13	2462	2133	1840	2164	1911	1679	2146
14	1040	901	748	995	863	712	975
15	5382	4661	4904	4221	3734	3899	4482
В-4	1040	901	748	995	863	712	975
ЩО-1	5727	5000	5201	4552	4161	4221	4526

Струм підживлення точки КЗ от двигунів на РУ 0 А

## Розрахунок струмів короткого замикання

Табл. Б.6 Коротке замикання на РУ 0.4 кВ  
(струми в місці КЗ від системи, А)

Вид КЗ	R дуги = 0	R дуги по ГОСТ	R дуги = 15 мОм
К(3)	6023	4648	5159
К(2)	5216	4110	
К(1)	5972	4614	

Табл. Б.7. Струми КЗ на стороні ВН трансформатора при КЗ на РУ 0.4 кВ, А

КЗ на стороні 0,4 кВ на фазах:	R дуги = 0			R дуги по ГОСТ			R дуги = 15 мОм		
	I (A)	I (B)	I (C)	I (A)	I (B)	I (C)	I (A)	I (B)	I (C)
А - В - С	229	229	229	177	177	177	197	197	197
В - С	115	229	115	89	177	89			
А - 0	131	0	131	101	0	101			

Табл. Б.8. Струми при КЗ на затискачах приєднань, А

Назва приєднання	R дуги = 0			R дуги по ДЕСТ			R дуги = 15 мОм
	К(3)	К(2)	К(1)	К(3)	К(2)	К(1)	К(3)
СП-1	5058	4380	4476	4003	3541	3607	4211
2	3471	3006	2519	2905	2569	2207	2922
3	1082	937	777	1033	898	742	1012
4	1020	883	731	976	846	695	957
5	2506	2171	1869	2197	1940	1702	2181
6	5014	4342	4407	3973	3515	3560	4172
В-1	1020	883	731	976	846	695	957
СП-2	4946	4283	4244	3928	3474	3447	4099
7	2169	1879	1585	1939	1710	1470	1916
8	1009	874	721	966	838	685	948
9	4901	4244	4177	3897	3448	3401	4060
1	2303	1994	1689	2042	1802	1556	2022
В-2	1009	874	721	966	838	685	948
СП-5	5685	4923	5332	4424	3912	4188	4759
16	4233	3666	3249	3440	3043	2745	3489
17	4147	3591	3171	3380	2990	2689	3421
18	4066	3521	3304	3324	2940	2785	3358
19	4066	3521	3304	3324	2940	2785	3358
20	4147	3591	3171	3380	2990	2689	3421
21	3726	3227	2963	3086	2729	2537	3102
В-5	1998	1731	1471	1805	1590	1375	1779
СП-6	5457	4726	4973	4271	3778	3946	4508
22, 23	-	-	1213	-	-	-	1508
24	-	-	2774	-	-	-	2957
25	-	-	2944	-	-	-	3265
26	-	-	2118	-	-	-	2402
27, 28	-	-	702	-	-	-	920
29, 30	-	-	791	-	-	-	1027
31	1592	1378	1158	1476	1296	1102	1447
32	1462	1266	1060	1367	1198	1013	1338
33	1462	1266	1060	1367	1198	1013	1338

Струм підживлення точки КЗ от двигунів на РУ 0 А

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата					82

Таблиця Б.9 - Вибір автоматичних вимикачів

№ ЕП на плані цеху	Споживач	$I_p, A$	Тип авт. вимикача	Ном. параметри автомата, А		Уставки розціплювачів, А		Перевірка умов			
				$I_{н.вим}$	$I_{н.роз}$	$I_{у.лр}$	$I_{у.сл}$	$I_{кз}^{(1)}$	$> 3I_{н.роз}$	$I_{відкл.мах}$	$> I_{кз}^{(3)}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	
	Ввід ТП-1	532,4	Е-06В	1000	630	787,5	4410	6200	> 1890,0	35 кА	> 5000
	Секційний ТП-1	380,3	ВА51-39	630	400	500	4000	6200	> 1200,0	35 кА	> 5000
	<b>СП-1</b>										
	Осушувач повітря	152,7	ВА04-36	250,0	160,0	160,0	2000,0	4476	> 480,0	18 кА	> 5058
2	Насос конденсата	40,6	АЕ2046	63,0	40,0	46,0	552,0	2519	> 120,0	6000	> 3471
3	ЩКУ	8,6	АЕ2046	63,0	10,0	11,5	138,0	777	> 30,0	1500	> 1082
4	Маслонасос	16,9	АЕ2046	63,0	20,0	23,0	276,0	731	> 60,0	4500	> 1020
5	Система збудження СД	15,1	АЕ2046	63,0	16,0	18,4	220,8	1869	> 48,0	4500	> 2506
6	Вентилятор	100,5	АЕ2056	100,0	100,0	115,0	1380,0	4407	> 300,0	8000	> 5014
В1		15,1	АЕ2046	63,0	16,0	18,4	220,8	731	> 48,0	4500	> 1020
	<b>СП-2</b>										
	Маслоснасос	119,4	ВА04-36	250,0	125,0	125,0	1500,0	4244	> 375,0	18 кА	> 4946
7	ЩКУ	15,1	АЕ2046	63,0	16,0	18,4	220,8	1585	> 48,0	4500	> 2169
8	Система збудження СД	16,9	АЕ2046	63,0	20,0	23,0	276,0	721	> 60,0	4500	> 1009
9	Кран	100,5	АЕ2056	100,0	100,0	115,0	1000,0	4177	> 300,0	8000	> 4901
1	Вентилятор	10,5	АЕ2046	63,0	12,5	14,4	172,5	1689	> 37,5	1500	< 2303
В2		15,1	АЕ2047	63,0	16,0	18,4	220,8	721	> 48,0	4500	> 1009
	<b>СП-3</b>										
	Маслоснасос	117,3	ВА04-36	250,0	125,0	125,0	1500,0	4598	> 375,0	18 кА	> 5185
10	ЩКУ	15,1	АЕ2046	63,0	16,0	18,4	220,8	594	> 48,0	4500	> 831
11	Система збудження СД	16,9	АЕ2046	63,0	20,0	23,0	276,0	693	> 60,0	4500	> 968
12	Вентилятор	100,5	АЕ2056	100,0	100,0	115,0	1380,0	4526	> 300,0	8000	> 5139
В3		15,1	АЕ2046	63,0	16,0	18,4	220,8	734	> 48,0	4500	> 1024



Таблиця Б.10 - Перевірка силових ліній на відповідність захисному пристрою, вибір труб

№ спож	Споживач	$I_p, A$	Тип лінії	Перевірка умови $k_{пр} \cdot I_{доп} \geq k_{зах} \cdot I_з$	Довжина лінії $l, м$	Складність траси	Умовний прохід труби, мм
1	2		4	5	6	7	8
	СП-1	152,7	АПВБг-(3x95)+1x50	170 >	160,0	-	у каналі
2	Осушувач повітря	40,6	АПВБг-(3x10)+1x6	42 >	40,0	-	у каналі
3	Насос конденсата	8,6	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19 >	10,0	-	у каналі
4	ЩКУ	16,9	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19 ≈	20,0	-	у каналі
5	Маслонасос	15,1	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19 >	16,0	-	у каналі
6	Система збудження СД	100,5	АПВБг-(3x50)+1x2,5	110 >	100,0	-	у каналі
В1	Вентилятор	15,1	АПВ-3(1x2,5)+1x2,5	19 >	16,0	В-16	15
0	СП-2	119,4	АПВБг-(3x70)+1x35	140 >	125,0	-	у каналі
7	Маслонасос	15,1	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19 >	16,0	-	у каналі
8	ЩКУ	16,9	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19 ≈	20,0	-	у каналі
9	Система збудження СД	100,5	АПВБг-(3x50)+1x2,5	110 >	100,0	-	у каналі
1	Кран	10,5	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19 >	12,5	-	у каналі
В2	Вентилятор	15,1	АПВ-3(1x2,5)+1x2,5	19 >	16,0	В-16	15
	СП-3	117,3	АПВБг-(3x70)+1x35	140 >	125,0	-	у каналі
10	Маслонасос	15,1	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19 >	16,0	-	у каналі
11	ЩКУ	16,9	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19 ≈	20,0	-	у каналі
12	Система збудження СД	100,5	АПВБг-(3x50)+1x2,5	110 >	100,0	-	у каналі
В3	Вентилятор	15,1	АПВ-3(1x2,5)+1x2,5	19 >	16,0	В-16	15
	СП-4	117,3	АПВБг-(3x70)+1x35	140 >	125,0	-	у каналі
13	Маслонасос	15,1	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19 >	16,0	-	у каналі
14	ЩКУ	16,9	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19 ≈	20,0	-	у каналі
15	Система збудження СД	100,5	АПВБг-(3x50)+1x2,5	110 >	100,0	-	у каналі
В4	Вентилятор	15,1	АПВ-3(1x2,5)+1x2,5	19 >	16,0	В-16	15

продовження табл. Б.10.

1	2	3	4	5	6	7	8
	СП-5	69,9	АПВБг-(3x35)+1x16	90,0 >	80,0	-	у каналі
16	Електрокалорифер	33,4	АПВБг-(3x10)+1x6	42,0 >	40,0	В-20	25
17	Токарно-винторізний	23,4	АПВБг-(3x4)+1x2,5	27,0 >	25,0	В-4	15
18	Заточувальний	5,0	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19,0 >	16,0	В-4	15
19	Вертикально-свердильн.	6,7	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19,0 >	16,0	В-4	15
20	Звар. парарат ТВ=40%	23,6	АПВБг-(3x4)+1x2,5	27,0 >	25,0	В-4	15
21	Вертикально-фрезерний	15,6	АПВБг-(3x2,5)+1x2,5	19,0 >	16,0	В-4	15
В5	Вентилятор	4,2	АПВ-3(1x2,5)+1x2,5	19,0 >	16,0	В-4	15
	СП-6	27,7	АПВБг-(3x10)+1x6	42,0 >	31,5	-	у каналі
22, 23	Конвективний обігрівач	13,6	АПВ-2(1x2,5)+1x2,5	19,0 >	16,0	В-15	15
24	Конвективний обігрівач	6,8	АПВ-2(1x2,5)+1x2,5	19,0 >	16,0	В-4	15
25	Конвективний обігрівач	6,8	АПВ-2(1x2,5)+1x2,5	19,0 >	16,0	В-4	15
26	Конвективний обігрівач	6,8	АПВ-2(1x2,5)+1x2,5	19,0 >	16,0	В-4	15
27, 28	Конвективний обігрівач	13,6	АПВ-2(1x2,5)+1x2,5	19,0 >	16,0	А-20	15
29, 30	Конвективний обігрівач	13,6	АПВ-2(1x2,5)+1x2,5	19,0 >	16,0	А-20	15
31	ДЦКУ	7,6	АПВ-3(1x2,5)+1x2,11	19,0 >	8,0	А-20	15
32	ДЦКУ	7,6	АПВ-3(1x2,5)+1x2,12	19,0 >	8,0	А-20	15
33	ДЦКУ	7,6	АПВ-3(1x2,5)+1x2,13	19,0 >	8,0	А-20	15
1	ЩО-1	15,7	АПВ-3(1x4)+1x2,5	32,0 >	16,0	В9	15