

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Центр заочної та дистанційної освіти  
Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”  
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ  
к.т.н., професор  
\_\_\_\_\_ Петро ПЛЄШКОВ

“ \_\_\_ “ \_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ**  
**ВИЩОЇ ОСВІТИ**  
на тему:  
**«Проектування системи електропостачання заводу**  
**гідроагрегатів»**

Виконав здобувач вищої освіти  
IV курсу групи ЕЕ-21-ЗСКЗ,  
ОПП «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»,  
спеціальності 141 Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»  
\_\_\_\_\_ Олег МИКИТЮК  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Керівник роботи  
професор, канд. техн. наук  
\_\_\_\_\_ Петро ПЛЄШКОВ  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Рецензент \_\_\_\_\_ Олександр ДІДИК

м. Кропивницький

# Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет центр заочної та дистанційної освіти

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Петро ПЛЄШКОВ

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

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

Микитюка Олега Миколайовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) **Проектування системи електропостачання заводу гідроагрегатів.**

**Designing a power supply system for a hydraulic units plant**

2. Керівник роботи (проекту) Плєшков Петро Григорович, к.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 3.06.2024 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту) \_\_\_\_\_

Вступ; Розрахунок електричних навантажень; Картограма навантажень; Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання заводу гідроагрегатів; Режими реактивної потужності в системі електроспоживання; Вибір кількості, потужності трансформаторів підстанцій заводу гідроагрегатів; Розрахунок струмів коротких замикань та вибір високовольтного обладнання; Енергозбереження в компресорних установках; Висновки

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

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

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	<i>1.05.24</i>	
2	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	<i>5.05.24</i>	
3	<i>Картограма навантажень</i>	<i>9.05.24</i>	
4	<i>Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання заводу гідроагрегатів</i>	<i>12.05.24</i>	
5	<i>Режими реактивної потужності в системі електроспоживання</i>	<i>15.05.24</i>	
6	<i>Вибір кількості, потужності трансформаторів підстанцій заводу гідроагрегатів</i>	<i>19.05.24</i>	
7	<i>Розрахунок струмів коротких замикань та вибір високовольтного обладнання</i>	<i>22.05.24</i>	
8	<i>Енергозбереження в компресорних установках</i>	<i>25.05.24</i>	
9	<i>Оформлення пояснювальної записки ВКР</i>	<i>29.05.24</i>	
10	<i>Оформлення презентаційної частини ВКР</i>	<i>31.05.24</i>	

Дата видачі завдання

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024р.

Підпис керівника \_\_\_\_\_

Петро ПЛЄШКОВ

Завдання прийнято до виконання

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Підпис здобувача \_\_\_\_\_

Олег МИКИТЮК

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 79 с.; 11 рис.; 20 табл.; 11 джерел, презентація 10 аркушів.

**Микитюк О.М. Проектування системи електропостачання заводу гідроагрегатів. – Рукопис.**

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2024 рік.

В кваліфікаційній роботі було проведено проектування системи електропостачання заводу гідроагрегатів. В процесі роботи були розраховані електричні навантаження, побудовані графіки електричних навантажень, розраховані режими реактивної потужності та струмів короткого замикання, вибрані оптимальні схеми зовнішнього електропостачання та трансформаторні підстанції. Питання компенсації реактивної потужності вирішено встановленням стандартних батарей конденсаторів.

У спеціальному розділі кваліфікаційної роботи було розглянуто питання енергозбереження в компресорних установках. Було розроблено заходи, які сприяють скороченню втрат енергетичних ресурсів та значно заощаджують електроенергію і фінансові витрати при експлуатації коипресорних установок.

**Ключові слова:** електричні навантаження, конденсаторні установки, трансформаторні підстанції, компресори, економія, заходи з енергозбереження.

## ABSTRACT

Qualification work: 79 p.; Fig. 11; 20 tables; 11 sources, presentation of 10 sheets.

### **Mykytyuk O.M. Design of the power supply system of the hydraulic aggregates 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, 2024.

In the qualification work, the design of the power supply system of the hydraulic unit plant was carried out. In the course of the work, electrical loads were calculated, electrical load schedules were built, reactive power and short-circuit current regimes were calculated, optimal external power supply schemes and transformer substations were selected. The issue of reactive power compensation is solved by installing standard capacitor banks.

In a special section of the qualification work, the issue of energy saving in compressor units was considered. Measures have been developed that help reduce the loss of energy resources and significantly save electricity and financial costs during the operation of co-compressor units.

**Key words:** electrical loads, capacitor units, transformer substations, compressors, economy, energy saving measures.

## ЗМІСТ

	ВСТУП.....	6
1	РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	8
1.1.	Розрахунок силового навантаження мережі до 1000 В. ....	8
1.2.	Розрахунок освітлювального навантаження.....	8
1.3.	Розрахунок силового навантаження мережі вище 1000 В.....	9
1.4.	Побудова графіків навантажень.....	10
2	КАРТОГРАМА НАВАНТАЖЕНЬ.....	14
3	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАВОДУ ГІДРОАГРЕГАТІВ.....	16
3.1.	Вибір напруги і схеми зовнішнього електропостачання.....	16
3.2.	Вибір напруги і схем внутрішнього електропостачання.....	21
4	РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ.....	22
4.1.	Розрахунок балансу реактивної потужності і вибір компенсуючих пристроїв.....	22
4.2.	Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв.....	24
5	ВИБІР КІЛЬКОСТІ, ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДСТАНЦІЙ ЗАВОДУ ГІДРОАГРЕГАТІВ.....	26
6	РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ .....	28
6.1.	Розрахунок струмів коротких замикань .....	28
6.2.	Вибір високовольтного обладнання.....	32
6.3.	Вибір високовольтних кабелів .....	36

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ БАКАЛАВРСЬКИМ РІВНЕМ ОСВІТИ</b>							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	<i>Проектування системи електропостачання заводу гідроагрегатів</i>			Літ.	Арк.	Аркуші		
Розробив		Микитюк О.М.										7
Перевірів		Плешков П.Г.										
Н. контр.		Гарасьова Н.Ю.						<i>ЦНТУ, зр.ЕЕ-21-3СКЗ</i>				
Затвердив		Плешков П.Г.										

7	ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВКАХ....	38
7.1.	Визначення потужності, яка споживається компресорами.....	39
7.2.	Зменшення номінального робочого тиску компресорної установки.....	42
7.3.	Застосування прямоточних клапанів в поршневих компресорах...	42
7.4.	Резонансний надув поршневих компресорів.....	43
7.5.	Підігрів стиснутого повітря перед пневмоприймачами.....	44
7.6.	Заміна компресорів застарілих конструкцій на нові з більш високим ККД.....	45
7.7.	Оновлення стану трубопроводів, з'єднувальної і запірної арматури.....	45
7.8.	Скорочення витоків стиснутого повітря.....	47
7.9.	Заміна стиснутого повітря іншими енергоносіями.....	49
7.10.	Заміна пневмоінструмента електроінструментом.....	50
7.11.	Заміна стислого повітря вентиляторним дуттям.....	50
	ВИСНОВКИ.....	52
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53
	ДОДАТОК А.....	55
	ДОДАТОК Б.....	72
	ДОДАТОК В	74
	ДОДАТОК Г.....	76

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Зростання та ускладнення систем електропостачання, підвищення вимог до їх економічності та надійності у зв'язку зі змінною структурою та характером споживачів електроенергії, широке впровадження засобів керування, розподілу та споживання електроенергії на основі сучасних обчислювальних технологій, створюють виклики для підготовки висококваліфікованих інженерів.

Однією з найважливіших задач на сьогодні та в найближчому майбутньому є створення ефективних систем електропостачання промислових підприємств (СЕПП). Наразі в Україні при розробці таких СЕПП особливу увагу слід приділяти розвитку енергозберігаючої політики.

З урахуванням різних категорій споживачів електроенергії, їх електропостачання має бути забезпечене на відповідному рівні та бути якісним, надійним і економічним. При цьому напруга та частота електричної мережі повинні відповідати номінальним значенням. Визначення категорій промислових підприємств слід проводити з особливою ретельністю, оскільки це впливає на безпеку життя людей, виробництво продукції та дорогі технологічні процеси.

Вибір електротехнічного обладнання для промислових підприємств здійснюється відповідно до споживаної потужності. При проектуванні підприємства її слід визначати з високою точністю, щоб уникнути аварій через перевантаження електропостачальної системи та уникнути зайвих капіталовкладень. У системах електропостачання широко застосовуються захисні пристрої, які запобігають перевантаженням обладнання та обмежують струми короткого замикання.

Створення та експлуатація СЕП потребують значних матеріальних ресурсів. Тому важливою є підвищення економічності цих систем, забезпечуючи при цьому високий рівень надійності в різних умовах та режимах експлуатації, включаючи аварійні та післяаварійні ситуації.

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



Коротка характеристика технологічного процесу підприємства.

Основна продукція заводу з виробництва агрегатів для гідросистем включає гідромотори, водяні та масляні насоси, шестерні насоси, а також оксидно-порошкові гідромотори та гідромотор-колеса на їх основі. Споживачі електроенергії належать до II та III категорії. Завод працює у дві зміни. Відстань до джерела живлення становить 2,5 км (ПС «Системи»),  $X_c = 1,06$  Ом на 35 кВ. Заданий коефіцієнт потужності дорівнює  $\text{tg} = 0,15$ . Завод розташований у III кліматичному районі.

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

# 1 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Основою ефективного проектування та експлуатації систем електропостачання промислових підприємств є точне визначення електричних навантажень і розподіл живлення між джерелами електроенергії. Електричне навантаження визначає обсяг споживання активної (P) і реактивної (Q) потужності окремими споживачами або приймачами електроенергії.

При визначенні електричних навантажень враховують задані параметри системи електропостачання (СЕП), а також розташування джерела живлення і категорії споживачів електроенергії. Потім обчислюють струмові навантаження, визначають кількість та потужність трансформаторів головної знижувальної підстанції (ГЗП) або центрального розподільного пункту (ЦРП).

## 1.1. Розрахунок силового навантаження мережі до 1000 В

На етапі технічного та робочого проектування електричне навантаження цеху або підприємства розраховується за допомогою методу упорядкованих діаграм.

Розрахунок навантажень низьковольтної мережі виконано згідно [3] та приведено в табл. А1 Додатку А.

## 1.2. Розрахунок освітлювального навантаження

При розробці проекту електричного освітлення враховуються стандартні рівні освітленості, архітектурно-художні вимоги, передача кольору, експлуатаційні умови та економічність. Це стосується приміщень різного призначення, будівель та об'єктів міського середовища, таких як вулиці, дороги, сквери, тротуари, автостоянки та інші. Проведення

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

світлотехнічних розрахунків допомагає визначити кількість та потужність ламп відповідно до вимог освітлення.

Для світлотехнічних розрахунків необхідно мати такі вихідні дані: нормативне значення мінімальної або середньої освітленості, тип та характеристики джерела світла та світильника, висота розміщення світильника, геометричні параметри приміщення або відкритого простору, коефіцієнти відбивання для стелі, стін та розрахункових поверхонь.

Світлотехнічні розрахунки можуть бути виконані за наступними методами:

1. Точковий метод - в цьому методі враховуються точкові джерела світла та їхні характеристики, такі як положення, сила світла, напрямок та розсіювання.

2. Метод коефіцієнта використання світлового потоку - цей метод базується на визначенні коефіцієнта, що відображає використання світлового потоку джерела світла, що припадає на робочу зону або приміщення.

3. Метод питомої потужності - у цьому методі розглядається відношення світлового потоку джерела до площі освітлюваної поверхні. Цей метод дозволяє оцінити, наскільки ефективно використовується світло в конкретному приміщенні.

В даній роботі використовувався метод питомої потужності. Всі розрахунки представлені в Табл.А2 Додатку А.

### **1.3. Розрахунок силового навантаження мережі вище 1000 В**

Для визначення розрахункових навантажень на вищих ступенях системи електропостачання, починаючи з цехових шинопроводів або шин цехових трансформаторних підстанцій (ЦТП) і закінчуючи лініями, що живлять підприємство, рекомендується застосовувати методи розрахунку,

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

які ґрунтуються на використанні середньої потужності і коефіцієнтів максимуму і форми.

Розрахунок навантажень високовольтної мережі виконано згідно [3] та приведено в табл. А3 Додатку А.

#### 1.4. Побудова графіків навантажень

Електричні навантаження поділяються на індивідуальні, які характерні для одного приймача, і групові, що враховують споживання кількома приймачами. Під час проектування систем електропостачання будують графіки навантажень різних типів: змінні, добові, місячні та річні. Для спрощення реальний графік електричних навантажень представляють у вигляді східчастого графіка на певному інтервалі, наприклад, для зміни обирають інтервал часу в 30 хвилин.

Для створення річних графіків по тривалості використовують добові графіки навантажень, які дають повне уявлення про електроспоживання підприємства.

Використаємо графік добового навантаження на активну та реактивну потужності для заводу гідроагрегатів. При розробці графіка реактивного навантаження враховуватимемо вимоги щодо компенсації реактивної потужності під час максимального навантаження, відповідно до коефіцієнта потужності  $\text{tg } \varphi = 0.15$

Побудову графіків виконуємо в програмі Excel на основі добових графіків та розрахункового навантаження.

Відповідні графіки наведені на рис. 1.1-1.4.

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

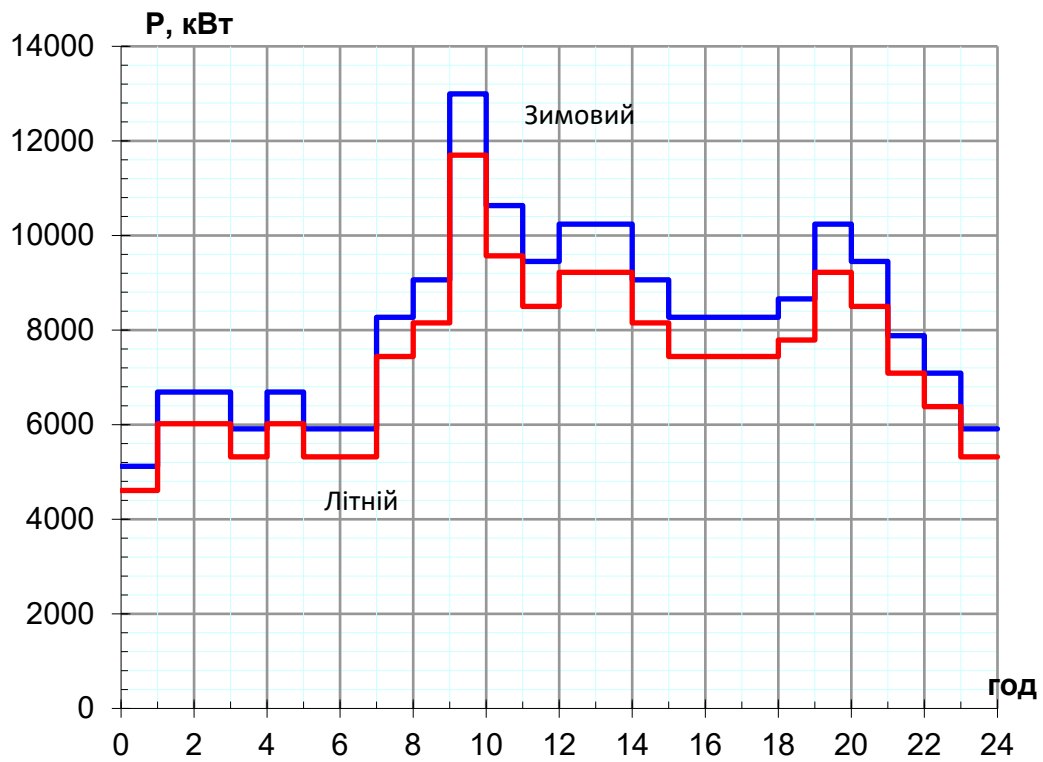


Рисунок 1.1 - Добовий графік активного навантаження

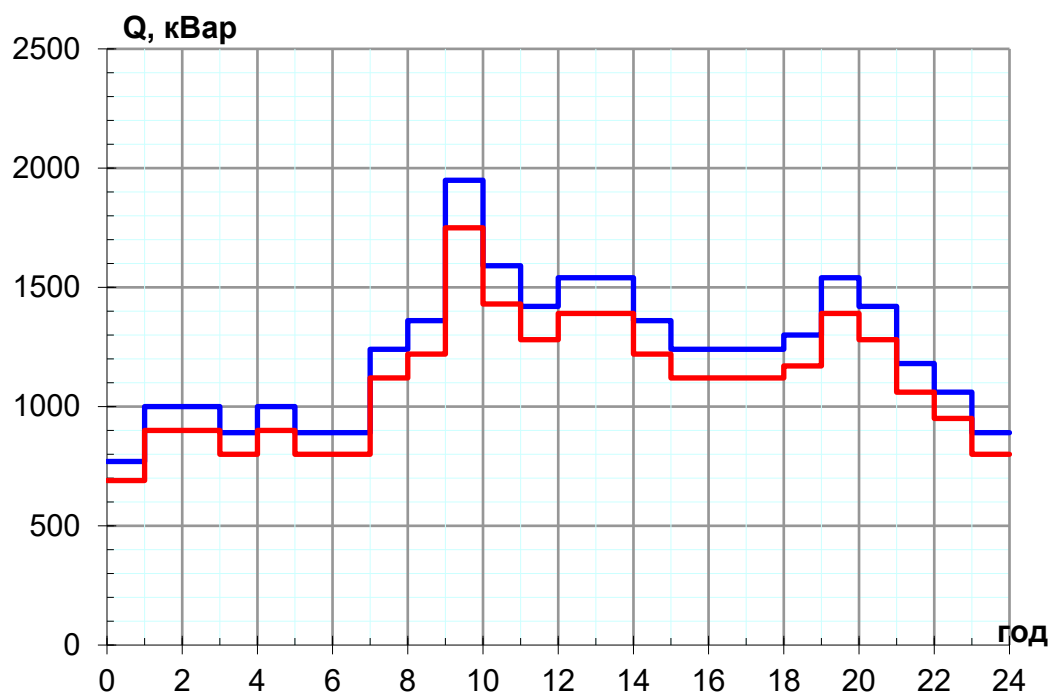


Рисунок 1.2 - Добовий графік реактивного навантаження

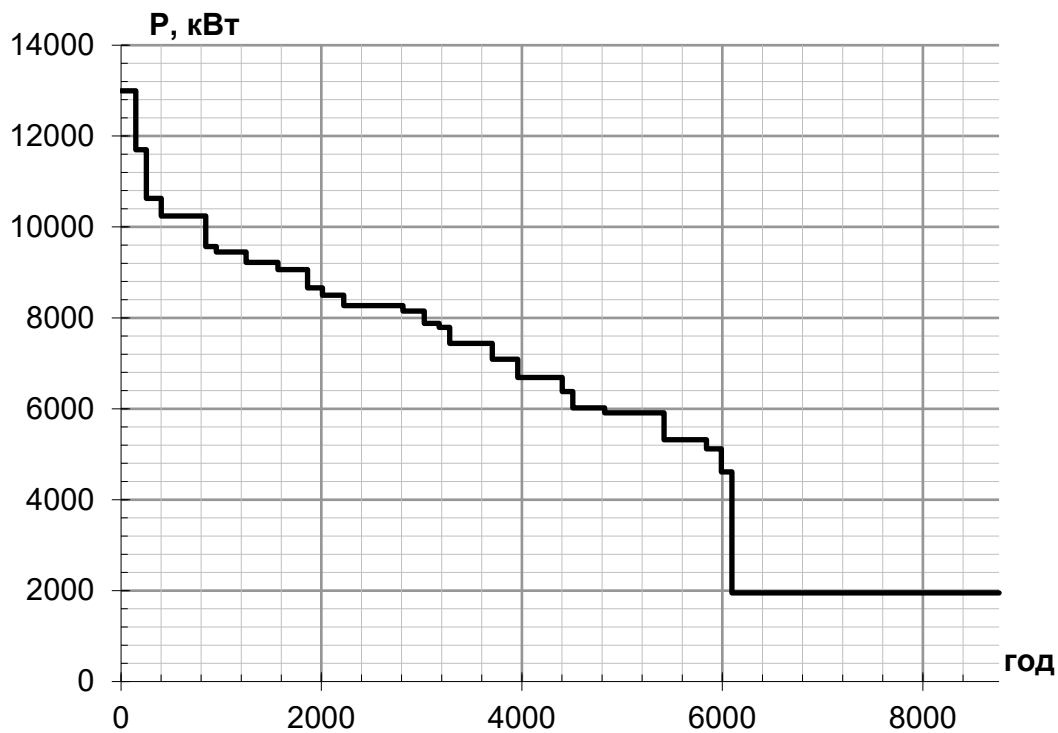


Рисунок 1.3 - Річний графік по тривалості активної потужності.

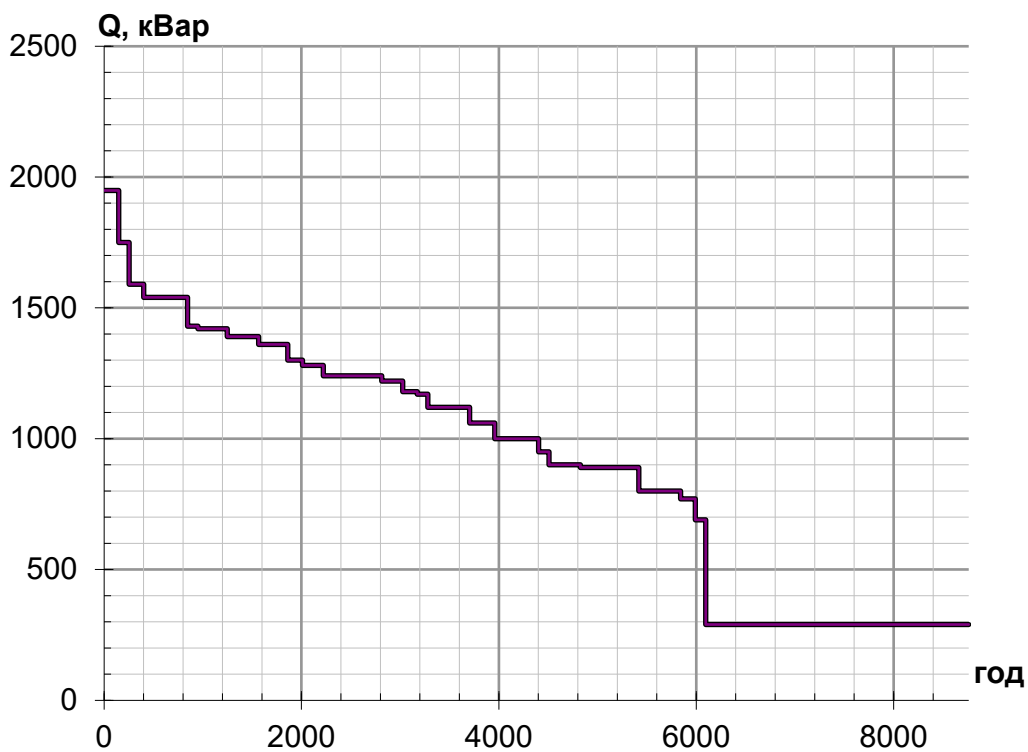


Рисунок 1.4 - Річний графік по тривалості реактивної потужності

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

На підставі добових графіків активного і реактивного навантаження складаємо річний графік тривалості активної і реактивної потужності. Для визначення тривалості кожного етапу річного графіка можна використовувати:

$$\tau = 365t_i$$

де  $t_i$  – сумарний період ступінів добового графіка, що мають рівні значення.

Протягом вихідних днів навантаження складає 15% розрахункового. Всі розрахунки зводимо до таблиці А4 Додатку А.

З річного графіка обчислюємо витрати активної та реактивної енергії

$$W_{\Gamma} = \sum_{i=1} P_i \cdot \tau_i = 53119940 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$V_{\Gamma} \sum_{i=1} Q_i \cdot \tau_i = 7965412 \text{ кВар} \cdot \text{год}$$

Кількість годин використання максимального навантаження визначимо за виразом:

$$T_M = \frac{\sqrt{W_{\Gamma}^2 + V_{\Gamma}^2}}{S_M} = \frac{\sqrt{53119940^2 + 7965412^2}}{13139,9} = 4087,8 \text{ год}$$

$$\text{де } S_M = \sqrt{P_{p10}^2 + Q_{p10}^2} = \sqrt{12994,5^2 + 1949,2^2} = 13139,9 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Значення  $\tau_M$  рахується за формулою Кезевича:

$$\tau_M = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{4087,78}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 2486,59 \text{ год.}$$

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

## 2 КАРТОГРАМА НАВАНТАЖЕНЬ

При проектуванні систем електропостачання промислових підприємств основною проблемою є визначення оптимального розташування джерел живлення на їхній території та розподіл електричних приймачів і споживачів. Ці завдання ускладнюються через зростаючу складність об'єктів та обладнання, а також збільшення споживання електроенергії.

Для вирішення таких задач, як проектування нових об'єктів або модернізація існуючих, використовуються комп'ютерні технології. Це дозволяє аналізувати та описувати структуру об'єкта, розподіл електричних навантажень і геометрію розташування приймачів і споживачів енергії. При цьому наближені дані про електричні навантаження і їхній розподіл по території підприємства отримують за допомогою картограм навантажень.

Для створення ефективної системи електропостачання промислового підприємства важливо правильно розмістити трансформаторні підстанції для живлення споживачів і приймачів, а також визначити їхню кількість. Трансформаторні підстанції повинні відповідати електричним навантаженням, підключеним до них, що забезпечує оптимальні техніко-економічні показники системи електропостачання (СЕП) за витратами на електроенергію і провідникові матеріали.

Для визначення оптимального розташування знижувальних підстанцій і джерел живлення на території промислових підприємств використовується картограма електричних навантажень. Це план, на якому зображені місця розподілу навантажень електричних приймачів і споживачів у вигляді геометричних фігур.

При побудові картограми електричних навантажень для визначення місця розташування генеральної підстанції (ГПП) та цехових трансформаторних підстанцій (ЦТП) на генеральний план промислового підприємства наноситься спеціальна карта, де для кожного цеху

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



встановлюється радіус кола. Площа цього кола у вибраному масштабі відповідає розрахунковому навантаженню цеху. Такий метод дозволяє ефективно розподілити електричні навантаження та визначити оптимальне розташування підстанцій, що забезпечує надійність і ефективність електропостачання на підприємстві.

Картограма будується відповідно до методики [3].

Розрахунок картограми представлений у вигляді таблиці А5 Додатку А.

Визначаємо точки центру електричних навантажень:

$$X = \frac{\sum_1 P_i \cdot X_i}{\sum_1 P_i} = 34,4 \text{ см} \qquad Y = \frac{\sum_1 P_i \cdot Y_i}{\sum_1 P_i} = 35,79 \text{ см}$$

Так, знаходячи центр електричних навантажень промислового підприємства, ми можемо визначити оптимальне місце розташування генеральної підстанції (ГПП). Зазвичай ГПП розміщують у центрі електричних навантажень для оптимального забезпечення електропостачання. Проте при будівництві ГПП на підприємстві, його зазвичай розташовують з невеликим зсувом від центру електричних навантажень у напрямку джерела живлення. Це дозволяє максимально наблизити вищу напругу до центру споживання електроенергії, а розподільчі мережі матимуть мінімальні довжини.

Однак, якщо з якихось причин не можливо розмістити джерело живлення у центрі електричних навантажень, зміщення його призводить до збільшення річних приведених витрат на систему електропостачання, що обумовлене цим зміщенням.

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

# 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАВОДУ ГІДРОАГРЕГАТІВ

## 3.1. Вибір напруги і схеми зовнішнього електропостачання

У кваліфікаційній роботі здійснюється порівняння різних варіантів виконання мережі за техніко-економічними показниками з використанням техніко-економічного аналізу (ТЕП). На першому етапі варіанти з однаковою номінальною напругою мереж порівнюються за основними кількісними показниками: загальна довжина ліній, довжина трас, кількість комірок вимикачів тощо.

При рівних інших показниках перевага надається тим варіантам, де електроенергія передається найкоротшими лініями від джерела до споживачів, що зменшує втрати напруги.

Варто зазначити, що таке порівняння повинно, як правило, виключати з подальшого розгляду варіанти лише одного типу, наприклад, кільцевого або радіально-магістрального.

Принципи побудови схеми мережі повинні враховувати різні характеристики електричних мереж, а порівняння варіантів має базуватись на розрахункових витратах.

На другому етапі обмежена кількість (2) найбільш раціональних варіантів схеми та номінальної напруги мережі піддається техніко-економічному порівнянню за приведеними витратами. Кожен із цих варіантів повинен бути детально опрацьований з вибором схем усіх підстанцій, розрахунком втрат напруги та електроенергії тощо.

Слід враховувати, що варіанти схем з різними номінальними напругами, через різну вартість обладнання та величину втрат електроенергії, можуть порівнюватися лише за приведеними витратами.

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з цього беремо до розгляду два варіанта зовнішнього електропостачання підприємства рис.3.1

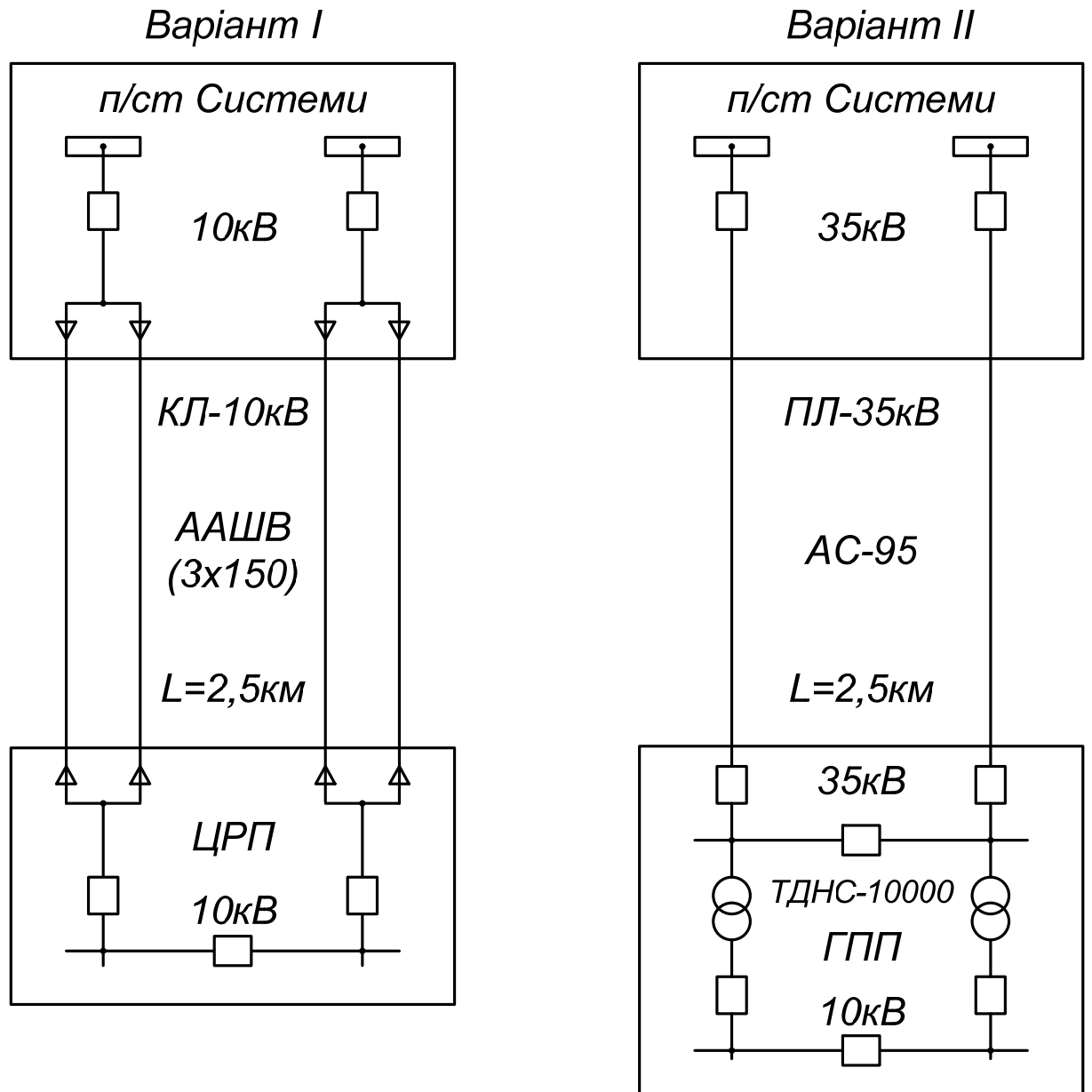


Рисунок 3.1 – Варіанти схем зовнішнього електропостачання

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

Варіант I. Підприємство отримує живлення від шин 10 кВ підстанції системи кабельними лініями.

Розрахунковий струм в лінії дорівнює:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_n} = \frac{13139.89}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 727 \text{ A}$$

Відповідно до економічної щільності струму визначимо переріз,  $j_{\text{э}}=1,4$ .

$$F_{\text{ек}} = \frac{I_p}{4 \cdot j_{\text{ек}}} = \frac{727}{4 \cdot 1,4} = 129 \text{ мм}^2$$

Приймаємо до проектування 4 кабельних лінії з перерізом  $150 \text{ мм}^2$  кожна, марки ААШВ(3х150), в яких тривало допустимий струм нагріву  $I_{\text{д.доп}}=275 \text{ A}$ .

При аварійному відключенні одного провода лінії, той ланцюг, що залишився в роботі забезпечить живлення.

$$I = I_{\text{д.прип}} \cdot K_{\text{ап}} = 2 \cdot 275 \cdot 1,3 = 715 \text{ A}$$

де  $K_{\text{ап}}$  - припустимий коефіцієнт позаштатного перевантаження

Вартість втрат електроенергії визнається за формулою:

$$C_{\text{втр}} = C_0 \cdot \Delta E$$

$$C_0 = 4,7 \text{ грн/кВт}\cdot\text{год}$$

Втрати енергії обчислюємо за виразом

$$\Delta E = \Delta P_m \cdot \tau_m$$

$$\text{де } \Delta P_m = 3 \cdot I^2 \cdot R_0 \cdot l \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}$$

де  $l$  - довжина кабельної лінії  $l=2,5 \text{ км}$

$$R_0 = 0,206 \text{ Ом/км} - \text{питомий опір}$$

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

при  $T_M=4087,8$  год ,  $\tau_M = 2486,59$  год отримуємо:

$$\Delta P_M = 3 \left( \frac{727}{4} \right)^2 \cdot 4 \cdot 0.206 \cdot 2.5 \cdot 10^{-3} = 202 \text{ кВт}$$

$$C_{\text{втр}} = C_0 \cdot \Delta P_M \cdot \tau_M = 4,7 \cdot 202 \cdot 2486,59 \cdot 10^{-3} = 2360,7 \text{ тис.грн}$$

Варіант 2. Підприємство отримує живлення від ВРУ–35 кВ повітряними лініями. Розрахунок втрат виконується по аналогічній методиці, що і варіант І.

Приймається дволанцюгова ЛЕП з повітряними проводами АС-95 мм<sup>2</sup>.

На ГПП попередньо встановлюється 2 трансформатора ТДНС-10000 потужністю  $S_H = 10$  МВА кожен.

Завантаження трансформаторів при номінальному режимі:

$$K_z = \frac{S_p}{2 \cdot S_{\text{ном}}} = \frac{13139.9}{2 \cdot 10000} = 0.66$$

Перевіряємо трансформатор на умову припустимого перевантаження при аварійному режимі

$$S_{\text{дон}} = 1.4 \cdot S_{\text{ном}} = 1,4 \cdot 10,0 = 14 \text{ МВА} > 13,1 \text{ МВА}$$

Результати обчислення втрат в лініях і в трансформаторах зводяться в табл. 3.3.

Далі розраховуємо капітальні вкладення і зводимо в Табл. 3.1 -3.2.

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Розрахунок капітальних вкладень в схему по варіантах

варіант	Елементи схеми	Кількість довжина	Вартість, од.тис.грн.	Вартість всього тис.грн.
1	Шафа КРУ, з вимикачем на п/ст 10 кВ, шт	2	50	100
	Кабельний провід ААШВ-150 ,км	10	200	2000
	Траншея, км	2,5	600	1500
	Всього			3600
2	Шафа з вимикачем 35кВ п/ст системи	2	100	200
	Дволанцюгова повітряна лінія 35кВ на залізобетонних опорах,км	2,5	300	750
	ВРУ-35, комплект	1	320	320
	Трансформатор ТДНС-1000/35	2	474	948
	Всього			2218

Таблиця 3.2 - Розрахунок поточних витрат по варіантам схем

варіант	Елементи схеми	К <sub>j</sub> , тис.грн	Р <sub>a</sub> , %	С <sub>aj</sub> , тис.грн	Р <sub>э</sub> , тис.грн	С <sub>эj</sub> , тис.грн	С <sub>j</sub> , тис.грн
1	Шафа КРУ, з вимикачем на п/ст 10 кВ, шт	100	15	15	5	5	20
	Кабельний провід з урахуванням траншеї	3500	5	175	5	175	350
	Всього						370
2	Шафа з вимикачем 35кВ п/ст системи	200	15	30	5	10	40
	Дволанцюгова повітряна лінія 35кВ на залізобетонних опорах,км	750	5	37,5	5	37,5	75
	ВРУ-35, комплект	320	15	48	5	16	64
	Трансформатор ТДНС-1000/35	948	15	142,2	5	47,4	189,6
	Всього						368,6

Арк.

20

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Виконаємо розрахунок можливого збитку від перерви в електропостачанні. Розрахунок виконано в програмі EXEL та наведено в таблиці 3.3.

Розрахунок вірогідного збитку від перерви в електропостачанні варіант 2 виконуємо аналогічно.

Всі результуючі значення по варіантах зводимо до таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Результуючі техніко-економічні показники обох варіантів

Т ЕП	Варіант	
	1	2
Капітальні вкладення, тис.грн.	3600	2218
Поточні витрати на експлуатацію, тис.грн.	370	368,6
Вартість втрат електроенергії в лініях і трансформаторах, тис.грн.	2360,7	2125,31
Збиток, тис.грн.	25,2	23,8
Загальні витрати, тис.грн.	6355,9	4735,7

Техніко-економічний аналіз варіантів дозволяє вибрати варіант II, при якому живлення заводу гідрор агрегатів здійснюється через ПЛ-35 кВ з будівництвом ГПП.

### 3.2 Вибір напруги і схем внутрішнього електропостачання

Питання вибору напруги для внутрішнього електропостачання однозначно визначається попереднім розрахунком, відповідно до якого приймається напруга 10 кВ. Розподіл електроенергії на заводі може здійснюватися за радіальною, магістральною або змішаною схемою, залежно від територіального розміщення навантажень, споживаної потужності та необхідної надійності електропостачання.

## 4 РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

### 4.1. Розрахунок балансу реактивної потужності і вибір компенсуючих пристроїв

Розрахунок балансу та вибір компенсуючих пристроїв виконується відповідно методиці, викладений у [3].

На ГПП заводу на шинах 10 кВ підтримується  $\text{tg } \varphi = 0,15$ .

Визначаємо реактивне навантаження на шинах 10 кВ без врахування компенсації.

$$Q_{0.4} = Q_{p0.4} - Q_{po} = 8127,11 + 538,1 = 8665,2 \text{ кВар.}$$

$$Q_{10} = Q_{0.4} + \Delta Q_{tr} + Q_{p10} = 8665,2 + 844,9 = 9510,1 \text{ кВар.}$$

Реактивні втрати в трансформаторах  $\Delta Q_{tr}$  становлять:

$$\Delta Q_{tr} = \left( \frac{U_{k\%}}{100} \cdot \frac{S^2}{S_n} + \frac{I_{xx\%}}{100} \cdot S_n \right) n = \left( \frac{5,5}{100} \cdot 0,7^2 \cdot 1000 + \frac{2}{100} \cdot 1000 \right) 18 = 844,89 \text{ кВар}$$

$$Q_{ку} = 9510,1 - 12994,5 \cdot 0,15 = 7560,9 \text{ кВар.}$$

Зростання реактивної потужності, що передається зі сторони 10 кВ в мережу до 1000 В може впливати на загальну кількість встановлених трансформаторів без зміни їх потужності.

Оптимально можливу кількість трансформаторів визначаємо відповідно методиці [3].

$$K_{кв} = 25 \text{ тис.грн./мВар};$$

$$K_{кн} = 52 \text{ тис.грн./мВар};$$

$$\Delta P_{кв}, \Delta P_{кн} - \text{питомі втрати в конденсаторах, кВт/мВар};$$

$$C_o = 4,7 \text{ грн/кВт} - \text{питома вартість втрат активної потужності, тис. грн./мВт};$$

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



$K_{тр}$  - вартість додаткових трансформаторів тис. грн.

Визначаємо питому вартість втрат по тарифу на електроенергію:

$$C_0 = C'_0 \cdot \tau_{\text{в}} = 11686,8 \text{ грн}$$

Визначимо  $Z_{1н}$  і  $Z_{1в}$   $C_0 = 4,7$  тис. грн./мВт

$$Z_{1в} = 0,32 \cdot 18 \cdot \left(\frac{1,05}{1}\right)^2 + 2,3623 \cdot 4,7 = 17,45 \text{ тис.грн./мВар}$$

$$Z_{1н} = 0,32 \cdot 36 \cdot \left(\frac{1}{1}\right)^2 + 2,3623 \cdot 5,7 = 36,1 \text{ тис.грн./мВар}$$

Визначимо мінімально можливе число трансформаторів:

$$N_0 = \frac{11970,59}{0,7 \cdot 1000} = 17,09 \approx 18 \text{ шт.}$$

Варіант I

Передбачається встановлення трансформаторів з потужністю  $S_n = 1000$  кВА із коефіцієнтом завантаження 0,7, тоді:

$$Q_1 = \sqrt{(18 \cdot 0,69 \cdot 1,0)^2 - 11,97^2} = 3,93 \text{ мвар}$$

Потужність конденсаторних батарей на 0,4 кВ:

$$Q_{кн} = Q_{р0,4} - Q_1 = 8665,1 - 3930 = 4734 \text{ квар}$$

Потужність компенсації на 10 кВ:

$$Q_{\text{вк}} = Q_{\text{р}} - Q_{кн} = 7,561 - 4,734 = 2,82 \text{ квар}$$

Синхронні двигуни, що експлуатуються в МКС-1 заводу можуть генерувати реактивну потужність. Для двигунів СТД з  $P_n = 630$  кВт,  $\eta = 0,96$ ,  $n = 3000$  об/хв,  $\cos \varphi = 0,9$ , максимум генеруючої потужності становитиме:

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_M = 2 \frac{\alpha_n P_n \operatorname{tg} \varphi_n}{\eta_n} = 2 \frac{1,3 \cdot 630 \cdot 0,48}{0,96} = 807,1 \text{кВар}$$

де  $\alpha_n = 1,3$ , приймаємо із [2]

Визначимо втрати ( $N_0 = 18$  тр-рів), при цьому витрати на генерацію реактивної потужності синхронними двигунами враховувати не будемо, оскільки вони присутні у всіх трьох варіантах

$$Q_{CD} = 807,1 \text{кВар.}$$

$$Q_{KB.BK} = 2994 - 807,1 = 2186,9 \text{кВар.}$$

Відповідно формули втрат потужності, маємо:

$$\Delta P_{\text{ш}} = \frac{3931^2}{10^2} \cdot \frac{12,2}{18} \cdot 10^{-4} = 10,3 \text{кВт}$$

$$z_1 = 4,734 \cdot 36,1 + 2,187 \cdot 17,45 + 0,32 \cdot 375 = 342,5 \text{ тис. грн.}$$

Виконаємо розрахунки для 2-го варіанта ( $N=19$ ) і 3-го варіанта ( $N=20$ ), і розрахунки зводимо в Табл. Б1 Додатку Б.

Обираємо 1-й варіант  $N=18$  трансформаторів, з  $Q_{KH} = 4734,0$  кВар,  $Q_{KB.BK} = 2020,0$  кВар,  $Q_{CD} = 807,1$  кВар.

#### 4.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв

На ГПП заводу згідно з виконаним розрахунком встановлюємо конденсаторні батареї  $2 \times 1000$  кВар та УК-10-1000 ЛУ;  $Q_{CD} = 800$  кВар

Для компенсації на низькому боці обираємо комплектні конденсаторні установки тип УК-0,38-260Н у кількості 16 штук та УК-0,38-300Н у кількості 2 шт.

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

Потужність КП на 0.4 кВ становить:

$$Q_{кн} = 16 \cdot 260 + 2 \times 300 = 4760 \text{ кВар}$$

$$Q_{кв.БК} = 2 \cdot 1000 = 2000 \text{ кВар}$$

$$Q_{сд} = 800 \text{ кВар}$$

Вибір кількості і місця розташування КП на 0,4кВ наведено у вигляді Табл. Б2 Додатку Б.

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

## 5 ВИБІР КІЛЬКОСТІ, ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДСТАНЦІЙ ЗАВОДУ ГІДРОАГРЕГАТІВ

ГПП заводу зазвичай виконується двотрансформаторною, що забезпечує надійне електропостачання споживачів усіх категорій. Вибір потужності трансформаторів ГПП слід здійснювати відповідно до норм технологічного проектування підстанцій напругою 35-750 кВ. При цьому, у разі виходу з ладу одного трансформатора, той, що залишився, повинен забезпечити роботу підприємства на час заміни пошкодженого трансформатора, враховуючи можливе обмеження навантаження без шкоди для основної діяльності заводу та з використанням припустимого перевантаження трансформатора.

Сумарне розрахункове навантаження заводу гідроагрегатів на шинах 10 кВ складає  $S_p = 13139,89$ кВА. Встановлюємо два трансформатора ТДНС-10000/35 з потужністю  $S_n = 10000$  кВА.

Перевіряємо трансформатор на допустиме перевантаження в аварійному режимі.

$$S_{\text{дод}} = 1,4 \cdot S_n = 1,4 \cdot 10 = 14 \text{ мВА} > 13,1 \text{ мВА}$$

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_{\text{н.тр.}}} = \frac{13139,89}{2 \cdot 10000} = 0,657$$

Одиничну потужність трансформаторів ТП визначаємо відповідно до питомої щільності навантаження заводу.

$$S_{\text{уд}} = \frac{S_p}{F} = \frac{13139,89}{102000} = 0,129 < 0,2$$

При щільності навантаження до 0,2 кВА/м<sup>2</sup> використовуються трансформатори потужністю 10000 кВА.

Для визначення місця розташування КТП при проектуванні системи електропостачання на генеральному плані наноситься картограма навантажень. Цехові КТП розміщують якнайближче до центру електричних навантажень цеху.

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

Потужність трансформаторів обирається відповідно до потужності навантаження з врахуванням категорії споживачів.

Після цього трансформатори перевіряються на аварійне перевантаження відповідно виразу

$$S_{дон} = 1.4 * S_{н.тр} \geq S_{ав}$$

Вибір потужності, кількості та місця розташування трансформаторів Представлено в таблиці В1 Додатку В.

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

## 6 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ

### 6.1. Розрахунок струмів коротких замикань

Розрахунок струмів коротких замикань здійснюємо відповідно методиці [3].

Розрахунок струмів КЗ виконується для однієї секції шин, рис. 6.1.

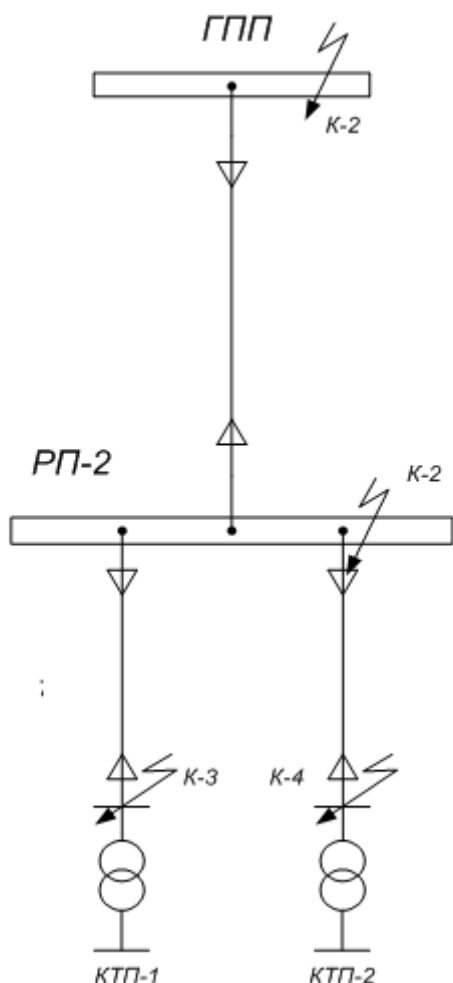


Рисунок 6.1 – Вихідна схема для розрахунку струмів кз

Попередньо для КТП-2 х 1000 кВА обирається кабель ААШВ-70мм<sup>2</sup>, враховується перевірка на термічну стійкість ( $I_{кз} = 7$  кА на шинах 10 кВ ГПП).

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

Магістральна кабельна лінія від ГПП до КТП-2, 4, 5, 8 приймається ААШВ-70мм<sup>2</sup>.

Номинальний струм кабелю:

$$I_{\text{н}} = \frac{0,7 \cdot S_{\text{к}} \cdot n}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{0,7 \cdot 1000 \cdot 2}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 77 \text{ А}$$

По економічній щільності  $j_{\text{ек}} = 1,4$  при  $T_{\text{м}} < 5000$  год

$$F = \frac{I}{j_{\text{ек}}} = 55 \text{ мм}$$

Розрахунок струмів КЗ виконано за допомогою пакета TKZ\_RS «Програма розрахунку струмів кз для розподільчих мереж» та представлено в таблицях Г1-Г3 Додатку Г.

Вихідна схема для розрахунку кабелів та ПЛ-35 кВ показана на рис. 6.1.

Розрахуємо струми КЗ на шинах 35 кВ ГПП ( $X_{\text{вл}} = 1 \cdot X_0 = 2,5 \cdot 0,421 = 1,05$  Ом)

$$I'' = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma}} = \frac{37}{\sqrt{3} \cdot 2,11} = 10,14 \text{ кА}$$

$$X_{\Sigma} = X_{\text{вл}} + X_{\text{с}} = 1,05 + 1,06 = 2,11 \text{ Ом}$$

Визначимо величину ударного струму на стороні 35 кВ при

$$R_{\text{вл}} = 1 \cdot R_0 = 2,5 \cdot 0,306 = 0,765 \text{ Ом}$$

$$T_{\text{а}} = \frac{X_{\Sigma}}{\omega \cdot R_{\Sigma}} = \frac{2,11}{314 \cdot 0,765} = 0,0039 \text{ с}$$

$$K_{\text{уд}} = 1,077$$

$$I_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot I'' \cdot K_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 10,14 \cdot 1,077 = 15,39 \text{ кА}$$

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

Обчислюємо струм живлення від високовольтних двигунів, передбачаємо увімкнення секційного вимикача на ГПП.

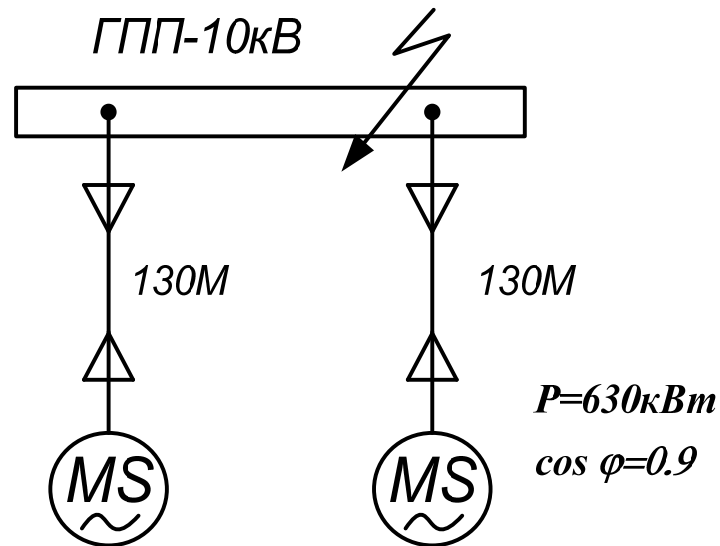


Рисунок 6.2 - Розрахункова схема для обчислення струму підживлення.

Приймаємо  $U_6 = 10$  кВ

$$S_6 = \frac{P_n}{\cos\varphi} = \frac{0,63}{0,9} = 0,7 \text{ MVA}$$

Визначаємо параметри схеми заміщення.

Опір СД  $P_n = 630$  кВт:

$$X_{d*} = X_{d*n} = \frac{S_6}{S_n} = 0,2 \frac{0,7}{0,7} = 0,2$$

де  $X_{d*n} = 0,2$

Опір кабеля ААШВ –  $70 \text{ мм}^2$

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



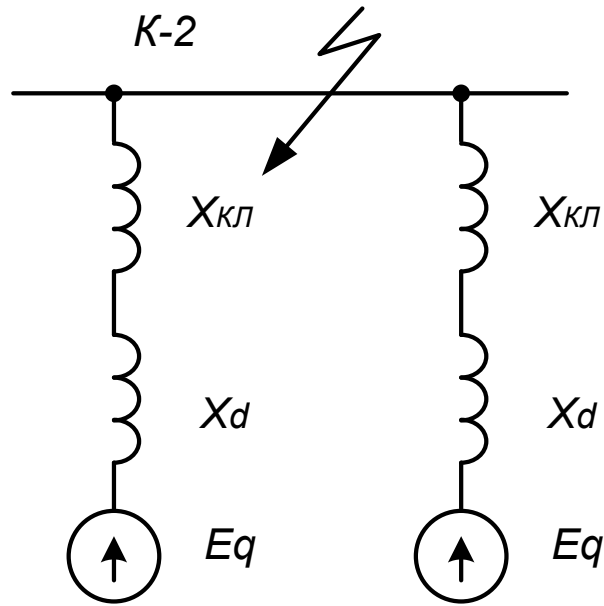


Рисунок 6.3 - Схема заміщення

$$X_0 = 0,086 \text{ Ом/км,}$$

$$R_0 = 0,443 \text{ Ом/км}$$

$$R_{\text{кл}} = R_0 \cdot l \frac{S_{\text{в}}}{U_{\text{в}}^2} = 0,13 \cdot 0,443 \frac{0,7}{10^2} = 0,0004 \text{ Ом}$$

Опором  $Z_{\text{кл}}$  можна знехтувати, оскільки  $Z_{\text{кл}} \gg X_d$  синхронного двигуна  $E_q = 1,1$ . Визначимо параметри еквівалентної схеми Рис. 6.4.

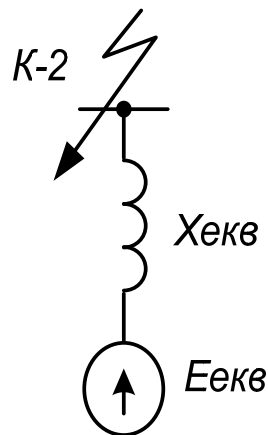


Рисунок 6.4 -. Еквівалентна схема

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

$$X_{\text{экв}} = \frac{x_d}{2} = \frac{0,2}{2} = 0,1 \cdot E_q = 1,1$$

$$I_{\text{кз}} = \frac{E_q}{x_{\text{экв}}} \cdot I_{\phi} = \frac{E_q}{x_{\text{экв}}} \frac{S_{\phi}}{\sqrt{3}U_{\phi}} = \frac{1,1}{0,1} \frac{0,7}{\sqrt{3} \cdot 10} = 0,445 \text{ кА}$$

Сумарний струм на шинах ГПП із врахуванням підживлення в точці К-2 становить:

$$I_{\Sigma} = I^r + I_{\text{кз}} = 10,14 + 0,445 = 10,6 \text{ кА}$$

Для синхронного двигуна  $K_{\text{уд}} = 1,87$

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} K_{\text{уд}} \cdot I_{\text{кз}} = \sqrt{2} \cdot 1,87 \cdot 0,445 = 1,2 \text{ кА}$$

Ударний струм в точці К-2 (див. рис. 6.1) становить:

$$i_{\text{уд}\Sigma} = i_{\text{уд}} + i_{\text{удсд}} = 15,39 + 1,2 = 16,6 \text{ кА}$$

Визначимо еквівалентну величину постійної часу затухання аперіодичної складової струму

$$T_{\alpha_{\text{экв}}} = \frac{T_{\alpha_{\text{сис}}} \cdot I^r + T_{\alpha_{\text{сд}}} \cdot I_{\text{кз}}}{I_{\Sigma}} = \frac{0,013 \cdot 10,14 + 0,04 \cdot 0,445}{10,6} = 0,014 \text{ с}$$

де  $T_{\alpha_{\text{сд}}} = 0,04$

$T_{\alpha_{\text{сис}}} = 0,013$

## 6.2. Вибір високовольтного обладнання

На заводі гідроагрегатів необхідно обрати відповідне обладнання для розподільчих пунктів: відкритий (ВРУ-35 кВ), який включає мостик з вимикачем у перемичці та вимикачі в ланцюгах трансформаторів, а також закритий (ЗРУ-10 кВ). Вибір розподільчого пристрою включає в себе вибір типу шафи, вимикачів і роз'єднувачів.

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При обранні вимикачів використовується нормальний форсований режим. Перевірка вибраних вимикачів проводиться на динамічну стійкість до струмів короткого замикання та термічну стійкість.

Для вибору вимикача у ВРУ-35 кВ потрібно визначити необхідні розрахункові параметри.

Розрахункове навантаження на шинах 35 кВ з урахуванням втрат в трансформаторах ТДНС-10000/35 (кат. дані див. розділ 5).

$$\Delta P_{\text{мп}} = n \cdot (\Delta P_{\text{хх}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_3^2) = 2 (12 + 60 \cdot 0,66^2) = 76,3 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{мп}} = n \cdot \left( \frac{U_{\text{к\%}}}{100} \cdot \frac{S^2}{S_n} + \frac{I_{\text{х\%}}}{100} \cdot S_n \right) = 2 \left( \frac{8}{100} \cdot 0,66^2 \cdot 10000 + \frac{0,75}{100} \cdot 10000 \right) = 847 \text{ кВар}$$

$$S_p = 12994,5 + j 1949,2 + 76,3 + j 847 = 13070,8 + j 2796,21 = 13366,51 \text{ кВА}$$

$$I_{\text{роб.форс}} = \frac{S_{\text{рзс}}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{13139,9}{\sqrt{3} \cdot 35} = 217 \text{ А}$$

Зверхперехідний струм КЗ

$$I'' = 10,14 \text{ кА}$$

Ударний струм КЗ

$$I_{\text{уд}} = 15,4 \text{ кА} \quad (\text{для точки К-1})$$

$$T_a = 0,00389 \text{ с}$$

Аперіодична складова струму КЗ:

$$i_{\text{ат}} = \sqrt{2} \cdot I'' \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = \sqrt{2} \cdot 10,1 \cdot e^{-\frac{0,11}{0,0039}} \approx 0$$

$$\text{де } \tau = t_b + t_{\text{р.з. min}} = 0,1 + 0,01 = 0,11 \text{ с}$$

$t_b$  – час відключення вимикача;

$t_{\text{р.з.}}$  – мінімальний час спрацювання захисту.

Номінальна відносна частка аперіодичної складової в струмі вимикання

$$\beta_n = 0$$

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

Тепловий імпульс при умові  $t_{\text{відкл}} > T_a$  визначимо по формулі

$$W_k = I^2 (t_{\text{відкл}} + T_a) = 10,14^2 (1,6 + 0,0039) = 163,61 \text{ (кА)}^2 \text{ с}$$

де  $t_{\text{відкл}} = 1,6 \text{ с}$  – час спрацювання вимикача і захисту.

Для встановлення у ВРУ-35 кВ обираємо вакуумні вимикачі серії ВР-35НСМ. Ці вимикачі призначені для перемикання високовольтних електричних ланцюгів при нормальних та аварійних режимах мереж трьохфазного змінного струму з ізольованою або частково заземленою нейтраллю, з напругою 35 кВ та частотою 50 (60) Гц.

Вимикачі серії ВР35НСМ використовуються як складові для відкритих розподільних пристроїв 35 кВ комплектних трансформаторних підстанцій типу КТП-110/35/10(6), КТП-М-35/10(6), а також для блоків комплектних розподільчих пристроїв тягових підстанцій залізничного транспорту. Вони також застосовуються для модернізації існуючих підстанцій та заміни застарілих повітряних або масляних вимикачів.

Вакуумні вимикачі серії ВР35НСМ розроблені для заміни повітряних та масляних вимикачів і мають кілька переваг перед ними. Основні з них включають:

- Механічний ресурс до 30 000 циклів увімкнення та вимкнення.
- Комутаційний ресурс 55 циклів при номінальному струмі відключення, а також до 30 000 циклів при номінальному струмі.
- Суцільнолита кремнійорганічна ізоляція полюсів, що дозволила значно зменшити масу та розміри вимикача порівняно з раніше використовуваними конструкціями на керамічних покривах, і водночас суттєво підвищити надійність ізоляції.
- Використання полімерної ізоляції в конструкції полюса, що дозволило відмовитися від традиційного заповнення полюса трансформаторним маслом, що значно підвищило надійність та пожежну безпеку вимикача.

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Застосування як у схемах на постійній, так і на змінній оперативній напрузі.

Вибір вимикачів тип ВР35НСМ-35-20/1600 УХЛ1 виконуємо в Табл. Г4 Додатку Г.

Секційний вимикач обираємо такого ж типу ВР35НСМ-35-20/1600. Виконуємо вибір роз'єднувача в ВРУ-35 кВ.

Вибір роз'єднувача тип РНДЗ-35 /1000 представлено в Табл.Г6 Додатку Г.

Для комплектного розподільного пункту в ЗРУ-10 кВ використовуємо комплектні розподільні установки типу КРУ КУ-10, які можуть бути обладнані вакуумними вимикачами типу ВР-1 з номінальними струмами 630, 1000, 1250, 1600, 2500 А.

Вибір вимикачів в ЗРУ- 10 кВ виконаний в Таблиці Г6 Додатку Г.

Для ввідного вимикача

$$I_{роб,форс} = \frac{S_{р10}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{13139.9}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 723,4 \text{ А}$$

Сверхперехідний струм КЗ

$I'' = 10,14 \text{ кА}$  Ударний струм КЗ

$I_{уд} = 16,6 \text{ кА}$

$T_a = 0,015 \text{ с}$

Аперіодична складова струму КЗ

$$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot I'' \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = \sqrt{2} \cdot 7,545 \cdot e^{-\frac{0,11}{0,015}} \approx 0$$

де

$$\tau = t_E + t_{р.з. min} = 0,1 + 0,01 = 0,11 \text{ с}$$

Тепловий імпульс при умові  $t_{відкл} > T_a$  обчислюємо за формулою:

$$W_k = I''^2 (t_{відкл} + T_a) = 7,545^2 (1,2 + 0,015) = 69 \text{ (кА)}^2 \text{с}$$

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

де  $t_{\text{відкл}} = 1,2\text{с}$  – період спрацювання ввідного вимикача і релейного захисту.

Для вимикача на магістральній лінії, що підходить до КТП-2, 4, 5,8

$$I_{\text{роб.форс}} = \frac{1,4 \cdot S_n \cdot n}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1,4 \cdot 1000 \cdot 2}{\sqrt{3} \cdot 10} = 162\text{А}$$

Для вимикача радіальної лінії

$$I_{\text{роб.форс}} = 81\text{ А}$$

Вибираємо запобіжник для захисних функцій ТВП. Номінальний струм ТВП типу ТМ-60/10 дорівнює:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{60}{\sqrt{3} \cdot 10} = 3,5\text{А}$$

Вибір запобіжника для захисту ТВП представлено в Табл. Г7 Додатку 7.

Вибираємо для захисту ТВП запобіжник типу ПКТ-101.

### 6.3. Вибір високовольтних кабелів

Вибір перетину жил кабелів враховує такі фактори:

- Нагрів від тривалого виділення тепла розрахунковим струмом.
- Нагрів від виділення тепла струмом короткого замикання.

З урахуванням цих факторів вибір перетину жил кабелів здійснюється за такими критеріями:

- Нагрів розрахунковим струмом.
- Нагрів струмом короткого замикання.
- Економічні міркування.

При виборі перетину жил кабелів за нагрівом розрахунковим струмом спочатку визначається розрахунковий струм, а потім з використанням табличних значень вибирається стандартний перетин. При цьому важливо враховувати переважувальну здатність кабелю.

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

У цьому випадку для вибору перетину жил кабелів необхідно використовувати форсований або аварійний струм. Для високовольтних кабелів до 10 кВ допускається перевантаження на 25% протягом загальної добової тривалості, що не перевищує 6 годин протягом будь-яких 5 діб. [6].

Таким чином, вимоги до вибору проводів можна записати:

$$1,25I_{\text{дл.доп}} \geq I_{\text{ав (форс)}},$$

де 1.25 – перевантажувальна здатність кабелю, при коефіцієнті завантаження 0.6 [6];

$I_{\text{ав(форс)}}$  – встановлюється з урахуванням 40% перевантаження трансформатора, що лишився в роботі.

Визначення перетину по термічній стійкості струмам КЗ виконується по формулі:

$$F_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{24 \cdot 10^3}}{91} = 53 \text{ мм}^2$$

де  $C=91$  для алюмінія

Для  $t_{\text{відкл}}=0,4$  с (відходячі лінії)

$$B_k = I^2 (t_{\text{відкл}} + T_a) = 7,545^2 (0,4 + 0,015) = 24 \text{ (кА)}^2 \text{ с}$$

Вибір економічно вигідного перетину проводів відповідно до Правил устрою електроустановок (ПУЕ) здійснюється на основі так званої економічної щільності струму. Ця щільність визначається залежно від матеріалу провідника та числа годин використання максимальної потужності за наступним виразом:

$$S_3 = \frac{I_p}{j_{\text{ек}}},$$

де  $j_{\text{ек}}$  – економічна щільність струму

$j_{\text{ек}} = 1.4$  Всі результати вибору перетину жил кабелів заносимо в Табл.Г8 Додатку Г.

В результаті приймаємо найбільше з розрахункових значень.

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

## 7 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВКАХ

Стиснене повітря широко застосовується в промисловості, однак для його виробництва необхідні значні витрати електроенергії. Особливо високі потреби в стисненому повітрі мають вугільна, нафтовидобувна, чорна металургія та машинобудування. Нерідко прямі втрати стисненого повітря (витік у мережах, невиробничі витрати, погана організація систем повітропостачання і їхня неефективна експлуатація) досягають 20-25 %, а в окремих випадках становлять половину виробленого на підприємстві обсягу.

Скорочення споживання електроенергії, необхідної для забезпечення підприємства стисненим повітрям, можна досягти шляхом реалізації наступних заходів:

Оптимізація роботи компресорів - регулювання подачі повітря залежно від змін споживання.

Автоматизація - впровадження автоматичного управління відкриттям клапанів для всмоктування повітря.

Відключення надлишкових компресорів - зупинка зайвих компресорів при зниженні потреби у стисненому повітрі.

Зниження робочого тиску - зменшення номінального робочого тиску компресорних установок.

Покращення клапанів у поршневих компресорах - встановлення прямоточних клапанів і реалізація резонансного наддуву.

Підігрівання повітря - підігрів стисненого повітря перед його подачею в пневмоприймачі.

Оновлення обладнання - заміна старих компресорів на нові з вищим коефіцієнтом корисної дії (ККД).

Контроль за витоками - регулярна перевірка і усунення витоків стисненого повітря в сальниках, трубопроводах і арматурі.

Відключення мережі у неробочий час - відключення окремих ділянок або всієї мережі стисненого повітря в періоди простою.

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



Перехід на інші енергоносії - заміна стисненого повітря іншими енергоносіями там, де це доцільно.

Використання електроінструментів - заміна пневмоінструменту на електроінструмент і інші відповідні заходи.

### 7.1 Визначення потужності, яка споживається компресорами

Потужність відцентрових і осьових компресорів обчислюється за формулою, кВт:

$$P_{роб, маш} = k \frac{C_T C_p (T_n - T_{вс}) + Q_T}{0,24 \eta_m},$$

де  $k$ — коефіцієнт, що враховує втрати тепла в навколишнє середовище ( $k = 1,01$  -г- $1,02$  для потужних осьових компресорів,  $k = 1,08$ -г- $1,1$  для малих відцентрових машин);  $C_T$  - фактичні витрати повітря, яке проходить через компресор, з урахуванням витоків через нещільності, кг/с;

$$C_T = \gamma V \frac{293}{273 + t_B} p;$$

де  $C_p$  -теплоємність повітря з постійним тиском і при різних значеннях  $t$  знаходиться за Табл. 7.1;  $T_n$ - температура повітря в напірному патрубку компресора, К;  $T_{вс}$ - температура повітря на ділянці всмоктувані компресора, К;  $Q_T$  - кількість тепла, що віддана охолоджуючій воді (при наявності охолодження компресора), обчислюється за формулою, ккал/с,

$$Q_T = c_v (t''_в - t'_в),$$

де  $c_v$ - витрата води для охолодження компресора, м<sup>3</sup>/с;  $t''_в$  ,  $t'_в$ температура води для охолодження до холодильника та після холодильника, °С;  $\eta_m$  - механічний ККД компресора (приймається рівним 0,97-0,98);  $\gamma$  - щільність повітря, дорівнює 1,293 кг/м<sup>3</sup> (при 0 °С і 760 мм рт. ст.);  $V$ - показники витратоміру, м<sup>3</sup>/с;  $t_B$ - температура повітря, °С;

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

$p$ — абсолютний тиск повітря в місці заміру, кгс/см<sup>2</sup>.

Таблиця 7.1 Теплоємність повітря

$p$ , кгс/см <sup>2</sup>	°C			
	18,0	38,0	58,0	124,0
1,0	0,243	0,242	0,242	0,242
10,0	0,249	0,246	0,245	0,244
15,0	0,252	0,249	0,248	0,245
30,0	0,262	0,258	0,255	0,248
70,0	0,286	0,279	0,272	0,259
100,0	0,303	0,293	0,282	0,265
150,0	0,324	0,31	0,266	0,271
200,0	0,348	0,327	0,31	0,284

Потужність поршневих компресорів обчислюється за формулою, кВт:

$$P_{роб, маш} = \frac{P_{інд}}{\eta_{мех}},$$

$$P_{інд} = P_{ном} (1 + \Delta C_{інд});$$

де  $\eta_{мех}$  - механічний ККД компресора;

$$P_{ном} = 1,639 P_{вс} V_h \lambda_{vlag} \frac{k}{k-1} \left( \varepsilon^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right);$$

де  $\Delta C_{інд}$  - коефіцієнт втрат індикаторної потужності повітря;  $P_{вс}$ - тиск повітря на вході в ступінь, кгс/см<sup>2</sup>;  $V_h$ - робочий об'єм за хвилину, м<sup>3</sup>/хв.:  $V_h = f h n$ , де  $f$  робоча площа поршню, м<sup>2</sup>;  $p$  - хід поршня, м;  $n$ - частота обертання компресора, об/хв.;

$$\lambda_{vlag} = 1 - a \left( \varepsilon^{\frac{1}{k}} - 1 \right);$$

де  $a$  - відносне значення мертвого простору, в долях;  $k$  - показник адіабати повітря яке стискається,  $k = 1,4$ ;  $\varepsilon = P_{нагн} / P_{вс}$  - ступінь стиску;  $P_{нагн}$  і  $P_{вс}$ - тиск повітря відповідно після та перед ступінцем компресора, кгс/см<sup>2</sup>.

Для різних типів компресорів приймаються наступні значення  $\eta_{\text{мех}}$ :

Середні та великі компресори вертикального та кутового типу у виконанні крейцкофа (від 10 м <sup>3</sup> /хв. та вище)	0,90-0,950
Горизонтальні багатосходинкові	0,880-0,930
Невеликі без крейцкофа (до 10 м <sup>3</sup> /хв.)	0,80-0,850

Примітка. Невелике значення  $\eta_{\text{мех}}$  відноситься до невеликої подачі компресора, більше - до більшої.

Тиск нагнітання 1-ї ступені компресора обчислюється:

$$P_{\text{нагн}} = P_{\text{ВС2}} = \sqrt[n]{P_{\text{нагн}}}$$

де  $P_{\text{ВС2}}$  - тиск всмоктування 2-ї ступені компресора, кгс/см<sup>2</sup>;  $P_{\text{нагн}}$  - тиск нагнітання в компресорі кгс/см<sup>2</sup>; n- кількість ступінів компресора.

На Рис. 7.1. зображено, як можна визначити коефіцієнт втрат індикаторної потужності відносно тиску всмоктування  $P_{\text{вс}}$  і ступеню стискування  $\epsilon$  (Рис 7.1).

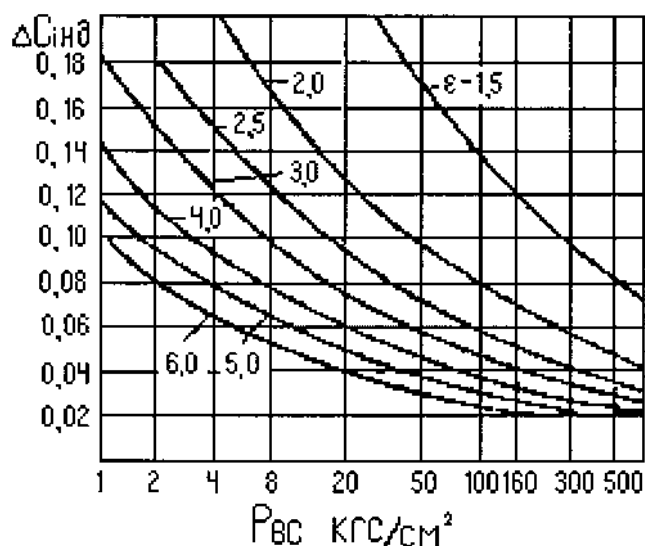


Рисунок 7.1 - Залежність коефіцієнта втрат індикаторної потужності від тиску всмоктування компресора.

## 7.2. Зменшення номінального робочого тиску компресорної установки

Зазвичай всі споживачі отримують стиснене повітря з загальної повітряної мережі заводу, однак для різних процесів потрібні різні тиски. Використання стисненого повітря з вищим тиском, ніж це необхідно, призводить до зайвих витрат електроенергії, яка витрачається на його виробництво. Зменшення тиску у споживачів стисненого повітря може бути здійснене за допомогою редуктора, інжектора, дроселювання та регуляторів тиску, причому найбільш ефективним є використання регуляторів тиску.

Втрати енергії при використанні стислого повітря з тиском, вище номінального обчислюються, кВт-год/рік,

$$\Delta E = \frac{1,1(P_1 - P_2)60Qt}{367200\eta_m\eta_e\eta_{пр}\eta_{мех}\eta_i},$$

де  $P_1, P_2$ - робота стискання  $1 \text{ м}^3$  свіжого повітря,  $\text{кгм/м}^3$ , залежно від тиску визначається по характеристики компресора;  $Q$  - подача компресора,  $\text{м}^3/\text{хв}$ ;  $t$  - період роботи компресора протягом року, год.;  $\eta_m, \eta_e$  і  $\eta_{пр}$  - ККД мережі, електродвигуна і передачі (0,8-0,99);  $\eta_{мех} = 0,85-0,95$  - механічний ККД компресора;  $\eta_i$  - індикаторний ККД; 1,1 – коефіцієнт, що враховує додаткові витрати електроенергії по причині зношення компресорної.

## 7.3. Застосування прямоточних клапанів в поршневих компресорах

Раніше більшість компресорів оснащувалися кільцевими або дисковими клапанами, які мали значні недоліки:

Недостатній прохідний отвір. Це створювало великий опір потоку повітря, що знижувало продуктивність компресора та підвищувало питомі

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

витрати енергії.

Недовговічність. Термін служби таких клапанів не перевищував 3000 годин, тоді як прямоточні клапани служать до 8000 годин.

Досвід експлуатації та багаторічні випробування показали, що заміна кільцевих (пластинчастих) клапанів на прямоточні дозволяє знизити питомі витрати електроенергії на виробництво стисненого повітря в середньому на 13-15%.

Нераціональна річна витрата електроенергії компресорної внаслідок використання кільцевих клапанів, а не прямоточних визначається за формулою, кВтгод:

$$\Delta E = 0,15 P_{\kappa} t,$$

де  $P_{\kappa}$ - потужність, що споживається із мережі, кВт,

$$P_{\kappa} = \frac{\sqrt{3}UI \cos \phi}{1000};$$

тут  $U$  - напруга мережі, В;  $I$ - фактичний струм електродвигуна компресора, А;  $\cos \phi$  - коефіцієнт потужності електроприводаа компресора;  $t$  – період роботи компресора на рік, год.

#### 7.4. Резонансний надув поршневих компресорів

У системі всмоктування компресора відбуваються коливання повітря через те, що повітря, яке всмоктується в циліндр, рухається разом з поршнем, швидкість якого змінюється від нуля до максимуму і назад при кожному ході. Трубопровід, який використовується, виконує роль резонатора, оскільки має власну частоту коливань.

Коли частота коливань стовпа повітря співпадає або кратна власній частоті коливань трубопроводу, виникає резонанс. У цьому випадку утворюються стоячі хвилі тиску, що підвищують тиск повітря біля клапанів

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

наприкінці ходу всмоктування. Це призводить до кращого заповнення циліндра і збільшення подачі компресора.

Для досягнення резонансу зазвичай використовують систему: ємність - трубопровід - вторинна ємність - вторинний трубопровід (Рис. 7.2). Ємності підбираються шляхом вимірювання питомої витрати електроенергії на виробництво стисненого повітря при зміні об'єму спочатку меншої ємності  $V_2$ , а потім більшої  $V_1$ . Оптимальні значення об'ємів малих і великих резонаторів визначаються експериментальним шляхом.

Практичний досвід показує, що використання резонансного наддуву в поршневих компресорах знижує питомі витрати електроенергії.

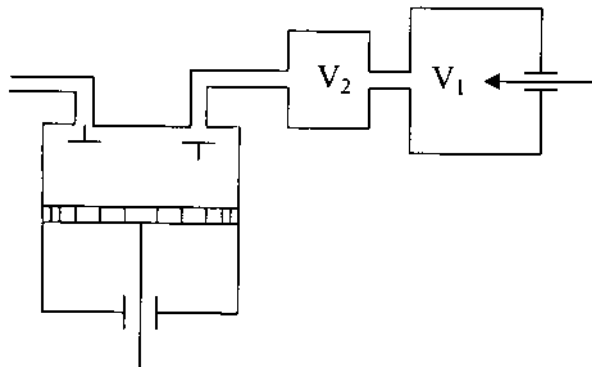


Рис 7.2 Схема резонансного наддуву поршневих компресорів.

### 7.5. Підігрів стиснутого повітря перед пневмоприймачами

Одним із ефективних заходів економії електроенергії при використанні стисненого повітря є теплоізоляція повітропроводу, що дозволяє подавати стиснене повітря з підвищеною температурою. Це зменшує витрату повітря та відповідно знижує втрати електроенергії.

Економія електроенергії у ьданому випадку визначається за формулою, кВт-год,

$$\Delta E = 0,22Q\Delta t^\circ \omega t ,$$

де Q - витрата стислого повітря, м<sup>3</sup>/хв.; Δt- різниця температури до установки теплоізоляції повітропроводу та після (в середньому протягом року), °С; ω — питомі витрати електроенергії на виробку 1 м<sup>3</sup> стислого повітря, кВттод/м<sup>3</sup>; t - число годин роботи компресорної установки на рік, год.

### **7.6. Заміна компресорів застарілих конструкцій на нові з більш високим ККД**

Використання компресорів досконалих конструкцій замість старих дає значну економію електроенергії, тис кВт·тод на рік,

$$\Delta E = \frac{(P_1 - P_2)t}{10^3},$$

де t - період роботи компресора, год. на рік; P<sub>1</sub> - потужність електродвигуна компресора застарілої конструкції, кВт; P<sub>2</sub> - потужність електропривода компресора нової конструкції, кВт.

### **7.7. Оновлення стану трубопроводів, з'єднувальної і запірної арматури**

Втрати будь-якого енергоносія при трубопроводному транспорті визначаються наступними способами:

При наявності витратомірів на початку та в кінці розподільчої мережі:

$$\Delta C = C_n - C_k$$

де C<sub>п</sub> і C<sub>к</sub> - витрата енергоносія за звітний термін відповідно на початку та в кінці ділянки.

Втрати енергоносія множаться на норми витрати електроенергії для даної установки.

**Відключення окремих ділянок.** Встановлюється витратомір на початку магістрального трубопроводу для вимірювання витрат повітря.

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

Відключаються усі споживачі від системи. Прилад показує витік АС (кг/год, м<sup>3</sup>/хв і т. п.). Поступово підключаються споживачі і вимірюються витрати для кожного з них.

Витік, %,

$$\Delta q = \frac{\Delta C}{C} 100\%.$$

**Вимірювання падіння тиску в розподільчій мережі.** На початку мережі встановлюють витратомір, манометр та термометр.

1-й спосіб

$$\Delta m = \frac{V_0 60}{R \tau} \left( \frac{p_1}{T_1} - \frac{p_2}{T_2} \right) \frac{\Delta p_1}{\Delta p_{cp}},$$

де  $V_0$  - внутрішній об'єм вимкненої магістралі;  $R$  - газова постійна енергоносія [для повітря  $R = 29,3$  кгм/(кг-град)];  $\tau$  - час, протягом якого проводилось випробовування, хв.;  $p_1, T_1$  - тиск на початку, кгм/м<sup>2</sup>, і температура, К, у відключеній мережі;  $p_2, T_2$  - те ж саме через проміжок часу, який рівний  $\tau$ ;

$$\Delta p_{cp} = \frac{p_1 + p_2}{2} - p_0; \quad \Delta p_1 = p_1 - p_0.$$

Витік визначається. %,

$$\Delta q = \frac{\Delta m}{\rho_0 V} 100\%.$$

де  $\rho_0$  - щільність повітря, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  - годинна витрата повітря у магістралі при включених споживачах.

2-й спосіб. Падіння тиску в мережі при вимкнених споживачах вимірюється кожні 15-30 с протягом усього випробування.

Втрати енергоносія перераховується відповідно на втрати електроенергії: втрати енергоносія множаться на питомі норми витрати електроенергії, що встановлені для даного типу компресорної установки.

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



## 7.8. Скорочення витоків стиснутого повітря

Витоки стисненого повітря в системі відбуваються в основному через трьохходові крани та отвори в шлангах. Їх обсяги залежать від тиску в мережі та діаметру отворів.

Основні причини витоків:

Трьохходові крани: Ці елементи можуть мати зношені ущільнення або інші механічні проблеми, що призводять до витоків.

Отвори в шлангах: Проколи або тріщини в шлангах спричиняють втрати повітря.

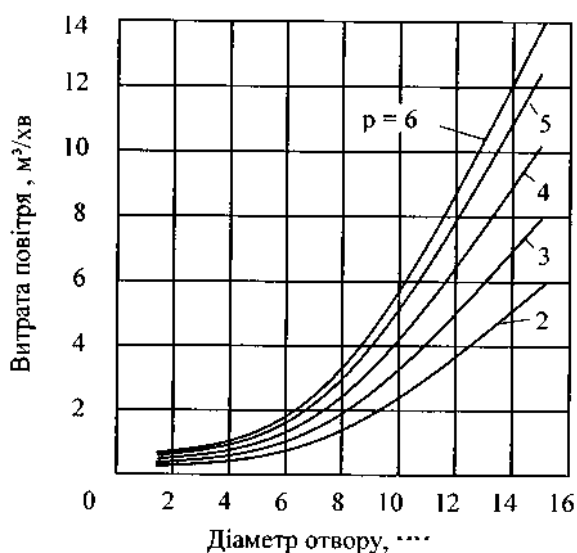


Рисунок 7.3 - Витрата повітря через нещільності в арматурі і шлангах

Обсяг витоків можна розрахувати за формулою для витоку через отвір:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta P / \rho}$$

де:  $Q$  — витрата повітря через отвір ( $\text{м}^3/\text{с}$ ),

$C$  — коефіцієнт витоку,

$A$  — площа отвору ( $\text{м}^2$ ),

$\Delta P$  — перепад тиску (Па),

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

$\rho$ — густина повітря (кг/м<sup>3</sup>).

Приклад:

Припустимо, тиск у мережі становить 6 бар (600 000 Па), діаметр отвору в шлангу — 1 мм (0.001 м), коефіцієнт витоку  $C = 0.6$ , густина повітря  $\rho = 1.2$  кг/м<sup>3</sup>.

Розрахунок площі отвору  $A$ :

$$A = \pi \cdot (d/2)^2 = \pi \cdot (0.001/2)^2 = 7.85 \times 10^{-7} \text{ м}^2$$

Розрахунок витрат повітря  $Q$ :

$$Q = 0.6 \cdot 7.85 \times 10^{-7} \cdot \sqrt{2 \cdot 600000 / 1.2} = 2.57 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

Витрати повітря через отвір становлять приблизно 2.57 л/с .

Втрати електроенергії на витік стислого повітря орієнтовно визначається, кВт·год,

$$\Delta E = \alpha n \omega t,$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт витрати повітря по причині нещільності арматури і шлангів, м<sup>3</sup>/хв (Рис 7.3);  $n$ - число точок, де потрібно встановити витік стислого повітря;  $t$  - час, на протязі якого повітропровід знаходився під тиском, год.;  $\omega$  — питома витрата електроенергії на виробку 1 м<sup>3</sup> стислого повітря, кВт·год.

Як зменшити витоки:

- Регулярний огляд. Періодична перевірка трьохходових кранів і шлангів.
- Обслуговування та ремонт. Заміна або ремонт пошкоджених компонентів.
- Зниження робочого тиску. Використання оптимального тиску зменшує втрати через отвори.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

## 7.9. Заміна стиснутого повітря іншими енергоносіями

Використання стиснутого повітря для приводу механізмів часто призводить до втрат через зношування ущільнювальних елементів та кранів. Також, вологість у повітрі може сприяти корозії пневматичних пристроїв, збільшуючи витрати.

Зараз на багатьох підприємствах пневматичні системи замінюються електроприводами в процесах, таких як вибивка опок в ливарних цехах, очищення лиття, механічна обробка виробів, подача матеріалів з роздавальних бункерів, підйом води із свердловин, клепальні роботи, заміна пневмоінструменту на електроінструмент тощо.

**Вибивка опок в ливарному цеху.** У ливарному цеху використовується механічний привід для вибивки опок. Решітка з механічним приводом здійснює коливальні рухи, що виникають за допомогою вала з ексцентрично розташованими роликівими підшипниками, на які опирається решітка. При обертанні вала решітка коливається з тією самою частотою, що й обертання вала. Електродвигун забезпечує привід вала. Продуктивність решітки з електродвигуном значно перевищує продуктивність решітки з пневматичним приводом, при цьому споживання електроенергії на вибивку зменшується в 15-20 разів.

**Очищення лиття після вибивки.** Після вибивки лиття часто використовується піскодувний апарат для очищення. Цей метод потребує значної кількості стиснутого повітря (200-300 м<sup>3</sup>/год) і потужної вентиляції для видалення пилу з камери.

У сучасній практиці багатьох підприємств піскодувні установки замінюються дрібедувними. При цьому потужність електродвигунів на дрібедувній установці не перевищує 10 кВт, а витрата електроенергії в 4 рази менше, ніж при використанні піскодувного очищення.

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

## 7.10. Заміна пневмоінструмента електроінструментом

Пневматичний ручний інструмент, такий як свердлильні, шліфувальні та клепальні пристрої, зачасту характеризується невеликим коефіцієнтом корисної дії, що призводить до недоцільності його використання з економічної точки зору. Заміна пневматичного інструменту електричними може призвести до середньої економії електроенергії в розмірі 7-10%.

Однак, значний економічний вигаш досягається шляхом впровадження електровідбійних молотків замість пневматичних в шахтах. Електровідбійні молотки мають коефіцієнт корисної дії близько 0,6 порівняно з 0,11 у пневматичних молотках, а споживання електроенергії зменшується в 10 разів.

Також, заміна пневматичних вібраторів електричними на розбірних бункерах може призвести до значної економії електроенергії в 2-3 рази.

## 7.11. Заміна стислого повітря вентиляторним дуттям

Часто використання стислого повітря виявляється неефективним і призводить до значних втрат електроенергії. У виробничих умовах заміна стислого повітря на вентиляторне дуття може призвести до значного економічного ефекту.

Величину ККД електричної установки з вентиляторним пристроєм можна обчислити за формулою:

$$\eta_{e,e} = \eta_{m,v} \eta_{tr} \eta_{m,n} \eta_{e,v}$$

де  $\eta_{m,v}$  - ККД високовольтної мережі (0,9-0,95);  $\eta_{tr}$  - ККД трансформатора (0,85- 0,9);  $\eta_{m,n}$  - ККД низьковольтної мережі (0,95);  $\eta_{e,v}$  - ККД електродвигуна і вентилятора (0,7-0,8).

Значення ККД передачі стиснутого повітря орієнтовно визначається за формулою:

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

$$\eta_{п,е} = \eta_{кк} \eta_c \eta_{п}$$

де  $\eta_{кк}$  - ККД компресорної установки (0,6-0,7);  $\eta_c$  - ККД розподільчої мережі стиснутого повітря (0,65);  $\eta_{п}$  - ККД споживача стиснутого повітря (0,2-0,3).

В середньому на вироблення 1000 м<sup>3</sup> стислого повітря потрібно біля 100-120 кВт·год, а при застарілих компресорах і до 160 кВт·год.

Отже, в даному розділі кваліфікаційної роботи, присвяченому енергозбереженню в компресорних установках, були запропоновані такі шляхи економії енергії:

- Оптимізація роботи компресорів шляхом регулювання подачі при коливаннях витрати стислого повітря.
- Автоматизація відкриття клапанів для всмоктування повітря.
- Відключення зайвих компресорів у разі зниження витрати стислого повітря.
- Зниження номінального робочого тиску компресорної установки.
- Використання прямоточних клапанів та резонансного надуву в поршневих компресорах.
- Підігрів стислого повітря перед пневмоприймачами.
- Заміна застарілих компресорів на нові з вищим коефіцієнтом корисної дії.
- Систематичний контроль за витоками стислого повітря та усунення нещільностей в сальниках, трубопроводах та арматурі.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

## ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі розглядалися питання розробки системи електропостачання заводу гідроагрегатів та питання енергозбереження в компресорних установках, що є актуальним на даному етапі стану енергетики.

Детально були розраховані методом впорядкованих діаграм навантаження всіх споживачів та підприємства в цілому.

Виходячи з техніко-економічного порівняння варіантів зовнішнього електропостачання був обраний варіант живлення району по повітряній лінії 35 кВ із спорудженням ГПП. Питання компенсації реактивної потужності було вирішено встановленням батарей конденсаторів.

На основі розрахунків струмів КЗ було обрано все високовольтне обладнання, а саме вимикачі, розрядники, запобіжники, трансформатори власних потреб, а також мережі, які забезпечують електропостачання підприємства.

У спеціальному розділі кваліфікаційної роботи було розглянуто питання енергозбереження в компресорних установках. Було розроблено заходи, які сприяють скороченню втрат енергетичних ресурсів та значно заощаджують електроенергію і фінансові витрати при експлуатації компресорних установок.

Всі розділи кваліфікаційної роботи виконувались згідно ПУЕ.

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

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електротехнічні системи електроспоживання : [навч. посіб.] / П. Г. Плешков, В. В. Зінзура, Н. Ю. Гарасьова [та ін.] ; за заг. ред. П. Г. Плешкова. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 208 с.
2. Шкрабець, Ф. П. Основи електропостачання : навч. посіб. / Ф. П. Шкрабець, П. Г. Плешков. - Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2010. - 408 с.
3. Електротехнічні системи електроспоживання : [навч. посіб.] / П. Г. Плешков, В. В. Зінзура, Н. Ю. Гарасьова [та ін.] ; за заг. ред. П. Г. Плешкова. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 208 с.
4. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / [Соловей О. І., Розен В. П., Плешков П.Г. та ін.] ; М-во освіти і науки України, Кіров. нац. техн. ун-т. – Кіровоград : КНТУ, 2015. – 287 с. ISBN 978-966-402-076-0
5. Збірник завдань та методичні вказівки до курсового проектування по курсу “Електротехнічні комплекси та системи електроспоживання” : для здобувачів освіти II рівня спец. 141 “Електротехнічні системи електроспоживання” / [уклад.: П. Г. Плешков, І. В. Савеленко, А. І. Котиш, Н. Ю. Гарасьова] ; М-во освіти і науки України ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. електротехн. систем та енергетичного менеджменту. – Кропивницький: ЦНТУ, 2022. – 135 с.
6. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту „Електропостачання промислових підприємств (Електропостачання заводу). П.Г. Плешков, А.І. Котиш, А.Ю. Орлович. Кіровоград: КНТУ, 2004 р.
7. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. – Харків : ФОП Панов А. М., 2016. – 272 с.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

8. Плешков, С. П. Енергоефективний електропривод у промисловості та сільськогосподарському виробництві: навч. посіб. / Плешков С. П, Серебренніков С.В. - Кіровоград: КНТУ, 2016.- 156 с.

9. Ефективне використання електроенергії в системах енергоспоживання: методичні рекомендації до виконання курсового проекту для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / [уклад.: ЕІ. Е. Плешков, В. П. Солдатенко, К. Е. Петрова, О. Е Сіріков, В. В. Зінзура], Центральноукр. нац. техн. ун-т. - Кропивницький: ЦНТУ, 2023 - 128 с.

10. Енергозбереження в компресорних системах : навчальний посібник / С. О. Шарапов. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 147 с.

11. Сердюк Т. В. Організаційно-економічний механізм енергозбереження в промисловості : монографія / Т. В. Сердюк. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 154 с.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54



**ДОДАТОК А**

										Арк.
										55
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>						

Зм

Док

№ Підпис

Дата

Док.

Таблиця А1 - Розрахунок навантаження на шинах 0.4 кВ по заводу гідроагрегатів

№п /п	Найменування вузлів і груп електроприймачів	Кількість ЕП	Встановлена потужність		$m$	$K_u$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	Середнє навантаження,кВт		$n_e$	$K_M$	Розрахункове навантаження, кВт				
			Одного	$\Sigma$					$P_{CM}$	$Q_{CM}$			$P_P$	$Q_P$	$S_P$		
	<u>МСК-1</u>																
	<u>Інструментальний цех № 8</u>																
1	Печі опору	4	35	105	250	>3	0,50	1,0	0,00	125,00	0,00						
2	Компресори	3	30	55	140	<3	0,80	0,9	0,62	112,00	69,41						
3	Установки ВЧ нагріву ВЧГ-70-0,66	3	70	70	210	<3	0,60	0,6	1,33	126,00	168,00						
4	Метлооброблювальні вер-ти	120	2,2	30	644	>3	0,30	0,8	0,88	193,20	170,39						
5	Вентилятори	18	1	55	216	>3	0,70	0,8	0,75	151,20	113,40						
6	Нагрівачі водяні	2	30	30	60	<3	0,70	1,0	0,00	42,00	0,00						
7	Зварювальні апарати	4	12	20	64	<3	0,30	0,6	1,33	19,20	25,60						
8	Кран-балки	3	7,5	7,5	22,5	<3	0,20	0,6	1,33	4,50	6,00						
9	Випробувальні стенди	5	70	160	550	<3	0,60	0,8	0,88	330,00	291,03						
	Всього по цеху	162	1	160	2156,5	>3	0,51	0,79	0,76	1103,1	843,8	27	1,20	1329,12	843,83	1574,36	
	<u>Ковальський участок</u>																
10	Ковальські машини	10	4	55	206	>3	0,25	0,7	1,02	51,5	52,54						
11	Нагрівальні мости (800В, 2400Гц)	6	20	170	370	>3	0,3	0,7	1,02	111,0	113,24						
12	Печі опору (НО-136)	12	40	40	480	<3	0,5	1	0,00	240,0	0,00						
13	Кокільні верстати	20	11	22	330	<3	0,6	0,85	0,62	198,0	122,71						
14	Індукційна піч (ІСТ-0,4)	2	320	320	640	<3	0,3	0,6	1,33	192,0	256,00						
15	Вентилятори	36	3	30	135	>3	0,7	0,8	0,75	94,5	70,88						
16	Насоси	10	5,5	10	64	<3	0,7	0,8	0,75	44,8	33,60						
	Всього по цеху	96	3	320	2225	>3	0,42	0,82	0,70	931,8	649,0	14	1,38	1284,28	648,97	1438,94	

## Продовження таблиці А1

№п/п	Найменування вузлів і груп електроприймачів	Кількість ЕП	Встановлена потужність		m	K <sub>u</sub>	cos φ	tg φ	Середнє навантаження, кВт		n <sub>e</sub>	K <sub>M</sub>	Розрахункове навантаження, кВт				
			Одного	Σ					P <sub>CM</sub>	Q <sub>CM</sub>			P <sub>P</sub>	Q <sub>P</sub>	S <sub>P</sub>		
	<u>АБК 1</u>																
17	Ел.нагрівальні прилади	6	5,5	18	83	>3	0,6	1,0	0,00	49,80	0,00						
18	Холодильники	5	1,5	3	12	<3	0,6	0,8	0,75	7,20	5,40						
19	Комп'ютери	16	0,3	0,3	4,8	<3	0,6	0,8	0,75	2,88	2,16						
20	Кондиціонери	14	1,6	1,6	22,4	<3	0,7	0,8	0,75	15,68	11,76						
21	Вентилятори	8	3	11	48	>3	0,7	0,8	0,75	33,60	25,20						
	Всього по цеху	49	0,3	18	170,2	>3	0,64	0,93	0,41	109,2	44,5	19	1,17	128,04	44,52	135,56	
	<u>МСК 2</u>																
	<u>Механоскладальний цех № 2</u>																
22	Металоріжучі верстати масового виробництва	321	2,2	40	1660	>3	0,2	0,7	1,02	332,00	338,71						
23	Металоріжучі верстати важкого режиму роботи	44	2,2	35	320	>3	0,3	0,7	1,02	96,00	97,94						
24	Випробувальні стенди	18	10	80	550	>3	0,5	0,8	0,88	275,00	242,53						
25	Кран-балки	8	7,5	7,5	60	<3	0,2	0,6	1,33	9,00	12,00						
26	Нагрівачі водяні	10	4	35	165	>3	0,5	1,0	0,00	82,50	0,00						
27	Насоси	10	10	15	125	<3	0,6	0,8	0,75	75,00	56,25						
28	Вентилятори	36	5	30	250	>3	0,7	0,8	0,75	175,00	131,25						
	Всього по цеху	447	2,2	80	3130	>3	0,33	0,77	0,84	1044,5	878,7	78	1,17	1226,69	878,67	1508,92	
	<u>АБК 2</u>																
29	Комп'ютери	76	0,3	0,3	22,8	<3	0,6	0,8	0,75	13,68	10,26						
30	Кондиціонери	23	1,6	3,2	56	<3	0,7	0,8	0,88	39,20	34,57						
31	Копіювальна техніка	16	0,5	0,8	9,8	<3	0,5	0,9	0,48	4,90	2,37						
32	Вентилятори	18	3	11	62	>3	0,7	0,8	0,75	43,40	32,55						
33	Холодильники	23	0,55	0,55	12,65	<3	0,4	0,8	0,88	5,06	4,46						
34	Нагрівачі водяні	2	2	10	12	>3	0,6	1,0	0,00	7,20	0,00						
	Всього по цеху	158	0,3	11	175,25	>3	0,65	0,80	0,74	113,4	84,2	32	1,13	127,69	84,22	152,96	

ЗМ

Док.

№ Підпис

Дата

Док.

## Продовження таблиці А1

№п /п	Найменування вузлів і груп електроприймачів	Кількість ЕП	Встановлена потужність		m	K <sub>u</sub>	cos φ	tg φ	Середнє навантаження, кВт		n <sub>e</sub>	K <sub>M</sub>	Розрахункове навантаження, кВт			
			Одного	Σ					P <sub>CM</sub>	Q <sub>CM</sub>			P <sub>P</sub>	Q <sub>P</sub>	S <sub>P</sub>	
	МСК 3															
	Механоскладальний цех №4															
35	Верстати металоріжучі	17	3	32	282	>3	0,2	0,7	1,02	56,40	57,54					
36	Верстати в поточних лініях	439	5	44	1423	>3	0,3	0,7	1,02	426,90	435,53					
37	Пресувальне обладнання	28	5	27	241	>3	0,3	0,7	1,02	72,30	73,76					
38	Нагрівачі водяні	8	18	18	144	<3	0,6	1,0	0,00	86,40	0,00					
39	Насоси	8	10	80	20	>3	0,7	0,7	1,02	14,00	14,28					
40	Кран-балки	6	7,5	7,5	45	<3	0,2	0,6	1,33	6,75	9,00					
41	Вентилятори	18	3	30	183	>3	0,7	0,8	0,75	128,10	96,08					
	Всього по цеху	524	3	80	2338	>3	0,34	0,76	0,87	790,9	686,2	58	1,20	951,33	686,18	1172,98
	Механоскладальний цех №5															
42	Металоріжучі верстати	10	42,5	79	676	<3	0,20	0,50	1,73	135,2	234,17					
43	Токарний верстат	10	1,5	5	22	>3	0,60	0,80	0,75	13,2	9,90					
44	Вентиляція	5	1,5	35	140	>3	0,50	0,70	1,02	70,0	71,41					
45	Стенди	20	2,5	30	480	>3	0,60	0,80	0,75	288,0	216,00					
46	Транспортер	2	11	11	22	<3	0,60	0,70	1,02	13,2	13,47					
47	Кран	11	116	116	1276	<3	0,20	0,50	1,73	255,2	442,02					
48	Обладнання автоматичної лінії	4	7	7	21	<3	0,60	0,80	0,75	12,6	9,45					
49	Конвеєр	4	9	9	36	<3	0,6	0,8	0,75	21,6	16,20					
50	Ел. візок	1	2,7	2,7	2,7	<3	0,6	0,7	1,02	1,6	1,65					
51	Насосна	1	8	8	8	<3	0,65	0,8	0,75	5,2	3,90					
52	Тр-р зварювальний	2	14	14	28	<3	0,3	0,35	2,68	8,4	22,48					
53	Випрямляч зварювальний	2	12,6	33,3	45,9	<3	0,4	0,5	1,73	18,4	31,80					
54	Ножиці	2	1,5	1,5	3	<3	0,5	0,8	0,75	1,5	1,13					
55	Фрезерний верстат	5	4	28	110	>3	0,6	0,8	0,75	66,0	49,50					
	Всього по цеху	79	1,5	116	2870,6	>3	0,32	0,63	1,23	910,1	1123,1	49	1,24	1124,1	1123,1	1589,0

## Продовження таблиці А1

№п/п	Найменування вузлів і груп електроприймачів	Кількість ЕП	Встановлена потужність		m	K <sub>υ</sub>	cos φ	tg φ	Середнє навантаження, кВт		n <sub>e</sub>	K <sub>M</sub>	Розрахункове навантаження, кВт				
			Одного	Σ					P <sub>CM</sub>	Q <sub>CM</sub>			P <sub>P</sub>	Q <sub>P</sub>	S <sub>P</sub>		
	<u>Термічний участок</u>																
56	Ел. печі опору	15	40	120	420	>3	0,6	1,00	0,00	252,00	0,00						
57	Установка в.ч. Нагріву	3	70	70	210	<3	0,5	0,70	1,02	105,00	107,12						
58	Вентилятори	10	5	37	248	>3	0,7	0,85	0,62	173,60	107,59						
59	Кран-балки	3	14	42	24,4	>3	0,1	0,60	1,33	2,93	3,90						
	Всього по цеху	31	5	120	902,4	>3	0,59	0,93	0,41	533,5	218,6	15	1,23	657,02	218,61	692,44	
	<u>Механічний участок</u>																
60	Металоріжучі верстати	24	3	28	302	>3	0,20	0,6	1,33	60,40	80,53						
61	Станки в почних лініях	329	3	34	623	>3	0,20	0,6	1,33	124,60	166,13						
62	Установки електропрожигу "Анокит"	1	110	110	110	<3	0,50	0,8	0,75	55,00	41,25						
63	Зварочні машини	3	34	34	102	<3	0,50	0,6	1,33	51,00	68,00						
64	Нагрівачі водяні	6	18	108	198	>3	0,35	1,0	0,00	69,30	0,00						
65	Насоси	6	10	10	60	<3	0,60	0,8	0,88	36,00	31,75						
66	Кран-балки	4	7,5	7,5	30	<3	0,12	0,6	1,33	3,60	4,80						
67	Вентилятори	16	3	30	173	>3	0,70	0,8	0,75	121,10	90,83						
	Всього по цеху	389	3	110	1598	>3	0,33	0,73	0,93	521,0	483,3	29	1,31	682,78	483,29	836,51	
	<u>АБК 3</u>																
68	Комп'ютери	52	0,3	0,3	15,6	<3	0,5	0,7	1,02	7,80	7,96						
69	Кондиціонери	44	1,6	1,6	70,4	<3	0,7	0,7	1,02	49,28	50,28						
70	Холодильники	18	0,55	0,55	9,9	<3	0,4	0,7	1,02	3,96	4,04						
71	Сушильні шафи (хім. лабор.)	6	3	10	36	>3	0,5	0,7	1,02	18,00	18,36						
72	Нагрівачі водяні	3	30	30	90	<3	0,7	1,0	0,00	63,00	0,00						
73	Вентилятори	19	3	11	93	>3	0,70	0,8	0,75	65,10	48,83						
	Всього по цеху	142	0,3	30	314,9	>3	0,66	0,85	0,62	207,1	129,5	21	1,15	238,98	129,46	271,79	

## Продовження таблиці А1

№п /п	Найменування вузлів і груп електроприймачів	Кількість ЕП	Встановлена потужність		m	K <sub>u</sub>	cos φ	tg φ	Середнє навантаження,кВт		n <sub>e</sub>	K <sub>M</sub>	Розрахункове навантаження, кВт				
			Одного	Σ					P <sub>CM</sub>	Q <sub>CM</sub>			P <sub>P</sub>	Q <sub>P</sub>	S <sub>P</sub>		
	<b>АБК 4</b>																
74	Електронагрівальні прилади	10	3	18	95	>3	0,5	0,95	0,33	47,50	15,61						
75	Холодильники	5	1,5	3	12	<3	0,7	0,8	0,75	8,40	6,30						
76	Комп'ютери	22	0,3	0,3	6,6	<3	0,4	0,7	1,02	2,64	2,69						
77	Кондиціонери	17	1,6	1,6	27,2	<3	0,7	0,7	1,02	19,04	19,42						
78	Вентилятори	9	2,2	11	51	>3	0,7	0,8	0,75	35,70	26,78						
79	Водонагрівач	2	30	30	60	<3	0,5	1,0	0,00	30,00	0,00						
	Всього по цеху	65	0,3	30	251,8	>3	0,57	0,90	0,49	143,3	70,8	17	1,23	176,41	70,81	190,09	
	<b>МСК-4</b>																
80	Котельня																
81	Димосос	6	30	30	180	<3	0,80	0,80	0,75	144,0	108,0						
82	Вентилятор	6	11	11	66	<3	0,80	0,80	0,75	52,8	39,6						
83	Насос питаючий	3	55	55	165	<3	0,85	0,80	0,75	140,3	105,2						
84	Дренажний насос	1	2,2	2,2	2,2	<3	0,60	0,80	0,75	1,3	1,0						
85	Насос розчину сілі	2	5,5	5,5	11	<3	0,50	0,80	0,75	5,5	4,1						
86	Насос для розрихлення	1	7,5	7,5	7,5	<3	0,50	0,80	0,75	3,8	2,8						
87	Пристрій перекачки мазуту	2	10	10	20	<3	0,40	0,80	0,75	8,0	6,0						
88	Погружний насос	1	17	17	17	<3	0,40	0,80	0,75	6,8	5,1						
89	Зварювальний тр-р	1	17	17	17	<3	0,30	0,60	1,33	5,1	6,8						
	Всього по цеху	23	2,2	55	485,7	>3	0,76	0,80	0,76	367,5	278,615	18	1,10	405,96	278,62	492,37	
	<b>Механичний уч-ток цеху №4</b>																
90	Верстати металоріжучі	261	5,5	44	1729	>3	0,20	0,7	1,02	345,80	352,79						
91	Зварювальні трансформатори	2	12	12	24	<3	0,40	0,6	1,33	9,60	12,80						
92	Водонагрівачі	6	18	18	108	<3	0,70	1,0	0,00	75,60	0,00						
93	Насоси	6	10	10	60	<3	0,50	0,80	0,75	30,00	22,50						
94	Вентилятори	16	3	30	240	>3	0,50	0,80	0,75	120,00	90,00						
95	Кран-балки	4	7,5	7,5	30	<3	0,12	0,60	1,33	3,60	4,80						
	Всього по цеху	295	3	44	2191	>3	0,27	0,77	0,83	584,6	482,9	100	1,18	691,20	482,89	843,17	
	<b>Випробувальна лабораторія</b>																
96	Випробувальні стенди	14	5	10	65	<3	0,50	0,75	0,88	32,50	28,66						

ЗМ

Док.

№ Підпис

Дата

Док.

## Продовження таблиці А1

№п/п	Найменування вузлів і груп електроприймачів	Кількість ЕП	Встановлена потужність		m	K <sub>u</sub>	cos φ	tg φ	Середнє навантаження, кВт		n <sub>e</sub>	K <sub>M</sub>	Розрахункове навантаження, кВт			
			Одного	Σ					P <sub>CM</sub>	Q <sub>CM</sub>			P <sub>P</sub>	Q <sub>P</sub>	S <sub>P</sub>	
97	Насоси	6	3	5	24	<3	0,50	0,80	0,75	12,00	9,00					
98	Вентилятори	14	3	5,5	57	<3	0,70	0,80	0,75	39,90	29,93					
	Всього	34	3	10	146	>3	0,58	0,78	0,80	84,4	67,5873	29	1,16	98,2	67,6	119,2
	<u>АБК 5</u>															
99	Парогенератор (електродний)	1	70	70	70	<3	0,6	0,8	0,75	42,00	31,50					
100	Пральні машини	6	3	3	18	<3	0,5	0,85	0,62	9,00	5,58					
101	Сушильні барабани	6	2,2	2,2	13,2	<3	0,6	0,8	0,75	7,92	5,94					
102	Комп'ютери	14	0,3	0,3	4,2	<3	0,6	0,7	1,02	2,52	2,57					
103	Холодильники	5	0,5	0,5	2,5	<3	0,6	0,7	1,02	1,50	1,53					
104	Кондиціонери	12	1,6	1,6	19,2	<3	0,6	0,7	1,02	11,52	11,75					
105	Вентилятори	10	3	11	69	>3	0,7	0,8	0,75	48,30	36,23					
	Всього по цеху	54	0,3	70	196,1	>3	0,63	0,79	0,77	122,8	95,1	6	1,38	169,93	104,61	199,54
	<u>Компресорна</u>															
106	Компресори	6	200	200	1200	<3	0,7	0,80	0,75	840,00	630,00					
107	Насоси	6	40	40	240	<3	0,6	0,75	0,88	144,00	127,00					
108	Вентилятори	16	3	27	275	>3	0,7	0,80	0,75	192,50	144,38					
	Всього по цеху	28	3	200	1715	>3	0,69	0,79	0,77	1176,5	901,4	17	1,16	1358,88	901,37	1630,65
109	<u>Погрузочно-розгрузочна площа №1</u>	3	2	21	25	>3	0,4	0,6	1,33	10,00	13,33	2	2,35	23,54	14,67	27,73
110	<u>Склад (6А)</u>	2	5	5	10	<3	0,3	0,5	1,73	3,00	5,20	2	3,08	9,24	5,72	10,86
	<u>Цех № 5</u>															
111	Індукційні печі	4	75	75	300	<3	0,6	0,8	0,75	180,00	135,00					
112	Печі опору (НО-136)	22	40	40	880	<3	0,6	1,0	0,00	528,00	0,00					
113	Кокільні верстати	22	11	22	341	<3	0,7	0,7	1,02	238,70	243,52					
114	Обдирочні верстати	6	5,5	7,5	39	<3	0,6	0,7	1,02	23,40	23,87					

ЗМ

№ Підпис

Дата

Док.

## Продовження таблиці А1

№п/п	Найменування вузлів і груп електроприймачів	Кількість ЕП	Встановлена потужність		$m$	$K_u$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	Середнє навантаження, кВт		$n_e$	$K_M$	Розрахункове навантаження, кВт				
			Одного	$\Sigma$					$P_{CM}$	$Q_{CM}$			$P_P$	$Q_P$	$S_P$		
115	Вентилятори	16	3	30	240	>3	0,75	0,7	1,02	180,00	183,64						
	Всього по цеху	70	3	75	1800	>3	0,64	0,89	0,51	1150,1	586,0	48	1,10	1268,09	586,03	1396,95	
	<u>Енергосиловий цех № 11</u>																
116	Металоріжучі верстати	5	5,5	15	53	<3	0,2	0,7	1,02	10,60	10,81						
117	Зварочні трансформатори	3	12	18	42	<3	0,4	0,5	1,73	16,80	29,10						
118	Сушильний шкаф	2	15	15	30	<3	0,5	1,0	0,00	15,00	0,00						
119	Вентилятори	6	3	15	44	>3	0,7	0,8	0,75	30,80	23,10						
120	Кран-балка	1	7,5	7,5	7,5	<3	0,1	0,6	1,33	0,90	1,20						
	Всього по цеху	17	3	18	176,5	>3	0,42	0,76	0,87	74,1	64,2	17	1,34	98,94	64,21	117,95	
	<u>Участок зарядки електрокар</u>																
121	Зарядні пристрої	18	9,6	9,6	172,8	<3	0,6	0,7	1,02	103,68	105,77						
122	Електротельфери	4	5,5	5,5	22	<3	0,4	0,7	1,02	8,80	8,98						
123	Вентилятори	6	4	11	40	<3	0,6	0,7	1,02	24,00	24,48						
	Всього по цеху	28	4	11	234,8	<3	0,58	0,70	1,02	136,5	139,2	28	1,17	159,17	139,24	211,48	
	<u>Насосна станція</u>																
124	Насоси	10	7,5	55	245	>3	0,5	0,8	0,75	120,05	90,04						
125	Вентилятори	6	3	11	30	>3	0,55	0,8	0,75	16,50	12,38						
	Всього по цеху	16	3	55	275	>3	0,50	0,80	0,75	136,6	102,4	10	1,38	188,58	112,65	219,67	
	<u>Станція нейтралізації</u>																
126	Насоси	3	5	30	10	>3	0,71	0,73	0,94	7,10	6,65						
127	Випрямлюючий агрегат	2	18	18	36	<3	0,50	0,7	1,02	18,00	18,36						
128	Кран-балка	1	7,5	7,5	10	<3	0,12	0,57	1,44	1,20	1,73						
	Всього по цеху	6	5	30	56	>3	0,47	0,70	1,02	26,3	26,7	4	1,78	46,94	29,41	55,39	
	<u>Погрузочно-розгрузочна площадка №2</u>																
129	Фекальна насосна	6	1,5	21	31	>3	0,6	0,7	1,02	18,60	18,98	3	1,67	31,02	20,87	37,39	
130	Насоси	6	5	15	60	>3	0,7	0,7	1,02	42,00	42,85						
131	Вентилятори	2	3	3	6	<3	0,7	0,7	1,02	4,20	4,28						
	Всього по цеху	8	3	15	66	>3	0,70	0,70	1,02	46,2	47,1	8	1,23	56,88	51,85	76,96	



ЗМ

Арк

№ Підпис

Дата

Арк.

## Продовження таблиці А1

№п /п	Найменування вузлів і груп електроприймачів	Кількість ЕП	Встановлена потужність		m	K <sub>υ</sub>	cos φ	tg φ	Середнє навантаження,кВт		n <sub>e</sub>	K <sub>M</sub>	Розрахункове навантаження, кВт				
			Одного	Σ					P <sub>CM</sub>	Q <sub>CM</sub>			P <sub>P</sub>	Q <sub>P</sub>	S <sub>P</sub>		
	<u>Склад</u>																
132	Електротельфери	2	5,5	5,5	11	<3	0,3	0,7	1,02	3,30	3,37						
133	Вентилятори	3	3	5	13	<3	0,6	0,8	0,75	7,80	5,85						
	Всього по цеху	5	3	5,5	24	<3	0,46	0,77	0,83	11,1	9,2	5	1,65	18,29	10,14	20,91	
	<u>Склад БМЗ</u>																
134	Електротельфери	2	5,5	5,5	11	<3	0,3	0,6	1,33	3,30	4,40						
135	Холодильник	1	6	6	6	<3	0,6	0,7	1,02	3,60	3,67						
136	Вентилятори	4	3	3	12	<3	0,7	0,7	1,02	8,40	8,57						
	Всього по цеху	7	3	6	29,0	<3	0,53	0,68	1,09	15,3	16,6	7	1,44	22,03	18,31	28,64	
137	<u>Овочехраніліще</u>	5	3	5	19	<3	0,5	0,8	0,75	9,50	7,13	5	1,59	15,11	7,84	17,02	
138	<u>Градирня</u>	3	3	9	21	>3	0,3	0,5	1,73	6,30	10,91	3	2,42	15,25	12,00	19,41	
	<u>Будівля відділу постачання</u>																
139	Холодильник	3	0,5	0,5	1,5	<3	0,6	0,7	1,02	0,90	0,92						
140	Комп'ютери	7	0,3	2,1	60	>3	0,6	0,7	1,02	36,00	36,73						
141	Вентилятори	3	1,1	3	7,1	<3	0,7	0,7	1,02	4,97	5,07						
	Всього по цеху	13	0,3	3	68,6	>3	0,61	0,70	1,02	41,9	42,7	13	1,24	51,85	42,72	67,18	
	Всього: на 0,4кВ	###	0,3	320	23702,4	>3	0,44	0,79	0,78	10429,1	8127,1	148	1,09	11411,6	8127,1	14009,8	

ЗМ

Док.

№

Підпис

Дата

Док.

Таблиця А2 - Розрахунок освітлювального навантаження

№ п/п	Приміщення	F, м <sup>2</sup>	P <sub>уд</sub> , Вт/м <sup>2</sup>	K <sub>c</sub>	P <sub>ро</sub> , кВт	cos φ	tg φ	Q <sub>ро</sub> , квар
	<u>МСК-1</u>							
1	Інструментальний цех № 8	2160	16	0,8	27,6	0,8	0,75	20,7
2	Ковальський участок	6660	12	0,7	55,9	0,7	1,02	57,1
3	АБК 1	1100	18	0,8	15,8	0,7	1,02	16,2
	<u>МСК 2</u>							
4	Механоскладальний цех № 2	8330	17	0,7	99,1	0,7	1,02	101,1
5	АБК 2	1040	18	0,8	15,0	0,8	0,75	11,2
	<u>МСК 3</u>							
6	Механоскладальний цех №4	4830	17	0,7	57,5	0,7	1,02	58,6
7	Механоскладальний цех №5	3130	17	0,7	37,2	0,7	1,02	38,0
8	Термічний участок	5330	16	0,6	51	0,7	1,02	52
9	Механічний участок	4300	17	0,7	51	0,7	1,02	52
10	АБК 3	1040	18	0,9	16,8	0,8	0,75	12,6
11	АБК 4	1040	18	0,9	16,8	0,8	0,75	12,6
	<u>МСК-4</u>							
12	Котельня	1330	17	0,7	15,8	0,7	1,02	16,1
13	Механічний уч-ток цеху №4	1330	17	0,7	15,8	0,7	1,02	16,1
14	Випробувальна лабораторія	1400	18	0,8	20,2	0,8	0,75	15,1
15	АБК 5	470	18	0,8	6,8	0,8	0,75	5,1
16	Компресорна	500	5	0,6	1,5	0,7	1,02	1,5
17	Вантажно-розвантажувальний майданчик №1	600	5	0,6	1,8	0,7	1,02	1,8
18	Склад (6А)	340	5	0,6	1,0	0,7	1,02	1,0
19	Цех № 5	1900	10	0,7	13,3	0,8	0,75	10,0
20	Енергосиловий цех № 11	620	17	0,8	8,4	0,7	1,02	8,6
21	Участок зарядки електрокар	1180	11	0,6	7,8	0,7	1,02	7,9

Зм.  
Док.  
№ Підпис  
Дата  
Док.

Продовження таблиці А2

22	Насосна станція	380	5	0,6	1,1	0,7	1,02	1,2
23	Станція нейтралізації	250	5	0,6	0,8	0,7	1,02	0,8
24	Вантажно-розвантажувальний майданчик №2	980	5	0,6	2,9	0,7	1,02	3,0
25	Санітарна насосна	120	5	0,6	0,4	0,7	1,02	0,4
26	Склад	670	5	0,6	2,0	0,7	1,02	2,1
27	Склад БМЗ	550	5	0,6	1,7	0,7	1,02	1,7
28	Овочесховище	140	14	0,5	1,0	0,8	0,75	0,7
29	Градирня	60	5	0,5	0,2	0,7	1,02	0,2
30	Будівля відділу постачання	280	18	0,8	4,0	0,8	0,75	3,0
31	Територія	102000	0,1	0,85	8,7	0,7	1,02	8,8
					559			538

Зм

№ Підпис

Дата

Док.

Таблиця АЗ - Розрахунок навантаження по підстанціям заводу гідроагрегатів

№ п/п	Найменування вузлів і груп електроприймачів	Кількість ЕП	Встановлена потужність		$m$	$K_u$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	Середнє навантаження, кВт		$n_e$	$K_M$	Розрахункове навантаження, кВт			
			Одного	$\Sigma$					$P_{CM}$	$Q_{CM}$			$P_P$	$Q_P$	$S_P$	
	<u>КТП-1 (2 × 1000)</u>															
1	Інструментальний цех № 8	162	1	160	2156,5	>3	0,51	0,794	0,76	1103,1	843,83					
2	АБК 1	49	0,3	18	170,2	>3	0,64	0,93	0,41	109,16	44,52					
3	Будівля відділу постачання	13	0,3	3	68,6	>3	0,61	0,70	1,02	41,87	42,72					
	Всього по позиціям 1-3	211	0,3	160	2326,7	>3	0,52	0,81	0,73	1212,26	888,35	29	1,19	1444,39	888,35	1695,71
4	Освітлення													47,4	39,9	
5	Компенсація														-520	
	Всього на 0.4 кВ													1491,79	408,3	1546,65
	Втрати в тр-рах													18,4	105,8	
	Всього на 10 кВ													1510,1	514,0	1595,23
	<u>КТП-2 (2 × 1000)</u>															
5	Ковальський участок	96	3	320	2225	>3	0,42	0,82	0,70	931,80	648,97					
6	Енергосиловий цех № 11	17	3	18	176,5	>3	0,42	0,76	0,87	74,10	64,21					
7	Градирня	3	3	9	21	>3	0,30	0,50	1,73	6,30	10,91					
	Всього по позиціям 5-7	116	3	320	2422,5	>3	0,42	0,81	0,72	1012,20	724,09	15	1,36	1377,18	724,09	1555,94
8	Освітлення													64,5	66,2	
9	Компенсація														-520	
	Всього на 0.4 кВ													1441,68	270,3	1466,80
	Втрати в тр-рах													16,9	99,2	
	Всього на 10 кВ													1458,6	369,5	1504,66
	<u>КТП-3 (2 × 1000)</u>															
10	Механоскладальний цех № 2	447	2,2	80	3130	>3	0,33	0,77	0,84	1044,50	878,67	78	1,17	1226,69		
11	АБК 2	158	0,3	11	175,25	>3	0,65	0,80	0,74	113,44	84,22					
	Всього по позиціям 10-11	605	0,3	80	3305,25	>3	0,35	0,77	0,83	1157,94	962,891	83	1,16	1345,83	962,89	1654,82
12	Освітлення													114,1	112,3	

## Продовження таблиці А3

№ п/п	Найменування вузлів і груп електроприймачів	Кількість ЕП	Встановлена потужність		$m$	$K_u$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	Середнє навантаження, кВт		$n_e$	$K_M$	Розрахункове навантаження, кВт					
			Одного	$\Sigma$					$P_{CM}$	$Q_{CM}$			$P_P$	$Q_P$	$S_P$			
13	Компенсація																	
	Всього на 0.4 кВ													1459,93	555,2	1561,93		
	Втрати в тр-рах													18,6	107,1			
	Всього на 10 кВ													1478,6	662,3	1620,12		
	КТП-4 (2 × 1000)																	
14	Механоскладальний цех №4	524	3	80	2338	>3	0,34	0,76	0,87	790,85	686,18							
15	АБК 4	65	0,3	30	251,8	>3	0,57	0,90	0,49	143,28	70,81							
16	Насосна станція	16	3	55	275	>3	0,50	0,80	0,75	137,50	103,13							
17	Погрузочно-розгрузочна площадка №2	6	1,5	21	31	>3	0,60	0,70	1,02	18,60	18,98							
18	Фекальна насосна	8	3	15	66	>3	0,70	0,70	1,02	46,20	47,13							
	Всього по позиціям 14-18	619	0,3	80	2961,8	>3	0,38	0,78	0,82	1136,43	926,22	74	1,16	1316,92	926,22	1610,02		
19	Освітлення													78,7	74			
20	Компенсація																	
	Всього на 0.4 кВ													1395,62	480,2	1475,93		
	Втрати в тр-рах													17,1	99,9			
	Всього на 10 кВ													1412,7	580,1	1527,17		
	КТП-5 (2 × 1000)																	
21	Механоскладальний цех №5	79	1,5	116	2870,6	>3	0,32	0,63	1,23	910,08	1123,08							
22	АБК 3	142	0,3	30	314,9	>3	0,66	0,85	0,62	207,14	129,46							
23	Склад БМЗ	7	3	6	29	<3	0,53	0,68	1,09	15,30	16,64							
24	Овочехранілище	5	3	5	19	<3	0,50	0,80	0,75	9,50	7,13							
	Всього по позиціям 21-24	221	0,3	116	3185,5	>3	0,35	0,67	1,12	1117,22	1252,55	55	1,20	1344,72	1252,55	1837,70		
25	Освітлення													56,7	53			
26	Компенсація																	
	Всього на 0.4 кВ													1401,42	705,5	1569,01		

ЗМ

Док.

№ Підпис

Дата

Док.

ЗМ

Док

№ Підпис

Дата

Док.

## Продовження таблиці А3

№ п/п	Найменування вузлів і груп електроприймачів	Кількість ЕП	Встановлена потужність		m	K <sub>u</sub>	cos φ	tg φ	Середнє навантаження, кВт		n <sub>e</sub>	K <sub>M</sub>	Розрахункове навантаження, кВт			
			Одного	Σ					P <sub>CM</sub>	Q <sub>CM</sub>			P <sub>P</sub>	Q <sub>P</sub>	S <sub>P</sub>	
	Втрати в тр-рах												18,8	107,7		
	Всього на 10 кВ												1420,19	813,2	1636,56	
	<u>КТП-6 (2 × 1000)</u>															
27	Термічний участок	31	5	120	902,4	>3	0,59	0,925	0,41	533,5	218,6					
28	Механічний участок	389	3	110	1598	>3	0,33	0,73	0,93	521,00	483,29					
	Всього по позиціям 27-28	420	3	120	2500,4	>3	0,42	0,83	0,67	1054,53	701,90	42	1,20	1265,18	701,90	1446,85
29	Освітлення													102	104	
30	Компенсація														-520	
	Всього на 0.4 кВ													1367,18	285,9	1396,76
	Втрати в тр-рах													15,7	93,7	
	Всього на 10 кВ													1382,9	379,6	1434,03
	<u>КТП-7 (2 × 1000)</u>															
31	Котельня	162	3	34	1435	>3	0,27	0,77	0,83	393,40	326,46					
32	Механічний уч-ток цеху №4	295	3	44	2191	>3	0,27	0,77	0,83	584,60	482,89					
33	Випробувальна лабораторія	34	3	10	146	>3	0,58	0,78	0,80	84,40	67,59					
34	АБК 5	54	0,3	70	196,1	>3	0,63	0,79	0,77	122,76	95,10					
34	Погрузочно-розгрузочна площадка №1	3	2	21	25	>3	0,4	0,6	1,33	10,00	13,33					
36	Склад (6А)	2	5	5	10	<3	0,30	0,50	1,73	3,00	5,20					
37	Станція нейтралізації	6	5	30	56	>3	0,47	0,72	0,96	26,20	25,21					
38	Склад	5	3	5,5	24	<3	0,46	0,77	0,83	11,10	9,22					
	Всього по позиціям 31-38	561	0,3	70	4083,1	>3	0,30	0,77	0,83	1235,46	1024,99	117	1,15	1422,58	1024,99	1753,38
39	Освітлення													71,4	57,9	
40	Компенсація														-520	
	Всього на 0.4 кВ													1493,98	562,9	1596,50
	Втрати в тр-рах													19,3	110,1	
	Всього на 10 кВ													1513,3	673,0	1656,17

ЗМ

№ Підпис

Дата

Док.

## Продовження таблиці А3

№ п/п	Найменування вузлів і груп електроприймачів	Кількість ЕП	Встановлена потужність		m	K <sub>υ</sub>	cos φ	tg φ	Середнє навантаження, кВт		n <sub>e</sub>	K <sub>M</sub>	Розрахункове навантаження, кВт			
			Одного	Σ					P <sub>CM</sub>	Q <sub>CM</sub>			P <sub>P</sub>	Q <sub>P</sub>	S <sub>P</sub>	
	<u>КТП-8 (2 × 1000)</u>															
41	Цех № 5	70	3	75	1800	>3	0,61	0,90	0,49	1104,00	539,00					
42	Участок зарядки електрокар	28	4	11	234,8	<3	0,58	0,70	1,02	136,48	139,24					
	Всього по позиціям 41-42	98	3	75	2034,8	>3	0,61	0,88	0,55	1240,48	678,24	54	1,11	1371,00	678,24	1529,59
43	Освітлення													21,1	11,2	
44	Компенсація														-520	
	Всього на 0.4 кВ													1392,10	169,4	1402,37
	Втрати в тр-рах													15,8	94,1	
	Всього на 10 кВ													1407,9	263,5	1432,35
	<u>КТП-9 (2 × 1000)</u>															
45	Компресорна	28	3	200	1715	>3	0,69	0,794	0,77	1176,50	901,37	17	1,16	1358,88	901,37	1630,65
43	Освітлення													1,5	1,5	
44	Компенсація														-520	
	Всього на 0.4 кВ													1360,38	382,9	1413,23
	Втрати в тр-рах													16,0	94,9	
	Всього на 10 кВ													1376,4	477,8	1456,94
	<u>Всього по заводу</u>															
	Силова	2904	0,3	320	24651,65	>3	0,42	0,79	0,78	10409,7	8127,09	154	1,10	11411,6	8127,1	14009,8
	Освітлення													559	538	
	Компенсація 0.4 кВ														-4760	
	Всього на 0.4 кВ													11970,6	3905,1	12591,5
	Втрати в тр-рах													141,90	844,10	
	Синхронні двигуни	2	630	630	1260		0,70	0,90	0,48	882,0	-800,0		1	882,00	-800,0	
	Всього на 10 кВ													12994,5	3949,2	
	Компенсація 10 кВ														-2000	
	<u>Всього на шинах 10 кВ з урахуванням КУ</u>													12994,5	1949,2	13139,9

Таблиця А4 - Розрахунок річного графіка по тривалості

Р,кВт	t,час	Q,квар	t,год
12995	148	1949	148
11700	106	1750	106
10630	148	1590	148
10240	444	1540	444
9570	106	1430	106
9450	296	1420	296
9220	318	1390	318
9060	296	1360	296
8660	148	1300	148
8500	212	1280	212
8270	592	1240	592
8150	212	1220	212
7880	148	1180	148
7790	106	1170	106
7440	424	1120	424
7090	254	1060	254
6690	444	1000	444
6380	106	950	106
6020	318	900	318
5910	592	890	592
5320	424	800	424
5120	148	770	148
4610	106	690	106
1950	2664	290	2664
W <sub>Г</sub> =	53 119 940	V <sub>Г</sub> =	7 965 412

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70



Таблиця А5. Розрахунок картограми навантажень

№ п/п	Приміщення	$P_{осв},$ кВт	$P_{0.4}$ кВт	$P_{сум},$ кВт	$\alpha,$ град	R, см	X, см	Y, см
	<u>МСК-1</u>							
1	Інструментальний цех № 8	27,6	1329,0	1357	7	3,8	17	29
2	Ковальський участок	55,9	1284,0	1340	15	3,8	17	25
3	АБК 1	15,8	882,0	882	40	3,1	26	33
	<u>МСК 2</u>							
4	Механоскладальний цех № 2	99,1	128,0	144				
5	АБК 2	15,0	1226,7	1326	38	3,8	17	47
	<u>МСК 3</u>							
6	Механоскладальний цех №4	57,5	127,7	143	21	3,3	42	44
7	Механоскладальний цех №5	37	1124,0	1161	12	3,5	59	43
8	Термічний участок	51	657,0	708	26	2,7	59	48
9	Механічний участок	51,2	682,8	734	25	2,8	42	49
10	АБК 3	16,8	239,0	256	24	1,6	68	47
11	АБК 4	16,8	176,40	193	31	1,4	36	47
	<u>МСК-4</u>							
12	Котельня	15,8	470,40	486	12	2,3	68	35
13	Механічний уч-ток цеху №4	15,8	691,0	707	8	2,7	71	35
14	Випробувальна лабораторія	20,2	98	118	61	1,1	75	35
15	АБК 5	6,8	170	177	14	1,4	74	44
16	Компресорна	1,5	1359	1361	0,4	3,8	36	47
17	Вантажно-розвантажувальний майданчик №1	1,8	23,5	25	25,6	0,5	72	25
18	Склад (6А)	1,0	9,2	10	35,9	0,3	76	22
19	Цех № 5	13,3	1227	1240	3,9	3,6	18	25
20	Енергосиловий цех № 11	8,4	99	107	28,3	1,1	3	26
21	Участок зарядки електрокар	7,8	159	167	16,8	1,3	3	28
22	Насосна станція	1,1	189	190	2,2	1,4	45	34
23	Станція нейтралізації	0,8	47	48	5,7	0,7	63	35
24	Вантажно-розвантажувальний майданчик №2	2,9	31	34	31,2	0,6	48,0	38,0
25	Санітарна насосна	0,4	57	57	2,3	0,8	33	39
26	Склад	2,0	18	20	36,2	0,5	64	28
27	Склад БМЗ	1,7	22	24	25,1	0,5	52	28
28	Сховище	1,0	15	16	22,1	0,4	56	32
29	Градирня	0,2	15	15	3,6	0,4	4	42
30	Будівля відділу постачання	4,0	52	56	25,9	0,8	31,0	34,6
				14111			34,3	35,7

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

**ДОДАТОК Б**

									Арк.
									72
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					

Таблиця Б1- Порівняння варіантів компенсації реактивної потужності

Кількість тр-рів	$Q_I$	$Q_{кн}$	$Q_{кв}$ , мВар		$K_m$	$\Delta P_{ТП}$	З
шт.	мВар	мВар	$Q_{БК}$	$Q_{СД}$	тис.грн.	кВт	тис.грн.
18	3,9313	4,734	2,020	0,8070	-	10,475	342,53
19	5,795	2,870	3,884	0,807	72,500	21,565	372,32
20	7,259	1,406	5,348	0,807	143,750	32,144	418,67

Таблиця Б2- Вибір кількості і місця розташування КП на0,4кВ

Номер КТП	Кількість тр-рів	$S_{н.тр}$ , кВ А	$Q_{ку}$ , кВ А	Місце встановлення
1	2	3	4	5
КТП-1	2	1000	2x260	На шинах 0.4 кВ ТП
КТП-2	2	1000	2x260	На шинах 0.4 кВ ТП
КТП-3	2	1000	2x260	На шинах 0.4 кВ ТП
КТП-4	2	1000	2x260	На шинах 0.4 кВ ТП
КТП-5	2	1000	2x300	На шинах 0.4 кВ ТП
КТП-6	2	1000	2x260	На шинах 0.4 кВ ТП
КТП-7	2	1000	2x260	На шинах 0.4 кВ ТП
КТП-8	2	1000	2x260	На шинах 0.4 кВ ТП
КТП-9	2	1000	2x260x	На шинах 0.4 кВ ТП

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

73

**ДОДАТОК В**

									Арк.
									74
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					

Зм	
Арк	
№ Підпис	
Дата	
Арк.	

Таблиця В1 - Вибір потужності, кількості і місця розташування КТП

Номер п/ст	S <sub>p</sub> , кВ А	S <sub>н.тр</sub> , кВ А	Категорія беспереб.	тип тр-рів	K <sub>з</sub> норм. реж.	K <sub>з</sub> авар. реж.	п, кіль- кість	місце розташування
КТП-1	1546,65	1000	2,3	ТМЗ-1000/10	0,77	1,55	2	Інструментальний цех № 8
КТП-2	1466,80	1000	2,3	ТМЗ-1000/10	0,73	1,47	2	Ковальський участок
КТП-3	1561,93	1000	2,3	ТМЗ-1000/10	0,78	1,56	2	Механоскладальний цех № 2
КТП-4	1475,93	1000	2,3	ТМЗ-1000/10	0,74	1,48	2	Механоскладальний цех №4
КТП-5	1569,01	1000	2,3	ТМЗ-1000/10	0,78	1,57	2	Механоскладальний цех №5
КТП-6	1396,76	1000	2,3	ТМЗ-1000/10	0,70	1,40	2	Термічний участок
КТП-7	1596,50	1000	2,3	ТМЗ-1000/10	0,80	1,60	2	Механичний уч-ток цеху №4
КТП-8	1402,37	1000	2,3	ТМЗ-1000/10	0,70	1,40	2	Цех № 5
КТП-9	1413,23	1000	2,3	ТМЗ-1000/10	0,71	1,41	2	Компресорна

Примітка : у аварійному режимі відключається 3-тя категорія споживачів

**ДОДАТОК Г**

						Арк.
						76
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця Г1 - Опір системи

Имя ЦП Режим -	Опори системи						
	R тр.ЦП НН	X тр.ЦП НН	Rсист (к НН ЦП)		Xсист (к НН ЦП)		
	MAX [Ом]	MIN [Ом]	MAX [Ом]	MIN [Ом]	MAX [Ом]	MIN [Ом]	
ГПП	.072	.516	.756	.076	.088	.302	.258

Таблиця Г2 - Струми КЗ в максимальному режимі

N п/п -	Струми КЗ в максимальному режимі					
	Початок -	Кінець -	Z траси (к Ун ВН) [Ом]	I кз 3-фазн. [кА]	I кз удар. [кА]	
1	00	ГПП	.162	.921	7.1023	15.8325
2	ГПП	КТП-8	.224	.933	6.6527	13.8398
		НН	.002	.009	26.3295	55.4760
3	КТП-8	КТП-1	.268	.941	6.3650	12.6837
		НН	.002	.009	26.1636	54.7811
4	ГПП	КТП-2	.239	.936	6.5491	13.4130
		НН	.002	.009	26.2712	55.2309
5	КТП-2	КТП-9	.297	.947	6.1909	12.0278
		НН	.002	.009	26.0569	54.3380
6	ГПП	КТП-4	.186	.926	6.9154	14.9756
		НН	.002	.009	26.4704	56.0725
7	КТП-4	КТП-3	.262	.940	6.4037	12.8343
		НН	.002	.009	26.1867	54.8774
8	ГПП	КТП-5	.219	.932	6.6829	13.9665
		НН	.002	.009	26.3462	55.5464
9	КТП-5	КТП-6	.241	.936	6.5346	13.3540
		НН	.002	.009	26.2629	55.1961
10	ГПП	КТП-7	.286	.945	6.2567	12.2720
		НН	.002	.009	26.0978	54.5076

Таблиця Г3 - Струми КЗ в мінімальному режимі

N п/п -	Струми КЗ в мінімальному режимі					
	Початок -	Кінець -	Z траси [Ом]	(к Ун ВН) [Ом]	I кз 3-фазн. [кА]	I кз 2-фазн. [кА]
1	00	ГПП	.147	.876	6.7596	5.8540
2	ГПП	КТП-8	.209	.888	6.3110	5.4655
		НН	.002	.009	23.9765	20.7642
3	КТП-8	КТП-1	.253	.897	6.0254	5.2182
		НН	.002	.009	23.8244	20.6326
4	ГПП	КТП-2	.225	.891	6.2081	5.3763
		НН	.002	.009	23.9230	20.7180
5	КТП-2	КТП-9	.282	.903	5.8533	5.0691
		НН	.002	.009	23.7266	20.5479
6	ГПП	КТП-4	.172	.881	6.5727	5.6922
		НН	.002	.009	24.1057	20.8761
7	КТП-4	КТП-3	.247	.896	6.0639	5.2515
		НН	.002	.009	23.8456	20.6509
8	ГПП	КТП-5	.205	.888	6.3411	5.4916
		НН	.002	.009	23.9918	20.7775
9	КТП-5	КТП-6	.227	.892	6.1936	5.3638
		НН	.002	.009	23.9154	20.7114
10	ГПП	КТП-7	.271	.900	5.9183	5.1254
		НН	.002	.009	23.7642	20.5804

Таблиця Г4 - Вибір вимикача в ВРУ-35 кВ тип ВР35НСМ-35-20/1600

Умови вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_{уст} \leq U_n$	35 кВ	35 кВ
$I_{роб.форс} \leq I_{дл.н}$	217А	1600А
$I'' \leq I_{дин.с}$	10,14кА	20кА
$I_y \leq \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot I_{д.с.}$	16,6кА	50,8кА
$I_{nt} \leq I_{відк.н}$	10,11кА	20кА
$i_{a\tau} + i_{nt} \leq \sqrt{2} \cdot I_{відк.н} \cdot (1 + \beta_n)$	10,11кА	28,2кА
$B_k \leq I_{т.н}^2 \cdot t_{т.н}$	163,61 (кА) <sup>2</sup> с	1200 (кА) <sup>2</sup> с

Таблиця Г6 - Вибір роз'єднувача тип РНДЗ-35 /1000

Умови вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_{уст} \leq U_n$	35 кВ	35 кВ
$I_{роб.форс} \leq I_{дл.н}$	217 А	1000 А
$I_y \leq I_{дин.с}$	16,6 кА	63 кА
$B_k \leq I_{т.н}^2 \cdot t_{т.н}$	163,61 (кА) <sup>2</sup> с	625 (кА) <sup>2</sup> с

Таблиця Г6 - Вибір вимикачів в ЗРУ-10 кВ

Параметри вимикача	Умови вибору	Перевірка умов вибору			
		Ввідний	Секційний	Лінійний (КТП- 2х1000)	Лінійний магістральний
Номинальна напруга, кВ	$U_{уст} \leq U_n$	10=10	10=10	10=10	10=10
Довготривалий номинальний струм, А	$I_{роб.форс} \leq I_{дл.н}$	$723 \leq 1000$	$362 \leq 630$	$81 \leq 630$	$162 \leq 630$
Ном. струм дин. стійкості, кА симетричний і асиметричний	$I'' \leq I_{дин.с}$ $i_y \leq \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot I_{д.с.}$	$75,545 < 20$	$75,545 < 20$	$75,545 < 20$	$75,545 < 20$
		$17,03 < 51$	$17,03 < 51$	$17,03 < 51$	$17,03 < 51$
Ном. струм відключення, кА симетричний асиметричний	$I_{nt} \leq I_{відк.н}$ $i_{a\tau} + i_{nt} \leq \sqrt{2} \cdot I_{відк.н}$	$75,545 < 20$	$75,545 < 20$	$75,545 < 20$	$75,545 < 20$
		$7,545 \leq 28$	$7,545 \leq 28$	$7,545 \leq 28$	$7,545 \leq 28$
Тепловий імпульс(кА <sup>2</sup> )с	$B_k \leq I_{т.н}^2 \cdot t_{т.н}$	$69 \leq 3200$	$46 \leq 3200$	$24 \leq 3200$	$24 \leq 3200$
Тип		ВР-1-10- 20/1000У3	ВР-1-10- 20/630У3	ВР-1-10- 20/630У3	ВР-1-10- 20/630У3

Таблиця Г7 - Запобіжник для захисту ТВП

Умови вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_{уст} \leq U_n$	10 кВ	10 кВ
$I_n \leq I_{н.пл.вс}$	3,5 А	5 А
$I'' \leq I_{відкл}$	10,14 кА	20 кА

					Арк.
					78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	



Таблиця Г8 - Вибір перетину жил високовольтних кабелів

№	Кабельна лінія	Потужність		I <sub>ав</sub> , А	Перетин, мм <sup>2</sup> вибраний по			При йня то мм <sup>2</sup>	Примітки
		S,кВ А	I, А		J <sub>эк</sub>	I <sub>доп</sub>	F <sub>мін</sub>		
1	Від ГПП до КТП-8	3027,6	83,3	166,7	70	70	70	70	2кабеля марки ААШВ
2	Від КТП-8 до КТП-1	1595,2	43,9	87,8	50	25	70	70	2кабеля марки ААШВ
3	Від ГПП до КТП-2	2961,6	81,5	163,0	70	70	70	70	2кабеля марки ААШВ
4	Від КТП-2 до КТП-9	1456,9	40,1	80,2	50	25	70	70	2кабеля марки ААШВ
5	Від ГПП до КТП-4	3147,2	86,6	173,3	70	70	70	70	2кабеля марки ААШВ
6	Від КТП-4 до КТП-3	1620,1	44,6	89,2	50	25	70	70	2кабеля марки ААШВ
5	Від ГПП до КТП-5	3070,6	84,5	169,0	70	70	70	70	2кабеля марки ААШВ
6	Від КТП-5 до КТП-6	1434	39,5	78,9	50	25	70	70	2кабеля марки ААШВ
7	Від ГПП до КТП-7	1656,2	45,6	91,2	50	25	70	70	2кабеля марки ААШВ
8	Від ГПП до СД	700	38,5	38,5	35	35	70	70	1кабеля марки ААШВ

Примітка: потужність приведена на 2 кабеля, струм на один кабель.

						Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		