

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”

Зав. кафедри ЕТС та ЕМ

к.т.н., професор

_____ Петро ПЛІШКОВ

“ ____ ” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ
ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

«Проектування системи електропостачання
абразивного комбінату»

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ЕЕ–20

ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

_____ Ігор ТКАЧЕНКО

« ____ » _____ 2024 р.

Керівник роботи

доцент, канд.техн.наук,

_____ Катерина ПЕТРОВА

« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Петро ПЛЄШКОВ

«_____» _____ 2024 р.

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

Ткаченка Ігора Сергійовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Проектування системи електропостачання абразивного комбінату.
Design of the power supply system for an abrasive plant

2. Керівник роботи Петрова Катерина Григорівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 05.07.2024 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи Метою роботи є створення сучасної системи електропостачання підприємства з виробництва абразивних виробів з мінімальними втратами в елементах мережі та розробленням комплексу заходів з підвищення надійності системи електропостачання критичних споживачів промислового об'єкта

Завдання: 1. Електричні навантаження в системі електропостачання. 2. Картограма електричних навантажень та місце розташування центральної розподільної установки (головної знижувальної підстанції). 3. Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства. 4. Компенсація реактивної потужності 5. Трансформаторні підстанції 6. Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання. 7. Спеціальний розділ. Висновки. Перелік посилань

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів валіфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Електричні навантаження в системі електропостачання</i>	<i>08.04.24</i>	
2	<i>Картограма електричних навантажень та місце розташування центральної розподільної установки (головної знижувальної підстанції)</i>	<i>15.04.24</i>	
3	<i>Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства</i>	<i>17.04.24</i>	
4	<i>Компенсація реактивної потужності</i>	<i>22.04.24</i>	
5	<i>Трансформаторні підстанції</i>	<i>29.04.24</i>	
6	<i>Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електроустановок та силових мереж системи електропостачання</i>	<i>06.05.24</i>	
7	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>13.05.24</i>	
8	<i>Оформлення пояснювальної записки КР</i>	<i>27.05.24</i>	
9	<i>Оформлення презентаційної частини КР</i>	<i>03.06.24</i>	

Дата видачі завдання

«08» квітня 2024 р.

Підпис керівника _____

Катерина ПЕТРОВА

Завдання прийнято до виконання

«08» квітня 2024 р.

Підпис здобувача _____

Ігор ТКАЧЕНКО

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 69 с.; 16 рис.; 35 табл.; 11 джерел.

Ткаченко І. С. Проектування системи електропостачання абразивного комбінату. – Рукопис.

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

Метою дослідження є проектування новітньої системи електропостачання промислового об'єкта із мінімальними втратами в складових мережі та впровадженням заходів для підвищення надійності електропостачання (на прикладі абразивного комбінату).

У роботі розглянуто варіанти альтернативних схем електропостачання, виконано розрахунки споживання навантажень, обрано необхідні компенсуючі пристрої, комутаційне обладнання, перевірено обладнання на вплив струмів короткого замикання тощо.

У спеціальному розділі розглянуто заходи для підвищення надійності електропостачання відповідальних споживачів підприємства

Результати досліджень доцільно використовувати під час проектування систем електропостачання промислових об'єктів, які спеціалізуються на виробництві абразивних інструментів.

Ключові слова: система постачання електричної енергії, електричне навантаження, електричне устаткування, надійність, джерело резервного живлення

ABSTRACT

Qualification work: 69 p.; 16 fig.; 35 tables; 11 sources.

Tkachenko I. S. Design of the power supply system for an abrasive plant. – Manuscript.

Bachelor's thesis on speciality 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2024.

The purpose of the study is to design the latest power supply system of an industrial facility with minimal losses in the network components and to implement measures to increase the reliability of power supply (using the example of an abrasive plant).

Alternative power supply schemes were considered in the work, load consumption calculations were performed, the necessary compensating devices, switching equipment were selected, the equipment was checked for the effect of short-circuit currents, etc.

In a special section, measures to increase the reliability of electricity supply to responsible consumers of the enterprise are considered

It is advisable to use the research results during the design of power supply systems of industrial facilities that specialize in the production of abrasive tools.

Key words: electrical energy supply system, electrical load, electrical equipment, reliability, backup power source

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП.....	8
1. Електричні навантаження в системі електропостачання.....	9
1.1. Визначення силових електронавантажень у мережах до 1000 В.....	9
1.2. Визначення освітлювальних електронавантажень	13
1.3. Визначення електронавантажень у силових мережах вище 1000 В	15
1.4. Графіки електричних навантажень.....	21
2. Картограма електричних навантажень та місце розташування головної знижувальної підстанції (ГЗП).....	25
3. Техніко-економічне обґрунтування схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання підприємства.....	27
3.1. Схема приєднання та вибір напруги живлення.....	27
3.2. Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання.....	30
4. Компенсація реактивної потужності.....	31
4.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації.....	31
4.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування пристроїв компенсації реактивної потужності.....	32
5. Трансформаторні підстанції	40
5.1. Вибір кількості та потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій	40
5.2. Компоновка та місце розташування трансформаторних підстанцій	41
6. Розрахунок струмів коротких замикань і вибір обладнання електро- установок та силових мереж системи електропостачання	41

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		І. Ткаченко			Проектування системи електропостачання абразивного комбінату Design of the power supply system for an abrasive plant	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		К. Петрова					5	69
Н.контр.		К. Петрова				ЦНТУ гр. ЕЕ-20		
Затв.		П. Плєшков						

6.1. Розрахунок струмів КЗ	42
6.2. Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж.....	42
6.3. Вибір електрообладнання.....	47
7. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ ГАРАНТОВАНОГО ЖИВЛЕННЯ ВАЖЛИВИХ СПОЖИВАЧІВ ПРОМИСЛОВОГО ОБ'ЄКТА	54
7.1. Визначення обсягів навантаження для встановлення джерела резервного живлення.....	57
7.2. Вибір та встановлення джерела резервного живлення	57
7.2.1 Дослідження можливостей приєднання до найближчого промислового об'єкта	57
7.2.2 Дослідження можливостей під'єднання до АБ	58
7.2.3 Дослідження можливостей під'єднання ДГ	60
7.2.4 Дослідження можливостей реалізації схемних рішень РДЖ	62
ВИСНОВКИ	65
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	67

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

АЕ	— активна енергія
АБ	— акумуляторна батарея
БК	— батарея конденсаторів
ВН	— висока напруга
ВП	— власні потреби
ГЕН	— графіки електричних навантажень підприємства
ДГ	— дизель-генератор
ДРЖ	— джерело резервного живлення
ЕЕ	— електрична енергія
ЕС	— енергосистема
ЕП	— електричний приймач
КЗ	— коротке замкнення
КП	— компенсуючий пристрій
НН	— рівень низької напруги
ПЛ	— повітряна лінія електропередач
ПО	— промисловий об'єкт
РЕ	— реактивна енергія
СП	— силовий пункт
ТН	— трансформатор напруги
ТС	— трансформатор струму

ВСТУП

Визначення потужності та вибір системи електропостачання абразивного комбінату (галузь металооброблення та електротехнічної промисловості) виконано з врахуванням рекомендацій з проєктування промислових об'єктів.

Абразивним комбінатам притаманне виробництво широкого асортименту продукції, яка в основному пов'язана з обробленням поверхонь та матеріалів. Це включає в себе абразивні інструменти, такі як шліфувальні круги, шліфувальні папір та шкурка, абразивні камені, полірувальні засоби тощо. Також можуть виготовлятися абразивні матеріали для абразивного інструменту, такі як керамічні або алмазні матеріали. Виробництво може бути спрямоване на різні галузі, включаючи металооброблення, оброблення скла, кераміки, пластмас і навіть оброблення деревини.

Бакалаврська робота поєднує в собі питання вибору альтернативних схем електропостачання промислового об'єкта, визначення силових та освітлювальних навантажень, місця розташування комплекту компенсуючих пристроїв, перевірки електричного обладнання з врахуванням впливу струмів коротких замкнень, обрання необхідного комутаційного обладнання тощо.

Додатково у роботі проаналізовано можливості покращення надійності та забезпечення стабільності електропостачання важливих споживачів об'єкта. Рекомендовано підвищення стабільності електропостачання критичних споживачів об'єкта шляхом встановлення альтернативних резервних джерел живлення промислового об'єкта.

Характеристика технологічного процесу промислового об'єкта

Технологічному процесу на абразивному комбінаті характерні наступні етапи:

- виготовлення абразивних матеріалів (синтез абразивів: зазвичай використовуються високотемпературні процеси, такі як електрокорундова плавка або хімічний синтез, для отримання абразивних матеріалів. Наприклад, оксид алюмінію може бути виготовлений шляхом електролітичного окиснення

						Арк.

алюмінію або окиснення алюмінієвих солей; оброблення матеріалів: отримані абразивні матеріали можуть бути подрібнені, класифіковані за розміром, формовані або оброблені для підготовки до наступних етапів виробництва; формування інструментів, зокрема пресування: абразивні матеріали зазвичай пресуються за високого тиску і температури, щоб створити компактні блоки або форми, які потім можуть бути поділені на індивідуальні деталі, формування: сформовані блоки або деталі піддаються додатковим операціям формування, таким як обрізання, розмірні обробки або використання шаблонів для отримання певної форми; випалювання: деякі типи абразивів можуть потребувати випалювання при високій температурі для покращення їх механічних властивостей);

- оброблення та фінішування (різання та оброблення: готові інструменти можуть бути обрізані на конкретні розміри та форми, а також піддані додатковим обробкам, таким як шліфування, для підвищення їх точності і якості; полірування: деякі інструменти можуть піддаватися поліруванню для отримання додаткового глянцевого чи гладкого покриття);

- упакування та доставка (упакування: готові інструменти упаковуються відповідно до вимог безпеки та захисту від пошкоджень під час транспортування та зберігання; доставка: після упакування готова продукція транспортується до складів зберігання або безпосередньо до клієнтів).

До головних виробничих цехів промислового об'єкту належать: цехи шліфувальних порошків та зерна, заводоуправління та лабораторія, насосна станція, корпус шліфувальних виробів, цехи крупного подрібнення та переплавлення піриту, пічний цех, цех руднотермічних печей, склади, зокрема шліфувального зерна, підготовчий та ремонтний цехи, котельня.

Метою дослідження є проєктування новітньої системи електропостачання промислового об'єкта із мінімальними втратами в складових мережі та впровадженням заходів для підвищення надійності електропостачання (на прикладі абразивного комбінату).

						Арк.

1. ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АБРАЗИВНОГО КОМБІНАТУ

1.1. Визначення силових електронавантажень у мережах до 1000 В

Обчислюємо ЕН відповідно до вимог [2].

Для цеху шліфувальних порошків №1 (див. табл. 1.1):

- загальна кількість встановленого обладнання $n = 50$ шт.;
- значення сумарної номінальної потужності $\sum P_H = 726$ кВт;
- значення середнього навантаження $\sum P_{CM} = 508$ кВт та $\sum Q_{CM} = 381$

кВар.

Отже, значення n_E становитиме:

$$n_E = 2 \cdot \sum P_H / P_{H.MAX} = 2 \cdot 726 / 25 = 50 .$$

Виходячи із значення n_E отримуємо відповідне $K_M = 1,0$.

Відповідно значення розрахункових навантажень становитимуть:

$$P_p = \sum P_{CM} \cdot K_M = 508 \cdot 1,0 = 508 \text{ кВт};$$

$$Q_p = \sum Q_{CM} = 381 \text{ кВар};$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = 635 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

У таблиці 1.1. подано результати розрахунків за наведеною методикою для інших підрозділів та промислового об'єкта загалом.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.2. Визначення освітлювальних електронавантажень

Наведемо приклад застосування методики визначення освітлювального навантаження для цеху шліфувальних порошків №1:

Розрахункове значення встановленої потужності для цеху із загальною площею $F = 1530 \text{ м}^2$ та питомою потужністю освітлювального навантаження $\rho_0 = 12 \text{ кВт/м}^2$ становитиме:

$$P_B = F \cdot \rho_0 \cdot 10^{-3} = 1530 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 18,36 \text{ кВт.}$$

Відповідно розрахункові значення активної, реактивної та повної потужностей набудуть значень:

$$P_p = K_C \cdot K_1 \cdot P_B = 0,95 \cdot 1,2 \cdot 18,36 = 20,9 \text{ кВт}$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 20,9 \cdot 0,48 = 10,1 \text{ кВар}$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{20,9^2 + 10,1^2} = 23,3 \text{ кВА}$$

У вигляді табл. 1.2. сформовано результати розрахунків, виконаних за аналогічною методикою для всіх цехів промислового комбінату.

						Арк.

Таблиця 1.2. Освітлювальні ЕН цехів промислового комбінату

№ з/п	Назва структурного підрозділу комбінату	F , м ²	ρ_0 , Вт/м ²	P_B , кВт	K_C	K_1	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	P_P , кВт	Q_P , кВар	S_P , кВА
1	Цех шліф порошоків №1	1 530	12	18,36	8,89	0,95	1,200	0,9	0,480	20,9	10,1
2	Цех шліф зерна №1	1 800	12	21,60	10,46	0,95	1,200	0,9	0,480	24,6	11,9
3	Заводоуправління та лобараторія	1 980	20	39,60	19,18	0,80	1,200	0,9	0,480	38,0	18,4
4	Цех шліф зерна №2	1 484	12	17,81	8,62	0,95	1,200	0,9	0,480	20,3	9,8
5	Насосна станція	855	8	6,84	0,00	0,85	1,000	1,00	0,000	5,8	0,0
6	Корпус шліф виробів	2 531	14	35,43	17,16	0,95	1,200	0,90	0,480	40,4	19,6
7	Цех руднотермічних печей										
	а) 10,5 кВ (РТП-10)	2 592	10	25,92	44,89	0,95	1,120	0,50	1,73	27,6	47,8
	б) 0,38 кВ										
8	Цех крупного подрібнення	1 404	14	19,66	34,05	0,95	1,120	0,50	1,73	20,9	36,2
9	Склад шліф зерна	743	6	4,46	0,00	0,60	1,000	1,00	0,00	2,7	0,0
10	Цех шліф порошоків №2	1 080	12	12,96	0,00	0,95	1,000	1,00	0,00	12,3	0,0
11	Хімічний цех	1 350	14	18,90	9,15	0,95	1,200	0,90	0,48	21,5	10,4
12	Цех переплавлення піриту	1 082	12	12,98	22,49	0,95	1,120	0,50	1,73	13,8	23,9
13	Пічний цех № 1										
	а) 10,5 кВ (ДСП-10)	2 390	10	23,90	41,40	0,95	1,120	0,50	1,73	25,4	44,0
	б) 0,38 кВ										
14	Пічний цех № 2										
	а) 10,5 кВ	2 436	10	24,36	42,19	0,95	1,120	0,50	1,73	25,9	44,9
	б) 0,38 кВ										
15	Підготовчий цех № 2	3 263	14	45,68	22,12	0,95	1,200	0,90	0,48	52,1	25,2
16	Склад	1 519	6	9,11	0,00	0,60	1,000	1,00	0,00	5,5	0,0
17	Котельня	1 620	10	16,20	0,00	0,85	1,000	1,00	0,00	13,8	0,0
18	Ремонтний цех	1 519	18	27,34	13,24	0,95	1,200	0,90	0,48	31,2	15,1
19	Компресорна	486	8	3,89	0,00	0,85	1,000	1,00	0,00	3,3	0,0

Арк.

Продовження табл. 1.2.

№ з/п	Назва структурного підрозділу комбінату	F , м2	ρ_0 , Вт/м2	P_B , кВт	K_C	K_1	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	P_P , кВт	Q_P , кВар	S_P , кВА
20	Освітлення території комбінату	152 028	0,2	30,4056	52,66	0,60	1,120	0,50	1,73	20,4	29,5
	Всього по комбінату				415	347					426

						Арк.

1.3. Визначення електронавантажень у силових мережах вище 1000 В

У роботі запропоновано встановлення ТМ 1000 кВА загальною кількістю 4 шт для ТП № 1 та 2 з технічними параметрами:

$S_{НОМ}$, кВА	U_{K3} , %	ΔP_{K3} , кВт	ΔP_{XX} , кВт	I_{XX} , %
1000	5,5	10	1,55	5,5

$$\Delta P = n \cdot (\Delta P_x + \Delta P_K \cdot K_3^2) = 4 \cdot (1,55 + 10 \cdot 0,604^2) = 19,7 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q = n \cdot \left(\frac{I_x}{100} \cdot S_H + \frac{U_K}{100} \cdot S_H \cdot K_3^2 \right) = 4 \cdot \left(\frac{5,5}{100} \cdot 1000 + \frac{5,5}{100} \cdot 1000 \cdot 0,604^2 \right) = 102,2 \text{ кВар}$$

У таблиці 1.3. за даною методикою подано результати розрахунків втрат ТП 3-6.

						Арк.

Таблиця 1.3. Визначення силових ЕН в мережі з номінальним значенням напруги понад 1000 В

№	Назва групи споживачів	Кіл-ть	Р одного			P_{Σ}	m	K_B	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	Середнє ЕН		n_E	K_M	Розрахункове ЕН		
			min	...	max						P_{CM} , кВт	Q_{CM} , квар			P_P , кВт	Q_P , квар	S_P , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
ТП №1, 2 (4x1000)																	
1	Цех руднотермічних печей	25	7	...	40	350	5,7	0,80	0,900	0,48	280,0	135,6	18	1	280,0	135,6	311,1
	Силове навантаження										25,9	44,9			27,6	47,8	55,2
	Освітлювальне навантаження										305,9	180,5			307,6	183,4	358,1
	Всього по цеху																
2	Цех крупного подрібнення	25	10	...	50	544	5	0,40	0,750	0,88	217,6	191,9	22	1,3	282,9	191,9	341,8
	Силове навантаження										19,7	34,0			20,9	36,2	41,8
	Освітлювальне навантаження										237,3	226,0			303,8	228,1	379,9
	Всього по складу																
3	Цех переплавлення піриту	20	10	...	100	1400	10	0,40	0,7	1,02	560,0	571,3	20	1,31	736,3	571,3	932,0
	Силове навантаження										13,0	22,5			13,8	23,9	27,6
	Освітлювальне навантаження										573,0	593,8			750,1	595,2	957,6
	Всього по цеху																
4	Хімічний цех	88	7,5	...	40	1861,1	5,3	0,61	0,818	0,7	1132,6	796,9	88	1	1132,6	796,9	1384,8
	Силове навантаження										18,9	9,2			21,5	10,4	23,9
	Освітлювальне навантаження										1151,5	806,1			1154,1	807,3	1408,5
	Всього по цеху	25	7	...	40	350	5,7	0,80	0,90	0,48	280,0	135,6	18	1	280,0	135,6	311,1
Всього силова по ТП 1,2		158	7	...	100	4155	14	0,53	0,79	0,77	2190,2	1695,7	83	1,10	2415,2	1695,7	2951,0
Всього освітлювальна по ТП 1,2											77,5	110,6			83,9	118,4	145,0
Всього на шинах 0,4 кВ по ТП 1,2											2267,6	1806,3			2499,0	1814,1	3088,1
Компенсуючі пристрої 0,4 кВ																-1608,0	
Навантаження з урах-м КП 0,4 кВ															2499,0	206,1	2507,5
Втрати в тр-рах ТП 1,2 (4x1000), Kз=0,604															19,7	102,2	104,1
Всього на шинах 10 кВ по ТП 1,2															2518,7	308,3	2537,5

ЗМ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
ТП № 3, 4 (3x1000)																	
1	Цех шліф порошоків №2																
	Силове навантаження	10	5	...	15	130	3	0,70	0,80	0,75	91,0	68,3	10	1	91,0	75,1	118,0
	Освітлювальне навантаження										13,0	0,0			12,3	0,0	0,0
	Всього по цеху										104,0	68,3			103,3	75,1	127,7
2	Цех шліф зерна №2																
	Силове навантаження	30	10	...	50	426	5	0,70	0,8	0,75	298,2	223,7	17	1	298,2	223,7	372,8
	Освітлювальне навантаження										17,8	8,6			20,3	9,8	22,6
	Всього по цеху										316,0	232,3			318,5	233,5	394,9
3	Склад шліф зерна																
	Силове навантаження	30	10	...	50	426	5	0,70	0,8	0,75	298,2	223,7	17	1	298,2	223,7	372,8
	Освітлювальне навантаження										4,5	0,0			2,7	0,0	2,7
	Всього по цеху										302,7	223,7			300,9	223,7	374,9
4	Цех шліф порошоків №1																
	Силове навантаження	50	3	...	25	726	8,3	0,70	0,8	0,75	508,2	381,2	50	1	508,2	381,2	635,3
	Освітлювальне навантаження										18,4	8,9			20,9	10,1	23,3
	Всього по цеху										526,6	390,0			529,1	391,3	658,1
5	Пічний цех № 1																
	Силове навантаження	20	1	...	25	200	25	0,75	0,900	0,48	150,0	72,6	16	1	150,0	72,6	166,7
	Освітлювальне навантаження										17,8	8,6			20,3	9,8	22,6
	Всього по цеху										167,8	81,3			170,3	82,5	189,2
6	Компресорна																
	Силове навантаження	4	125	...	125	600	1	0,6	0,700	1,02	360,0	367,3	4	1,52	546,1	404,0	679,3
	Освітлювальне навантаження										6,8	0,0			5,8	0,0	5,8
	Всього по компресорній										366,8	367,3			551,9	404,0	684,0
7	Освітлення території ком-ту																
	Всього по території ком-ту										25,9	44,9			27,6	47,8	55,2
Всього силова по ТП 3,4		144	1	...	125	2508	125	0,68	0,787	0,78	1705,6	1336,6	40	1	1705,6	1336,6	2166,9
Всього освітлювальна по ТП 3,4											111,8	58,9			85,0	64,0	115,0
Всього на шинах 0,4 кВ по ТП 3,4											1817,4	1395,5			1790,6	1400,6	2273,3
Компенсуючі пристрої 0,4 кВ																-1206,0	
Навантаження з урах-м КП 0,4 кВ															1790,6	194,6	1801,1
Втрати в тр-рах ТП 3,4 (3x1000), Кз=0,604															6,6	34,1	34,7
Всього на шинах 10 кВ по ТП 3,4															1797,1	228,7	1811,6

Док.

1.4. Графіки електричних навантажень

Вихідні дані для побудови ГЕН подано у табл.1.4.

Таблиця 1.4. Відсоткове добове значення ЕН

№ з/п	Активна потужність		Реактивна потужність	
	<i>P_{роб}</i> , %	<i>P_{вих}</i> , %	<i>Q_{роб}</i> , %	<i>Q_{вих}</i> , %
1	45	36	45	36
2	45	36	45	36
3	45	36	45	36
4	45	36	45	36
5	50	36	50	36
6	50	36	50	36
7	80	36	80	36
8	90	36	90	36
9	100	26	100	26
10	100	26	100	26
11	90	26	90	26
12	80	26	80	26
13	90	26	90	26
14	90	26	90	26
15	100	26	100	26
16	100	26	100	26
17	90	26	90	26
18	80	36	80	36
19	60	36	60	36
20	60	36	60	36
21	50	36	50	36
22	50	36	50	36
23	50	36	50	36
24	45	36	45	36

						Арк.

Таблиця 1.5. Розрахункові дані для побудови ГЕН

№	Зимові дні						Літні дні					
	Робочі дні			Вихідні дні			Робочі дні			Вихідні дні		
	<i>P, кВт</i>	<i>Q, кВар</i>	<i>S, кВА</i>	<i>P, кВт</i>	<i>Q, кВар</i>	<i>S, кВА</i>	<i>P, кВт</i>	<i>Q, кВар</i>	<i>S, кВА</i>	<i>P, кВт</i>	<i>Q, кВар</i>	<i>S, кВА</i>
1	12121	8094	14575	9697	6475	11660	10303	6880	12389	8242	5504	9911
2	12121	8094	14575	9697	6475	11660	10303	6880	12389	8242	5504	9911
3	12121	8094	14575	9697	6475	11660	10303	6880	12389	8242	5504	9911
4	12121	8094	14575	9697	6475	11660	10303	6880	12389	8242	5504	9911
5	13468	8994	16195	9697	6475	11660	11448	7645	13766	8242	5504	9911
6	13468	8994	16195	9697	6475	11660	11448	7645	13766	8242	5504	9911
7	21549	14390	25912	9697	6475	11660	18316	12231	22024	8242	5504	9911
8	24242	16189	29151	9697	6475	11660	20606	13760	24778	8242	5504	9911
9	26936	17987	32390	7003	4677	8421	22896	15289	27531	5953	3975	7158
10	26936	17987	32390	7003	4677	8421	22896	15289	27531	5953	3975	7158
11	24242	16189	29151	7003	4677	8421	20606	13760	24778	5953	3975	7158
12	21549	14390	25912	7003	4677	8421	18316	12231	22024	5953	3975	7158
13	24242	16189	29151	7003	4677	8421	20606	13760	24778	5953	3975	7158
14	24242	16189	29151	7003	4677	8421	20606	13760	24778	5953	3975	7158
15	26936	17987	32390	7003	4677	8421	22896	15289	27531	5953	3975	7158
16	26936	17987	32390	7003	4677	8421	22896	15289	27531	5953	3975	7158
17	24242	16189	29151	7003	4677	8421	20606	13760	24778	5953	3975	7158
18	21549	14390	25912	9697	6475	11660	18316	12231	22024	8242	5504	9911
19	16162	10792	19434	9697	6475	11660	13737	9174	16519	8242	5504	9911
20	16162	10792	19434	9697	6475	11660	13737	9174	16519	8242	5504	9911
21	13468	8994	16195	9697	6475	11660	11448	7645	13766	8242	5504	9911
22	13468	8994	16195	9697	6475	11660	11448	7645	13766	8242	5504	9911
23	13468	8994	16195	9697	6475	11660	11448	7645	13766	8242	5504	9911
24	12121	8094	14575	9697	6475	11660	10303	6880	12389	8242	5504	9911

Арк.

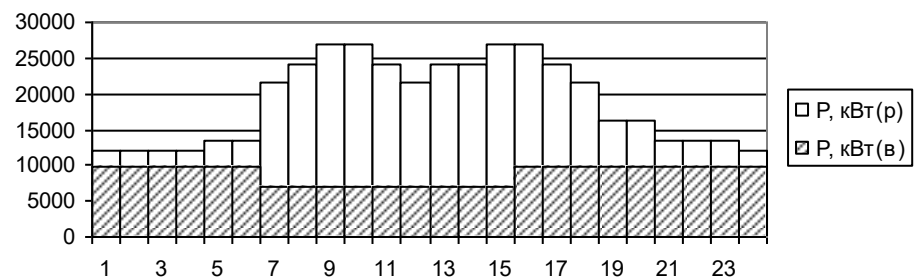


Рисунок 1.1. ГЕН активних навантажень зимовий період року

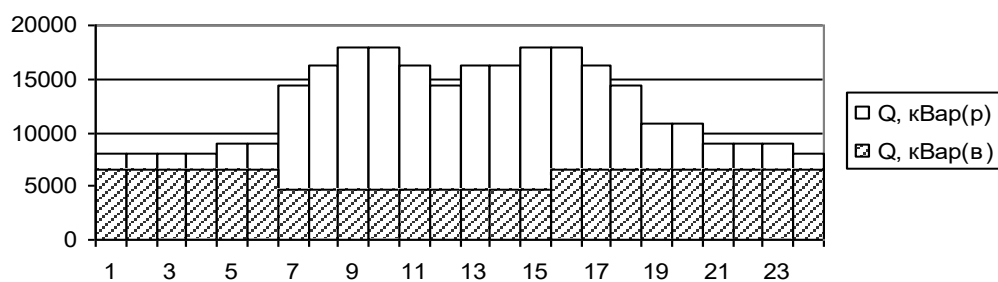


Рисунок 1.2. ГЕН реактивних навантажень зимовий період року

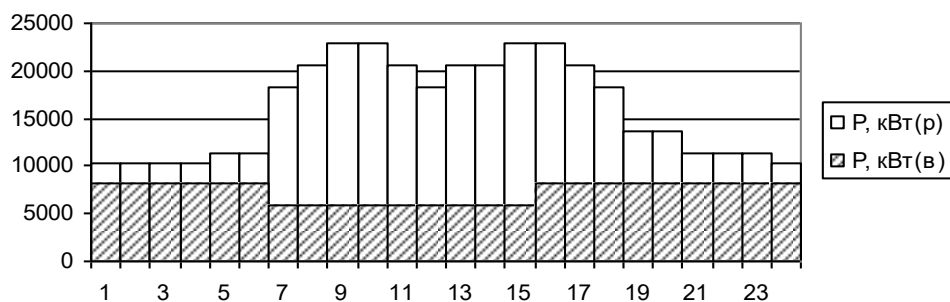


Рисунок 1.3. ГЕН активних навантажень літнього період року

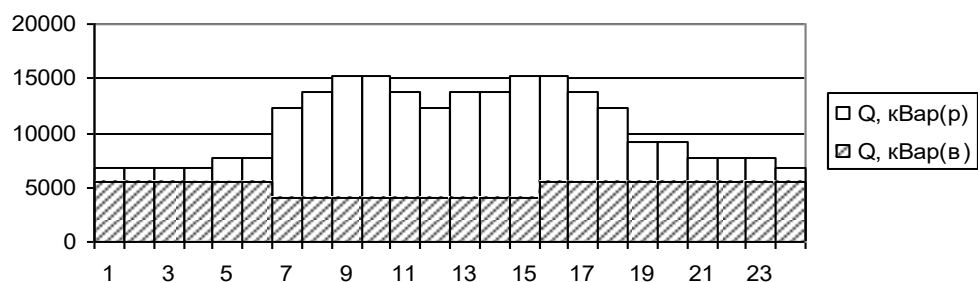


Рисунок 1.4. ГЕН реактивних навантажень літнього період року

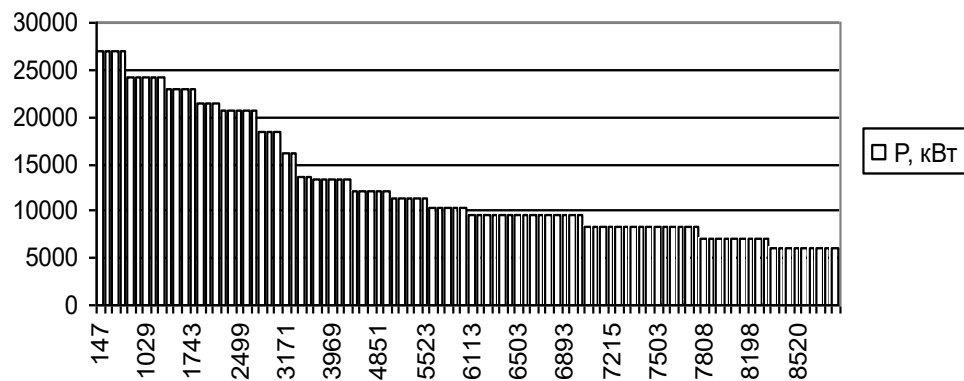


Рисунок 1.5. ГЕН активного навантаження за тривалістю (річний)

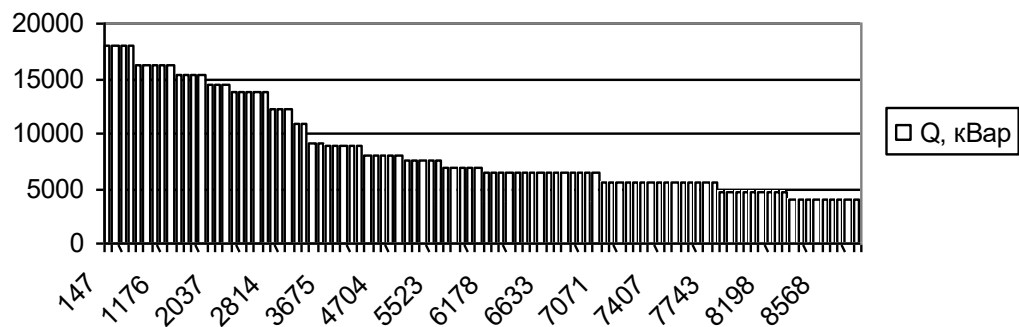


Рисунок 1.6. ГЕН реактивного навантаження за тривалістю (річний)

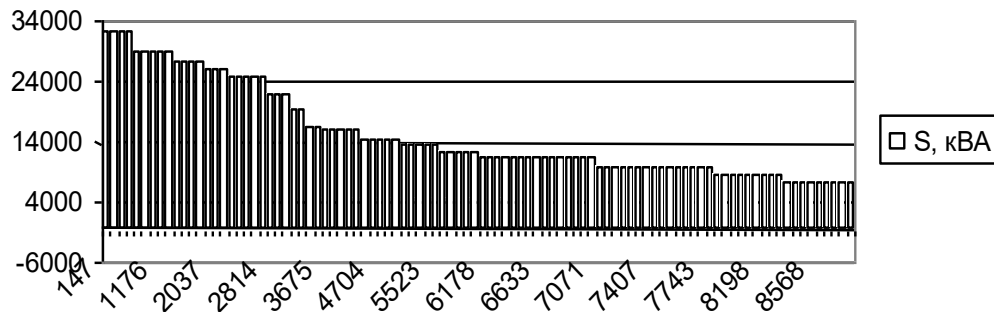


Рисунок 1.7. ГЕН повного навантаження за тривалістю (річний)

Значення часу використання максимуму ЕН та часу максимальних втрат для абразивного комбінату:

$$T_M = \sqrt{\frac{W_P^2 + V_P^2}{S_P^2}} = \frac{86417862^2 + 68428113^2}{27240^2} = 4800 \text{ год.}$$

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10^4}\right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{4800}{10^4}\right) \cdot 8760 = 3196 \text{ год.}$$

2. КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА МІСЦЕ РОЗТАШУВАННЯ ГОЛОВНОЇ ЗНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІЇ (ГЗП)

Визначення площі кола для цеху шліфувальних порошків №1 виконаємо, виходячи із:

$$P_1 = \pi R_1^2 m = 529,13 \text{ кВА}.$$

Відповідно значення R_1 , що характеризує силове навантаження становитиме:

$$R_1 = \sqrt{\frac{P_1}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{P_p}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{529,13}{3,14 \cdot 0,5}} = 18,35 \text{ мм},$$

де $m = 0,5 \text{ кВт/мм}^2$ – запропонований масштаб.

Сектор кола, що характеризує значення освітлювального навантаження:

$$\alpha_1 = \frac{P_{\text{осв}} \cdot 360^0}{\pi \cdot R_1^2 \cdot m} = \frac{20,93 \cdot 360^0}{3,14 \cdot 18,35^2 \cdot 0,5} = 14,24^0.$$

Визначені радіуси кіл R_i та значення секторів α_i для структурних підрозділів промислового об'єкту зведені до табл. 2.1.

Розрахунково визначено координати розміщення центру електричних навантаження $X = 301,7 \text{ м}$, $Y = 158 \text{ м}$, виходячи із:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{2321104,25}{7694} = 301,7 \text{ м},$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{1215411,74}{7694} = 158 \text{ м}.$$

						Арк.

Таблиця 2.1. Зведені показники для побудови картограми ЕН структурних підрозділів промислового об'єкту

№ з/п	Назва структурного підрозділу	$P_{P_{\text{сил}}}$, кВт	$P_{P_{\text{осв}}}$, кВт	$P_{P_{\Sigma}}$, кВт	R , м	a	x , м	y , м	$P \cdot x$, кВт м	$P \cdot y$, кВт м
1	Цех шліф порошоків №1	508,20	20,93	529,13	18,35	14,24	346	176	183184,94	92862,39
2	Цех шліф зерна №1	210,70	24,62	235,32	12,24	37,67	282	153	66290,77	36004,57
3	Заводоуправління та лобараторія	325,50	38,02	363,52	15,21	37,65	207	243	75247,81	88334,39
4	Цех шліф зерна №2	298,20	20,30	318,50	14,24	22,95	345	249	109882,89	79306,78
5	Насосна станція	659,66	5,81	665,47	20,58	3,15	273	75	181674,55	49910,59
6	Корпус шліф виробів	1120,00	40,39	1160,39	27,18	12,53	63	69	73104,87	80067,24
7	Цех руднотермічних печей						0			
	б) 0,38 кВ	280,00	27,58	307,58	13,99	32,28	456	213	140255,97	65514,30
8	Цех крупного подрібнення	282,85	20,91	303,77	13,91	24,79	477	126	144897,30	38274,76
9	Склад шліф зерна	107,73	2,67	110,41	8,38	8,72	387	171	42728,26	18879,93
10	Цех шліф порошоків №2	91,00	12,31	103,31	8,11	42,90	389	246	40136,71	25414,75
11	Хімічний цех	1132,55	21,55	1154,10	27,11	6,72	464	54	534924,65	62321,32
12	Цех переплавлення піриту	736,32	13,81	750,13	21,85	6,63	447	128	335309,40	95641,94
13	Пічний цех № 1									
	б) 0,38 кВ	150,00	25,43	175,43	10,57	52,18	342	107	59996,92	18683,25
14	Пічний цех № 2									
	б) 0,38 кВ	112,50	25,92	138,42	9,39	67,41	285	243	39449,43	33635,83
15	Підготовчий цех № 2									
16	Склад	143,13	5,47	148,60	9,73	13,25	84	252	12482,48	37447,43
17	Котельня	357,57	13,77	371,34	15,38	13,35	56	252	20609,18	93576,81
18	Ремонтний цех	451,96	31,17	483,12	17,54	23,23	86	162	41307,18	78266,24
19	Компресорна	546,13	3,30	549,43	18,70	2,17	342	345	187906,28	189554,58
	Територія комбінату		20,43	20,43	3,61	360,00	0	0	0,00	0,00
	Всього по комбінату	7694	426,5	8120,8					2321104,25	1215411,74

Виходячи із значення економічної густини струму визначаємо площу перерізу ПЛ:

$$F_{EK} = \frac{I_p}{j_{EK}} = \frac{224,66}{1,1} = 204,24 \text{ мм}^2$$

Обираємо дволанцюгову ПЛ марки 2хАС $F = 150 \text{ мм}^2$.

Коефіцієнт завантаження ПЛ становитиме:

$$K_3 = \frac{I_p}{n \cdot I_{дон}} = \frac{224,66}{4 \cdot 445} = 0,126.$$

На ГЗП запропоновано встановлення 2хТРДН -25000 зі значенням коефіцієнта завантаження:

$$K_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{НОМ}} = \frac{27239,1}{2 \cdot 25000} = 0,545.$$

З врахуванням аварійних перевантажень відповідає нормативу:

$$K_{3AB} = \frac{S_p}{S_{НОМ}} = \frac{27239}{25000} = 1,09 < 1,4.$$

Обсяги втрат ЕЕ ПЛ:

$$\Delta P_{Л} = \Delta P_{1км} I_{\Sigma} K_3^2 = 149 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 0,545^2 = 227,87 \text{ кВт},$$

$$\Delta W_{Л} = \Delta P_{Л} \tau_{ноб} = 227,87 \cdot 3196 = 725990,57 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Обсяги втрат ЕЕ в трансформаторі:

$$\Delta W_{тр} = n(\Delta P_x T_p + \Delta P_{\kappa} K_3^2 \tau) = 2(18 \cdot 8760 + 85 \cdot 0,545^2 \cdot 3196) = 699975,3 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Загальний обсяг втрат ЕЕ:

$$\Delta W_{\Sigma} = \Delta W_{ПЛ} + \Delta W_{ТР} = 725990,57 + 699975,3 = 1425965,864 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Загальна їх вартість:

$$C_{ВТР} = \Delta W_{\Sigma} C_0 = 1425965,864 \cdot 4,009 \cdot 10^{-3} = 5716,7 \text{ тис. грн.}$$

Результати визначення необхідного розміру фінансування та визначення розміру втрат для обох варіантів наведено у табл.3.1 та 3.2 відповідно.

						Арк.

Таблиця 3.1. Розрахунок вартості обладнання для встановлення

№ з/п	Обладнання для встановлення	Од. вим.	К-ть	Вартість од., тис. грн	Загальна вартість, тис. грн
Варіант №1	ЛЕП $U_H = 35$ на зал./бет. опорах	км	24	218,84	5252,20
	ВРП $U_H = 35$ кВ	компл.	1	169,68	169,68
	Тр-ри 35/10 кВ	шт.	2	142,20	142,20
	Усього				5564,08
Варіант №2	ЛЕП $U_H = 110$ кВ на зал./бет. опорах	км	12	241,23	2894,76
	ВРП $U_H = 110$ кВ	компл.	1	235,00	235,00
	Тр-ри 110/10 кВ	шт.	2	340,00	680,00
	Усього				3852,72

Таблиця 3.2. Обчислення поточних витрат на обладнання для встановлення

№ з/п	Обладнання для встановлення	K_i , тис. грн	P_A , %	C_A , %	P_E , %	C_E , %	C_{II} , тис.грн
Варіант №1	ЛЕП $U_H = 35$ кВ	5252,2	5	262,61	5	262,61	525,22
	ВРП $U_H = 35$ кВ	169,68	15	25,452	5	8,484	33,936
	Тр-ри 35/10 кВ	142,2	15	21,33	5	7,11	28,44
	Усього						587,60
Варіант №2	ЛЕП $U_H = 110$ кВ на зал./бет. опорах	2894,8	5	144,74	5	144,74	289,48
	ВРП $U_H = 110$ кВ	235	15	35,25	5	11,75	47
	Тр-ри 110/10 кВ	680	15	102	5	34	136
	Усього						472,48

						Арк.

Таблиця 3.3. Визначення зведених витрат

Параметр	Відповідно до варіанту, т.грн.	
	1	2
Обсяг інвестицій	5564,08	3852,72
Обсяг поточних затрат	587,60	472,48
Вартість втрат ЕЕ	3158,7	3716,7
Зведені витрати	4580,91	4617,09

Порівняння варіантів показало, що II варіант за економічними показниками відрізняється менше, ніж на 10%, до того ж з точки зору ймовірного росту навантаження та перспективу розвитку промислового об'єкта він теж виявляється кращим, тому перевагу надаємо саме йому.

3.2. Вибір напруги і схеми внутрішнього електропостачання

Технічним рішенням для системи внутрішнього електропостачання промислового об'єкту використано $U_H = 10$ кВ. Освітлювальне та силове навантаження цехів проєктується $U_H = 380 / 220$ В.

У якості розподільної мережі електропостачання промислового об'єкту використано КЛ напругою 10 кВ із застосуванням магістральної, радіальної та/чи змішаної схем. Підбір конкретної схеми виконано за індивідуальним підходом, враховуючи характеристики окремих навантажень та їх територіального розміщення, а також категорії надійності та обсягів потужності.

4. КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

4.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір пристроїв для її компенсації

Навантаження НН:

$$P_n = 7284 \text{ кВт},$$

$$Q_n = 5569 \text{ кВар}.$$

Навантаження ВН:

$$P_{\text{в}} = 7338 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{в}} = 889 \text{ кВар}.$$

Значення втрат:

$$\Delta P_m = 54 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_m = 278 \text{ кВар}.$$

Загальне навантаження ПО:

$$P_p = 26936 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 17987 \text{ кВар}.$$

Обсяг Q_e , яка може бути передана ЕС:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_c = 26936 \cdot 0.15 = 4040 \text{ кВар}.$$

Значення $Q_{\text{кп}}$, що має бути скомпенсоване:

$$Q_{\text{кп}} = Q_p - Q_e = 17987 - 4040 = 13947 \text{ кВар}.$$

Визначаємо кількість ТР:

$$N_0 = \frac{P_n}{K_3 P_{\text{ном}}} = \frac{7284}{0.7 \cdot 1000} \approx 13 \text{ шт.}$$

Варіант - 1 з $N = N_0 = 6$ шт:

$$Q_n = \sqrt{(N \cdot K_3 \cdot S_{\text{ном}})^2 - P_n^2} = \sqrt{(13 \cdot 0.7 \cdot 1000)^2 - 7284^2} = 5454.66 \text{ кВар}.$$

						Арк.

Оскільки, в складі навантаження присутнє високовольтне навантаження, а саме руднотермічні та дугові сталеплавильні печі, встановлюємо на високій стороні для них компенсуючи пристрої:

- для 2хРТП -10 – 2хУКЛ-56/10,5/1800 УЗ;
- для 4хДСП-10 – 4хУКЛ-56/10,5/1350 УЗ.

Загальна потужність високовольтних КП:

$$Q_{кВ} = 2 \cdot 1800 + 4 \cdot 1350 = 9000 \text{ кVar.}$$

Виходячи із балансу отримаємо зачення $Q_{кн}$

$$Q_{кн} = Q_{КП} - Q_{с} = 13947 - 9000 = 4947 \text{ кVar.}$$

Розмістимо визначену реактивну потужність на стороні НН.

Таблиця 4.1. Вибір та місце розміщення КП (0,4 кВ)

ТП	n	P _p	Q _p	Q _{np}	Q _{кп}	Q _p - Q _{кп}	K _з	S _p	K _i , тис грн
ТП № 1, 2	4	2415	1696	1416,65	279	88	0,60	2416,77	705,28
ТП № 3, 4	3	1797	1435	1086,397	349	229	0,60	1811,67	351,21
ТП № 5	2	1290	1031	544,578	486	495	0,69	1381,43	193,53
ТП № 6,7	4	2377	1958	1479,18	479	350	0,60	2402,99	913,99

Отже, потужність КП на НН:

$$Q_{кн} = 4958 \text{ кVar.}$$

Уточнена пропускна потужність:

$$Q_{н} = Q_{н} - Q_{кн} = 7284 - 4958 = 2326 \text{ кVar.}$$

Обсяги додаткових втрат потужності в трансформаторах цехових ТП під час передавання реактивної потужності:

$$\Delta P_{тр} = \frac{Q_{np}^2 \Delta P_{к}}{n \cdot P_{ном}^2} = \frac{2326^2 \cdot 12.2}{13 \cdot 1000^2} = 0,35 \text{ кВт.}$$

- в низьковольтних БК:

$$\Delta P_{кн} = 0.0045 Q_{кн} = 0,0045 \cdot 4958 = 22,31 \text{ кВт.}$$

						Арк.

- у високовольтних БК:

$$\Delta P_{\kappa B} = 0.003 Q_{\kappa B} = 0,003 \cdot 9000 = 27 \text{ кВт.}$$

Вартість комплектних ТП та додатково встановлених БК:

$$K_{\kappa H} = 3978 \text{ тис. грн.}$$

$$K_{\kappa B} = 242,57 \text{ тис. грн.}$$

$$K_{\text{КТП}} = 4165,5 \text{ тис. грн.}$$

Вартість витрат:

$$Z = E_H (K_{\kappa H} + K_{\kappa B} + K_{\text{КТП}}) + (\Delta P_{\kappa H} + \Delta P_{\kappa B} + \Delta P_{\text{ТП}}) C_0 \tau =$$

$$= 0,12(3978 + 242,57 + 4165,5) + (22 + 27 + 0,35) \cdot 4,009 \cdot 3196 = 633316,23 \text{ тис. грн.}$$

У вигляді таблиці 4.2. подано отримані зведені витрати на встановлення КП для $N = N_0 + 1$, $N = N_0 + 2$.

Таблиця 4.2. Зведені затрати на встановлення КП

Параметр	Варіант		
	1	2	3
Потужність КП (0,4 кВ)	4958	11258	10358
Потужність КП (10 кВ)	9000	2700	3600
Обсяг реактивної потужності, переданої від енергосистеми	4040	4040	4040
Загальні по балансу	13958	13958	13958
Затрати на КП (БСК)	1 165,63	1 209,74	1 434,89
Загальні затрати на компенсацію	1 165,63	1 209,74	1 434,89

Отже, враховуючи мінімальне значення затрат, характерне першому варіанту (див. таблицю 4.2), обираємо його. Місця встановлення КП наведено у вигляді таблиці 4.3.

						Арк.

Таблиця 4.3. ЕН ПО з врахуванням КП

№	Назва групи споживачів	Кіл-ть	Р одного			P_{Σ}	m	K_B	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	Середнє ЕН		n_E	K_M	Розрахункове ЕН		
			min	...	max						P_{CM} , кВт	Q_{CM} , квар			P_P , кВт	Q_P , квар	S_P , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
ТП №1, 2 (4x1000)																	
1	Цех руднотермічних печей	25	7	...	40	350	5,7	0,8	0,900	0,48	280,0	135,6	18	1	280,0	135,6	311,1
	Силове навантаження										25,9	44,9			27,6	47,8	55,2
	Освітлювальне навантаження										305,9	180,5			307,6	183,4	358,1
	Всього по цеху																
2	Цех крупного подрібнення	25	10	...	50	544	5	0,4	0,750	0,88	217,6	191,9	22	1,3	282,9	191,9	341,8
	Силове навантаження										19,7	34,0			20,9	36,2	41,8
	Освітлювальне навантаження										237,3	226,0			303,8	228,1	379,9
	Всього по складу																
3	Цех переплавлення піриту	20	10	...	100	1400	10	0,4	0,700	1,02	560,0	571,3	20	1,31	736,3	571,3	932,0
	Силове навантаження										13,0	22,5			13,8	23,9	27,6
	Освітлювальне навантаження										573,0	593,8			750,1	595,2	957,6
	Всього по цеху																
4	Хімічний цех	88	7,5	...	40	1861,1	5,3	0,61	0,818	0,70	1132,6	796,9	88	1	1132,6	796,9	1384,8
	Силове навантаження										18,9	9,2			21,5	10,4	23,9
	Освітлювальне навантаження										1151,5	806,1			1154,1	807,3	1408,5
	Всього по цеху	25	7	...	40	350	5,7	0,8	0,90	0,48	280,0	135,6	18	1	280,0	135,6	311,1
Всього силова по ТП 1,2		158	7	...	100	4155	14	0,53	0,79	0,77	2190,2	1695,7	83	1,10	2415,2	1695,7	2951,0
Всього освітлювальна по ТП 1,2											77,5	110,6			83,9	118,4	145,0
Всього на шинах 0,4 кВ по ТП 1,2											2267,6	1806,3			2499,0	1814,1	3088,1
Компенсуючі пристрої 0,4 кВ															-1608,0		
Навантаження з урах-м КП 0,4 кВ															2499,0	206,1	2507,5
Втрати в тр-рах ТП 1,2 (4x1000), Кз=0,604															19,7	102,2	104,1
Всього на шинах 10 кВ по ТП 1,2															2518,7	308,3	2537,5

[illegible]

[illegible]

Зм	Арк	№ док-м	Підпис	Дата	ТП № 6, 7 (4x1000)																
					1	3	4		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Підготовчий цех № 2																				
	Силове навантаження				40	1	...	30	456	30	0,3	0,700	1,02	136,8	139,6	30	1,32	180,3	139,6	228,0	
	Освітлювальне навантаження												45,7	22,1			52,1	25,2	57,9		
	Всього по цеху												182,5	161,7			232,3	164,8	284,8		
2	Склад																				
	Силове навантаження				10	10	...	15	186	1,5	0,6	0,900	0,48	111,6	54,1	10	1,28	143,1	59,5	155,0	
	Освітлювальне навантаження												45,7	22,1			5,5	0,0	5,5		
	Всього по складу												157,3	76,2			148,6	59,5	160,1		
3	Котельня																				
	Силове навантаження				25	10	...	80	475	8	0,6	0,750	0,88	285,0	251,3	12	1,25	357,6	251,3	437,1	
	Освітлювальне навантаження													16,2	0,0			13,8	0,0	13,8	
	Всього по котельні													301,2	251,3			371,3	251,3	448,4	
4	Ремонтний цех																				
	Силове навантаження				55	1	...	40	1434	40	0,25	0,700	1,02	358,5	365,7	55	1,26	452,0	365,7	581,4	
	Освітлювальне навантаження													27,3	13,2			31,2	15,1	34,6	
	Всього по цеху													385,8	379,0			483,1	380,8	615,2	
5	Корпус шліф виробів																				
	Силове навантаження				100	1	...	20	1600	20	0,7	0,750	0,88	1120,0	987,7	100	1	1120,0	987,7	1493,3	
	Освітлювальне навантаження													35,4	17,2			40,4	19,6	44,9	
	Всього по корпусу													1155,4	1004,9			1160,4	1007,3	1536,6	
Всього силова по ТП 6,7					230	1	...	80	4151	80	0	1	1	2011,9	1798,5	104	1	2215,5	1798,5	2853,6	
Всього освітлювальна по ТП 6,7														170,3	74,7			142,9	59,9	156,6	
Всього на шинах 0,4 кВ по ТП 6,7														2182,2	1873,1			2358,4	1858,3	3002,5	
Компенсуючі пристрої 0,4 кВ																			-1608,0		
Навантаження з урах-м КП 0,4 кВ																		2358,4	250,3	2371,6	
Втрати в тр. ТП 5,6 (3x1000), Кз=0,601																		19,5	101,6	103,5	
Всього на шинах 10 кВ по ТП 6,7																		2377,9	351,9	2403,8	
Всього по заводу на стороні 0,4 кВ																		7284,4	5568,9	9169,2	
Всього КП на стороні 0,4 кВ																			-4958,0		
Загальні втрати в тр-рах ТП 1-7																		53,6	278,1	283,2	
Всього по комбінату на стороні 10 кВ																		7338,0	889,0	7391,7	
Арк.																					

Зм																			
Арк																			
№ докум																			
Підпис																			
Дата																			
	1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	
	1	Цех руднотермічних печей																	
		а) 10,5 кВ (РТП-10)	2	8 000	...	8 000	16 000	1	1	1	0	9 600	4 649			9 600	4 649	10 667	
	2	Пічний цех № 1																	
		а) 10,5 кВ (ДСП-10)	2	5 000	...	5 000	10 000	1	1	1	1	5 000	3 750			5 000	3 750	6 250	
	3	Пічний цех № 2																	
		а) 10,5 кВ (ДСП-10)	2	5 000	...	5 000	10 000	1	1	1	1	5 000	3 750			5 000	3 750	6 250	
	Компенсуючі пристрої 10 кВ (РТП)																	-3600	
	Компенсуючі пристрої 10 кВ (ДСП №1)																		-2700
	Компенсуючі пристрої 10 кВ (ДСП №2)																		-2700
Всього по комбінату																26938,0	13038,5	29927,6	
Компенсуючі пристрої 10 кВ																		-9000,0	
Всього з врах КП																26938,0	4038,5	27239,1	
Арк.																			

5. ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ

5.1. Вибір кількості та потужності трансформаторів

Мінімальне значення номінальної потужності ТР для ГЗП:

$$S_T = \frac{S_{max} K_{1,2}}{K_{ав}(n-1)} = \frac{32389,7 \cdot 0,9}{1,4(2-1)} = 20821,95 \text{ кВА.}$$

Найближчий ТР за технічними параметрами: ТРДН-25000/110/10.

Визначаємо відповідність коефіцієнту завантаження ТР під час роботи у нормальному режимі:

$$K_3 = \frac{S_{max}}{n \cdot S_{ном}} = \frac{32389,7}{2 \cdot 25000} = 0,648.$$

Опираючись на даний підхід виконано обрано й ТР цехових ТП.

Визначимо доцільну потужність ТР для ТП №1 розрахунковим шляхом:

$$S_{TP \text{ } p} = \frac{S_p}{K_3 \cdot (n-1)} = \frac{1208,39}{1,4 \cdot (2-1)} = 863,1 \text{ кВА.}$$

Тобто, для встановлення обираємо ТР потужністю 1000 кВА.

Перевіряємо коефіцієнт завантаження в нормальному режимі:

$$K_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{TP}} = \frac{1208,39}{2 \cdot 1000} = 0,604.$$

У табл. 5.1. подана інформація щодо обраних для інших ТП ТР.

Таблиця 5.1. Визначення кількості та потужності ТР ТП

№ ТП	n	S _{роз} ,кВА	Тип ТР	K ₃	S _{ном} > S _p /K1	S _{ном} > S _p /K2
ТП 1	2	1208,39	ТМ-1000-10/0,4	0,604	559	863
ТП 2	2	1208,39	ТМ-1000-10/0,4	0,604	559	863
ТП 3	2	1207,78	ТМ-1000-10/0,4	0,604	559	863
ТП 4	1	603,89	ТМ-1000-10/0,4	0,604	559	431
ТП 5	2	1381,43	ТМ-1000-10/0,4	0,691	640	987
ТП 6	2	1201,49	ТМ-1000-10/0,4	0,601	556	858
ТП 7	2	1201,49	ТМ-1000-10/0,4	0,601	556	858

						Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

5.2. Компоновка та місце розташування трансформаторних підстанцій

Для встановлення обрано ТП типу КТП - 10/0,4 кВ. До таблиці 5.2. зведено результати розрахунків та кінцеве місце встановлення КТП.

Таблиця 5.2. Дані щодо комплектування та місця встановлення ТП

№ ТП	п	S _{роз} , кВА	Тип ТМ	Коеф. зав.	Місце встановлення	Тип КТП
ТП 1	2	1208,39	ТМ-1000-10/0,4	0,604	Цех шліф порошків 1	Вбудована
ТП 2	2	1208,39	ТМ-1000-10/0,4	0,604	Цех шліф зерна 1	Вбудована
ТП 3	2	1207,78	ТМ-1000-10/0,4	0,604	Цех шліф зерна 3	Вбудована
ТП 4	1	603,89	ТМ-1000-10/0,4	0,604	Механічна майстерня	Вбудована
ТП 5	2	1381,43	ТМ-1000-10/0,4	0,691	Підготовчий цех	Вбудована
ТП 6	2	1201,49	ТМ-1000-10/0,4	0,601	Цех допоміжного обладнання	Вбудована
ТП 7	2	1201,49	ТМ-1000-10/0,4	0,601	Підготовча дільниця 2	Вбудована

						Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

6.1. Розрахунок струмів короткого замикання (КЗ)

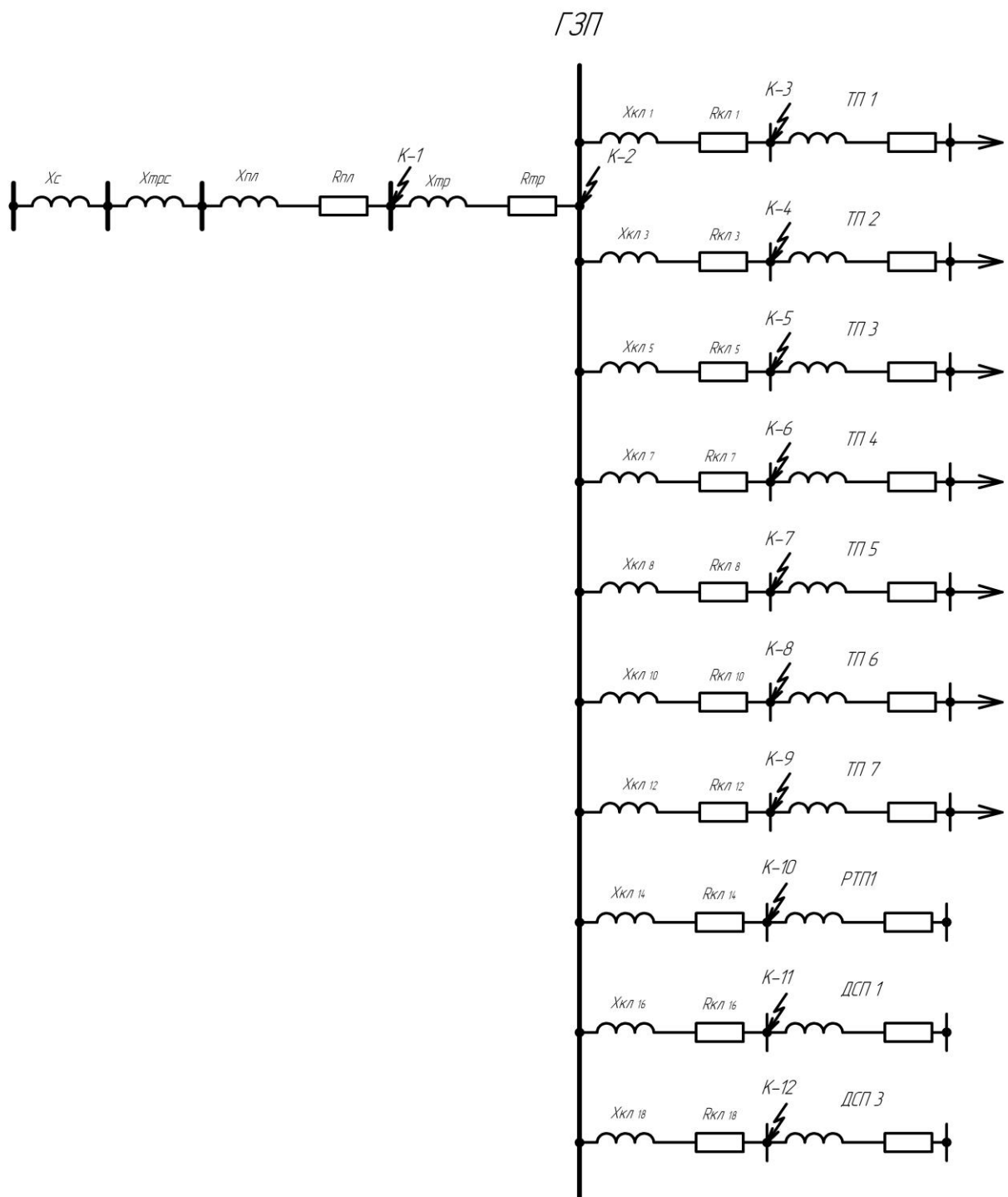


Рисунок 6.2. Заступна схема для обчислення струмів КЗ

Приймемо у розрахунках $S_{\delta} = 100 \text{ МВА}$, тоді:

$$I_{\delta 1} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta 1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,502 \text{ кА};$$

$$I_{\delta 2} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta 2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ кА}.$$

Опір системи становитиме:

$$x_c = 0,5.$$

Опір ТР 25000/110/10 становитиме: $x_{mpC} = 0,027$.

Опори ПЛ 110 кВ АС-70/11 ($r_0 = 0,428$, $x_0 = 0,444$), зведені до базисних умов становитимуть:

$$X_{\text{л}} = x_0 l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\text{ср}}^2} = 0,428 \cdot 12 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,0388 \text{ в.о.},$$

$$R_{\text{л}} = r_0 l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\text{ср}}^2} = 0,444 \cdot 12 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,04029 \text{ в.о.}$$

Опір ТРДН-25000/110/10 у відносних одиницях, зведений до базисних умов становитиме:

$$X_{mp} = \frac{U_{\kappa\%}}{100} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{\mu}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{100}{25} = 0,42 \text{ в.о.}$$

Значення опору до т. К1 отримаємо:

$$x_{\kappa1} = x_c + x_{mpC} + x_{\text{пл}} = 0,5 + 0,027 + 0,0388 = 0,5658 \text{ в.о.},$$

$$r_{\kappa1} = r_{\text{пл}} = 0,04029 \text{ в.о.},$$

$$z_{\kappa1} = \sqrt{x_{\kappa1}^2 + r_{\kappa1}^2} = \sqrt{0,5658^2 + 0,04029^2} = 0,5672 \text{ в.о.}$$

Використовуючи цей же підхід, отримаємо до т. К2:

$$x_{\kappa2} = x_{\kappa1} + x_{mp} = 0,5658 + 0,42 = 0,9858 \text{ в.о.},$$

$$r_{\kappa2} = r_{\kappa1} + r_{mp} = 0,04029 + 0 = 0,04029 \text{ в.о.},$$

$$z_{\kappa2} = \sqrt{x_{\kappa2}^2 + r_{\kappa2}^2} = \sqrt{0,9858^2 + 0,04029^2} = 0,9866 \text{ в.о.}$$

Значення надперехідних струмів в т. К1 та т. К2 без врахування підживлення від АД:

$$I_{\kappa1}'' = \frac{I_{\delta1}}{z_{\kappa1}} = \frac{0,502}{0,5672} = 0,885 \text{ кА};$$

						Арк.
Зм.	Арк.					

$$I_{\kappa 2}'' = \frac{I_{\delta 2}}{z_{\kappa 2}} = \frac{5,499}{0,9866} = 5,574 \text{ кА.}$$

Тривалість затухання аперіодичної складової струмів КЗ та значення ударних коефіцієнтів становитимуть:

$$T_{a1} = \frac{x_{\kappa 1}}{\omega \cdot r_{\kappa 1}} = \frac{0,568}{314 \cdot 0,04029} = 0,0449, K_{y\delta 1} = 1,8;$$

$$T_{a2} = \frac{x_{\kappa 2}}{\omega \cdot r_{\kappa 2}} = \frac{0,9895}{314 \cdot 0,04029} = 0,0782, K_{y\delta 2} = 1,87.$$

Ударні струми в т. К1, т. К2:

$$i_{y\delta 1} = \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 1}'' \cdot K_{y\delta 1} = \sqrt{2} \cdot 0,885 \cdot (1 + e^{\frac{0,01}{0,568}}) = 2,25 \text{ кА};$$

$$i_{y\delta 2} = \sqrt{2} \cdot I_{\kappa 2}'' \cdot K_{y\delta 2} = \sqrt{2} \cdot 5,574 \cdot (1 + e^{\frac{0,01}{0,0782}}) = 14,819 \text{ кА.}$$

Для визначення струмів КЗ на стороні 10 кВ цехових ТП необхідно виконати попередній вибір перерізу КЛ, для прикладу детально виконаємо для ТП 1 (для інших наведено у табл.6.1).

Для ТП1:

$$S_p = 2537,48 \text{ кВА}$$

Отже, значення струму:

- для нормального режиму становитиме:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_n} = \frac{2537,48}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 34,88 \text{ А.}$$

- для аварійного:

$$I_{p.ав} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 34,88 = 69,76 \text{ А.}$$

Виходячи з економічної щільності струму, визначимо мінімальне значення поперечного перетину:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{34,88}{1,4} = 24,9 \text{ мм}^2.$$

									Арк.
Зм.	Арк.								

значениями: $r_0 = 1,24 \text{ Ом/км}$, $x_0 = 0,099 \text{ Ом/км}$, $l = 0,06 \text{ км}$

Опори КЛ №1:

$$R_{\kappa l} = l \cdot r_0 = 0,06 \cdot 1,24 = 0,0744 \text{ } O_M;$$

$$X_{\kappa l} = l \cdot x_0 = 0,06 \cdot 0,099 = 0,00594 \text{ } O_M.$$

У табл. 6.1-6.2. подано результуючі зведені дані.

Таблиця 6.1. Вибір КЛ 10 кВ (попередній)

№ КЛ	S _p , кВА	n	I _p , А	I _{p.аб} , А	F _{ек} , мм ²	Марка КЛ
КЛ 1, 2, 3,4	2537,48	4	34,88	69,76	24,92	ААШВ-4 х (3 х 25)
КЛ 5, 6, 7	1811,60	3	33,2	66,4	23,72	ААШВ-4 х (3 х 25)
КЛ 8,9	1384,64	2	38,07	76,14	27,19	ААШВ-2 х (3 х 35)
КЛ 10, 11, 12, 13	2403,78	4	33,04	66,09	23,6	ААШВ-4 х (3 х 25)
КЛ 14,15	10666,67	2	293,3	312,7	209,5	ААШВ-2 х (3 х 240)
КЛ 16, 17, 18, 19	12500,00	4	171,8	231,4	122,7	ААШВ-4 х (3 х 150)

Значення струмів КЗ отримано для найзавантаженішої секції шин.

Таблиця 6.2. Розрахунок струмів КЗ для т.1-12

№ з/п	X_{CYM}	R_{CYM}	Z_{CYM}	Ta, c	$K_{y\bar{d}}$	$I'', \kappa A$	$I_{y\bar{d}}, \kappa A$
1	0,5658	0,0403	0,5672	0,0447	1,7996	0,8850	2,2524
2	0,9895	0,0403	0,9903	0,0782	1,8800	1,5752	4,1881
3	2,0534	0,0865	2,0552	0,0756	1,8761	2,6756	7,0989
4	2,0608	0,0871	2,0627	0,0753	1,8757	2,6659	7,0718
5	2,0224	0,0840	2,0241	0,0766	1,8777	2,7167	7,2140

6	2,0298	0,0846	2,0316	0,0764	1,8773	2,7067	7,1860
7	2,0858	0,0920	2,0878	0,0722	1,8707	2,6338	6,9680
8	2,3944	0,1137	2,3971	0,0670	1,8614	2,2940	6,0389
9	2,4018	0,1143	2,4046	0,0669	1,8612	2,2869	6,0193
10	2,0050	0,0963	2,0074	0,0663	1,8600	2,7394	7,2058
11	1,9914	0,0853	1,9932	0,0743	1,8741	2,7589	7,3122
12	2,0357	0,1023	2,0382	0,0634	1,8540	2,6979	7,0739

6.2. Вибір струмопровідних пристроїв силових мереж

Значення потужності та струму для ТП1:

$$S_p = 2537,48 \text{ кВА}$$

- у нормальному режимі:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_n} = \frac{2537,48}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 34,88 \text{ А.}$$

- у аварійному:

$$I_{p.ав} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 34,88 = 69,76 \text{ А.}$$

Значення поперечного перетину:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{34,88}{1,4} = 24,92 \text{ мм}^2.$$

Значення B_k становитиме:

$$B_k = I_{КЗ}^2 (t_{відкл} + T_a) = 2,6756^2 (0,2 + 0,001) = 1,96 \text{ кА}^2\text{с}$$

У той же час $F_{тер}$ становитиме:

$$F_{тер} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{1,96 \cdot 10^6}}{94} = 14,88 \text{ мм}^2$$

Для КЛ: 4хААШв – 10 (3 х 25). $I_{дон} = 90 \text{ А} > I_{p.ав} = 69,76 \text{ А.}$

Враховуючи коефіцієнт $K_n = 0,8$ здійснюємо перевірку КЛ, виходячи з умови допустимого $I_{дон}$:

							Арк.
Зм.	Арк.						

$$I_{\text{дин.ст}} = 52 \text{ кА}, t_{\text{відкл.вл}} = 0.04 \text{ с},$$

$$t_{\text{відкл.заг}} = 0.06 \text{ с}, t_{\text{ТН}} = 3 \text{ с},$$

$$I_{\text{ТН}} = 20 \text{ кА}, \beta_{\text{н}} = 0.4.$$

Таблиця 6.8. Розрахунки до вибору вимикачів на відгалуженнях

Умови	Результат розрахунку
$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	$10.50 \leq 11.00$
$I_{\text{роб.форс}} \leq I_{\text{ном}}$	$76.98 \leq 630$
$I'' \leq I_{\text{дин.ст}}$ $i_y \leq 1.8\sqrt{2}I_{\text{дин.ст}}$	$6.37 \leq 32$ $13.5687 \leq 81.46$
$I_{\text{н}\tau} \leq I_{\text{ном.відкл}}$ $i_{\text{а}\tau} \leq \sqrt{2}I_{\text{н}} \cdot \beta_i$	$6.37 \leq 12.5$ $0.26683 \leq 5.3$
$B_{\text{к}} \leq I_{\text{ТН}}^2 t_{\text{ТН}}$	$13.1876 \leq 468.75$

$$\tau = t_{\text{с}} + t_{\text{пз, min}} = 0.04 + 0.01 = 0.05 \text{ с}.$$

$$i_{\text{а}\tau} = \sqrt{2}I'' e^{-\frac{\tau}{T_{\text{а}}}} = \sqrt{2} \cdot 6.3655 e^{-\frac{0.05}{0.014}} = 0.26683 \text{ кА}.$$

Пропонуємо запроєктувати використання вимикача типу ВР0-10-12,5/630 ТЗ.

Для інших відгалужень пропонується запроєктувати вимикачі такого ж типу, без додаткового здійснення перевірки, оскільки струмове навантаження у них ще менше.

Таблиця 6.9. Розрахунки до вибору роз'єднувача (напруга 110 кВ)

Умови	Результат розрахунку
$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	$110 \leq 110$

$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$175,7 \leq 1000$
$i_y \leq I_{дин.ст}$	$6,405 \leq 21$
$B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$	$15,035 \leq 2500$

Пропонуємо запроєктувати використання РНДЗ-110/1000У1 у якості роз'єднувача: $U_{ном} = 110 \text{ кВ}$, $I_{ном} = 1000 \text{ А}$, $t_{TH} = 4 \text{ с}$, $I_{TH} = 31,5 \text{ кА}$, $I_{дин.ст} = 80 \text{ кА}$.

Пропонуємо запроєктувати використання розрядника типу РВМ-35У, а також встановлення ОПНн-10/11.5/10/2 УХЛ1 на напругу 10кВ для проектованої СЕП.

Вибір ізоляторів

Для КРП зовнішнішнього встановлення обираємо ізолятори напругою 10 кВ опорного типу: ИОС-10-500УХЛТ1.

Здійснюємо перевірку умов:

- допустимого механічного навантаження:

$$F_p = 1,62 \cdot k_\phi \cdot i_y^2 \cdot \frac{l}{a} \cdot 10^{-7} = 1,62 \cdot 1 \cdot 13569^2 \cdot \frac{2}{0,8} \cdot 10^{-7} = 74,54 \text{ Н.}$$

- вибору:

$$F_p \leq 0,6 \cdot F_{руу\bar{y}}, \quad 74,57 < 0,6 \cdot 5000, \quad 74,57 < 3000.$$

Навантаження ТВП:

$$S_{уст} = \sqrt{P_{уст}^2 + Q_{уст}^2} = \sqrt{54,4^2 + 10,54^2} = 55,400 \text{ кВА.}$$

Обчислене значення потужності ТВП:

$$S_p = K_c S_{уст} = 0,7 \cdot 55,4 = 38,78 \text{ кВА.}$$

Пропонуємо запроєктувати використання для ВП 2 х ТМ-25/10 з: $S_{ном} = 25,0 \text{ кВА}$, $U_{ВН} = 10,0 \text{ кВ}$, $U_{НН} = 0,40 \text{ кВ}$.

Перевірямо коефіцієнт завантаження ТВП:

$$K_3 = \frac{S_p}{n \cdot S_{ном}} = \frac{38,76}{2 \cdot 25} = 0,775.$$

								Арк.
Зм.	Арк.							

Таблиця 6.12. Розрахунки до визначення вторинного навантаження ТС

Перелік приладів	Фаза А/ В/ С
Амп-метр	0,1 / - / 0,1
Ліч.	4,0 / - / 4,0
Σ	4,1 / - / 4,1

Пропонуємо запроєктувати використання ТС типу ТПШЛ-10 з:

$U_{ном} = 10,0 \text{ кВ}$; $I_{ном} = 1500,0 \text{ А}$; клас точності: 0.50; $I_{дин.ст} = 128,0 \text{ кА}$, $Z_{2ном} = 0.80 \text{ Ом}$, $I_{терм.ст} = 40,0 \text{ кА}$, $t_{ТН} = 3,0 \text{ с}$.

Здійснюємо перевірку виконання умов:

$$Z_{прил} + R_{пров} + R_{конт} \leq Z_{2ном}$$

$$R_{пров} = Z_{2ном} - Z_{прил} - R_{\kappa} = 0.800 - 0.1600 - 0.1000 = 0.5360 \text{ Ом}$$

$$F = \frac{\rho \cdot l_{розр}}{R_{пров}} = \frac{0.01750 \cdot 20,0}{0.5360} = 0.6530 \text{ мм}^2$$

Пропонуємо запроєктувати використання кабелю типу АКРВГ-1,5, $F = 1.50 \text{ мм}^2$ з опором:

$$R_{пров} = \frac{\rho \cdot l_{розр}}{F_{пр.ст}} = \frac{0.0175 \cdot 20,0}{1.50} = 0.0350 \text{ Ом}.$$

Обчислимо навантаження ТС:

$$Z_2 = Z_{прил} + R_{пров.ст} + R_{конт} = 0.160 + 0.0350 + 0.10 = 0.300 \text{ Ом}.$$

Виконаємо попередній вибір ТС для відхідних КЛ (табл. 6.12). Попередньо визначаємо опір приладів:

$$Z_{прил} = \frac{I_{прил}}{I_{ном}^2} = \frac{4.10}{5,0^2} = 0.160 \text{ Ом}$$

Обираємо ТС типу ТПЛ-10: $U_{ном} = 10,00 \text{ кВ}$, $I_{ном} = 100,00 \text{ А}$, відповідно з класом точності: 0.500.

$$I_{дин.ст} = 74.500 \text{ кА}; Z_{2ном} = 0.400 \text{ Ом}; I_{терм.ст} = 9.4500 \text{ кА}; t_{ТН} = 3,00 \text{ с}$$

$$R_{пров} = Z_{2ном} - Z_{прил} - R_{\kappa} = 0.40 - 0.160 - 0.10 = 0.1400 \text{ Ом}$$

								Арк.
Зм.	Арк.							

Вибір трансформаторів напруги

Таблиця 6.13. Розрахунки до визначення навантаження ТН

Прилад	$S, \text{ВА}$	$K\text{-ть}$ обм.	$K\text{-ть}$ прил.	$S_{\Sigma}, \text{ВА}$
Вол-метр	2,000	1,000	3,000	6,000
Ліч-ник	1,800	2,000	1,000	3,600
Ватметр	1,500	1,000	1,000	1,500
Варметр	2,000	1,000	1,000	2,000
Ліч. АЕ	3,000	2,000	12,000	72,000
Ліч. РЕ	3,000	2,000	12,000	72,000
Всього				157,100

Пропонуємо до встановлення ТН типу НАМИ-10-66 УЗ з:
 $U_{\text{перв}} = 10,00 \text{кВ}$, $U_{\text{втор}} = 100,00 \text{В}$, $S_{\text{ном}0.5} = 200,00 \text{ВА}$.

						Арк.
Зм.	Арк.					

7. ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІДПОВІДАЛЬНИХ СПОЖИВАЧІВ ПРОМИСЛОВОГО ОБ'ЄКТА

7.1. Визначення обсягів навантаження для встановлення джерела резервного живлення

Аналізування навантаження та груп споживачів показало, що необхідного резервування потребують два види ЕП II категорії надійності, котрі, відповідно до запропонованого проєкту, під'єднані до різних СП. Крім того, резервування потребує й система аварійного освітлення.

Визначення загального навантаження виконуємо за методикою, наведеною у п.1:

$$P_H = \sum^n P_{Hi} = 214,73 \text{ кВт},$$

Проміжні сумарні значення потужностей:

$$P_{ПCH} = 68,02 \text{ кВт},$$

$$Q_{ПCH} = 118,28 \text{ квар.}$$

Тобто, коефіцієнт використання становитиме:

$$K_{B_СП} = \frac{68,02}{214,73} = 0,317 \text{ кВт.}$$

$n_{ЕФСП} = 9,0$, у той же час коефіцієнт розрахункового навантаження $K_p = 1$.

Отже, розрахункові значення потужностей становитимуть:

$$P_p = 68,02 \cdot 1,0 = 68,02 \text{ кВт}$$

$$Q_p = 118,28 \cdot 1,0 = 118,28 \text{ квар}$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = 136,44 \text{ кВА}$$

Обчислимо з певним наближенням обсяги втрат:

									Арк.
Зм.	Арк.								

$$\Delta P_T = 0,03 \cdot 136,44 = 4,09 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 136,44 = 13,64 \text{ кВт}$$

Оскільки підбір потужності необхідного ДРЖ здійснюється, ґрунтуючись на потужності навантаження ВН, то:

$$S_{BH} = \sqrt{P_{BH}^2 + Q_{BH}^2} = 150,34 \text{ кВА}.$$

7.2. Вибір та встановлення джерела резервного живлення

7.2.1. Дослідження можливостей приєднання до найближчого промислового об'єкта

Розглядаючи можливість під'єднання до мережі найближчого промислового об'єкта, враховуємо обсяги необхідної потужності (150,34 кВА), що необхідно під'єднати. З огляду на наявність 2СП та ЩО (аварійного), які потребують додаткового джерела, встановлюємо додатково СП7, який живитиме споживачів та буде безпосередньо під'єднаний до мережі найближчого промислового об'єкта.

Враховуючи умову:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}, I_P \leq I_{ДОП}.$$

та виконавши додаткові розрахунки зводимо результати до таблиці 7.1, із зазначенням марок та довжин обраних кабелів живлення.

Таблиця 7.1. Параметри обраних кабелів живлення

№ з/п	Місце приєднання	I_P, A	$P_{НОМ}, кВт$	Тип КЛ	$L, м$
1	СП 4	186,5	174,3	АВВГ 4х95	50
2	СП 6	48,8	40,0	АВВГ 4х6	10

5) Можливість масштабування: системи на базі акумуляторних батарей можна легко масштабувати в залежності від потреб об'єкту, додаючи або замінюючи батареї.

6) Енергоефективність: Сучасні акумуляторні батареї мають високий коефіцієнт корисної дії (ККД), що забезпечує ефективне використання енергії.

7) Стабільність роботи: акумуляторні батареї забезпечують стабільну подачу електроенергії, що є критичним для точного обладнання та систем управління.

8) Інтеграція з відновлюваними джерелами енергії: акумуляторні батареї можуть ефективно працювати разом з відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячні панелі чи вітряки, що дозволяє створювати більш незалежні та екологічно чисті енергетичні системи.

9) Технологічний розвиток: сучасні акумулятори, особливо літій-іонні, швидко розвиваються, що підвищує їхню ефективність, тривалість роботи та зменшує вартість.

Таблиця 7.2. Вибір параметрів АБ

№ з/П	Місце встановлення	Тип АБ	n	I/год А	В	кВт/год	Вартість за одиницю, грн	Габаритні розміри, мм
1	СП 4	BMS Eco Battery	9	625	24	15	107180	615,0x470,0x898,0
2	СП 6	BMS Eco Battery	3	625	24	15	107180	615,0x470,0x898,0
3	ЩО	Full Energy FEP-121	1	0,06	12	0.012	1540	95,0x51,0x42,0

								Арк.
Зм.	Арк.							

Під час розрахунків було взято до уваги варіант, що АБ матимуть змогу заряджатись впродовж ночі (чи іншого тривалого періоду часу). Для кожного окремого СП було обрано свій варіант АБ, результати розрахунків подано у вигляді таблиці 7.2.

Отже, вважаємо одним із доцільних варіантів встановлення акумуляторних батарей як резервного живлення для промислового об'єкту, що надає значні переваги в плані надійності, екологічності та економічної ефективності.

7.2.3. Дослідження можливостей під'єднання ДГ

Для використання у якості резервного джерела живлення ДГ обираємо до встановлення генератор типу HONDA EG5500CXS, зовнішній вигляд якого подано на рис.7.1.



Рисунок 7.1. Зовнішній вигляд ДГ

Таблиця 7.2. Номінальні параметри ДГ типу HONDA EG5500CXS

№ з/п	Призначення	U, В	Необхідна кількість	Вартість за одиницю, грн	Габаритні розміри, мм
1	СП4	230	16	55500	844,0x530,0x 571,0
2	СП6	230	7	55500	844,0x530,0x 571,0

В роботі пропонується встановлення ДГ для під'єднання до кожного споживача окремо.

ДГ встановлюються за наступним принципом: 16 шт безпосередньо біля насосів, а 7 шт. – у вентиляційному відділі.

У той же час, встановлення ДГ як резервних джерел живлення має кілька основних недоліків:

1) Час запуску: ДГ потребують певного часу для запуску після виявлення відключення електроенергії. Це може призвести до короточасних перебоїв у живленні, що є неприпустимим для деяких критичних систем.

2) Викиди шкідливих речовин: дизельні генератори виробляють викиди в атмосферу, включаючи CO₂, NO_x та інші забруднювачі, що негативно впливають на навколишнє середовище та можуть порушувати екологічні стандарти.

3) Шум: робота дизельних генераторів супроводжується значним рівнем шуму, що може бути небажаним, особливо в міських або густонаселених районах.

4) Високі витрати на обслуговування: ДГ потребують регулярного технічного обслуговування, включаючи заміну масла, фільтрів, і перевірку паливної системи, що призводить до додаткових витрат.

									Арк.
Зм.	Арк.								

5) Необхідність запасу палива: Для роботи ДГ потрібен запас дизельного палива, що вимагає організації безпечного зберігання та регулярного поповнення. Це може створювати додаткові логістичні та фінансові труднощі.

6) Експлуатаційні витрати: використання дизельних генераторів може бути дорогим через високу вартість дизельного палива та технічного обслуговування.

7) Тривалість роботи: тривалість роботи дизельних генераторів обмежена обсягом наявного палива. У разі тривалих відключень електроенергії, необхідно забезпечити безперервне постачання палива.

8) Масштабованість: збільшення потужності резервного живлення за допомогою дизельних генераторів потребує значних капіталовкладень і фізичного простору для додаткового обладнання.

9) Високі капіталовкладення: встановлення дизельних генераторів потребує значних початкових капіталовкладень, включаючи витрати на обладнання, монтаж і налаштування.

З огляду на ці недоліки, багато промислових об'єктів все частіше звертаються до альтернативних рішень, таких як акумуляторні системи резервного живлення, які можуть забезпечити більшу надійність і екологічну безпеку.

7.2.4. Дослідження можливостей реалізації схемних рішень РДЖ

Обираємо до встановлення для живлення споживачів II категорії надійності ДГ типу HONDA EG5500CXS, у той же час для забезпечення живленням системи аварійного освітлення використаємо АБ типу Full Energy FER-121.

									Арк.
Зм.	Арк.								



Technical drawing of a mechanical assembly, likely a pump or valve component, showing various parts and their assembly sequence.

Parts and Components:

- 6, 7, 8:** Flange-like components at the top left.
- 9, 10:** Flange-like components at the top right.
- 25, 26, 27, 28, 29:** A row of five small rectangular components below the top flanges.
- 30, 31, 32, 33:** Four angled components with circular ends, arranged vertically in the center.
- 34, 35, 36:** Three rectangular components in a vertical column on the left.
- 37, 38, 39:** Three rectangular components in a vertical column on the right, adjacent to 34-36.
- 11, 12, 13, 14:** Four circular components arranged in a 2x2 grid on the right side.
- 15, 16, 17, 18, 19:** Five L-shaped components arranged vertically on the right side.
- 20, 21, 22, 23, 24:** Five L-shaped components arranged vertically on the right side, adjacent to 15-19.
- СП6:** A label next to a black rectangular component on the right side.
- СП4:** A label above a black rectangular component at the bottom center.
- 1, 2, 3, 4, 5:** A row of five small square components at the bottom.

Assembly Notes:

- СП6
- СП4

Рисунок 7.3. План цеху та схема під'єднання ДГЖ

Комбінована схема під'єднання ДГЖ подана на рис.7.4.

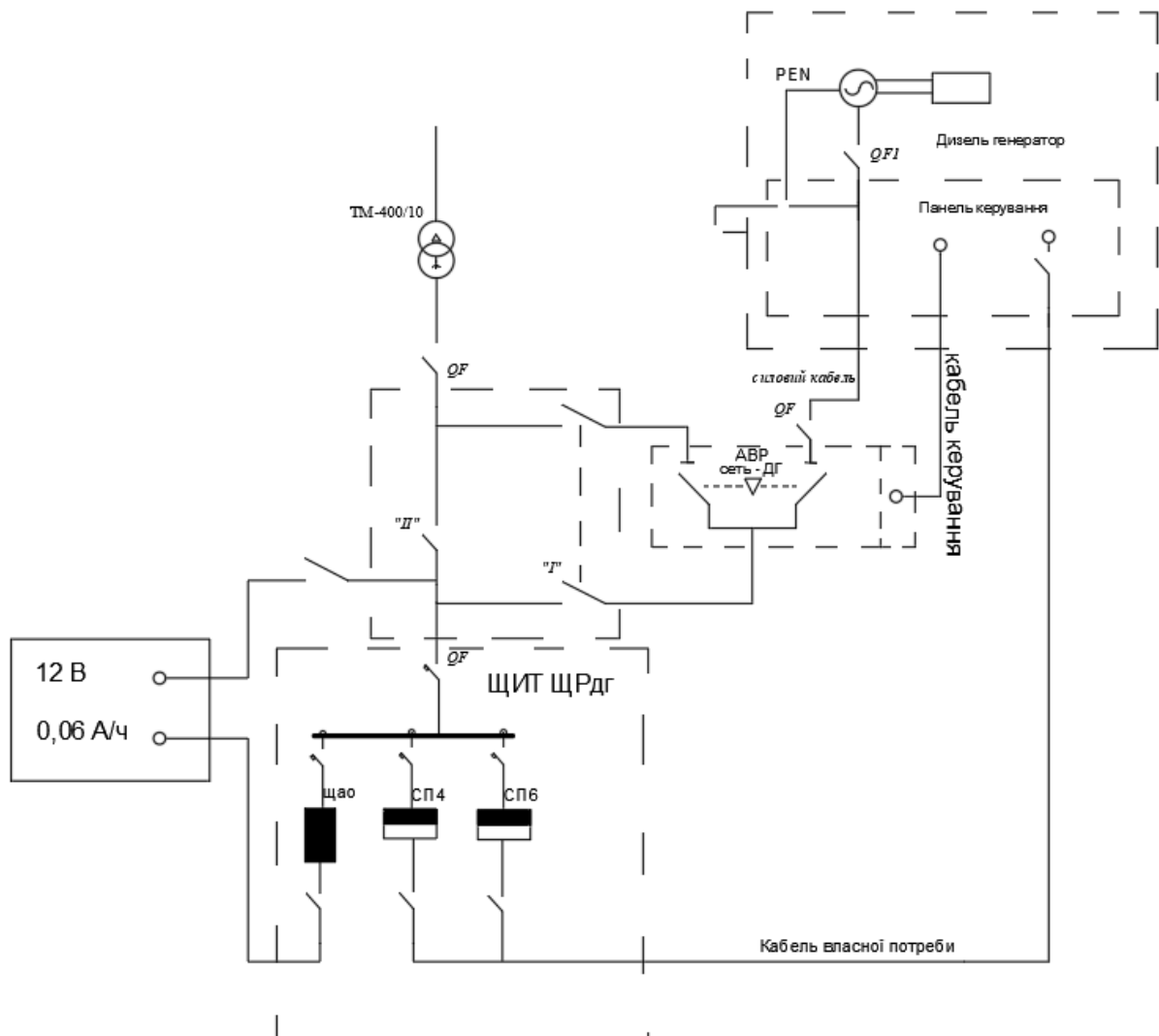


Рисунок 7.4. Комбінована схема під'єднання ДГЖ

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спроектовано систему електропостачання абразивного комбінату із розробленням заходів з підвищення надійності системи електропостачання критичних споживачів промислового об'єкта.

У роботі виконано аналіз енергетичних потреб абразивного комбінату, що дозволило визначити оптимальні параметри системи електропостачання; виконано проєктування електричних схем та підібрано необхідне обладнання для забезпечення надійності та ефективності роботи системи; у процесі проєктування враховано всі аспекти безпеки електропостачання, що є критично важливим для безперебійної роботи комбінату.

Отримані результати досліджень підтверджують відповідність розробленої системи потребам абразивного комбінату та можливість її успішного впровадження.

Рекомендації та висновки, запропоновані в роботі, можуть слугувати основою для подальшого вдосконалення системи електропостачання та її адаптації до змінних потреб комбінату.

Проєктування системи електропостачання здійснювалось з урахуванням всіх необхідних вимог, а саме: ефективності, надійності, безпечної експлуатації та, безпосередньо, зручності, а також з врахуванням можливостей подальшої реконструкції та розширення.

У роботі додатково детально розглянуто розроблення системи гарантованого живлення важливих споживачів промислового об'єкта, визначено обсяги навантаження для встановлення джерела резервного живлення. Виконано вибір джерела резервного живлення, досліджено можливості приєднання до найближчого промислового об'єкта, підєднання до акумуляторних батарей та дизель-генераторів, а також досліджено можливості реалізації схемних рішень застосування резервних джерел живлення.

						Арк.
Зм.	Арк.					

Під час розроблення системи електропостачання підприємства, були використані наявні інструкції, методики та всі потрібні нормативні документи. Економічна обґрунтованість та забезпечення надійності та безпечної експлуатації були враховані у всіх технічних рішеннях, що були прийняті.

						Арк.
Зм.	Арк.					

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств: ДСТУ-Н Б В.2.5-80-2015. – [Чинний від 2015–10–28]. – К.: Мінрегіон, 2016. – 83 с. – (Національний стандарт України).
2. Моделювання та оптимізація режимів систем енергопостачання та електроспоживання: навч. посібник / В. Г. Ягуп, К. В. Ягуп ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 183 с.
3. Електротехнічні системи електроспоживання / [Плешков П. Г., Зінзура В. В., Гарасьова Н. Ю., Котиш А. І., Величко Т. В., Плешков С. П.]; під редакцією Заслуженого працівника освіти України, кандидата технічних наук, професора Плешкова П. Г. – М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2021. – 208 с.
4. Основи електротехніки та електропостачання. Денисюк С.П., Радиш І.П., Кабацій В.М., Дерев'янка Д.Г.: Навч. пос. – К.: Кондор-Видавництво, 2012. – 216 с.
5. Шкрабець, Ф. П. Основи електропостачання: навч. посіб. / Ф. П. Шкрабець, П. Г. Плешков. - Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2010. - 408 с.
6. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання : навч. посіб. / А. Ю. Орлович, П. Г. Плешков, О. А. Козловський [та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: Лисенко В.Ф., 2019. – 272 с.
7. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств: навч. посіб. / [О. І. Соловей, В. П. Розен, П. Г. Плешков та ін.]; Кіровоград. нац. техн. ун-т. – Черкаси: Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.
8. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017. – 617 с.
9. Лежнюк П. Д. Комар В. О., Кравчук С. В. Визначення оптимальної потужності резерву для забезпечення балансової надійності локальної

						Арк.
Зм.	Арк.					

електричної системи. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Сер. Нові рішення в сучасних технологіях. Харків, 2016. № 42. С. 69–75

10. Журахівський А.В. Надійність електричних систем і мереж: [навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. електротехн. спец.] / А.В. Журахівський, Б.М. Кінаш, О.Р. Пастух.; Національний університет «Львівська політехніка». – Львів : Вид. Львівської політехніки, 2012. – 280 с.

11. Кваліфікаційна робота бакалавра: метод. рекомендації до структури та оформлення випускної кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад. П. Г. Плешков та ін.]; Міністерство освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – 80 с.

						Арк.
Зм.	Арк.					