

Луцьк – 2026 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	архітектури, будівництва та енергетики
Кафедра	електричної інженерії
Ступінь вищої освіти	бакалавр
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність:	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

« ____ » _____ 202__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Клець Вікторії Сергіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційного проекту: Проектування СЕП заводу будівельних конструкцій встановленою потужністю 1530 кВт

Керівник проекту: асистент Вітер Дмитро Володимирович

затверджені наказом ВНЗ від « 31 » грудня 2025 р. № 971/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційного проекту 15 травня 2026 р.

3. Вихідні дані до проекту Генеральний план підприємства, план розташування обладнання, відомості про електроприймачі підприємства

(номінальні параметри, режими роботи, категорія по надійності електропостачання), класи пожежонебезпечних і вибухонебезпечних зон об'єктів, умови компенсації реактивної потужності, час споживання максимальної потужності, інформація про джерело живлення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

1. Коротка характеристика об'єкту проектування.

2. Основні проектні рішення.

3. Електропостачання компресора.

4. САПР.

5. Електробезпека.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Генеральний план підприємства.
2. Однолінійна схема електропостачання.
3. План розміщення обладнання.
4. Схема керування компресорами.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Коротка характеристика об'єкту проектування	Вітер Д.В.		
2. Основні проектні рішення	Вітер Д.В.		
3. Електропостачання компресора	Вітер Д.В.		
4. САПР	Вітер Д.В.		
5. Електробезпека	Вітер Д.В.		

7. Дата видачі завдання 3 січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційного проекту бакалавра	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Коротка характеристика об'єкту проектування	03.02.2026	
2	Основні проектні рішення	03.03.2026	
3	Електропостачання компресора	17.03.2026	
4	САПР	24.03.2026	
5	Електробезпека	07.04.2026	
6	Оформлення пояснювальної записки	21.04.2026	
7	Оформлення графічного матеріалу	10.05.2026	
8	Перевірка на плагіат кваліфікаційного проекту	15.05.2026	

8. Затвердження відповідності графічного матеріалу вимогам нормативних документів

№ з/п	Назва креслення	Підпис	Дата
1	Генеральний план підприємства		
2	Однолінійна схема електропостачання		
3	План розміщення обладнання		
4	Схема керування компресорами		

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

(Клець В.С.)
(прізвище, ініціали)

Керівник
кваліфікаційного проекту

_____ (підпис)

(Вітер Д.В.)
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Клець В.С. Проектування СЕП заводу будівельних конструкцій встановленою потужністю 1530 кВт. Рукопис.

Кваліфікаційний проєкт бакалавра ОП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційний проєкт бакалавра складається з п'яти розділів, списку використаних джерел, додатків.

У проєкті розроблено (запропоновано) систему електропостачання промислового підприємства. Проектування виконане на основі електротехнічних розрахунків: розрахунку силових електричних навантажень з використанням методу впорядкованих діаграм на основі ієрархічного підходу; розрахунку освітлювальних навантажень на основі методу питомої густини освітлювального навантаження; розрахунку техніко-економічних показників прийнятих проєктних рішень на основі методу приведених затрат.

У результаті розрахунків отримали систему електропостачання даного підприємства з високими показниками економічної обґрунтованості.

Прийняті проєктні рішення дозволяють перейти до їх практичної реалізації й впровадження спроектованої системи електропостачання.

Ключові слова: система електропостачання (СЕП), лінія електропередач, електроприймачі, електричні навантаження, струми короткого замикання, компенсація реактивної потужності, електрична апаратура, електробезпека.

ANNOTATION

V. Klets. Designing the power supply system of the plant of construction structures with an installed capacity of 1530 kW. Manuscript.

Bachelor's qualification project of OP "Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics" specialty 141 Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification project consists of five sections, a list of used sources, and appendices.

The project developed (proposed) the power supply system of an industrial enterprise. The design is made on the basis of electrical engineering calculations: calculation of power electrical loads using the method of ordered diagrams based on a hierarchical approach; calculation of lighting loads based on the method of specific density of lighting load; calculation of technical and economic indicators of adopted project decisions based on the method of reduced costs.

As a result of the calculations, we received the electricity supply system of this enterprise with high indicators of economic validity.

Adopted design decisions allow to proceed to their practical implementation and implementation of the designed power supply system.

Key words: power supply system (SEP), power line, power receivers, electrical loads, short-circuit currents, reactive power compensation, electrical equipment, electrical safety.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	9
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ.....	11
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень.....	11
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.....	12
2.3. Визначення результуючих навантажень.....	14
2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень.....	14
2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП з врахуванням компенсації реактивної потужності.....	15
2.6. Компенсація реактивної потужності.....	16
2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях.....	17
2.8. Проектування мережі живлення підприємства.....	17
2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі.....	18
2.10. Розрахунок струмів короткого замикання.....	19
2.11. Вибір обладнання.....	21
2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв.....	21
2.11.2. Вибір роз'єднувачів.....	22
2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників.....	23
2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху.....	23
2.12.1. Вибір схеми електропостачання.....	23
2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ.....	25
2.12.3. Вибір трансформаторів струму.....	28

					ЛНТУ.971013.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Клець В.С.				Проектування СЕП заводу будівельних конструкцій встановленою потужністю 1530 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.
Перевір.	Вітер Д.В.						6
							69
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.					ФАБЕ, гр.ЕЕ-41	
Затверд.	Волинець В.І.						

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів.....	29
2.12.5. Вибір рубильників.....	30
РОЗДІЛ 3 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОМПРЕСОРА.....	31
РОЗДІЛ 4 САПР.....	33
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	35
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	36
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	37
ДОДАТОК 1 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ.....	40
ДОДАТОК 2 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОМПРЕСОРА.....	61
ДОДАТОК 3 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.....	68

ВСТУП

Системам електропостачання підприємств з виробництва будівельних металоконструкцій притаманні такі особливості:

наявність великої кількості енергоємного обладнання (металообробні верстати, установки дугового та точкового зварювання, підйомно-транспортні установки), яке переважно належить до II категорії надійності електропостачання, що передбачає живлення від двох незалежних джерел без застосування автоматичного ввімкнення резервного живлення;

напруга мережі зовнішнього живлення зазвичай становить 10 або 6 кВ; напруга внутрішньозаводської мережі – 400/230 В;

мережі підприємств належать до розподільних;

для внутрішньозаводського електропостачання зазвичай застосовують радіальні або, за наявності будівель з приймачами III категорії, радіально-магістральні схеми;

велика кількість електроустановок, що є споживачами реактивної індуктивної складової струму;

наявність приймачів електричної енергії, електропривод яких виконано асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором із значними пусковими струмами;

наявність струмопровідного пилу передбачає потребу у розробці низки заходів з електробезпеки, до яких належать заземлення, захисне вимкнення, застосування апаратів захисту та кабелів з матеріалів, що не підтримують горіння;

імовірність пошкодження кабелів внутрішньоцехових мереж при транспортуванні металу, що вимагає прихованого прокладання проводки.

Процес проектування електричної системи потребує виконання великої кількості взаємопов'язаних розрахунків, які рекомендується виконувати із застосуванням систем автоматизованого проектування.

					ЛНТУ.971013.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Підтримуючі конструкції будівель з металу називають будівельними металоконструкціями. Переваги застосування таких конструкцій в будівництві наведено на рисунку 1.1.

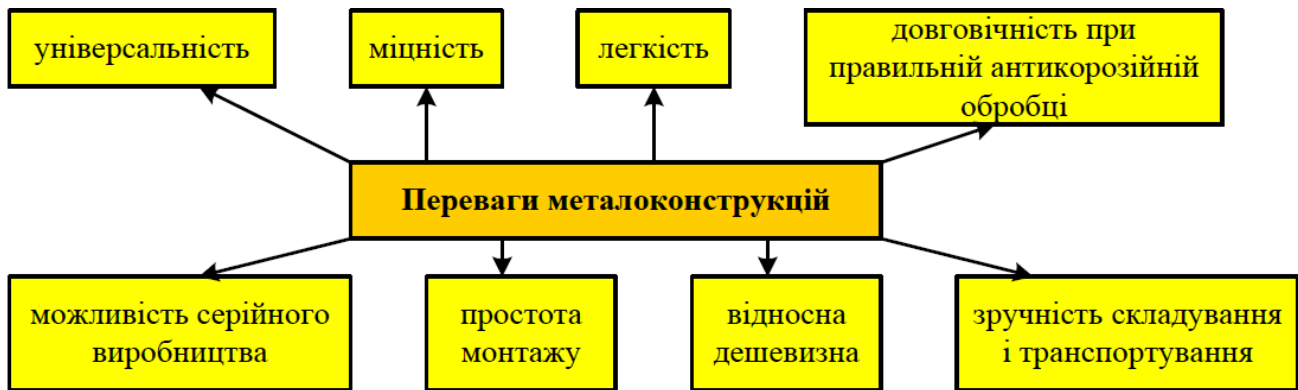


Рисунок 1.1 – Переваги металоко́нструкцій

Процес виготовлення металоконструкцій включає такі основні етапи: проєктування; розкрій; механічна обробка; зварювання (складання); нанесення покриття (фарбування, антикорозійний захист); контроль якості.

Структуру заводу конструкцій наведено на рисунку 1.2.

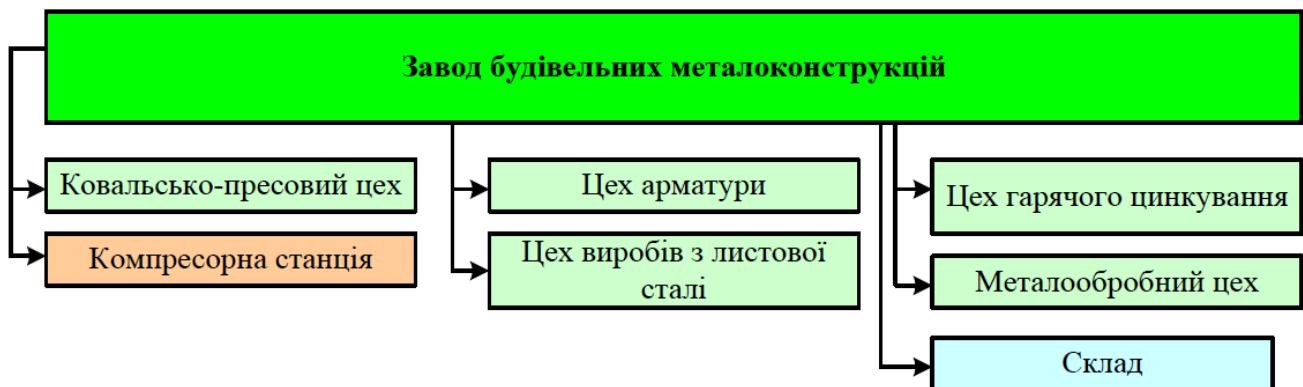


Рисунок 1.2 – Структура заводу будівельних металоко́нструкцій

Окрім основних цехів на балансі заводу знаходяться допоміжні будівлі: компресорна станція (забезпечує роботу пресового обладнання ковальсько-пресового цеху); склад.

					ЛНТУ.971013.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Клець В.С.			Проектування СЕП заводу будівельних конструкцій встановленою потужністю 1530 кВт. Пояснювальна записка.			Літ.		Арк.		Аркушів	
Перевір.		Вітер Д.В.								9		2	
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.											
Затверд.		Волинець В.І.			ФАБЕ, гр.ЕЕ-41								

Таблиця 1.1 – Вихідні дані

Назва параметру	Одиниці вимірювання	Значення
Кількість змін	–	3
Тривалість роботи електрообладнання в рік τ	год.	6130
Час використання максимального навантаження T_{max}	год.	3175
Джерело живлення	–	РП-10 кВ
Відстань до джерела l	км	5,8
Потужність короткого замикання на шинах джерела живлення $S_{\text{кз}}$	МВА	73
Вхідна реактивна потужність $Q_{\text{е max}}$	кВАр	294
Загальна територія підприємства	м ²	38628
Категорія надійності споживачів: I (пристрої пожежної сигналізації, евакуаційне освітлення) II (приймачі основних виробничих цехів) III (приймачі господарського корпусу, приймачі, що виконують допоміжні функції)	% % %	0,6 88,5 10,9

Таблиця 1.2 – Характеристики цехів заводу

Назва об'єкту	Розміри будівлі			Встановлена потужність, кВт
	Довжина, м	Ширина, м	Площа будівлі, м ²	
1. Ковальсько-пресовий цех	90	42	3780	285
2. Компресорна станція	30	12	360	160
3. Цех арматури	60	48	2880	280
4. Цех виробів з листової сталі	60	42	2520	265
5. Цех гарячого цинкування	30	72	2160	269
6. Металообробний цех	96	48	4608	238
7. Склад	72	18	1296	33
Разом			17604	1530

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень

Металообробний цех заводу будівельних металоконструкцій спеціалізується на виконанні таких операцій механічної обробки металів: точіння, фрезерування, свердління, шліфування, різання, пресування, згинання труб та арматури.

Також в цеху застосовано систему примусової вентиляції повітря, виконану за допомогою семи вентиляційних установок.

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантажень силових приймачів підприємства

Номер цеху	P_n , кВт	Середні навантаження за найбільш завантажену зміну			Розрахункові навантаження		
		$P_{ср.зм}$, кВт	$Q_{ср.зм}$, кВАр	$S_{ср.зм}$, кВА	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА
1	285	168,15	184,97	249,97	227,00	184,97	292,82
2	160	128,00	96,00	160,00	160,00	96,00	186,59
3	280	156,80	188,16	244,93	219,52	188,16	289,12
4	265	148,40	163,24	220,61	189,95	163,24	250,46
5	269	156,02	171,62	231,94	226,23	171,62	283,96
6	238	57,05	67,48	88,36	106,87	73,20	129,54
6.1	78	18,30	22,08	28,68	37,74	23,99	44,72
6.2	75	17,70	21,28	27,68	32,88	23,11	40,19
6.3	85	21,05	24,12	32,02	36,25	26,10	44,67
7	33	10,89	13,07	17,01	27,23	13,07	30,20
Всього	1530	825,31	884,53	1212,83	1156,80	890,26	1462,69

					ЛНТУ.971013.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Клець В.С.				Проектування СЕП заводу будівельних конструкцій встановленою потужністю 1530 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.
Перевір.	Вітер Д.В.						Аркушів
							11
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.					ФАБЕ, гр.ЕЕ-41	
Затверд.	Волинець В.І.						
							20

Таблиця 2.2 – Розрахунок силових навантажень металообробного цеху

Назва електроприймача	P_N , кВт	n	P_N , кВт	Квик	$\cos \varphi$	m	$\eta_{\text{эф}}$	K_{max}	Розрахункові навантаження			
									$P_{\text{ср.зм.}}$, кВт	$Q_{\text{ср.зм.}}$, квар	P_p , кВт	Q_p , квар
	Щит 6.1											
	Приймачі із змінним графіком навантаження											
Верстат токарний	10,5	4	42	0,2	1,33	1,4	8	2,35	8,40	11,17	33,84	21,07
Верстат свердильний	7,5	4	30	0,2	1,33				6,00	7,98		
	Приймачі із постійним графіком навантаження											
Установка вентиляційна	3	2	6	0,65	0,75				3,90	2,93	3,90	2,93
Всього по щиту 6.1		10	78						18,30	22,08	37,74	23,99
	Щит 6.2											
	Приймачі із змінним графіком навантаження											
Верстат шліфувальний	8	3	24	0,2	1,33	2,7	10	2,1	4,80	6,38	28,98	20,19
Ножиці гільйотинні	3	3	9	0,2	1,33				1,80	2,39		
Верстат трубозгинальний	9	4	36	0,2	1,33				7,20	9,58		
	Приймачі із постійним графіком навантаження											
Установка вентиляційна	3	2	6	0,65	0,75				3,90	2,93	3,90	2,93
Всього по щиту 6.2		12	75						17,70	21,28	32,88	23,11
	Щит 6.3											
	Приймачі із змінним графіком навантаження											
Прес гідравлічний	15	2	30	0,2	1,25	2,0	8	2	6,00	7,50	30,40	21,71
Верстат арматурозгинальний	8	2	16	0,2	1,33				3,20	4,26		
Верстат фрезерний	7,5	4	30	0,2	1,33				6,00	7,98		
	Приймачі із постійним графіком навантаження											
Установка вентиляційна	3	3	9	0,65	0,75				5,85	4,39	5,85	4,39
Всього по щиту 6.3		11	85						21,05	24,12	36,25	26,10
Всього по цеху		33	238						57,05	67,48	106,7	73,20

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Частка освітлювальних навантажень кожного цеху складає від 1 до 15% сумарного активного навантаження. Для освітлення приміщень обираємо з [4] ЛЕД світильники.

Навантаження розраховуємо за значеннями питомих потужностей обраних джерел світла, що припадають на одиницю площі.

Таблиця 2.3 – Вибір джерел світла

Номер цеху (табл.1.1)	Розряд зорової роботи	E _{норм} , лк	Тип світильника	F, лм	P, кВт
1	Va	300	EVROLIGHT 150W 6400K EV-150-04 15000Lm	15000	150
2	VIII6	75	CORELINE HIGH-BAY GEN 4 69W 10000Lm	10000	69
3	Va	300	EVROLIGHT 150W 6400K EV-150-04 15000Lm	15000	150
4	Va	300	EVROLIGHT 150W 6400K EV-150-04 15000Lm	15000	150
5	Va	300	EVROLIGHT 150W 6400K EV-150-04 15000Lm	15000	150
6	Va	300	EVROLIGHT 150W 6400K EV-150-04 15000Lm	15000	150
7	VIII6	75	CORELINE HIGH-BAY GEN 4 69W 10000Lm	10000	69

Таблиця 2.4 – Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Номер цеху	F, м²	h, м	P _{пит} , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	P _о , кВт	K _{пра}	K _п	tgφ	P _{р.о} , кВт	Q _{р.о} , квар
1	3780	8	3,31	12,51	1,2	0,9	0,33	13,51	4,46
2	360	5	3,22	1,16	1,2	0,9	0,33	1,25	0,41
3	2880	8	3,31	9,53	1,2	0,9	0,33	10,30	3,40
4	2520	8	3,31	8,34	1,2	0,9	0,33	9,01	2,97
5	2160	8	3,31	7,15	1,2	0,9	0,33	7,72	2,55
6	4608	5	3,31	15,25	1,2	0,9	0,33	16,47	5,44
7	1296	5	3,22	4,17	1,2	0,9	0,33	4,51	1,49
Всього	17604			58,12				62,77	20,71

Для вуличного освітлення приймаємо з [4] джерела світла АУ 75Вт 9750лм:

$$\sum \varepsilon = \frac{10^3 \cdot 2,75 \cdot 0,85 \cdot 11}{9750} = 2,64 \text{ лк};$$

$$\frac{L}{h} = 12; L = 12 \cdot 11 = 132 \text{ м};$$

$$L_{\Sigma} = 3562 \text{ м}; N = \frac{3564}{132} = 27,0 \Rightarrow N_{\text{прийн}} = 27;$$

$$P_{\text{вст.зовн}} = 27 \cdot 75 \cdot 10^{-3} = 2,03 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{розр.зовн}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,03 = 2,19 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{розр.зовн}} = 2,19 \cdot 0,33 = 0,72 \text{ кВАр}.$$

2.3. Визначення результуючих навантажень

Сумарні освітлювальні та силові навантаження кожного цеху та заводу в цілому розраховані в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок результуючих навантажень

Номер цеху	$P_{\text{вст}\Sigma},$ кВт	$P_{\text{ср.зм}\Sigma},$ кВт	$Q_{\text{ср.зм}\Sigma},$ квар	$S_{\text{ср.зм}\Sigma},$ кВА	$P_{\text{р}\Sigma},$ кВт	$Q_{\text{р}\Sigma},$ квар	$S_{\text{р}\Sigma},$ кВА
1	297,51	181,66	189,42	262,46	240,52	189,42	306,15
2	161,16	129,25	96,41	161,25	161,25	96,41	187,88
3	289,53	167,10	191,56	254,20	229,82	191,56	299,18
4	273,34	157,41	166,21	228,92	198,96	166,21	259,25
5	276,15	163,74	174,17	239,05	233,95	174,17	291,66
6	253,25	73,52	72,92	103,55	123,34	78,64	146,28
6.1	78,00	18,30	22,08	28,68	37,74	23,99	44,72
6.2	75,00	17,70	21,28	27,68	32,88	23,11	40,19
6.3	85,00	21,05	24,12	32,02	36,25	26,10	44,67
7	37,17	15,40	14,56	21,19	31,73	14,56	34,91
Освітлення території	2,03	2,19	0,72	2,30	2,19	0,72	2,30
Всього	1590,15	890,27	905,97	1272,91	1221,76	911,69	1527,62

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Геометричні параметри картограми навантажень та координати центру навантажень розраховані в таблиці 2.6.

Розміщення трансформаторної підстанції заводу в центрі навантажень дозволить скоротити довжини кабелів напругою 400 В, а отже, зменшити втрати напруги та потужності, пропорційні довжинам ліній.

Таблиця 2.6 – Визначення центру електричних навантажень

№ цеху	x, м	y, м	$P_{\Sigma} \cdot x$	$P_{\Sigma} \cdot y$	$Q_{\Sigma} \cdot x$	$Q_{\Sigma} \cdot y$	r	α
1	48	24	11545	5772	9092	4546	31	20
2	81	48	13061	7740	7809	4628	24	3
3	36	126	8273	28957	6896	24136	31	16
4	99	150	19697	29844	16455	24932	29	16
5	192	141	44919	32987	33441	24558	30	12
6	180	48	22202	5920	14155	3775	22	48
7	192	171	6093	5426	2795	2489	11	51
Всього			119697	111221	87849	86575		
X_{Σ}	97							
Y_{Σ}	93							

2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП з врахуванням компенсації реактивної потужності

Для встановлення в будівлі закритої трансформаторної підстанції обираємо два силових трансформатори з [5] з врахуванням питомої густини навантаження та коефіцієнту завантаження в нормальному режимі, рівного 0,7.

Таблиця 2.7 – Вибір трансформаторів

Варіант встановлення	$\sigma, \frac{\text{кВА}}{\text{м}^2}$	$S_T, \text{кВА}$	N	$N_{\min}$	m	$N_{\text{опт}}$	$Q_{\max T}, \text{кВАр}$
I	0,07	1000	1,27	2	0	2	1080,47
II		1600	0,79	2	0	2	2055,49

Таблиця 2.8 – Вибір низьковольтних батарей конденсаторів

Варіант встановлення	$Q_{\text{НБК1}}, \text{кВАр}$	k_{p1}	k_{p2}	γ	$Q_{\text{НБК2}}, \text{кВАр}$	$Q_{\text{НБК}}, \text{кВАр}$	Потужність НБК
I	0,00	11	27	0,29	325,97	325,97	160
II	0,00	11	27	0,29	0,00	0,00	0

Пропускна здатність трансформаторів потужністю 1600 кВА достатня для передавання необхідної кількості реактивної потужності; для трансформаторів потужністю 1000 кВА застосовуємо чаткову компенсацію за допомогою конденсаторних установок, вибраних з [6]

Таблиця 2.9 – Техніко-економічне порівняння можливих варіантів встановлення

Варіант встановлення	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	τ , год	W , тис.кВт·год	C_e , тис.грн	K , тис.грн	Z , тис.грн
I	1,7	12,2	1708	25,9458	200,561	1192,08	349,57
II	2,75	18	1708	41,2452	318,825	2400,00	618,83

Вибираємо $2 \times TM - 1000 / 10$; $2 \times KKY - 0,4 - 160 - 10 - 21Y3$.

Перевіряємо вибрані трансформатори за перевантажувальною здатністю :

$$1,4 \cdot 1000 = 1400 \text{ кВА} > \frac{2 \cdot (1 - 0,109) \cdot 1272,91}{2} = 1134,17 \text{ кВА}.$$

2.6. Компенсація реактивної потужності

Вхідна реактивна потужність, задана постачальником, менша за реактивне навантаження, що передаватиметься через трансформатори в режимі максимальних активних навантажень. Отже, є потреба у застосуванні високовольних конденсаторних установок або збільшенні потужності вже вибраних низьковольтних.

Таблиця 2.10 – Розрахунок компенсації реактивної потужності

Показник	Од.вимір.	Значення
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$	кВАр	905,97
$Q_{\text{еmax}}$	кВАр	294
$Q_{\text{НБК ф}}$	кВАр	320
ΔQ_T	кВАр	49
$K_{\text{НС}}$	–	0,85
Q_{M1}	кВАр	770,07
Q_{K1}	кВАр	476,29
$Q_{\text{НС Т}}$	кВАр	683,97
$Q_{\text{ВБК}}$	кВАр	254,29

$$Q_{\text{НБК}} = 2 \cdot 160 + 254,29 = 574,29 \text{ кВАр} \Rightarrow 2 \times KKY - 0,4 - 300 - 10 Y3.$$

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях

Таблиця 2.11 – Розрахунок навантажень на рівні 10 кВ

Розрахункове навантаження	Одиниці вимірювання	Значення
P_{p3}	кВт	890,27
Q_{p2}	кВАр	905,97
$Q_{НБК}$	кВАр	600
P_{p3}	кВт	890,27
Q_{p3}	кВАр	305,97
S_{p3}	кВА	941,38
ΔP_T	кВт	18,83
ΔQ_T	кВАр	94,14
P_{p4}	кВт	909,09
Q_{p4}	кВАр	400,11
S_{p4}	кВА	993,25

В таблиці 2.11 розраховано навантаження на шинах високої напруги підстанції.

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

Для вибору з [8] та перевірки кабелів зовнішнього живлення підстанції розраховуємо струми навантаження на рівні 10 кВ в нормальному та післяаварійному режимах, визначаємо економічну густину струму з [7], розраховуємо втрати напруги та виконуємо порівняння затрат при використанні кабелів різного перерізу.

$$j_e = 1,7 \frac{A}{mm^2} [7];$$

$$I_{норм} = \frac{993,25}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 28,67 \text{ А}; I_{п.ав} = \frac{993,25}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,35 \text{ А};$$

$$F_e = \frac{28,67}{1,7} = 16,87 \text{ мм}^2; \text{ розглядаємо перерізи від } 35 \text{ мм}^2 \text{ включно.}$$

Таблиця 2.12 – Вибір кабельних ліній високої напруги

F, мм ²	I _{доп} , А	I' _{доп} , А	r ₀ , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	x ₀ , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}$, В	$\Delta U_{\text{норм}}$, %	$\Delta U_{\text{П АВ}}$, %
35	143	147,29	0,641	0,09	163,26	1,63	3,27
50	169	174,1	0,58	0,086	148,51	1,49	2,97
70	211	217,3	0,45	0,084	118,21	1,18	2,36
95	260	267,8	0,31	0,083	85,78	0,86	1,72

Таблиця 2.13 – Техніко-економічне порівняння кабелів різного перерізу

F, мм ²	K _{зл}	$\Delta P_{\text{н}}$, кВт	$\Delta P_{\text{д}}$, кВт	C _е , тис. грн.	K, тис. грн.	З, тис. грн.
35	0,195	135,17	5,122	67,609	5602,8	767,959
50	0,165	170,82	4,635	61,175	6867,2	919,575
70	0,132	206,59	3,596	47,463	7145,6	940,663
95	0,107	216,10	2,477	32,697	8340,4	1075,247

$$Z_{\min} \Rightarrow 2 \times \text{АПВВ} - 10 - 3 \times 35.$$

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Для вибору ввідно-розподільних та розподільних пристроїв з [9, 10] враховуємо струм та кількість приєднаних електроприймачів.

Для вибору кабелів напругою 0,4 кВ з [11] оцінюємо струми допустимого перевантаження та втрати напруги нормального та післяаварійного режимів.

Таблиця 2.14 – Вибір розподільних пристроїв 0,4 кВ

Назва РП	$S_{p\Sigma}$, кВА	$I_{п.ав}$, А	Тип розподільного пристрою	$I_{доп.РП}$, А	$n_{прийм}$	$n_{мод}$
ВРП1	306,15	465,15	ЕУ – ВРП2 – 1 – 630 У4	630	4	4
РП2	187,88	285,45	ПР11 – 3057 – 21 У3	250	14	18
ВРП3	299,18	454,56	ЕУ – ВРП2 – 1 – 630 У4	630	4	4
ВРП4	259,25	393,89	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
ВРП5	326,58	496,18	ЕУ – ВРП2 – 1 – 630 У4	630	4	4
ВРП6	146,28	222,25	ЕУ – ВРП2 – 1 – 250 У4	250	3	4
РП6.1	44,72	67,95	ПР11 – 3034 – 21 У3	100	10	12
РП6.2	40,19	61,06	ПР11 – 3034 – 21 У3	100	12	12
РП6.3	44,67	67,86	ПР11 – 3034 – 21 У3	100	11	12
РП7	34,91	53,04	ПР11 – 3034 – 21 У3	100	10	12

Таблиця 2.15 – Вибір кабелів 0,4 кВ

Назва КЛ	n	$S_{p\Sigma}$, кВА	$I_{норм}$, А	$I_{п.ав}$, А	Переріз кабелю	$I_{доп}$, А	$I'_{доп}$, А	$I''_{доп}$, А	l , км	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	$\Delta U_{норм}$, %	$\Delta U_{п.ав}$, %
ТП – ВРП1	2	306,15	232,58	465,15	4×240	490	505	529	0,083	0,125	0,047	1,13	2,25
ТП – РП2	2	187,88	142,72	285,45	4×240	490	505	529	0,037	0,125	0,047	0,31	0,61
ТП – ВРП3	2	299,18	227,28	454,56	4×240	490	505	529	0,039	0,125	0,047	0,52	1,04
ТП – ВРП4	2	259,25	196,95	393,89	4×240	490	505	529	0,064	0,125	0,047	0,74	1,47
ТП – ВРП5	2	326,58	248,09	496,18	4×240	490	505	529	0,116	0,125	0,047	1,68	3,36
ТП – ВРП6	2	146,28	111,12	222,25	4×150	230	237	248	0,086	0,125	0,047	0,56	1,12
ВРП6 – РП6.1	2	44,72	33,97	67,95	5×25	75	77	81	0,025	1,33	0,07	0,42	0,85
ВРП6 – РП6.2	2	40,19	30,53	61,06	5×16	60	62	65	0,005	2,08	0,07	0,11	0,21
ВРП6 – РП6.3	2	44,67	33,93	67,86	5×25	75	77	81	0,037	1,33	0,07	0,63	1,27
ВРП5 – РП7	1	34,91	53,04	53,04	4×16	60	62	65	0,034	2,08	0,07	1,42	1,42

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

Застосовуємо відносне наближене зведення :

$$S_6 = 100 \text{ МВА}; U_6 = 10,5 \text{ кВ.}$$

					ЛНТУ.971013.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

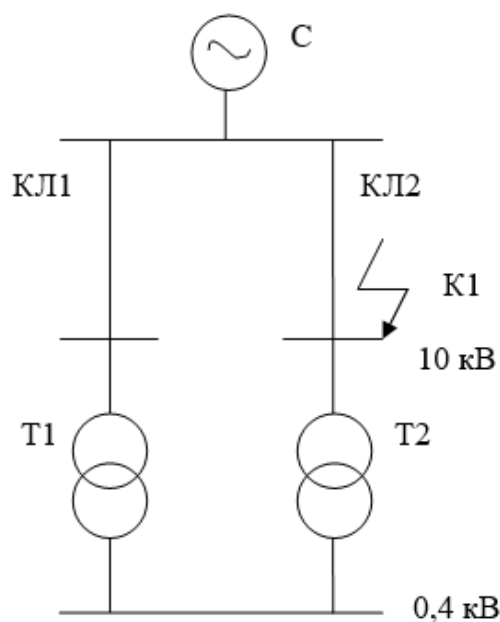


Рисунок 2.1 – Електрична схема короткозамкненого кола

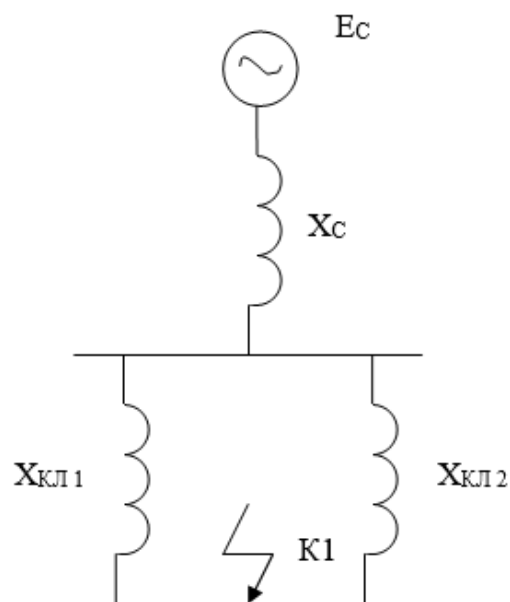


Рисунок 2.2 – Заступна схема короткозамкненого кола

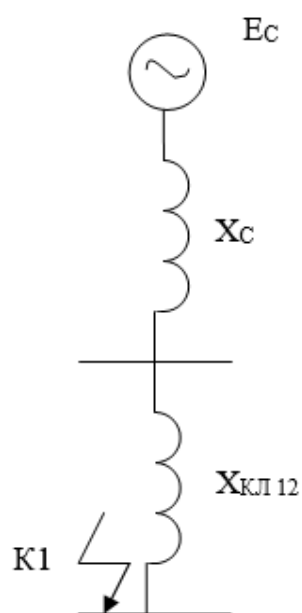


Рисунок 2.3 – Схема короткозамкненого кола після об'єднання паралельних ліній

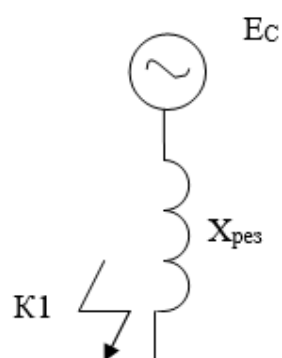


Рисунок 2.4 – Спрощена схема короткозамкненого кола

Таблиця 2.16 – Розрахунок струмів КЗ. Перевірка вибраних КЛ за термічною стійкістю

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
S_{K3}	МВА	73
$\dot{X}_{C*}$	—	1,370
$\dot{R}_{KЛ1*}, \dot{R}_{KЛ2*}$	—	3,372
$\dot{X}_{KЛ1*}, \dot{X}_{KЛ2*}$	—	0,473
$\dot{R}_{KЛ12*}$	—	1,686
$\dot{X}_{KЛ12*}$	—	0,237
$\dot{R}_{рез*}$	—	1,686
$\dot{X}_{рез*}$	—	1,607
$\dot{Z}_{рез*}$	—	2,329
I_{ϕ}	кА	5,50
I_{n0}	кА	2,361
k_y	—	1,42
i_y	кА	4,741
K_T	$\frac{A \cdot c^{1/2}}{мм^2}$	125
t_n	с	0,25
F_{min}	мм ²	9,4
Тип та переріз кабелю з п.2.8	—	АПВВ – 10 – 3 × 35
B_K	кА ² · с	1,39

2.11. Вибір обладнання

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

Для встановлення обладнання напругою 10 та 0,4 кВ в будівлі закритої трансформаторної підстанції вибираємо з [14, 15] комірки та розподільні панелі відповідно.

Призначення, назву та комплектування комірок і панелей зведено в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Технічні характеристики комплектних розподільних пристроїв трансформаторної підстанції

Призначення	Обладнання	Кількість	Каталожний номер
Комірки КСО 399 10 кВ			
Ввідні	Комірка КСО 399-03106 УЗ з вимикачем навантаження ВН-РА 030-10-630 УЗ	2	03
Комутація і захист силових трансформаторів	Комірка КСО 399-04061 УЗ з вимикачем навантаження ВН-РА 03П-10-630 УЗ і запобіжником	2	04
Секційна	Комірка КСО 399-01106 УЗ роз'єднувачами РВ030-10-630 УЗ	1	01
Розподільчі панелі ЩО 99 0,4 кВ			
Ввідні	ЩО 99-2101 УЗ	2	–
Лінійні	ЩО 99-2308 УЗ	4	–
Секційна	ЩО 99-2208 УЗ	1	–

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$28,67 < 630 \text{ А};$$

$$57,35 < 630 \text{ А};$$

$$4,741 < 51 \text{ кА};$$

$$1,39 < 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Роз'єднувачі секційних комірок обрано з [16]:

РВ030 – 10 – 630

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$28,67 < 630 \text{ А};$$

$$57,35 < 630 \text{ А};$$

$$4,741 < 41 \text{ кА};$$

$$1,39 < 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Вимикачі навантаження ввідних та трансформаторних комірок обрано з [17]; запобіжники – з [18]:

Ввідні комірки
ВН – РА 030 – 10 – 630 УЗ:

$10 = 10 \text{ кВ};$
 $28,67 < 630 \text{ А};$
 $57,35 < 630 \text{ А};$
 $2,361 < 31,5 \text{ кА};$
 $4,741 < 80 \text{ кА};$
 $1,39 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$

Трансформаторні комірки
ВН – РА 03П – 10 – 630 УЗ:

$10 = 10 \text{ кВ};$
 $28,67 < 630 \text{ А};$
 $57,35 < 630 \text{ А};$
 $2,361 < 31,5 \text{ кА};$
 $4,741 < 80 \text{ кА};$
 $1,39 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$

ПКТ – 10 – 63 – 12,5 УЗ:

$57,35 < 63 \text{ А};$
 $2,361 < 12,5 \text{ кА};$
 $40,89 < 217 \text{ кА},$

$$S'' = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2,361 = 40,89 \text{ МВА}.$$

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Для радіального електропостачання верстатів та інших установок металообробного цеху кабелі обрано з [19] та перевірено за втратами напруги.

Довжини кабелів визначено за планом цеху (З креслення) відповідно до заданого масштабу.

Таблиця 2.18 – Вибір кабелів внутрішньоцехової мережі

Назва електроприймача	P_n , кВт	$\cos \varphi$	I , А	F , мм ²	$I_{тр.доп}$, А	Кабель
Щит 6.1						
Верстат токарний	10,5	0,60	26,55	4	34	ВВГнгд-5×4
Верстат свердлильний	7,5	0,60	18,96	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка вентиляційна	3	0,80	5,70	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Щит 6.2						
Верстат шліфувальний	8	0,60	20,23	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Ножиці гільйотинні	3	0,60	7,58	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Верстат трубозгинальний	9	0,60	22,75	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка вентиляційна	3	0,80	5,70	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Щит 6.3						
Прес гідравлічний	15	0,62	36,48	6	45	ВВГнгд-5×6
Верстат арматурозгинальний	8	0,60	20,23	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Верстат фрезерний	7,5	0,60	18,96	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка вентиляційна	3	0,80	5,70	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5

Таблиця 2.19 – Перевірка кабелів за втратами напруги

Назва електроприймача	n	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	l, км	$\Delta U\%$	Кабель
Щит 6.1						
Верстат токарний	4	5	0,09	0,023	0,856	ВВГнгд-5×4
		5	0,09	0,018	0,670	ВВГнгд-5×4
		5	0,09	0,023	0,856	ВВГнгд-5×4
		5	0,09	0,028	1,042	ВВГнгд-5×4
Верстат свердильний	4	8	0,09	0,028	1,181	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,02	0,843	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,022	0,928	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,027	1,139	ВВГнгд-5×2,5
Установка вентиляційна	2	8	0,09	0,005	0,084	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,016	0,268	ВВГнгд-5×2,5
Щит 6.2						
Верстат шліфувальний	3	8	0,09	0,066	2,969	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,046	2,069	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,026	1,170	ВВГнгд-5×2,5
Ножиці гильйотинні	3	8	0,09	0,048	0,810	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,018	0,304	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,01	0,169	ВВГнгд-5×2,5
Верстат трубозгинальний	4	8	0,09	0,046	2,328	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,058	2,935	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,07	3,543	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,062	3,138	ВВГнгд-5×2,5
Установка вентиляційна	2	8	0,09	0,056	0,939	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,042	0,704	ВВГнгд-5×2,5
Щит 6.3						
Прес гідравлічний	2	3,33	0,09	0,028	1,001	ВВГнгд-5×6
		3,33	0,09	0,026	0,930	ВВГнгд-5×6
Верстат арматурозгинальний	2	8	0,09	0,02	0,900	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,018	0,810	ВВГнгд-5×2,5
Верстат фрезерний	4	8	0,09	0,025	1,054	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,028	1,181	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,032	1,350	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,04	1,687	ВВГнгд-5×2,5
Установка вентиляційна	3	8	0,09	0,032	0,536	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,032	0,536	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,03	0,503	ВВГнгд-5×2,5

2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ

Застосовуємо абсолютне наближене зведення :

$$U_{\phi} = 0,4 \text{ кВ}; U_{c10} = 10,5 \text{ кВ}.$$

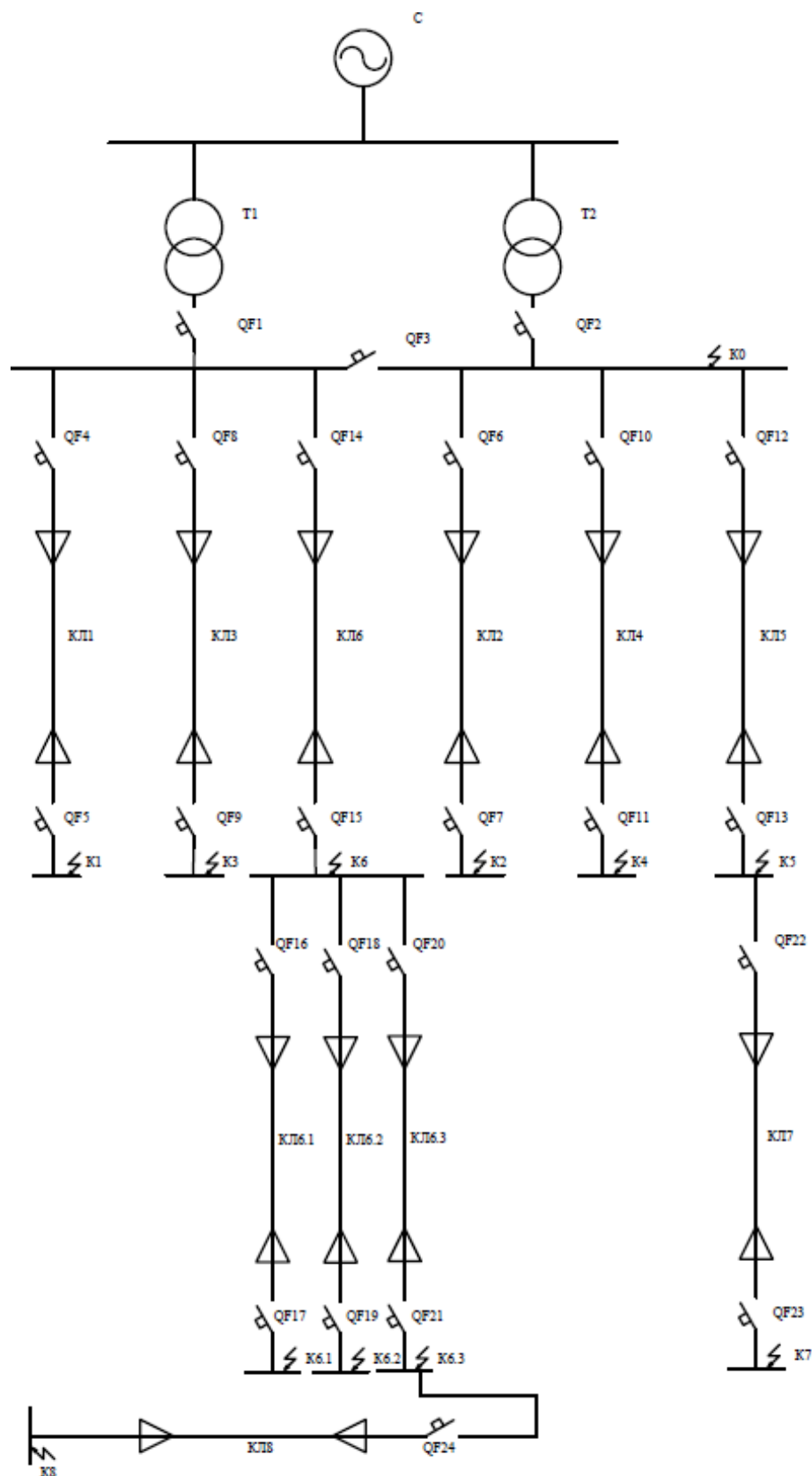


Рисунок 2.5 – Схема короткозамкнутого кола НВ мережі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛНТУ.971013.000 ПЗ

Арк.

25

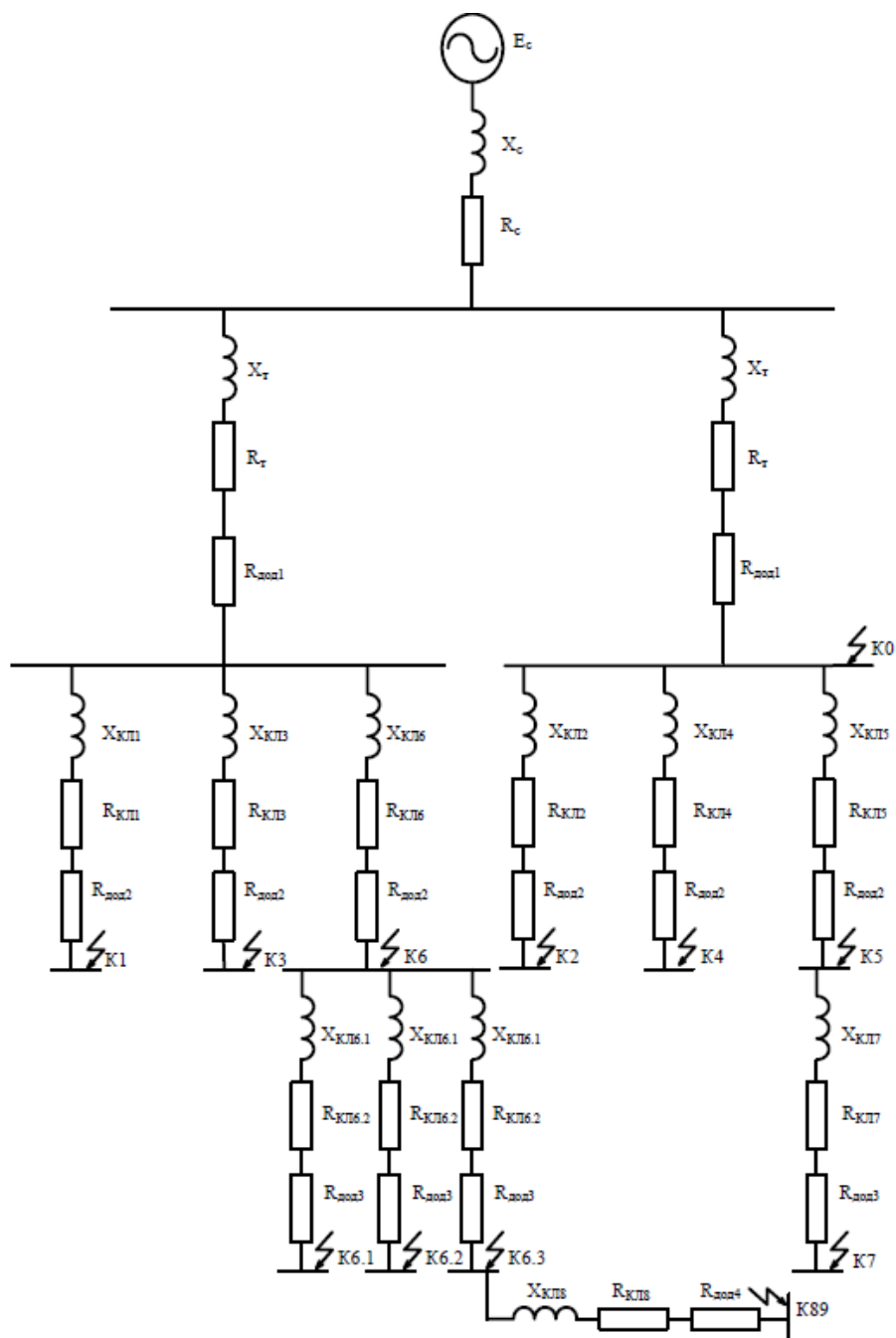


Рисунок 2.6 – Заступна схема НВ мережі

Таблиця 2.20 – Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ в мережі 0,4 кВ

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
U_6	кВ	0,4
$I_{к10}$	кА	2,361
U_{c10}	кВ	10,5
$S_{ном.Т}$	кВА	1000
ΔP_k	кВт	12,2
u_k	%	6,5

Таблиця 2.21 – Визначення струмів КЗ в точці К0

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
R_c	Ом	1,859
X_c	Ом	2,568
$\dot{R}_c$	МОм	2,698
$\dot{X}_c$	МОм	3,726
$\dot{R}_T$	МОм	0,976
$\dot{X}_T$	МОм	5,200
$\dot{R}_{рез0}$	МОм	18,674
$\dot{X}_{рез0}$	МОм	8,926
$Z_{рез0}$	МОм	20,698
I_K	кА	11,158
k_y	–	1,05
i_y	кА	16,569

Таблиця 2.22 – Визначення опорів кабельних ліній

Назва кабельної лінії	l , км	r_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	R , МОм	x_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	X , МОм
ТП – ВРП1	0,083	0,125	10,350	0,047	3,892
ТП – РП2	0,037	0,125	4,600	0,047	1,730
ТП – ВРП3	0,039	0,125	4,900	0,047	1,842
ТП – ВРП4	0,064	0,125	8,000	0,047	3,008
ТП – ВРП5	0,116	0,125	14,500	0,047	5,452
ТП – ВРП6	0,086	0,125	10,750	0,047	4,042
ВРП6 – РП6.1	0,025	1,33	32,851	0,07	1,729
ВРП6 – РП6.2	0,005	2,08	9,360	0,07	0,315
ВРП6 – РП6.3	0,037	1,33	49,343	0,07	2,597
ВРП5 – РП7	0,034	2,08	71,552	0,07	2,408
РП6.3 – Рmax	0,026	3,33	86,580	0,09	2,340

Таблиця 2.23 – Визначення струмів КЗ в НВ мережі

Точка КЗ	$R_{\text{дод}},$ мОм	$\dot{R}_{\text{рез}},$ мОм	$\dot{X}_{\text{рез}},$ мОм	$\dot{Z}_{\text{рез}},$ мОм	$I_{\text{к}},$ кА	k_y	$i_y,$ кА	$F_{\text{min}},$ мм ²	Вибраний переріз
К1	20	34,02	12,82	36,36	6,352	1	8,983	23,5	4×240
К2	20	28,27	10,66	30,22	7,643	1	10,809	28,3	4×240
К3	20	28,57	10,77	30,54	7,563	1	10,696	28,0	4×240
К4	20	31,67	11,93	33,85	6,823	1	9,649	25,3	4×240
К5	20	38,17	14,38	40,79	5,661	1	8,006	21,0	4×240
К6	20	34,42	12,97	36,79	6,278	1	8,878	23,3	4×150
К6.1	25	72,27	14,70	73,75	3,131	1	4,428	11,6	5×25
К6.2	25	48,78	13,28	50,56	4,568	1	6,460	16,9	5×16
К6.3	25	88,77	15,57	90,12	2,563	1	3,624	9,5	5×25
К7	25	114,73	16,79	115,95	1,992	1	2,817	7,4	4×16
К8	30	180,35	17,91	181,23	1,274	1	1,802	4,7	5×6

Всі перевірки виконуються.

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Трансформатори струму, встановлені у ввідних та розподільних низьковольтних панелях підстанції, обрані з [21]. До їх вторинних обмоток підключено такі прилади:

лічильники електричної енергії комерційного та технічного обліку
НІК 2307 АПЗТ, вибрані з [20];

амперметри АСКО – УКРЕМ 500А.

$$I_{\text{норм}} = \frac{1527,62}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 1160,49 \text{ А}; \quad I_{\text{max}} = \frac{1527,62}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2320,98 \text{ А}.$$

Вторинне навантаження трансформаторів струму:

$$r_k = 0,05 \text{ Ом}; \text{ тоді згідно з [10]}; S_{\text{прил}} = 10 \text{ ВА};$$

$$r_{\text{прил}} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{пр}} = \frac{0,0283 \cdot 4}{2,5} = 0,045 \text{ Ом};$$

$$z_2 \approx r_2 = 0,4 + 0,045 + 0,05 = 0,495 \text{ Ом}.$$

Комерційний облік:

CHINT BH-0.66 120 2500/5A 0,5

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$1160,49 < 2500 \text{ А};$$

$$2320,98 < 2500 \text{ А};$$

$$16,569 < 51 \text{ кА};$$

$$31,12 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом.}$$

Технічний облік :

$$T - 0,66 \text{ 600 / 5}$$

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$496,18 < 600 \text{ А};$$

$$8,006 < 51 \text{ кА};$$

$$8,01 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом.}$$

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Ввідні, фідерні та секційний автоматичні вимикачі вибрані з [22].

Таблиця 2.24 – Вибір автоматичних вимикачів

Номер вимикача	Тип вимикача	Каталожні дані			Розрахункові дані			
		$U_{\text{ном}},$ кВ	$I_{\text{ном розщ}},$ А	$I_{\text{гр вимк}},$ кА	$U_{\text{уст}},$ кВ	$I_{\text{норм}},$ А	$I_{\text{п.ав}},$ А	$I_{\text{к}},$ А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF1	Chint NA1-2000-2500M	0,4	2500	40	0,4	1160,49	2320,98	11,158
QF2	Chint NA1-2000-2500M	0,4	2500	40	0,4	1160,49	2320,98	11,158
QF3	Chint NA1-2000-2500M	0,4	2500	40	0,4	1160,49	2320,98	11,158
QF4	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	232,58	465,15	6,352
QF5	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	232,58	465,15	6,352
QF6	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	142,72	285,45	7,643

					ЛНТУ.971013.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Продовження таблиці 2.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF7	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	142,72	285,45	7,643
QF8	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	227,28	454,56	7,563
QF9	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	227,28	454,56	7,563
QF10	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	196,95	393,89	6,823
QF11	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	196,95	393,89	6,823
QF12	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	248,09	496,18	5,661
QF13	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	248,09	496,18	5,661
QF14	BA 88 – 35	0,4	250	35	0,4	111,12	222,25	6,278
QF15	BA 88 – 35	0,4	250	35	0,4	111,12	222,25	6,278
QF16	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	33,97	67,95	3,131
QF17	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	33,97	67,95	3,13
QF18	BA 88 – 33	0,4	63	35	0,4	30,53	61,06	4,568
QF19	BA 88 – 33	0,4	63	35	0,4	30,53	61,06	4,57
QF20	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	33,93	67,86	2,563
QF21	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	33,93	67,86	2,56
QF22	BA 88 – 33	0,4	63	35	0,4	53,04	53,04	1,992
QF23	BA 88 – 33	0,4	63	35	0,4	53,04	53,04	1,99
QF24	BA 88 – 32	0,4	40	25	0,4	36,48	36,48	1,274

2.12.5. Вибір рубильників

Рубильники, встановлені в секційних низьковольтних панелях, обрані з [23]:

PE 19 – 45; 2500 A;

$0,38 < 0,66$ кВ;

$1160,49 < 2500$ A;

$2320,98 < 2500$ A;

$16,569 < 50$ кА;

$31,12 < 900$ кА² · с.

					ЛНТУ.971013.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОМПРЕСОРА

Металообробку на заводі будівельних металоконструкцій виконують також шляхом виконання кувально-штампувальних операцій. Роботу ковальсько-пресового обладнання забезпечено за допомогою компресорів, призначених для стиснення повітря. Розрахуємо електропостачальну систему одного з компресорів:

$$p_{\text{вх}} = 0,3 \text{ МПа}; p_{\text{вих}} = 3,75 \text{ МПа}; V_1 = 4,3 \text{ м}^3; s = 1,25 \text{ м};$$

$$\text{КЛІ} : l_{\text{КЛІ}} = 0,074 \text{ км}; \text{АВВГ} - 4 \times 240; I_{\text{КЛІ}} = 285,45 \text{ А};$$

$$\text{КЛІ}2 : l_{\text{КЛІ}2} = 0,018 \text{ км}.$$

Таблиця 3.1 – Вибір двигуна компресора

Позначення технічної характеристики	Одиниці вимірювання	Значення
A_i	Дж	40,727
k	–	15
A_a	Дж	13,217
A	Дж	26,972
k_3	–	1,3
Q	$\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	322,5
P	кВт	16,35
Тип двигуна	–	4A180M6Y3
$P_{\text{дв}}$	кВт	18,5
$U_{\text{дв}}$	кВ	0,38
$\eta_{\text{дв}}$	%	95
$\cos \varphi_{\text{дв}}$	–	0,88
$n_{\text{дв}}$	$\frac{\text{об}}{\text{хв}}$	975

					ЛНТУ.971013.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування СЕП заводу будівельних конструкцій встановленою потужністю 1530 кВт. Пояснювальна записка.				Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Клець В.С.									
Перевір.		Вітер Д.В.								31	2
									ФАБЕ, гр.ЕЕ–41		
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.									
Затверд.		Волинець В.І.									

Таблиця 3.2 – Вибір мережі живлення компресора

Позначення технічної характеристики	Одиниці вимірювання	Значення
$I_{\text{дв}}$	А	33,66
F	мм ²	21,04
Марка кабелю	–	25
$I_{\text{тр.доп}}$	А	75
u_a	%	1,22
u_p	%	6,38
u_T	%	3,36
r_T	Ом	0,0020
x_T	Ом	0,010
$r_{\text{КЛ1}}$	Ом	0,009
$x_{\text{КЛ1}}$	Ом	0,004
$r_{\text{КЛ2}}$	Ом	0,024
$x_{\text{КЛ2}}$	Ом	0,001
$r_{\text{рез}}$	Ом	0,035
$x_{\text{рез}}$	Ом	0,016
$z_{\text{рез}}$	Ом	0,039
$I_{\text{КЛ1}}$	А	285,45
$I_{\text{КЛ2}}$	А	33,66
$\Delta u_{\text{КЛ1}}$	%	1,30
$\Delta u_{\text{КЛ2}}$	%	0,31
Δu	%	4,97
U_x	В	399
I_K	А	5971,35
F_{min}	мм ²	25

САПР

Розрахунки розділу 3 автоматизовано в середовищі Microsoft Excel 2016.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Електропостачання компресорної установки								
3									
4	Вихідні дані:								
5	вхідний тиск	МПа	p вх	0,3		Кабель АВВГгнд-0,4:			
6	вихідний тиск	МПа	p вих	3,75		переріз	Iдоп, А	r0, Ом/км	x0, Ом/км
7	початковий об'єм газу	м3	V1*10^(-3)	4,3		16	60	2,08	0,07
8	хід	м	s	1,25		25	75	1,33	0,07
9	лінія від ТП-10/0,4 кВ до РП5 (Л1):					35	95	0,95	0,06
10	довжина	км	l	0,074		50	110	0,67	0,06
11	тип кабелю	-	АВВГ-0,4	4×240		70	140	0,48	0,06
12	струм	А	Iл1	285,45		95	165	0,35	0,06
13	лінія від РП-0,4 кВ до АД (Л2):					120	200	0,28	0,06
14	довжина	км	l	0,018		150	230	0,22	0,06
15						185	260	0,18	0,06
16						240	401	0,125	0,059

Рисунок 4.1 – Вихідні дані

[illegible]

Рисунок 4.2 – Вибір двигуна

					ЛНТУ.971013.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування СЕП заводу будівельних конструкцій встановленою потужністю 1530 кВт. Пояснювальна записка.			Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.		Клець В.С.								33	2	
Перевір.		Вітер Д.В.						ФАБЕ, гр.ЕЕ-41				
Н. контр.		Вашелюк Ю.І.										
Затверд.		Волинець В.І.										

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы хотите сделать?											
Вставить		Times New Ro 12		Ж К Ч		Перенести текст		Общий		Условное форматирование	
Буфер обмена		Шрифт		Выравнивание		Число		Стили		Форматировать как таблицу	
P27											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
51	2. Розрахунок мережі живлення										
52	Розрахунковий струм двигуна	A	Idв	33,66		Струм в лінії J1	A	Iл1	285,45		
53	Економічний переріз проводу	мм2	F	21,04		Струм в лінії J2	A	Iл2	33,66		
54	Тип та переріз кабелю	-	BVGнгд	25		Втрати напруги в лінії J1	%	uл1	1,30		
55	Тривалий допустимий струм	A	Idоп	75		Втрати напруги в лінії J2	%	uл2	0,31		
56	Активна складова втрат напруги в трансформаторі	%	u.a	1,22		Втрати напруги в мережі	%	u	4,97	<	10%
	Реактивна складова втрат напруги в трансформаторі					Напруга холостого ходу вторинної обмотки трансформатора					
57		%	u.p	6,38			B	Ux	399		
58	Втрати напруги в трансформаторі	%	u	3,36		Струм КЗ	A	Iк	5971,35		
59	Активний опір трансформатора	Ом	r.т	0,0020		Мінімальний переріз, стійкий до термічної дії струмів КЗ	мм2	F	25	=	25 мм2
	Реактивний опір трансформатора	Ом	x.т	0,010							
61	Активний опір лінії J1	Ом	r.л1	0,009							
62	Реактивний опір лінії J1	Ом	x.л1	0,004							
63	Активний опір лінії J2	Ом	r.л2	0,024							
64	Реактивний опір лінії J2	Ом	x.л2	0,001							
65	Активний опір до точки КЗ	Ом	R	0,035							
66	Реактивний опір до точки КЗ	Ом	X	0,016							
67	Повний опір до точки КЗ	Ом	Z	0,039							

Рисунок 4.3 – Вибір мережі живлення

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Одним із основних технічних заходів з електробезпеки на проєктованому заводі будівельних металокаркасів є влаштування контурів заземлення цехів, до яких приєднано неструмовідні частини електрообладнання.

$$l = (96 + 48) \cdot 2 = 288 \text{ м};$$

$$R_{\Gamma} = \frac{180}{2 \cdot 3,14 \cdot 288} \cdot \ln \frac{288^2}{0,4 \cdot 0,04} = 1,6 \text{ Ом};$$

$$R_H = 10 \text{ Ом};$$

$$R_B = \frac{1,6 \cdot 10}{1,6 + 10} = 1,39 \text{ Ом};$$

$$R_{BO} = \frac{120}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,016} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 0,7 + 1}{4 \cdot 0,7 - 1} \right) = 55 \text{ Ом};$$

$$\eta_B = 0,65; \eta_{\Gamma} = 0,3;$$

$$n_B = \frac{55}{1,39 \cdot 0,65} = 61,0 \text{ шт} \Rightarrow n_B = 61 \text{ шт};$$

$$R_{шт} = \frac{55 \cdot 1,6}{0,3 \cdot 55 + 0,65 \cdot 61 \cdot 1,6} = 1,1 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

					ЛНТУ.971013.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування СЕП заводу будівельних конструкцій встановленою потужністю 1530 кВт. Пояснювальна записка.		
Розроб.	Клець В.С.						
Перевір.	Вітер Д.В.						
Н. контр.	Васильчук Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						35	1
					ФАБЕ, гр.ЕЕ-41		

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

В процесі проектування електропостачальної системи заводу будівельних металоконструкцій враховано вимоги до електричних мереж [1 – 3], а також специфіку підприємств будівельної галузі. В результаті отримано систему, яка є придатною до впровадження та має такі характеристики:

високий рівень надійності електропостачання, що відповідає вимогам до приймачів II категорії;

мінімальні втрати потужності та напруги, що забезпечує належну пропускну здатність електричних мереж та якість електричної енергії;

оснащення системами комерційного та технічного обліку електричної енергії, що дає можливість розрахунку з оператором розподілу та моніторингу електроспоживання на рівні окремих цехів підприємства;

наявність централізованої компенсації реактивної потужності, що забезпечило розвантаження силових трансформаторів та ліній електропередавання високої напруги, а також виконання обмежень оператора розподілу;

вибір ключових складових електричної системи заводу виконано з кількох можливих варіантів на основі їх техніко-економічного порівняння;

вірний вибір електричних апаратів високої та низької напруги з перевіркою їх в нормальному та аварійному режимах; дані апарати забезпечують можливість комутації та захисту елементів схеми від струмів ненормальних режимів; крім того, обрані ввідно-розподільні пристрої, встановлені в кожному цеху, укомплектовані апаратами захисту від експлуатаційних та атмосферних перенапруг;

безпека експлуатації електрообладнання, завдяки влаштуванню контурів захисного заземлення, застосуванню засобів індивідуального захисту, засобів розпізнавання електричних частин, подвійної ізоляції кабелів внутрішньоцехового електропостачання.

					ЛНТУ.971013.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Правила улаштування електроустановок : видання офіційне. Київ : Міненерговугілля України, 2017. 620 с.
2. Мілих В.І., Павленко Т.П. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей : Харків : ФОП Панов А. М., 2016. 272 с.
3. Давиденко Л.В., Коменда Н.В, Давиденко В.А., Євсюк М.М. Електропостачання промислових об'єктів : практикум : навчальний посібник. Луцьк : ВІП ЛНТУ, 2022. 244с.
4. Промислові LED світильники : каталог. URL : https://ledmir.com.ua/industrial_led_lights
5. Трансформатори силові типу ТМ. URL : http://cabex.com.ua/ru/produkcija/transformatori/transformatori_silovie_tipa_tm.html
6. Установки компенсації реактивної потужності ККУ-0,4. URL : <https://avelectric.com.ua/ua/g77561771-ustanovki-kompensatsii-reaktivnoj>
7. Електричні системи та мережі : методичні вказівки до виконання курсової роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання ; уклад. І.В. Грицюк, Ю.В. Грицюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2021. 72с.
8. Силові кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену : каталог. URL : <https://amperia.com.ua/ua/g32628816-silovye-kabeli-izolyatsiej>.
9. Пункт розподільний ЕУ-ПР11 : каталог. URL : <https://www.enersys.in.ua/vyrobnystvo/punkt-rozpodilnyi.html>.

- 10.Ввідно-розподільний пристрій : каталог. URL :
<https://www.enersys.in.ua/vyrobnystvo/vvidno-rozpodilnyi-prystrii.html>.
- 11.Кабелі силові АВВГ, АВВГнг, АВВГнгд : каталог. URL :
<https://euopan.ua/ru/produkcija/kabeli-silovi/avvg-avvgng-avvgngd/>.
- 12.Грицюк Ю.В. Електрична частина станцій і підстанцій. Методичні вказівки до практичних занять. – Луцьк: ЛНТУ, 2015. – 96 с.
13. Електрична частина станцій і підстанцій : методичні вказівки до виконання курсового проекту ; уклад. Ю.В. Грицюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2014. 84с.
14. Камери збірні одностороннього обслуговування КСО 399 УЗ : каталог. ООО Укрелетрокомплект. URL: <http://uelko.com/kso399.pdf>.
15. Панелі розподільних щитів ЩО 99 УЗ : каталог. ООО Укрелетрокомплект. URL: <https://uelko.com/so99.pdf>.
16. Роз'єднувачі РВ, РВО, РВЗ, РВФЗ, РЛВО : каталог. URL: <http://nvacontact.com/category2/razediniteli-10-kv/>.
17. Вимикач навантаження типу ВН-РА-000 : каталог. ООО Укрелетрокомплект URL: <https://uelko.com/vn-ra.pdf>.
18. Високовольтні запобіжники : каталог. URL: https://www.websor.ru/vjsokovoltnje_predohraniteli.html.
19. Кабелі силові ВВГ, ВВГнг, ВВГнгд : каталог. URL :
<https://euopan.ua/ru/produkcija/kabeli-silovi/vvg3-vvg3ng-vvg3ngd-vvg5-vvg5ng-vvg5ngd/>.
20. Лічильники електричної енергії НІК2303 : настанова з експлуатації. Київ, 2016. URL: http://www.nik.net.ua/uploads/RE_2303LE.pdf.
21. Трансформатори струму ТШ-0,66 : каталог. URL: <http://bek-ltd.com.ua/transformatory-toka-t-0-66>.
22. Вимикачі автоматичні серії ВА88 : інструкція з експлуатації. ІЕК. URL:

https://www.iek.ru/partners/infobaza/files/docs/passp_re/bc4722f58a17e3fcaaa9ec94fab2307f.pdf

23. Роз'єднувач РЕ-19 : каталог продукції : Промелектросервіс. URL: <http://www.elektro-portal.com/series/show/razedinitel-re19>.
24. Електроприймачі в системах електроспоживання : навчальний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання / уклад. І.В. Грицюк, Ю.В. Грицюк, І.О. Бандура. Луцьк : Луцький НТУ, 2021. 262с.
25. Панченко С.В., Акімов О.І., Бабаєв М.М. та ін. Електробезпека : підручник. Харків : УкрДЗТ, 2018. 295 с.