

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та енергетики

(повне найменування факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повне найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

**«Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики встановленою потужністю
990 кВт»**

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(назва освітньої програми)

Виконав здобувач вищої освіти
групи ЕЕ-43

Веніславський Сергій Олегович

(підпис)

Керівник: к.т.н., доцент
Грицюк Юрій Віталійович

(підпис)

Кваліфікаційний проект
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Волинець Владислав Ігорович

(підпис)

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

Веніславському Сергію Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційного проекту: Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики
встановленою потужністю 990 кВт

Керівник проекту: канд. техн. наук, доцент Грицюк Юрій Віталійович
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. Проектування освітлювальної мережі цеху.

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. План освітлення.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Коротка характеристика об'єкту проектування	Грицюк Ю.В.		
2. Основні проектні рішення	Грицюк Ю.В.		
3. Проектування освітлювальної мережі цеху	Грицюк Ю.В.		
4. САПР	Грицюк Ю.В.		
5. Електробезпека	Грицюк Ю.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	Проектування освітлювальної мережі цеху	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	План освітлення		

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

(Веніславський С.О.)
(прізвище, ініціали)

Керівник

кваліфікаційного проекту

_____ (підпис)

(Грицюк Ю.В.)
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Веніславський С.О. Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики встановленою потужністю 990 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. Проєктування 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

S. Venislavsky. Development of a power plant of a leather goods factory with an installed capacity of 990 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.....	18
2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі.....	19
2.10. Розрахунок струмів короткого замикання.....	20
2.11. Вибір обладнання.....	22
2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв.....	22
2.11.2. Вибір роз'єднувачів.....	23
2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників.....	23
2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху.....	24
2.12.1. Вибір схеми електропостачання.....	24
2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ.....	25
2.12.3. Вибір трансформаторів струму.....	29

					ЛНТУ.971064.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики встановленою потужністю 990 кВт. Пояснювальна записка.			Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.	Веніславський С.О.									6	63	
Перевір.	Грицюк Ю.В.							ФАБЕ, гр.ЕЕ–43				
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.											
Затверд.	Волинець В.І.											

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів.....	30
2.12.5. Вибір рубильників.....	31
РОЗДІЛ 3 ПРОЄКТУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЦЕХУ	32
РОЗДІЛ 4 САПР.....	33
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	34
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	35
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	36
ДОДАТОК 1 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ.....	39
ДОДАТОК 2 ПРОЄКТУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЦЕХУ..	59
ДОДАТОК 3 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.....	62

ВСТУП

Електропостачальна система шкіргалантерейної фабрики являє собою сукупність таких елементів: джерело живлення; лінії електропередавання (ЛЕП) високої та низької напруги; трансформаторна підстанція; приймачі електричної енергії.

Джерелом живлення фабрики є існуючий розподільний пункт напругою 10 кВ, розташований на відстанці 1,95 км. РП-10 має дві секції шин, з'єднані секційною перемичкою із секційним вимикачем.

ЛЕП високої та низької напруги виконано кабелями, що гарантує надійність роботи та безпеку експлуатації.

Приймачі електричної енергії фабрики, задіяні у виробництві продукції, належать до II категорії надійності електропостачання. Також до II категорії належать приймачі, розміщені в лабораторії. Такі приймачі вимагають резервного живлення, увімкнення якого має відбуватись вручну.

Для трансформаторної підстанції обиратимемо два силових трансформатори для забезпечення їх взаємного резервування. Кабельні ЛЕП зовнішнього електропостачання (від РП-10 до трансформаторної підстанції) та низьковольтні, що живлять пристрої розподілу, встановлені в цехах та лабораторії, виконуватимемо дволанковими.

Для вибору економічних варіантів виконання схеми доцільно виконувати техніко-економічне порівняння різних потужностей силових трансформаторів та перерізів високовольтних кабелів.

Напруга та частота проєктованої електричної мережі не повинні відрзнятись від їх номінальних значень. Для цього схема електропостачання шкіргалантерейної фабрики повинна містити засоби регулювання напруги, а також вимірювальні прилади та прилади обліку електричної енергії.

Також схема повинна бути оснащена засобами захисту від струмів ненормальних режимів та засобами електробезпеки персоналу.

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Шкіргалантерейна фабрика займається виготовленням натуральних шкір. Основні стадії циклу трансформації шкури тварин у готову шкіру відображено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Основні стадії циклу виготовлення шкіри

Крім того, фабрика спеціалізується на виробництві готових шкіряних галантерейних виробів: сумок, гаманців, потрмоне, ременів, тощо.

					ЛНТУ.971064.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики встановленою потужністю 990 кВт. Пояснювальна записка.		
Розроб.		Веніславський С.О.					
Перевір.		Грицюк Ю.В.					
Н. контр.		Вашчелюк Ю.І.					
Затверд.		Волинець В.І.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						9	2
					ФАБЕ, гр.ЕЕ–43		

Таблиця 1.1 – Характеристики цехів заводу

Назва об'єкту	Розміри будівлі			Встановлена потужність, кВт
	Довжина, м	Ширина, м	Площа будівлі, м ²	
1. Цех обробки шкірсировини	66	36	2376	175
2. Цех дубленого напівфабрикату	96	36	3456	203
3. Фарбувально-жирувальний цех	60	36	2160	215
4. Сортувальний цех	60	36	2160	127
5. Цех готових виробів	60	36	2160	185
6. Лабораторія	18	24	432	35
7. Склад	48	36	1728	50
Разом			14472	990

Таблиця 1.2 – Вихідні дані

Назва параметру	Одиниці вимірювання	Значення
Кількість змін	—	1
Тривалість роботи електрообладнання в рік τ	год.	2100
Час використання максимального навантаження $T_{\max}$	год.	1150
Джерело живлення	—	РП-10 кВ
Відстань до джерела l	км	1,95
Потужність короткого замикання на шинах джерела живлення $S_{\text{кз}}$	МВА	53
Вхідна реактивна потужність $Q_{e \max}$	кВАр	174
Загальна територія підприємства	м ²	27864
Категорія надійності споживачів:		
I (пристрої пожежної сигналізації, евакуаційне освітлення)	%	0,2
II (приймачі основних виробничих цехів)	%	69,7
III (приймачі складу, приймачі, що виконують допоміжні функції)	%	30,1

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

Для виконання розрахунків розділу 2 використовуємо методики з додатку [Д.1] до проєкту.

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень

Розрахунок навантажень силових електроприймачів виконуємо в такій послідовності [1, 2]: розбиваємо приймачі цехів на групи, що живитимуться від окремих силових щитів; розраховуємо середні та максимальні розрахункові силові навантаження для кожного щита; розраховуємо навантаження для цеху в цілому; розраховуємо силові навантаження на шинах низької напруги трансформаторної підстанції.

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантажень силових приймачів підприємства

Номер цеху	P_H , 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	175	91,00	90,09	128,05	113,75	99,10	150,86
2	203	105,56	106,62	150,03	137,23	117,28	180,51
3	215	85,58	83,52	119,58	126,32	88,80	154,41
3.1	72	28,77	27,85	40,04	38,72	27,85	47,70
3.2	99	38,81	38,03	54,34	61,50	41,54	74,22
3.3	45	18,00	17,64	25,20	26,10	19,40	32,52
4	127	67,31	80,77	105,14	94,23	80,77	124,11
5	185	92,50	91,58	130,16	134,13	100,73	167,74
6	35	10,50	8,40	13,45	24,15	9,24	25,86
7	50	7,50	7,65	10,71	18,75	8,42	20,55
Всього	990	459,95	468,62	657,13	648,56	504,33	824,05

					ЛНТУ.971064.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики встановленою потужністю 990 кВт. Пояснювальна записка.		
Розроб.		Веніславський С.О.					
Перевір.		Грицюк Ю.В.					
Н. контр.		Вашелюк Ю.І.					
Затверд.		Волинець В.І.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						11	21
					ФАБЕ, гр.ЕЕ–43		

Таблиця 2.2 – Приклад розрахунку силових навантажень для щитів 3.1, 3.2 фарбувально-жирувального цеху

Назва електроприймача	P _н , кВт	n	P _{н2} , кВт	K _{вик}	tgφ	m	η _{эф}	K _{кор}	Розрахункові навантаження			
									P _{ср.зм.} , кВт	Q _{ср.зм.} , квар	P _{р.} , кВт	Q _{р.} , квар
	РПЗ.1											
	Приймачі із змінним графіком навантаження											
Машина розвідна	5,5	3	16,5	0,34	1,02	2,0	11	1,4	5,61	5,72	34,82	24,93
Сушка вакуумна	7	3	21	0,38	0,99				7,98	7,90		
Машина витягувальна	8	2	16	0,39	0,98				6,24	6,12		
Машина покривного фарбування	4	3	12	0,42	1,03				5,04	5,19		
	Приймачі із постійним графіком навантаження											
Установка вентиляційна	3	2	6	0,65	0,75				3,90	2,93	3,90	2,93
Всього РПЗ.1		13	71,5						28,77	27,85	38,72	27,85
	РПЗ.2											
	Приймачі із змінним графіком навантаження											
Прес	15	2	30	0,4	1,03	3,3	9	1,65	12,00	12,36	57,60	38,61
Машина шліфувальна	7,5	2	15	0,38	1,01				5,70	5,76		
Комбіпрес прохідний	16	2	32	0,4	0,99				12,80	12,67		
Барабан кулачний	5,3	2	10,6	0,37	0,97				3,92	3,80		
Візок вантажний	4,9	1	4,9	0,1	1,04				0,49	0,51		
	Приймачі із постійним графіком навантаження											
Установка вентиляційна	3	2	6	0,65	0,75				3,90	2,93	3,90	2,93
Всього РПЗ.2		11	98,5						38,81	38,03	61,50	41,54
ВСЬОГО		24	170						67,58	65,88	100,2	69,39

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Для штучного освітлення приміщень виробничих цехів шкірагалантерейної фабрики застосовано світильники LightProm [4], для освітлення лабораторії – SMARTBRIGHT, складу – AL1004. Вибір типу світильників залежить від класу зорових робіт, що виконуються у відповідному приміщенні.

Характеристики приміщень та відповідних їм світильників наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Вибір джерел світла

Номер цеху	Розряд зорової роботи	$E_{\text{норм}}, \text{лк}$	Тип світильника	$F, \text{лм}$	$P, \text{кВт}$
1	Va	300	LightProm 200W, 24000Lm, 5000K	24000	200
2	Va	300	LightProm 200W, 24000Lm, 5000K	24000	200
3	Va	300	LightProm 200W, 24000Lm, 5000K	24000	200
4	Va	300	LightProm 200W, 24000Lm, 5000K	24000	200
5	Va	300	LightProm 200W, 24000Lm, 5000K	24000	200
6	V6	300	SMARTBRIGHT SLIM PANEL-RCA, 34W, 3400Lm	3400	34
7	VIII6	75	AL1004 100W	11000	100

Таблиця 2.4 – Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Номер цеху	$F, \text{м}^2$	$h, \text{м}$	$P_{\text{пит}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	$P_o, \text{кВт}$	$K_{\text{пра}}$	$K_{\text{п}}$	$\text{tg}\varphi$	$P_{\text{р.о}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{р.о}}, \text{квар}$
1	2376	8	4,11	9,77	1,2	0,9	0,33	10,55	3,48
2	3456	8	4,11	14,20	1,2	0,9	0,33	15,34	5,06
3	2160	8	4,11	8,88	1,2	0,9	0,33	9,59	3,16
4	2160	8	4,11	8,88	1,2	0,9	0,33	9,59	3,16
5	2160	8	4,11	8,88	1,2	0,9	0,33	9,59	3,16
6	1728	4	4,05	1,75	1,2	0,9	0,33	1,89	0,62
7	432	5	3,95	6,83	1,2	0,9	0,33	7,37	2,43
Всього	14472			59,18				63,91	21,09

Для вуличного освітлення приймаємо з [4] джерела світла EVROLIGHT 100W 6400K ST-100-07 IP65:

$$\sum \varepsilon = \frac{10^3 \cdot 2,6 \cdot 0,85 \cdot 11}{10000} = 2,43 \text{ лк};$$

$$\frac{L}{h} = 9,5; L = 9,5 \cdot 11 = 104,5 \text{ м};$$

$$L_{\Sigma} = 3420 \text{ м}; N = \frac{3420}{104,5} = 31,0 \Rightarrow N_{\text{прийн}} = 31;$$

$$P_{\text{вст.зовн}} = 31 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 3,1 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{розр.зовн}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 3,1 = 3,35 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{розр.зовн}} = 3,35 \cdot 0,33 = 1,1 \text{ кВАр.}$$

2.3. Визначення результуючих навантажень

Визначаємо сумарні електричні навантаження на шинах низької напруги трансформаторної підстанції: силові та освітлювальні.

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	184,77	101,55	93,57	138,08	124,30	102,58	161,16
2	217,20	120,90	111,68	164,59	152,57	122,34	195,56
3	223,88	95,17	86,69	128,73	135,91	91,96	164,10
3.1	71,50	28,77	27,85	40,04	38,72	27,85	47,70
3.2	98,50	38,81	38,03	54,34	61,50	41,54	74,22
3.3	45,00	18,00	17,64	25,20	26,10	19,40	32,52
4	135,88	76,90	83,94	113,84	103,82	83,94	133,51
5	193,88	102,09	94,74	139,27	143,71	103,90	177,34
6	36,75	12,39	9,02	15,33	26,04	9,86	27,85
7	56,83	14,87	10,08	17,97	26,12	10,85	28,28
Освітлення території	3,10	3,35	1,10	3,53	3,35	1,10	3,53
Всього	1052,28	527,21	490,82	721,33	715,82	526,53	891,32

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Для побудови картограми електричних навантажень на генеральному плані фабрики виконуємо такі розрахунки:

визначаємо радіус кола, що відповідає сумарному повному навантаженню кожного цеху;

визначаємо величину сектору, що відповідає освітлювальному навантаженню кожного цеху;

розраховуємо координати центру навантажень.

Таблиця 2.6 – Визначення центру електричних навантажень

№ цеху	х, м	у, м	$P_{\Sigma} \cdot x$	$P_{\Sigma} \cdot y$	$Q_{\Sigma} \cdot x$	$Q_{\Sigma} \cdot y$	г	α
1	126	75	15661	9322	12925	7693	32	31
2	198	60	30209	9154	24223	7340	35	36
3	138	150	18756	20387	12690	13794	32	25
4	42	150	4361	15573	3525	12590	29	33
5	42	114	6036	16383	4364	11844	34	24
6	81	54	2109	1406	799	533	13	26
7	192	150	5015	3918	2083	1627	13	102
Всього			82147	76144	60609	55422		
X_{Σ}	115							
Y_{Σ}	106							

Трансформаторну підстанцію розташовуємо максимально близько до центру навантажень, що забезпечить скорочення довжин кабельних ЛЕП 0,4 кВ та мінімальні втрати в них.

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

Для вибору силових трансформаторів, встановлених в підстанції 10/0,4 кВ, виконуємо такі розрахунки:

визначаємо питому густину навантаження на одиницю виробничої площі фабрики, за значенням якої визначаємо рекомендовані потужності трансформаторів; вибираємо трансформатори [5];

розраховуємо оптимальну кількість трансформаторів (але не менше 2), враховуючи, що їх коефіцієнт завантаження не повинен перевищувати 0,7;

розраховуємо значення реактивної потужності, яку необхідно скомпенсувати на боці низької напруги підстанції; вибираємо конденсаторні батареї [6];

виконуємо порівняння двох варіантів встановлення трансформаторів з врахуванням обраних конденсаторних батарей; обираємо більш дешевий варіант.

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	0,05	400	1,88	2	0	2	188,81
II		630	1,20	2	0	2	707,09

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	302,01	24	10	0,88	0,00	302,01	160
II	0,00	24	15	0,76	0,00	0,00	0

Таблиця 2.9 – Техніко-економічне порівняння можливих варіантів встановлення

Варіант встановлення	$\Delta P_X, \text{кВт}$	$\Delta P_K, \text{кВт}$	$\tau, \text{год}$	$W, \text{тис.кВт} \cdot \text{год}$	$C_e, \text{тис.грн}$	$K, \text{тис.грн}$	$Z, \text{тис.грн}$
I	0,95	5,6	500	4,67652	35,4948	725,04	126,12
II	1,18	8,5	500	5,99804	45,525	800,00	145,53

Вибираємо $2 \times \text{ТМ} - 400 / 10; 2 \times \text{ККУ} - 0,4 - 160 - 10 - 21\text{УЗ}$.

$$1,4 \cdot 400 = 560 \text{кВА} > \frac{2 \cdot (1 - 0,301) \cdot 721,33}{2} = 504,21 \text{кВА}.$$

2.6. Компенсація реактивної потужності

Для визначення необхідності у застосуванні високовольтної компенсації реактивної потужності виконуємо такі розрахунки:

визначаємо втрати в трансформаторах;

визначаємо реактивну потужність, що споживатиме фабрика в час максимального активного навантаження;

розраховуємо реактивну потужність, яку необхідно скомпенсувати на рівні напруги 10 кВ з врахуванням вхідної реактивної потужності, заданої постачальником, втрат в трансформаторах та потужності уже встановлених низьковольтних батарей конденсаторів.

Таблиця 2.10 – Розрахунок компенсації реактивної потужності

Показник	Од.вимір.	Значення
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$	кВАр	490,82
$Q_{\text{еmax}}$	кВАр	174
$Q_{\text{НБК ф}}$	кВАр	320
$\Delta Q_{\text{Т}}$	кВАр	20
$K_{\text{НС}}$	–	0,75
$Q_{\text{М1}}$	кВАр	368,12
$Q_{\text{К1}}$	кВАр	194,14
$Q_{\text{НС Т}}$	кВАр	210,82
$Q_{\text{ВБК}}$	кВАр	-85,86

$Q_{\text{ВБК}} < 0$, тобто потреби у високовольтній компенсації немає.

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях

Навантаження на рівні напруги 10 кВ трансформаторної підстанції розраховані в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Розрахунок навантажень на рівні 10 кВ

Розрахункове навантаження	Одиниці вимірювання	Значення
$P_{\text{р3}}$	кВт	527,21
$Q_{\text{р2}}$	кВАр	490,82
$Q_{\text{НБК}}$	кВАр	320
$P_{\text{р3}}$	кВт	527,21
$Q_{\text{р3}}$	кВАр	170,82
$S_{\text{р3}}$	кВА	554,19
$\Delta P_{\text{Т}}$	кВт	11,08
$\Delta Q_{\text{Т}}$	кВАр	55,42
$P_{\text{р4}}$	кВт	538,30
$Q_{\text{р4}}$	кВАр	226,24
$S_{\text{р4}}$	кВА	583,91

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

Для проектування мережі зовнішнього живлення розраховуємо:

струми навантаження у нормальному та післяаварійному режимах;

переріз кабелів з врахуванням економічної густини струму [7];
вибираємо тип кабелю [8];

допустиме навантаження кабелів певного перерізу з врахуванням температури оточуючого середовища та імовірного зниження навантаження при груповому прокладанні;

втрати напруги в нормальному та післяаварійному режимах;

порівнюємо чотири варіанти перерізів; обираємо найбільш дешевий варіант.

$$\text{з [7]} \quad j_e = 1,9 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2};$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{583,91}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 16,86 \text{ А};$$

$$I_{\text{П АВ}} = \frac{583,91}{\sqrt{3} \cdot 10} = 33,71 \text{ А};$$

$$F_e = \frac{16,86}{1,9} = 8,87 \text{ мм}^2; \text{ розглядаємо перерізи від } 35 \text{ мм}^2 \text{ включно.}$$

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	32,27	0,32	0,65
50	169	174,1	0,58	0,086	29,35	0,29	0,59
70	211	217,3	0,45	0,084	23,36	0,23	0,47
95	260	267,8	0,31	0,083	16,95	0,17	0,34

Таблиця 2.13 – Техніко-економічне порівняння кабелів різного перерізу

F, мм ²	K _{зл}	ΔP _н , кВт	ΔP _д , кВт	C _е , тис. грн.	K, тис. грн.	З, тис. грн.
35	0,114	135,17	1,770	6,723	1883,7	242,186
50	0,097	170,82	1,602	6,083	2308,8	294,683
70	0,078	206,59	1,243	4,720	2402,4	305,020
95	0,063	216,10	0,856	3,251	2804,1	353,764

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

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

До внутрішньої розподільної мережі шкіргалантерейної фабрики входять ввідно-розподільні [9] та розподільні [10] пристрої, а також низьковольтні кабельні лінії [11].

Тип кабелів АВВГ – 0,4 – за межами приміщень; АВВГнгд – 0,4 – в приміщеннях.

Таблиця 2.14 – Вибір розподільних пристроїв 0,4 кВ

Назва РП	S _{рз} , кВА	I _{п.ав} , А	Тип розподільного пристрою	I _{доп.РП} , А	n _{прийм}	n _{мод}
ВРП1	161,16	244,86	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	3	4
ВРП2	195,56	297,12	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	3	4
ВРП3	192,38	292,30	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
РП3.1	47,70	72,47	ПР11 – 1034 – 21У3	100	13	15
РП3.2	74,22	112,76	ПР11 – 3065 – 21У3	250	11	18
РП3.3	32,52	49,41	ПР11 – 1034 – 21У3	100	10	15
ВРП4	133,51	202,84	ЕУ – ВРП2 – 1 – 250 У4	250	3	4
ВРП5	177,34	269,43	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	3	4
РП6	27,85	42,31	ПР11 – 1034 – 21У3	100	15	15
РП7	28,28	42,97	ПР11 – 1034 – 21У3	100	14	15

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 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	x_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{норм}$, %	$\Delta U_{п.ав}$, %
ТП – ВРП1	2	161,16	122,43	244,86	4×150	230	237	265	0,026	0,22	0,06	0,31	0,62
ТП – ВРП2	2	195,56	148,56	297,12	4×185	260	268	299	0,098	0,18	0,06	1,19	2,39
ТП – ВРП3	2	192,38	146,15	292,30	4×185	260	268	299	0,043	0,18	0,06	0,52	1,04
ВРП3 – РП3.1	2	47,70	36,23	72,47	5×25	75	77	86	0,021	1,33	0,07	0,38	0,76
ВРП3 – РП3.2	2	74,22	56,38	112,76	5×50	110	113	127	0,022	0,67	0,06	0,32	0,65
ВРП3 – РП3.3	2	32,52	24,71	49,41	5×16	60	62	69	0,004	2,08	0,07	0,08	0,15
ТП – ВРП4	2	133,51	101,42	202,84	4×120	200	206	230	0,068	0,28	0,06	0,82	1,63
ТП – ВРП5	2	177,34	134,72	269,43	4×185	260	268	299	0,032	0,18	0,06	0,35	0,71
ТП – РП6	2	27,85	21,15	42,31	4×16	60	62	69	0,058	2,08	0,07	0,95	1,91
ВРП3 – РП7	1	28,28	42,97	85,95	5×35	95	98	109	0,058	0,95	0,06	0,90	0,90

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

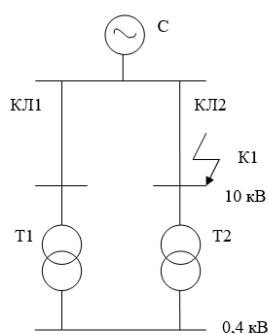


Рисунок 2.1 – Електрична схема короткозамкненого кола

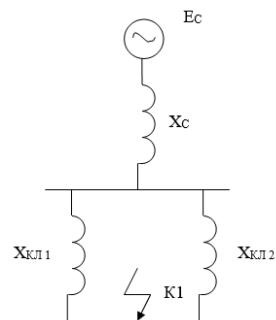


Рисунок 2.2 – Заступна схема короткозамкненого кола

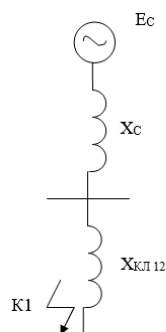


Рисунок 2.3 – Схема короткозамкненого кола після об'єднання паралельних ліній

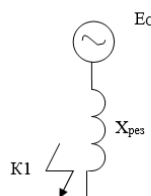


Рисунок 2.4 – Спрощена схема короткозамкненого кола

Розрахунок струмів короткого замикання в мережі високої напруги виконуємо в такій послідовності:

зводимо опори схем (рис.2.1, 2.2) до базових умов; тока КЗ – на шинах 10 кВ трансформаторної підстанції;

визначаємо струм трифазного КЗ, ударний струм КЗ, тепловий імпульс цього струму;

перевіряємо переріз кабелів 10 кВ за термічною стійкістю до струму трифазного КЗ.

Застосовуємо відносно наближене зведення :

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

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

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
$S_{КЗ}$	МВА	53
$\dot{X}_{C*}$	—	1,887
$\dot{R}_{КЛ1*}, \dot{R}_{КЛ2*}$	—	1,134
$\dot{X}_{КЛ1*}, \dot{X}_{КЛ2*}$	—	0,159
$\dot{R}_{КЛ12*}$	—	0,567
$\dot{X}_{КЛ12*}$	—	0,080
$\dot{R}_{рез*}$	—	0,567
$\dot{X}_{рез*}$	—	1,966
$\dot{Z}_{рез*}$	—	2,046
I_6	кА	5,50
I_{n0}	кА	2,687
k_y	—	1,42
i_y	кА	5,396
K_T	$\frac{A \cdot c^{1/2}}{мм^2}$	125
t_n	с	0,25
F_{min}	мм ²	10,7
Тип та переріз кабелю з п.2.8	—	АПвЕгП – 10 – 3 × 35
B_K	кА ² · с	1,8

2.11. Вибір обладнання

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

З [14] обираємо збірні комірки КСО – 399, в яких розміщено апаратуру та шини головних кіл, на фасаді – приводи керування вимикачами навантаження або роз'єднувачами.

З [15] обираємо панелі ЩО – 99, до яких належать ввідні, розподільні (лінійні), секційні та допоміжні. До допоміжних панелей в РП-0,4 проєктованої підстанції належать шафи обліку та торцеві панелі.

Комірки та панелі виготовлені за типовими схемами первинних з'єднань (табл.2.17).

Таблиця 2.17 – Технічні характеристики комплектних розподільчих 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	–

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$16,86 < 630 \text{ А};$$

$$33,71 < 630 \text{ А};$$

$$5,396 < 51 \text{ кА};$$

$$1,8 < 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Секційні комірки укомплектовані роз'єднувачами з ножами заземлення, вибраними з [16]:

$$PB030 - 10 - 630$$

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$16,86 < 630 \text{ А};$$

$$33,71 < 630 \text{ А};$$

$$5,396 < 41 \text{ кА};$$

$$1,8 < 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Ввідні та трансформаторні комірки укомплектовано автогазовими вимикачами навантаження, вибраними з [17]. Вимикачі трансформаторних комірок мають вбудовані запобіжники, вибрані з [18].

Ввідні комірки

ВН – РА 030 – 10 – 630 УЗ:

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$16,86 < 630 \text{ А};$$

$$33,71 < 630 \text{ А};$$

$$2,687 < 31,5 \text{ кА};$$

$$5,396 < 80 \text{ кА};$$

$$1,8 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

Трансформаторні комірки

ВН – РА 03П – 10 – 630 УЗ:

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$16,86 < 630 \text{ А};$$

$$33,71 < 630 \text{ А};$$

$$2,687 < 31,5 \text{ кА};$$

$$5,396 < 80 \text{ кА};$$

$$1,8 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

ПКТ – 10 – 40 – 12,5 УЗ:

$$33,71 < 40 \text{ А};$$

$$2,687 < 12,5 \text{ кА};$$

$$46,54 < 217 \text{ кА},$$

$$S'' = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2,687 = 46,54 \text{ МВА}.$$

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

Структуру розподільної низьковольтної мережі фарбувально-жирувального цеху наведено на схемі (рис.2.5).

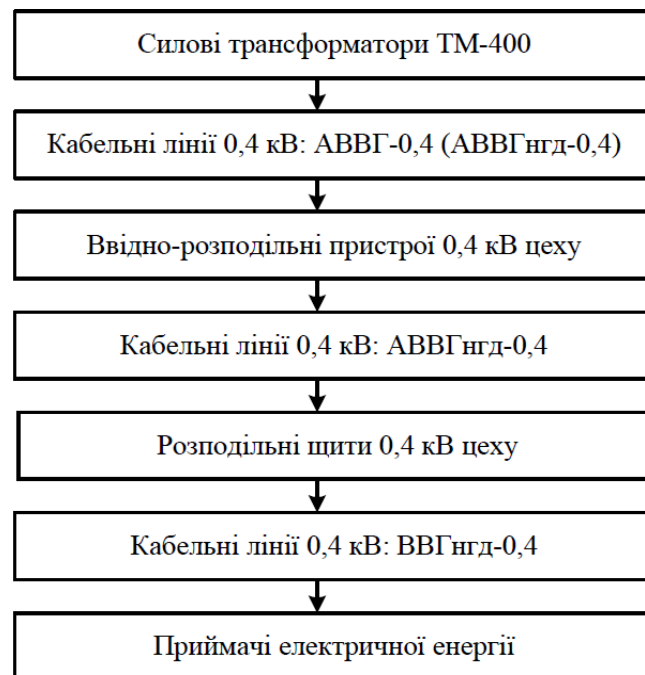


Рисунок 2.5 – Структура НВ мережі фарбувально-жирувального цеху

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Таблиця 2.18 – Вибір кабелів внутрішньоцехової мережі

Назва електроприймача	Р _н , кВт	cos φ	I, А	F, мм ²	I _{тр.доп} , А	Кабель
РПЗ.1						
Машина розвідна	5,5	0,70	11,94	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Сушка вакуумна	7	0,71	14,97	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Машина витягувальна	8	0,71	17,02	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Машина покривного фарбування	4	0,70	8,72	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка вентиляційна	3	0,80	5,70	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
РПЗ.2						
Прес	15	0,70	32,72	4	34	ВВГнгд-5×4
Машина шліфувальна	7,5	0,70	16,20	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Комбіпрес прохідний	16	0,71	34,21	6	45	ВВГнгд-5×6
Барaban кулачний	5,3	0,72	11,22	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Візок вантажний	4,9	0,69	10,74	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
	РПЗ.1					
Машина розвідна	3	8	0,09	0,015	0,462	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,006	0,185	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,011	0,339	ВВГнгд-5×2,5
Сушка вакуумна	3	8	0,09	0,022	0,863	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,019	0,745	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,02	0,784	ВВГнгд-5×2,5
Машина витягувальна	2	8	0,09	0,03	1,344	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,036	1,613	ВВГнгд-5×2,5
Машина покривного фарбування	3	8	0,09	0,027	0,605	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,033	0,740	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,035	0,785	ВВГнгд-5×2,5
Установка вентиляційна	2	8	0,09	0,012	0,201	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,036	0,603	ВВГнгд-5×2,5
	РПЗ.2					
Прес	2	5	0,09	0,024	1,270	ВВГнгд-5×4
		5	0,09	0,033	1,746	ВВГнгд-5×4
Машина шліфувальна	2	8	0,09	0,024	1,009	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,018	0,756	ВВГнгд-5×2,5
Комбіпрес прохідний	2	3,33	0,09	0,021	0,796	ВВГнгд-5×6
		3,33	0,09	0,027	1,023	ВВГнгд-5×6
Барабан кулачний	2	8	0,09	0,027	0,801	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,015	0,445	ВВГнгд-5×2,5
Візок вантажний	1	8	0,09	0,016	0,439	ВВГнгд-5×2,5
Установка вентиляційна	2	8	0,09	0,034	0,570	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,018	0,302	ВВГнгд-5×2,5

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

Застосовуємо абсолютне наближене зведення :

$$U_6 = 0,4 \text{ кВ}; U_{c10} = 10,5 \text{ кВ}.$$

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	2,687
U_{c10}	кВ	10,5
$S_{ном.Т}$	кВА	400
ΔP_k	кВт	5,6
u_k	%	6

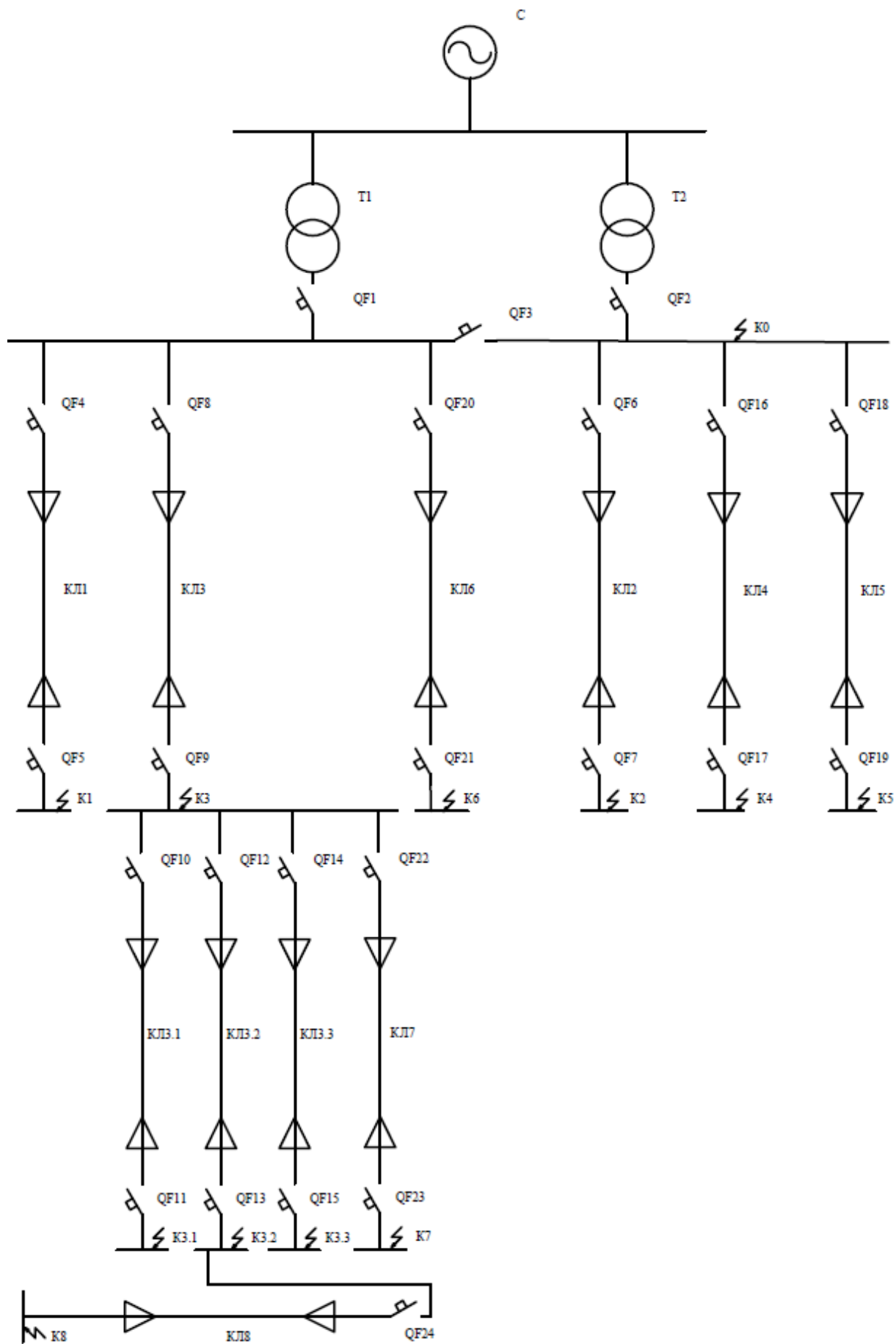


Рисунок 2.6 – Схема короткозамкнутого кола НВ мережі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛНТУ.971064.000 ПЗ

Арк.

26

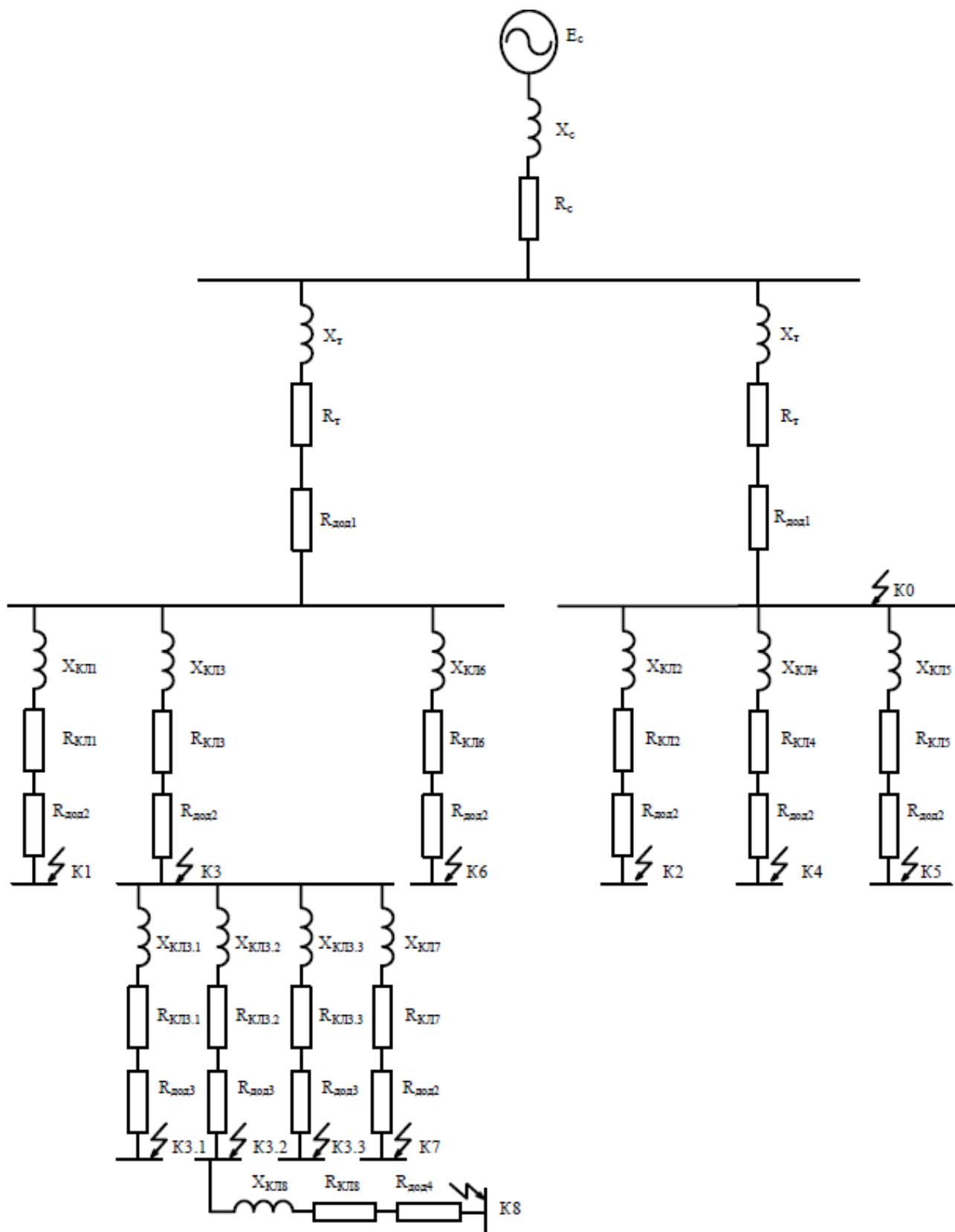


Рисунок 2.7 – Заступна схема НВ мережі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛНТУ.971064.000 ПЗ

Арк.

27

Таблиця 2.21 – Визначення струмів КЗ в точці К0

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
R_c	Ом	0,625
X_c	Ом	2,256
$\dot{R}_c$	МОм	0,907
$\dot{X}_c$	МОм	3,274
$\dot{R}_T$	МОм	2,800
$\dot{X}_T$	МОм	12,000
$\dot{R}_{рез0}$	МОм	18,707
$\dot{X}_{рез0}$	МОм	15,274
$Z_{рез0}$	МОм	24,151
I_K	кА	9,562
k_y	–	1,05
i_y	кА	14,200

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	0,026	0,22	5,720	0,06	1,560
ТП – ВРП2	0,098	0,18	17,640	0,06	5,880
ТП – ВРП3	0,043	0,18	7,776	0,06	2,592
ВРП3 – РП3.1	0,021	1,33	27,664	0,07	1,456
ВРП3 – РП3.2	0,022	0,67	14,740	0,06	1,320
ВРП3 – РП3.3	0,004	2,08	8,320	0,07	0,280
ТП – ВРП4	0,068	0,28	19,040	0,06	4,080
ТП – ВРП5	0,032	0,18	5,760	0,06	1,920
ТП – РП6	0,058	2,08	120,640	0,07	4,060
ВРП3 – РП7	0,058	0,95	55,100	0,06	3,480
РП3,2 – Рmax	0,024	5	120,000	0,09	2,160

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	29,43	16,83	33,90	6,812	1	9,634	25,2	4×150
К2	20	41,35	21,15	46,44	4,972	1	7,032	18,4	4×185
К3	20	31,48	17,87	36,20	6,380	1	9,022	23,6	4×185
К3.1	25	64,15	19,32	66,99	3,447	1	4,875	12,8	5×25
К3.2	25	51,22	16,59	53,84	4,289	1	6,066	15,9	5×50
К3.3	25	44,80	18,15	48,34	4,778	1	6,757	17,7	5×16
К4	20	42,75	19,35	46,92	4,922	1	6,960	18,2	4×120
К5	20	29,47	17,19	34,12	6,769	1	9,573	25,1	4×185
К6	20	144,35	19,33	145,64	1,586	1	2,243	5,9	4×16
К7	20	86,583	20,210	88,91	2,597	1	3,673	9,6	5×35
К8	30	176,22	21,35	177,51	1,301	1	1,840	4,8	5×4

Приймаємо для КЛ8 кабель ВВГнгд – 5 × 6.

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Трансформатори струму [21] для підключення лічильників встановлені у ввідних панелях РП-0,4, для підключення амперметрів – в розподільних:

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

амперметри АСКО – УКРЕМ 300А.

$$I_{\text{норм}} = \frac{891,32}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 677,11 \text{ А}; I_{\text{max}} = \frac{891,32}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1354,22 \text{ А.}$$

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 :

$$T - 0,66 \text{ 1500 / 5}$$

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$677,11 < 1500 \text{ A};$$

$$1354,22 < 1500 \text{ A};$$

$$14,2 < 51 \text{ кА};$$

$$22,86 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом}.$$

Технічний облік :

$$T - 0,66 \text{ 300 / 5}$$

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$292,3 < 300 \text{ A};$$

$$9,022 < 51 \text{ кА};$$

$$10,18 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом}.$$

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Автоматичними вимикачами, вибраними з [22], укомплектовано ввідні, розподільні та секційну панелі РП-0,4 проєктованої трансформаторної підстанції.

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	ВА 88 – 43	0,4	1600	40	0,4	677,11	1354,22	9,562
QF2	ВА 88 – 43	0,4	1600	40	0,4	677,11	1354,22	9,562
QF3	ВА 88 – 43	0,4	1600	40	0,4	677,11	1354,22	9,562
QF4	ВА 88 – 37	0,4	250	35	0,4	122,43	244,86	6,812
QF5	ВА 88 – 37	0,4	250	35	0,4	122,43	244,86	6,812
QF6	ВА 88 – 37	0,4	315	35	0,4	148,56	297,12	4,972
QF7	ВА 88 – 37	0,4	315	35	0,4	148,56	297,12	4,972
QF8	ВА 88 – 37	0,4	315	35	0,4	146,15	292,30	6,380

Продовження таблиці 2.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF9	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	146,15	292,30	6,380
QF10	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	36,23	72,47	3,447
QF11	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	36,23	72,47	3,447
QF12	BA 88 – 33	0,4	125	35	0,4	56,38	112,76	4,289
QF13	BA 88 – 33	0,4	125	35	0,4	56,38	112,76	4,289
QF14	BA 88 – 33	0,4	40	35	0,4	24,71	49,41	4,778
QF15	BA 88 – 33	0,4	40	35	0,4	24,71	49,41	4,778
QF16	BA 88 – 35	0,4	200	35	0,4	101,42	202,84	4,922
QF17	BA 88 – 35	0,4	200	35	0,4	101,42	202,84	4,922
QF18	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	134,72	269,43	6,769
QF19	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	134,72	269,43	6,769
QF20	BA 88 – 33	0,4	50	35	0,4	21,15	42,31	1,586
QF21	BA 88 – 33	0,4	50	35	0,4	21,15	42,31	1,586
QF22	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	42,97	85,95	2,597
QF23	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	42,97	85,95	2,597
QF24	BA 88 – 32	0,4	40	25	0,4	32,72	32,72	1,301

2.12.5. Вибір рубильників

Рубильниками, вибраними з [23], укомплектовано дві ввідні та дві розподільні панелі ЗРП-0,4 проєктованої підстанції:

$PE\ 19 - 43; 1600\ A;$

$0,38 < 0,66\ kV;$

$677,11 < 1600\ A;$

$1354,22 < 1600\ A;$

$14,2 < 50\ kA;$

$22,86 < 900\ kA^2 \cdot c.$

					ЛНТУ.971064.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

РОЗДІЛ 3

ПРОЄКТУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЦЕХУ

Згідно з методикою [Д.2] виконаємо докладний розрахунок освітлювальної мережі фарбувально-жирувального цеху:

$$\varphi = \frac{60 \cdot 24}{8 \cdot (60 + 24)} = 2,14;$$

$$K_B = 0,8; z = 1,2; k_3 = 1,3; E_{\min} = 300 \text{ лк};$$

$$\rho_c = 0,5; \rho_{ct} = 0,3;$$

$$F_L = \frac{300 \cdot (60 \cdot 24) \cdot 1,3 \cdot 1,2}{0,8} = 23400 \text{ лм};$$

обираємо з [4] світильники LightProm 200W, 24000Lm

$$\Rightarrow N = 36 \text{ (в 4 ряди по 9 світильників)};$$

$$P_O = 36 \cdot 200 \cdot 10^{-3} = 7,2 \text{ кВт};$$

$$P_{p,O} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 7,2 = 7,78 \text{ кВт};$$

$$Q_{p,O} = 7,78 \cdot 0,33 = 2,57 \text{ кВАр}.$$

$$q = \frac{200 \cdot (2 + 8 \cdot 7) \cdot 10^{-3}}{14 \cdot 2,5} = 0,33 \text{ мм}^2 < 2,5 \text{ мм}^2;$$

$$I_{po} = \frac{200 \cdot 9}{220 \cdot 0,95} = 8,61 \text{ А} \Rightarrow \text{щит освітлення ЩРН – П – 12};$$

$$\text{кабель ПВС – } 3 \times 2,5; 8,61 < 26 \text{ А};$$

$$\text{до щита } I_p = \frac{7,78 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85} = 13,9 \text{ А} \Rightarrow \text{АВВГнгд – } 5 \times 4; 13,9 < 27 \text{ А};$$

$$\Delta u = \frac{7,78 \cdot 24}{83 \cdot 10} = 0,37\% < 5\%.$$

					ЛНТУ.971064.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Веніславський С.О.				Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики встановленою потужністю 990 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.
Перевір.	Грицюк Ю.В.						32
						Аркушів	
						1	
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.					ФАБЕ, гр.ЕЕ-43	
Затверд.	Волинець В.І.						

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Неструмовідні частини електрообладнання фарбувально-жирувального цеху за посередництвом заземлюючих провідників з'єднано з контуром захисного заземлення, параметри якого розраховано нижче згідно з методикою [Д.3]:

$$l = (60 + 36) \cdot 2 = 192 \text{ м};$$

$$R_{\Gamma} = \frac{180}{2 \cdot 3,14 \cdot 192} \cdot \ln \frac{192^2}{0,4 \cdot 0,04} = 1,48 \text{ Ом};$$

$$R_H = 10 \text{ Ом};$$

$$R_B = \frac{1,48 \cdot 10}{1,48 + 10} = 1,86 \text{ Ом};$$

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

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

$$n_B = \frac{55}{1,86 \cdot 0,65} = 45,3 \text{ шт} \Rightarrow n_B = 46 \text{ шт};$$

$$R_{шт} = \frac{55 \cdot 2,3}{0,3 \cdot 55 + 0,65 \cdot 46 \cdot 2,3} = 1,48 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

					ЛНТУ.971064.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики встановленою потужністю 990 кВт. Пояснювальна записка. Літ. Арк. Аркушів 34 1 ФАБЕ, гр.ЕЕ-43		
Розроб.	Веніславський С.О.						
Перевір.	Грицюк Ю.В.						
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Усі проєктні рішення, прийняті в процесі розробки електропостачальної системи шкіргалантерейної фабрики, є технічно та економічно обґрунтованими відповідно до вимог, наведених в [1 – 3].

Для точності розрахунку електричних навантажень застосовано ієрархічний підхід, який забезпечує їх визначення поетапно на кожному рівні системи електропостачання.

Трансформаторну підстанцію розташовано поблизу центру навантажень для скорочення довжин кабелів низької напруги та зменшення втрат в них.

Забезпечено надійність електроприймачів II категорії за рахунок застосування двотрансформаторної підстанції, двох паралельних кабелів зовнішнього живлення. Для ввімкнення резервування підстанцію оснащено ремонтною та секційною перемичками.

Схему електропостачання фабрики оснащено засобами регулювання напруги у вигляді пристроїв перемикання без збудження, встановлених у силових трансформаторах, та конденсаторних установок. Ці засоби дозволяють забезпечити відповідність рівня напруги в мережі її допустимим значенням.

Вибір потужності трансформаторів та перерізів високовольтних кабелів економічно обґрунтований порівнянням кількох можливих варіантів встановлення.

Передбачено засоби обліку електричної енергії та вимірювання параметрів режиму.

Схему оснащено апаратами захисту від струмів короткого замикання та перевантаження.

Усі розрахунки автоматизовано.

Розроблено заходи щодо безпечної експлуатації електрообладнання, встановленого на підприємстві.

					ЛНТУ.971064.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Мілих В.І., Павленко Т.П. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей : Харків : ФОП Панов А. М., 2016. 272 с.
2. Правила улаштування електроустановок : видання офіційне. Київ : Міненерговугілля України, 2017. 620 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/vyrobnyststvo/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.