

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
1120 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-41

Мазяр Денис Юрійович

(підпис)

Керівник: асистент
Вітер Дмитро Володимирович

(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

Мазяру Денису Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційного проекту: Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики
встановленою потужністю 1120 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. Вибір положення ПБЗ трансформаторів.

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 і розріз трансформаторної підстанції.

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. Вибір положення ПБЗ трансформаторів	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	Вибір положення ПБЗ трансформаторів	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 і розріз трансформаторної підстанції		

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

(Мазяр Д.Ю.)
(прізвище, ініціали)

Керівник

кваліфікаційного проекту

_____ (підпис)

(Вітер Д.В.)
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Мазяр Д.Ю. Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики встановленою потужністю 1120 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

D. Mazyar. Development of a power plant of a leather goods factory with an installed capacity of 1120 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.971021.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Мазяр Д.Ю.				Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики встановленою потужністю 1120 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.
Перевір.	Вітер Д.В.						6
						ФАБЕ, гр.ЕЕ-41	
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						
						Аркушів	61

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів.....	29
2.12.5. Вибір рубильників.....	30
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ПОЛОЖЕННЯ ПБЗ ТРАНСФОРМАТОРІВ.....	31
РОЗДІЛ 4 САПР.....	32
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	33
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	34
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	35
ДОДАТОК 1 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ.....	38
ДОДАТОК 2 ВИБІР ПОЛОЖЕННЯ ПБЗ ТРАНСФОРМАТОРІВ.....	59
ДОДАТОК 3 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.....	60

ВСТУП

Електропостачальні системи промислових підприємств, до складу яких входять джерела живлення, електричні мережі та споживачі, вимагають при проектуванні дотримання вимог, наведених в [1, 2].

Безперебійність живлення споживачів II категорії забезпечується наявністю резервування на рівні трансформаторних підстанцій та ліній електропередавання високої та низької напруги. Живлення приймачів II категорії виконують за радіальними схемами. Крім того, застосування ізолюваної нейтралі мереж 6 – 10 кВ забезпечує безперебійне живлення споживачів як в нормальному режимі роботи, так і в режимі однофазного короткого замикання (КЗ) на землю із спрацюванням захисту, що діє на сигнал, та подальшим усуненням пошкодження.

Надійність та довговічність електрообладнання, включеного до схеми електропостачання, досягається його вірним вибором, що включає перевірку за післяаварійним перевантаженням, термічною та електродинамічною стійкістю до струмів КЗ, та застосуванням апаратів захисту обладнання високої та низької напруги.

В розподільних мережах 10, 6, 0,4 кВ регулювання напруги може бути забезпечене застосуванням пристроїв перемикання кількості витків обмоток силових трансформаторів (ПЗВ), а також застосуванням компенсації реактивної потужності. Місце встановлення компенсуючих пристроїв визначається техніко-економічним порівнянням.

Для формування мереж високої напруги доцільно обирати найбільш економічно доцільні варіанти встановлення електрообладнання, для чого розраховують мінімальні приведені затрати.

Безпечну експлуатацію обладнання та мереж гарантуватиме комплекс заходів з електробезпеки.

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Проектowana шкіргалантерейна фабрика спеціалізується на виготовленні натуральних шкір та виробів з них.

Багатоетапний процес виготовлення натуральної шкіри відображено на рисунку 1.1.

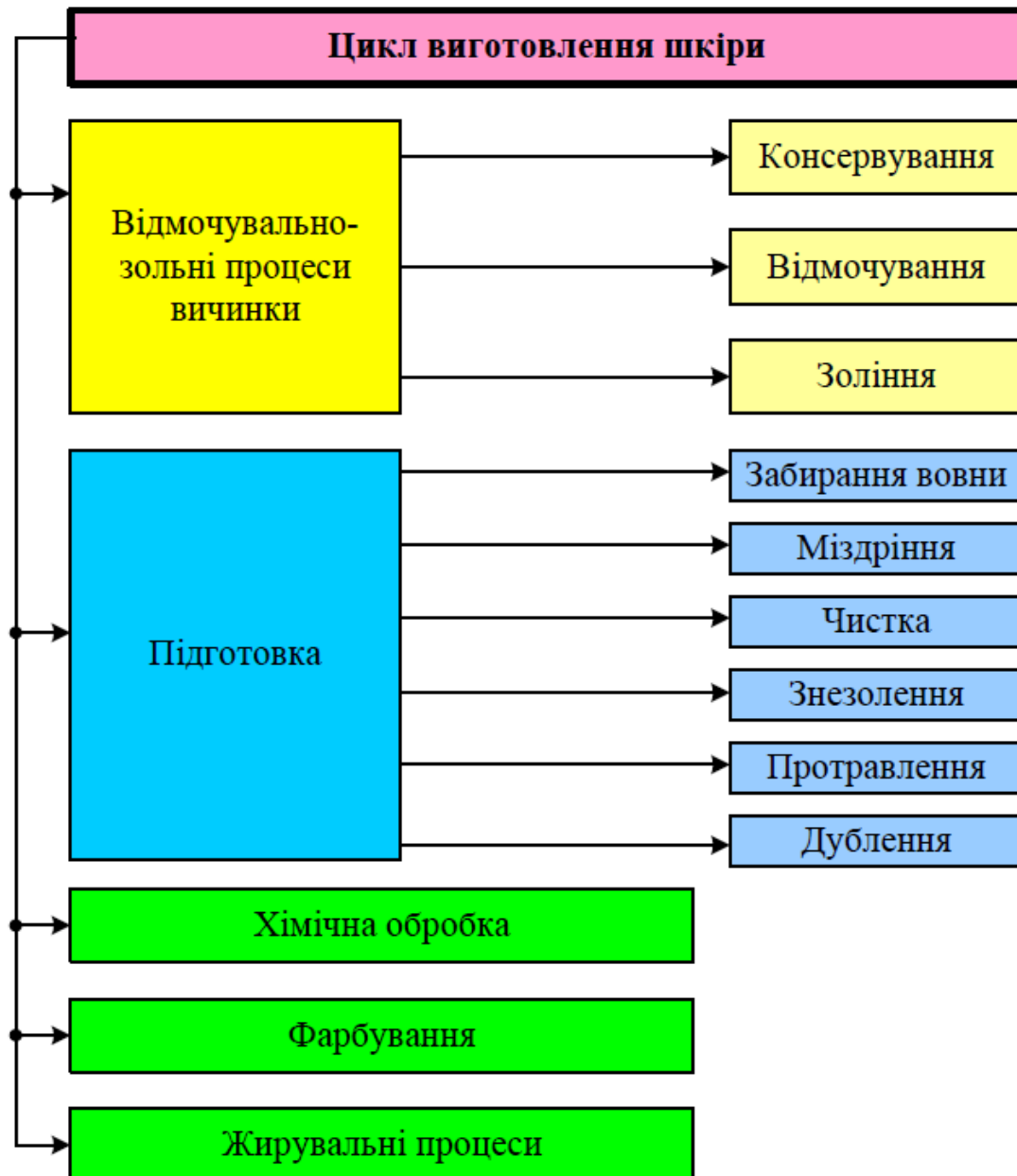


Рисунок 1.1 – Етапи виготовлення натуральної шкіри

					ЛНТУ.971021.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Мазяр Д.Ю.			Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики встановленою потужністю 1120 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	–	1
Тривалість роботи електрообладнання в рік τ	год.	2350
Час використання максимального навантаження $T_{\max}$	год.	1450
Джерело живлення	–	РП-10 кВ
Відстань до джерела l	км	4,1
Потужність короткого замикання на шинах джерела живлення $S_{\text{кз}}$	МВА	54
Вхідна реактивна потужність $Q_{\text{е max}}$	кВАр	219
Загальна територія підприємства	м ²	29304
Категорія надійності споживачів: I (пристрої пожежної сигналізації, евакуаційне освітлення) II (приймачі основних виробничих <u>цехів</u>) III (приймачі складу, приймачі, що виконують допоміжні функції)	% % %	0,4 78,5 21,1

Таблиця 1.2 – 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	204
2. Цех дубленого напівфабрикату	60	48	2880	175
3. <u>Фарбувально-жирувальний цех</u>	60	36	2160	195
4. Сортувальний цех	48	36	1728	199
5. Цех готових виробів	48	36	1728	190
6. Лабораторія	36	24	864	112
7. Склад	60	30	1800	45
Разом			13536	1120

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень

У технічному завданні до проєкту наведено навантаження на затискачах окремих електроприймачів (І рівень системи електропостачання (СЕП)).

Розрахунок силових навантажень в даному пункті будемо виконувати для II та III рівнів СЕП (відповідно збірні шини розподільних пристроїв низької напруги та шини низької напруги трансформаторної підстанції) на основі ієрархічного підходу [3].

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	204	120,36	132,40	178,93	162,49	132,40	209,60
2	175	96,25	94,33	134,76	120,31	94,33	152,88
3	195	109,20	131,04	170,58	152,88	131,04	201,35
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	25	14,00	14,14	19,90	19,60	14,14	24,17
4	199	111,44	122,58	165,67	142,64	122,58	188,08
5	190	110,20	121,22	163,82	159,79	121,22	200,57
6	112	50,40	50,90	71,63	65,52	50,90	82,97
7	45	14,85	17,82	23,20	37,13	17,82	41,18
Всього	1120	612,70	670,29	908,59	840,76	670,29	1076,63

					ЛНТУ.971021.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Мазяр Д.Ю.				Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики встановленою потужністю 1120 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.
Перевір.	Вітер Д.В.						Аркушів
Н. контр.	Ващелок Ю.І.					11	20
Затверд.	Волинець В.І.					ФАБЕ, гр.ЕЕ-41	

Таблиця 2.2 – Розрахунок силових навантажень на збірних шинах розподільних пристроїв низької напруги РПЗ.1, РПЗ.2 фарбувально-жирувального цеху

Назва електроприймача	P _н , кВт	n	P _н , кВт	K _{вик}	tgφ	m	η _{еф}	K _{max}	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

Робота у цехах шкіргалантерейної фабрики пов'язана з обробкою дрібних деталей, розкроюванням, шиттям. Тому клас зорових робіт [2] не нижче Va, відповідно рекомендована нормативна освітленість цехів повинна знаходитись в межах 300 – 500 лк.

Вибираємо з [4] лінійні LED-свіильники для забезпечення рівномірного освітлення виробничих площ.

Розрахунок навантажень освітлювальних приймачів виконуємо для II та III рівнів СЕП відповідно до [2].

Таблиця 2.3 – Вибір джерел світла

Номер цеху	Розряд зорової роботи	$E_{\text{норм}}, \text{лк}$	Тип світильника	F, лм	P, 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	400	AL1004 100W	11000	100
7	VIII6	75	SMARTBRIGHT SLIM PANEL-RCA, 34W, 3400Lm	3400	34

Таблиця 2.4 – Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Номер цеху	F, м ²	h, м	$P_{\text{пит}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	$P_o, \text{кВт}$	$K_{\text{пра}}$	$K_{\text{п}}$	tgφ	$P_{\text{р.о}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{р.о}}, \text{квар}$
1	2376	8	3,26	7,75	1,2	0,9	0,33	8,37	2,76
2	2880	8	3,26	9,39	1,2	0,9	0,33	10,14	3,35
3	2160	8	3,26	7,04	1,2	0,9	0,33	7,60	2,51
4	1728	8	3,26	5,63	1,2	0,9	0,33	6,08	2,01
5	1728	8	3,26	5,63	1,2	0,9	0,33	6,08	2,01
6	864	4	3,2	2,76	1,2	0,9	0,33	2,99	0,99
7	1800	5	3,11	5,60	1,2	0,9	0,33	6,05	2,00
Всього	13536			43,81				47,31	15,61

Для вуличного освітлення приймаємо з [4] джерела світла EVROLIGHT100W 6400K ST – 100 – 07SP65:

$$\sum \varepsilon = \frac{10^3 \cdot 2,75 \cdot 0,85 \cdot 11}{10000} = 2,57 \text{ лк};$$

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

$$L_{\Sigma} = 3240 \text{ м}; N = \frac{3240}{132} = 24,5 \Rightarrow N_{\text{прийн}} = 25;$$

$$P_{\text{вст.зовн}} = 25 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 2,5 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{розр.зовн}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,5 = 2,7 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{розр.зовн}} = 2,7 \cdot 0,33 = 0,89 \text{ кВар}.$$

2.3. Визначення результуючих навантажень

Сумарні силові та освітлювальні навантаження розраховуємо для II та III рівнів СЕП відповідно до [2].

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	211,75	128,73	135,16	186,65	170,85	135,16	217,85
2	184,39	106,39	97,67	144,42	130,45	97,67	162,96
3	202,04	116,80	133,55	177,42	160,48	133,55	208,78
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	25,00	14,00	14,14	19,90	19,60	14,14	24,17
4	204,63	117,52	124,59	171,27	148,73	124,59	194,02
5	195,63	116,28	123,23	169,43	165,87	123,23	206,64
6	114,76	53,39	51,89	74,45	68,51	51,89	85,94
7	50,60	20,90	19,82	28,80	43,17	19,82	47,50
Освітлення території	2,50	2,70	0,89	2,84	2,70	0,89	2,84
Всього	1166,31	662,71	686,79	955,29	890,77	686,79	1126,54

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Побудову картограми електричних навантажень на генеральному плані шкіргалантерейної фабрики виконуємо для наглядного демонстрування співвідношень навантажень різних цехів та будівель (повних та освітлювальних).

Трансформаторну підстанцію підприємства встановлюємо в центрі електричних 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	45	150	7688	25628	6082	20273	26	18
2	42	84	5479	10958	4102	8204	23	28
3	42	30	6740	4815	5609	4006	26	17
4	114	30	16955	4462	14203	3738	25	15
5	192	90	31848	14929	23660	11090	26	13
6	126	96	8632	6577	6538	4981	17	16
7	138	153	5958	6605	2734	3032	12	50
Всього			77342	67367	60195	52294		
X_{Σ}	87							
Y_{Σ}	76							

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

В даному пункті обираємо з [5] тип та кількість силових трансформаторів відповідно до II категорії надійності електропроточання підключених споживачів. За умови недостатньої пропускної здатності оснащуємо підстанцію низьковольтними батареями конденсаторів, обраними з [6].

Визначаємо приведені затрати на встановлення та експлуатацію кожного з обраних варіантів.

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	630	1,50	2	0	2	582,01
II		1000	0,95	2	0	2	1233,21

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	104,78	24	27	0,63	0,00	104,78	50
II	0,00	24	27	0,63	0,00	0,00	0

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	1,18	8,5	634	6,866	52,731	873,68	161,94
II	1,7	12,2	634	9,885	75,914	1020,00	203,41

Вибираємо $2 \times TM - 630 / 10$; $2 \times KKY - 0,4 - 50 - 5 - 21Y3$.

Перевіряємо вибрані трансформатори за перевантажувальною здатністю :

$$1,4 \cdot 630 = 882 \text{ кВА} > \frac{2 \cdot (1 - 0,211) \cdot 955,29}{2} = 753,72 \text{ кВА}.$$

2.6. Компенсація реактивної потужності

Компенсацію реактивної потужності призначено не тільки для розвантаження електричних мереж та зниження втрат напруги, а й для виконання умов енергосистеми щодо рівня споживання реактивної потужності.

Таблиця 2.10 – Розрахунок компенсації реактивної потужності

Показник	Од.вимір.	Значення
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$	кВАр	686,79
$Q_{\text{еmax}}$	кВАр	219
$Q_{\text{НБК ф}}$	кВАр	100
ΔQ_T	кВАр	49
$K_{\text{НС}}$	–	0,85
Q_{M1}	кВАр	583,77
Q_{K1}	кВАр	365,08
$Q_{\text{НС Т}}$	кВАр	684,79
$Q_{\text{ВБК}}$	кВАр	363,08

Отримана потужність високовольтних батарей конденсаторів незначна. Тому виконуємо укрупнення низьковольтної компенсації до сумарного значення:

$$Q_{\text{НБК.}\Sigma} = 2 \cdot 50 + 363,08 = 463,08 \text{ кВАр} \Rightarrow KKY - 0,4 - 250 - 10 - 21Y3.$$

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях

Сумарні навантаження на IV рівні СЕП розраховуємо відповідно до [2].

Таблиця 2.11 – Розрахунок навантажень на рівні 10 кВ

Розрахункове навантаження	Одиниці вимірювання	Значення
P_{p3}	кВт	662,71
Q_{p2}	кВАр	686,79
$Q_{НБК}$	кВАр	500
P_{p3}	кВт	662,71
Q_{p3}	кВАр	186,79
S_{p3}	кВА	688,53
ΔP_T	кВт	13,77
ΔQ_T	кВАр	68,85
P_{p4}	кВт	676,48
Q_{p4}	кВАр	255,65
S_{p4}	кВА	723,17

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

Мережа зовнішнього живлення шкіргалантерейної фабрики має такі характеристики: номінальна напруга 10 кВ; два паралельних кабелі, вибрані з [8]; прокладання в траншеї.

Економічну густину струму для вибору доцільних з економічної точки зору перерізів визначено з [7].

$$j_e = 1,9 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2};$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{723,17}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 20,88 \text{ А}; I_{\text{п ав}} = \frac{723,17}{\sqrt{3} \cdot 10} = 41,75 \text{ А};$$

$$F_e = \frac{20,88}{1,9} = 10,99 \text{ мм}^2; \text{ розглядаємо перерізи від } 35 \text{ мм}^2 \text{ включно.}$$

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	84,03	0,84	1,68
50	169	174,1	0,58	0,086	76,44	0,76	1,53
70	211	217,3	0,45	0,084	60,84	0,61	1,22
95	260	267,8	0,31	0,083	44,15	0,44	0,88

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	0,142	135,17	2,715	13,219	3960,6	508,294
50	0,120	170,82	2,457	11,961	4854,4	618,761
70	0,096	206,59	1,906	9,280	5051,2	640,680
95	0,078	216,10	1,313	6,393	5895,8	743,368

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

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Схему внутрішньої розподільної мережі наведено на другому кресленні графічної частини проекту.

Для живлення груп приймачів цехів застосовано розподільні пристрої низької напруги [10], для живлення останніх – ввідно-розподільні пристрої [9].

Живлення до пристроїв розподілу підведене кабелями низької напруги [11]. Електропостачання цехів фабрики та лабораторії виконане радіально дволанковими лініями; живлення складу – магістрально одноланковою лінією.

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	265,35	403,16	ЕУ – ВРП2 – 1 – 630 У4	630	4	4
ВРП2	162,96	247,60	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
ВРП3	208,78	317,22	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
РП3.1	47,70	72,47	ПР11 – 3034 – 21 У3	100	13	14
РП3.2	74,22	112,76	ПР11 – 3079 – 51 У3	250	11	14
РП3.3	24,17	36,72	ПР11 – 3034 – 21 У3	100	12	14
ВРП4	194,02	294,78	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
ВРП5	206,64	313,95	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
РП6	85,94	130,57	ПР11 – 3079 – 51 У3	250	14	14
РП7	47,50	72,17	ПР11 – 3034 – 21 У3	100	12	14

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	265,35	201,58	403,16	4×240	490	505	529	0,081	0,125	0,047	0,96	1,91
ТП – ВРП2	2	162,96	123,80	247,60	4×185	260	268	281	0,024	0,18	0,06	0,24	0,49
ТП – ВРП3	2	208,78	158,61	317,22	4×240	490	505	529	0,052	0,125	0,047	0,48	0,96
ВРП3 – РП3.1	2	47,70	36,23	72,47	5×25	75	77	81	0,046	1,33	0,07	0,85	1,70
ВРП3 – РП3.2	2	74,22	56,38	112,76	5×50	110	113	119	0,047	0,67	0,06	0,69	1,39
ВРП3 – РП3.3	2	24,17	18,36	36,72	5×16	60	62	65	0,010	2,08	0,07	0,15	0,30
ТП – ВРП4	2	194,02	147,39	294,78	4×240	490	505	529	0,042	0,125	0,047	0,36	0,72
ТП – ВРП5	2	206,64	156,98	313,95	4×240	490	505	529	0,081	0,125	0,047	0,74	1,49
ТП – РП6	2	85,94	65,29	130,57	4×70	140	144	151	0,030	0,48	0,06	0,37	0,75
ВРП1 – РП7	1	47,50	72,17	72,17	4×25	75	77	81	0,030	1,33	0,07	1,09	1,09

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

Застосовуємо відносно наближене зведення :

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

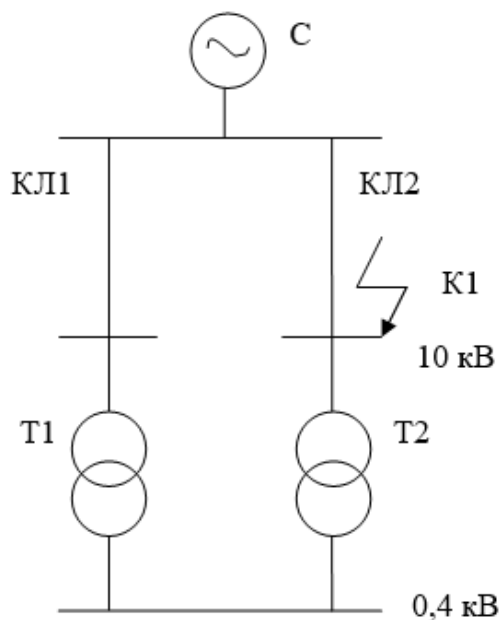


Рисунок 2.1 – Електрична схема короткозамкненого кола

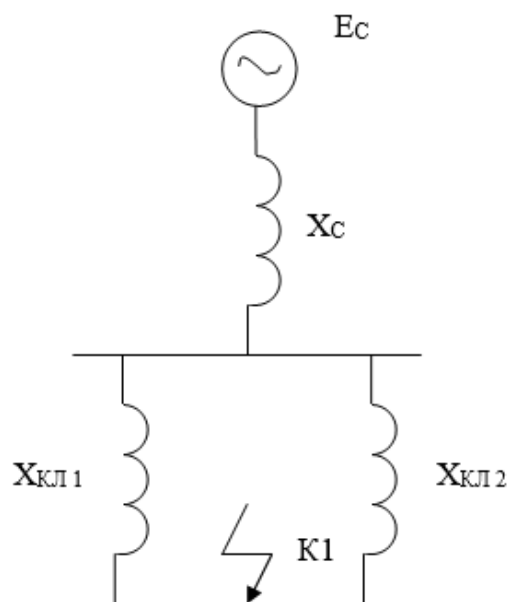


Рисунок 2.2 – Заступна схема короткозамкненого кола

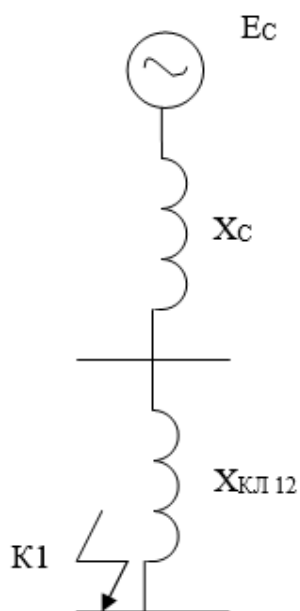


Рисунок 2.3 – Схема короткозамкненого кола після об'єднання паралельних ліній

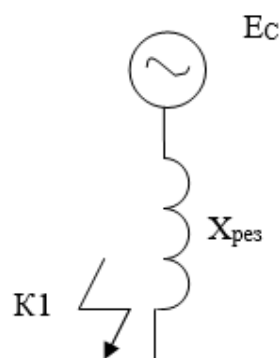


Рисунок 2.4 – Спрощена схема короткозамкненого кола

Для захисту від струмів КЗ в мережі високої напруги застосовуватимемо високовольтні плавкі запобіжники.

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

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
S_{K3}	МВА	54
$\dot{X}_{C*}$	—	1,852
$\dot{R}_{KЛ1*}, \dot{R}_{KЛ2*}$	—	2,384
$\dot{X}_{KЛ1*}, \dot{X}_{KЛ2*}$	—	0,335
$\dot{R}_{KЛ12*}$	—	1,192
$\dot{X}_{KЛ12*}$	—	0,167
$\dot{R}_{рез*}$	—	1,192
$\dot{X}_{рез*}$	—	2,019
$\dot{Z}_{рез*}$	—	2,345
I_{σ}	кА	5,50
I_{n0}	кА	2,345
k_y	—	1,42
i_y	кА	4,709
K_T	$\frac{A \cdot c^{1/2}}{mm^2}$	125
t_n	с	0,25
F_{min}	mm^2	9,4
Тип та переріз кабелю з п.2.8	—	АПВВ – 10 – 3 × 35
B_K	$кА^2 \cdot c$	1,37

2.11. Вибір обладнання

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

Для приймання електричної енергії від ліній зовнішнього живлення в розподільному пристрої 10 кВ підстанції встановлено ввідні комплектні комірки з вимикачами навантаження [14]; для розподілу – трансформаторні комірки з вимикачами навантаження та запобіжниками та секційні комірки з роз'єднувачами [14].

Для приймання електричної енергії з трансформаторів підстанції в розподільному пристрої 0,4 кВ встановлено ввідні панелі з автоматичними

вимикачами [15]; для розподілу – лінійні панелі з автоматичними вимикачами та секційні панелі з рубильниками та автоматичним вимикачем [15].

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	–

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$20,88 < 630 \text{ А};$$

$$41,75 < 630 \text{ А};$$

$$4,709 < 51 \text{ кА};$$

$$1,37 < 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Роз'єднувачі обрано з[16]:

РВ030 – 10 – 630

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$20,88 < 630 \text{ А};$$

$$41,75 < 630 \text{ А};$$

$$4,709 < 41 \text{ кА};$$

$$1,37 < 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Вимикачі навантаження та запобіжники обрано з [17, 18]:

Ввідні комірки	Трансформаторні комірки
ВН – РА 030 – 10 – 630 УЗ:	ВН – РА 03П – 10 – 630 УЗ:
10 = 10 кВ;	10 = 10 кВ;
20,88 < 630 А;	20,88 < 630 А;
41,75 < 630 А;	41,75 < 630 А;
2,345 < 31,5 кА;	2,345 < 31,5 кА;
4,709 < 80 кА;	4,709 < 80 кА;
1,37 < 992,3 кА ² · с;	1,37 < 992,3 кА ² · с;

ПКТ – 10 – 50 – 12,5 УЗ:

$$41,75 < 50 \text{ А;}$$

$$2,345 < 12,5 \text{ кА;}$$

$$40,62 < 217 \text{ кА,}$$

$$S'' = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2,345 = 40,62 \text{ МВА.}$$

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Усі силові приймачі електричної енергії фарбувально-жирувального цеху належать до II категорії надійності. Їх живлення виконане за радіальною схемою кабелями з ізоляцією та оболонкою з негорючого матеріалу з пониженим димоутворенням [19].

Для приймання та розподілу електроенергії між силовими щитами в цеху встановлено ввідно-розподільний пристрій з двома вводами, оснащений лічильниками технічного обліку електроенергії; для розподілу між

					ЛНТУ.971021.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

електроприймачами – розподільні пристрої низької напруги на номінальні струми 100 та 250 А (п.2.9).

Таблиця 2.18 – Вибір кабелів внутрішньоцехової мережі

Назва електроприймача	P_n , кВт	$\cos \varphi$	I, А	F, мм ²	$I_{тр.доп}$, А	Кабель
РП3.1						
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
РП3.2						
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
Барабан 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
	РП2.1					
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
	РП2.2					
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 :

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

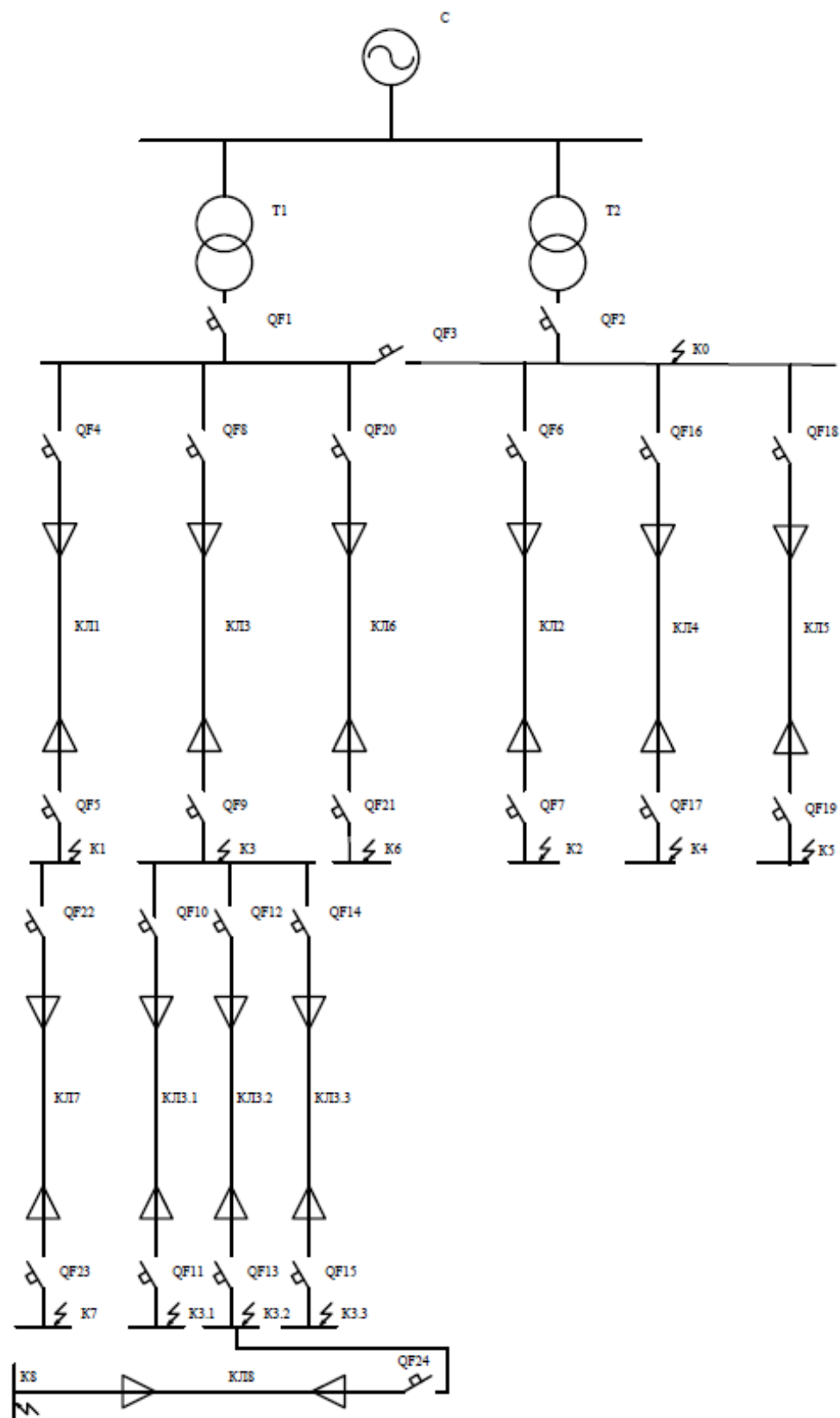


Рисунок 2.5 – Схема короткозамкнутого кола НВ мережі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛНТУ.971021.000 ПЗ

Арк.

25

Таблиця 2.21 – Визначення струмів КЗ в точці К0

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
R_c	Ом	1,314
X_c	Ом	2,585
$\dot{R}_c$	МОм	1,907
$\dot{X}_c$	МОм	3,752
$\dot{R}_T$	МОм	1,713
$\dot{X}_T$	МОм	7,619
$\dot{R}_{рез0}$	МОм	18,620
$\dot{X}_{рез0}$	МОм	11,371
$Z_{рез0}$	МОм	21,818
I_K	кА	10,585
k_y	–	1,05
i_y	кА	15,718

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	0,081	0,125	10,150	0,047	3,816
ТП – ВРП2	0,024	0,18	4,320	0,06	1,440
ТП – ВРП3	0,052	0,125	6,500	0,047	2,444
ВРП3 – РП3.1	0,046	1,33	61,712	0,07	3,248
ВРП3 – РП3.2	0,047	0,67	31,624	0,06	2,832
ВРП3 – РП3.3	0,010	2,08	21,632	0,07	0,728
ТП – ВРП4	0,042	0,125	5,250	0,047	1,974
ТП – ВРП5	0,081	0,125	10,150	0,047	3,816
ТП – РП6	0,030	0,48	14,400	0,06	1,800
ВРП1 – РП7	0,030	1,33	39,900	0,07	2,100
РП3.2 – Рmax	0,021	3,33	69,930	0,09	1,890

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	33,77	15,19	37,03	6,237	1	8,820	23,1	4×240
К2	20	27,94	12,81	30,74	7,513	1	10,626	27,8	4×185
К3	20	30,12	13,81	33,14	6,969	1	9,856	25,8	4×240
К3.1	25	121,96	17,06	123,14	1,875	1	2,652	6,9	5×25
К3.2	25	66,74	16,65	68,79	3,357	1	4,748	12,4	5×50
К3.3	25	56,75	14,54	58,59	3,942	1	5,575	14,6	5×16
К4	20	28,87	13,34	31,81	7,261	1	10,269	26,9	4×240
К5	20	33,77	15,19	37,03	6,237	1	8,820	23,1	4×240
К6	20	38,02	13,17	40,24	5,740	1	8,117	21,3	4×70
К7	25	78,67	17,29	80,55	2,867	1	4,055	10,6	4×25
К8	30	141,67	18,54	142,88	1,616	1	2,286	6,0	5×6

Всі перевірки виконуються.

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Трансформатори струму, обрані з [21], мають таке вторинне навантаження :
лічильники електричної енергії комерційного та технічного обліку
НІК 2307 АПЗТ, вибрані з [20];

амперметри АСКО – УКРЕМ 500А.

$$I_{\text{норм}} = \frac{1126,54}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 855,8 \text{ А}; \quad I_{\text{max}} = \frac{1126,54}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1711,59 \text{ А}.$$

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 ВН-0.66 120 2000/5А 0,5

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$855,8 < 2000 \text{ А};$$

$$1711,59 < 2000 \text{ А};$$

$$15,718 < 51 \text{ кА};$$

$$28,01 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом.}$$

Технічний облік :

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

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$403,16 < 600 \text{ А};$$

$$8,82 < 51 \text{ кА};$$

$$9,72 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом.}$$

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Автоматичні вимикачі вибрано з[22].

Таблиця 2.24 – Вибір автоматичних вимикачів

Номер вимикача	Тип вимикача	Каталожні дані			Розрахункові дані			
		U _{ном} , кВ	I _{ном розщ} , А	I _{гр вимк} , кА	U _{уст} , кВ	I _{ном} , А	I _{п.ав} , А	I _к , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF1	Chint NA1-2000-2000M	0,4	2000	40	0,4	855,80	1711,59	10,585
QF2	Chint NA1-2000-2000M	0,4	2000	40	0,4	855,80	1711,59	10,585
QF3	Chint NA1-2000-2000M	0,4	2000	40	0,4	855,80	1711,59	10,585
QF4	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	201,58	403,16	6,237
QF5	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	201,58	403,16	6,237
QF6	BA 88 – 35	0,4	250	35	0,4	123,80	247,60	7,513
QF7	BA 88 – 35	0,4	250	35	0,4	123,80	247,60	7,513
QF8	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	158,61	317,22	6,969
QF9	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	158,61	317,22	6,969
QF10	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	36,23	72,47	1,875
QF11	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	36,23	72,47	1,88

					ЛНТУ.971021.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF12	BA 88 – 33	0,4	125	35	0,4	56,38	112,76	3,357
QF13	BA 88 – 33	0,4	125	35	0,4	56,38	112,76	3,36
QF14	BA 88 – 33	0,4	40	35	0,4	18,36	36,72	3,942
QF15	BA 88 – 33	0,4	40	35	0,4	18,36	36,72	3,94
QF16	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	147,39	294,78	7,261
QF17	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	147,39	294,78	7,261
QF18	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	156,98	313,95	6,237
QF19	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	156,98	313,95	6,237
QF20	BA 88 – 35	0,4	160	35	0,4	65,29	130,57	5,740
QF21	BA 88 – 35	0,4	160	35	0,4	65,29	130,57	5,740
QF22	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	72,17	72,17	2,867
QF23	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	72,17	72,17	2,87
QF24	BA 88 – 32	0,4	40	25	0,4	34,21	34,21	1,616

2.12.5. Вибір рубильників

Рубильники обрано з [23]:

PE 19 – 44; 2000 A;

$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$

$855,8 < 2000 \text{ A};$

$1711,59 < 2000 \text{ A};$

$15,718 < 50 \text{ кА};$

$28,01 < 900 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$

					ЛНТУ.971021.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

РОЗДІЛ 3

ВИБІР ПОЛОЖЕННЯ ПБЗ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Для регулювання напруги в мережі шкіргалантерейної фабрики застосовано трифазні пристрої перемикавання без збудження силових трансформаторів. Пристрої встановлені у первинних обмотках, оскільки вони мають більшу кількість витків та менший струм. Кількість відгалужень – 5. Діапазон регулювання напруги $\pm 5\%$. Регулювання можливе лише за відсутності збудження, тобто при повністю вимкненому трансформаторі.

$$R_T = 1,71 \cdot 10^{-3} = 0,002 \text{ Ом}; \quad X_T = 7,62 \cdot 10^{-3} = 0,008 \text{ Ом}.$$

$$P_{cp} = 662,71 \text{ кВт}; \quad Q_{cp} = 686,79 \text{ кВт}; \quad n_T = 2;$$

$$U_{ном} = \pm 5\% \cdot U_{ном}; \quad U_{ном} = (0,95 \div 1,05) \cdot 380 = 360 \div 399 \text{ В};$$

$$\Delta U_T = \frac{662,71 \cdot 0,002 + 686,79 \cdot 0,008}{2 \cdot 10} = 0,32 \text{ кВ};$$

$$U_{нн.6} = (1 - 0,05) \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 0,38 \text{ кВ}; \quad K_{Т.ном} = \frac{10}{0,4} = 25,0;$$

$$K_{Т.6} = \frac{10 - 0,32}{2 \cdot 0,38} = 25,48;$$

Таблиця 3.1 – Визначення положень ПБЗ та відповідних їм коефіцієнтів трансформації

Положення ПБЗ	Додаткове число витків, %	Відносне число витків	Коефіцієнт трансформації
1	5	1,050	26,75
2	2,5	1,025	26,11
3	0	1,000	25,48
4	-2,5	0,975	24,84
5	-5	0,950	24,20

$$U_{нн.д} = \frac{10 - 0,32}{25,48} = 0,38 \text{ кВ}; \quad \frac{0,4 - 0,38}{0,4} \cdot 100 = 5\%.$$

					ЛНТУ.971021.000 ПЗ									
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики встановленою потужністю 1120 кВт. Пояснювальна записка.					Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.	Мазяр Д.Ю.											31	1	
Перевір.	Вітер Д.В.									ФАБЕ, гр.ЕЕ–41				
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.													
Затверд.	Волинець В.І.													

РОЗДІЛ 4

САПР

Усі розрахунки СЕП шкіргалантерейної фабрики автоматизовано за допомогою Microsoft Excel 2003. Приклад автоматизації розрахунків, виконаних в п.2.5, 2.6 проєкту, наведено на рисунку 4.1.

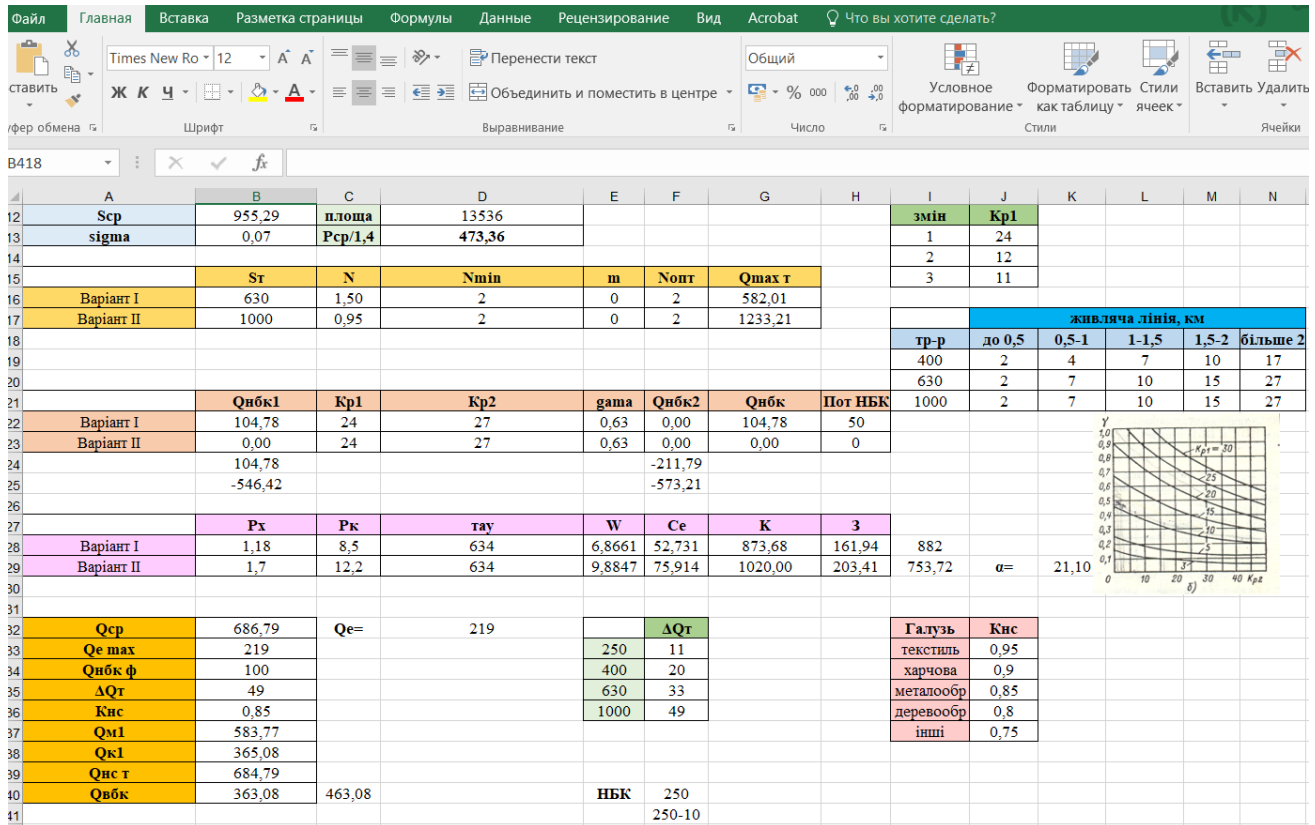


Рисунок 4.1 – Вибір силових трансформаторів з врахуванням компенсації реактивної потужності

					ЛНТУ.971021.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики встановленої потужністю 1120 кВт. Пояснювальна записка.		
Розроб.	Мазяр Д.Ю.						
Перевір.	Вітер Д.В.						
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						32	1
					ФАБЕ, гр.ЕЕ-41		

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Безпечна експлуатація електроустановок фарбувально-жирувального цеху за умови потрапляння під напругу неструмовідних частин через пошкодження ізоляції можлива завдяки застосуванню контуру захисного заземлення [25]:

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

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

$$R_{\text{H}} = 10 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{B}} = \frac{2,3 \cdot 10}{2,3 + 10} = 1,86 \text{ Ом};$$

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

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

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

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

					ЛНТУ.971021.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка СЕП шкіргалантерейної фабрики встановленою потужністю 1120 кВт. Пояснювальна записка. Літ. Арк. Аркушів 33 1 ФАБЕ, гр.ЕЕ-41		
Розроб.	Мазяр Д.Ю.						
Перевір.	Вітер Д.В.						
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Для забезпечення надійності та економічної проєктованої мережі шкіргалантерейної фабрики, а також належного рівня якості електричної енергії та безпеки експлуатації відповідно до вимог [1, 2] прийнято такі рішення:

вибір двотрансформаторної підстанції з секційною перемичкою на рівні низької напруги для можливості виведення в ремонт одного з трансформаторів з перериванням живлення не більше, ніж на час ручного ввімкнення резерву;

застосування двох кабелів зовнішнього живлення, кожен з яких перевірено за перевантаженням в післяаварійному режимі; виведення в ремонт одного з кабелів можливе шляхом ввімкнення ремонтної перемички на рівні високої напруги підстанції;

встановлення трифазних пристроїв ПБЗ в обмотках високої напруги силових трансформаторів, що дають можливість регулювання напруги в діапазоні $\pm 5\%$ за умови відсутності магнітного потоку в магнітопроводі трансформатора;

покращення якості електричної енергії, що передається до споживачів, за рахунок розвантаження високовольтних кабелів та силових трансформаторів від передавання частини реактивної потужності – компенсація; низьковольтні батареї конденсаторів можна залучати до процесу регулювання напруги з дискретністю 10 кВАр;

прийняття економічно обґрунтованих технічних рішень завдяки: застосуванню методу економічної густини струму для вибору перерізу кабелів 10 кВ; техніко-економічному зіставленню кількох можливих варіантів виконання схеми; встановленню трансформаторної підстанції в центрі електричних навантажень, тощо.

					ЛНТУ.971021.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

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/vyrobnytstvo/punkt-rozpodilnyi.html>.

- 10.Ввідно-розподільний пристрій : каталог. URL :
<https://www.enersys.in.ua/vyrobnystvo/vvidno-rozpodilnyi-prystrii.html>.
- 11.Кабелі силові АBBГ, АBBГнг, АBBГнгд : 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.