

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 меблевої фабрики встановленою потужністю 1450 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

Дмитрук Роман Віталійович

(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

Дмитруку Роману Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційного проекту: Розробка СЕП меблевої фабрики встановленою потужністю 1450 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. 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	Вітер Д.В.		
2. Основні проектні рішення	Вітер Д.В.		
3. Проектування освітлювальної мережі цеху	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	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)

(Дмитрук Р.В.)
(прізвище, ініціали)

Керівник
кваліфікаційного проекту

(підпис)

(Вітер Д.В.)
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дмитрук Р.В. Розробка СЕП меблевої фабрики встановленою потужністю 1450 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

R. Dmytruk. Development of the power supply system of a furniture factory with an installed capacity of 1450 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.....	12
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень.....	12
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.....	13
2.3. Визначення результуючих навантажень.....	14
2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень.....	15
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.971007.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка СЕП меблевої фабрики встановленою потужністю 1450 кВт. Пояснювальна записка.		
Розроб.		Дмитрук Р.В.					
Перевір.		Вітер Д.В.					
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.					
Затверд.		Волинець В.І.			Літ. Арк. Аркушів 6 63 ФАБЕ, гр.ЕЕ-41		

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів.....	29
2.12.5. Вибір рубильників.....	30
РОЗДІЛ 3 ПРОЄКТУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЦЕХУ.....	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 ПРОЄКТУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЦЕХУ..	59
ДОДАТОК 3 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.....	62

ВСТУП

Для безперебійного та якісного електропостачання споживачів електричної енергії сучасні електричні мережі повинні бути надійними, тобто мати можливість резервування у разі виникнення аварійної ситуації. Крім того, пропускна здатність мереж повинна бути достатньою для роботи як в нормальному, так і в післяаварійному режимах роботи. Показники якості електричної енергії повинні знаходитись в межах допустимих відхилень. Мережі повинні бути зручними та безпечними в експлуатації, а також економічними.

Для досягнення згаданих вище результатів в [1 – 3] рекомендоване застосування таких методик та підходів:

розрахунок електричних навантажень на усіх рівнях електропостачальної системи підприємства з використанням ієрархічного підходу, що забезпечить належний рівень точності розрахунків;

проектування не менше двох незалежних джерел живлення для приймачів I, II категорії надійності;

техніко-економічне порівняння різних варіантів виконання схеми із вибором найбільш доцільного;

вибір перерізів високовольних ліній електропередавання за методом економічної густини струму, що забезпечує досягнення найбільш оптимального результату;

оснащення схеми засобами регулювання напруги та компенсації реактивної потужності, що призводить до підтримання показників якості електроенергії в допустимих межах;

вибрані електричні апарати повинні бути сучасними та відповідати вимогам, наведеним в [1, 3];

розрахунки доцільно автоматизувати; це спростить їх виконання та корекцію у разі потреби.

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Меблева фабрика спеціалізується на виготовленні різних видів меблів та фурнітури до них, а також столярних виробів. Структуру фабрики наведено на схемі (рис.1.1).

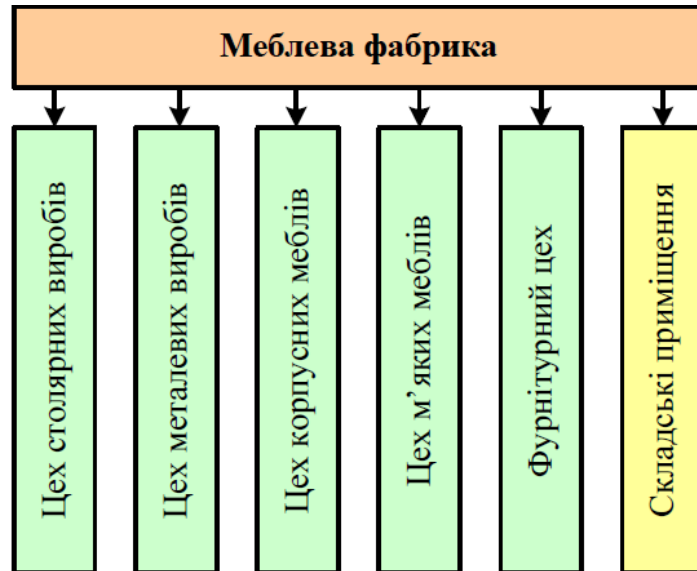


Рисунок 1.1 – Структура меблевої фабрики

Електроприймачі, встановлені в будівлях фабрики, належать переважно до II категорії надійності (рис.1.1 – виділено зеленим). 18,3% належать до III категорії: на рис.1.1 виділено жовтим, крім того, приймачі, призначені для виконання допоміжних функцій.

В цеху металевих виробів меблевої фабрики відбувається виготовлення металевих каркасів шляхом механічної обробки металевих заготовок, різання та зварювання.

Механічна обробка являє собою технологічний процес зміни форми та розмірів заготовок для подальшого отримання з них готових виробів різними способами. Основні види механічної обробки наведено на схемі (рис.1.2).

					ЛНТУ.971007.000 ПЗ									
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										
Розроб.		Дмитрук Р.В.			Розробка СЕП меблевої фабрики встановленою потужністю 1450 кВт. Пояснювальна записка.				Літ.		Арк.		Аркушів	
Перевір.		Вітер Д.В.									9		3	
Н. контр.		Вашелюк Ю.І.							ФАБЕ, гр.ЕЕ-41					
Затверд.		Волинець В.І.												



Рисунок 1.2 – Основні види механічної обробки

Загальні характеристики меблевої фабрики, відносно яких будуть виконуватись проєктні розрахунки, наведено в таблиці 1.1, характеристики цехів – в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані

Назва параметру	Одиниці вимірювання	Значення
Кількість змін	–	2
Тривалість роботи електрообладнання в рік τ	год.	4230
Час використання максимального навантаження $T_{\max}$	год.	2140
Джерело живлення	–	РП-10 кВ
Відстань до джерела l	км	5,6
Потужність короткого замикання на шинах джерела живлення $S_{\text{кз}}$	МВА	55,4
Вхідна реактивна потужність $Q_{e \max}$	кВАр	235
Загальна територія підприємства	м ²	29376
Категорія надійності споживачів:		
I (пристрої пожежної сигналізації, евакуаційне освітлення)	%	0,5
II (приймачі основних виробничих <u>цехів</u>)	%	81,2
III (приймачі складських приміщень, приймачі, що виконують допоміжні функції)	%	18,3

Таблиця 1.2 – Характеристики цехів заводу

Назва об'єкту	Розміри будівлі			Встановлена потужність, кВт
	Довжина, м	Ширина, м	Площа будівлі, м ²	
1. Цех столярних виробів	–	–	1296	267
2. Цех металевих виробів	96	56	5376	293
3. Цех корпусних меблів	36	60	2160	280
4. Цех м'яких меблів	36	60	2160	290
5. Фурнітурний цех	24	36	864	240
6. Складські приміщення	36	48	1728	80
Разом			13584	1450

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень

Розглядаємо другий рівень системи електропостачання (СЕП) – шини розподільний пристроїв низької напруги 0,4 кВ.

В таблиці 2.1 наведено приклад розрахунку силових навантажень для цеху металевих виробів меблевої фабрики. Аналогічні розрахунки виконано для решти цехів та зведено в таблицю 2.2.

Таблиця 2.1 – Розрахунок силових навантажень цеху металевих виробів

Назва електроприймача	P _н , кВт	n	P _н , кВт	K _{вик}	tgφ	m	cosφ	K _{max}	Розрахункові навантаження			
									P _{ср.зм.} , кВт	Q _{ср.зм.} , квар	P _н , кВт	Q _н , квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	СЦ5.1											
	Електроприймачі із змінним графіком навантаження											
Установка електротермічна	7,5	3	22,5	0,45	1,03	2,47	19	1,54	10,13	10,43	50,63	43,49
Кран мостовий	18,5	2	37	0,1	1,02				3,70	3,77		
Верстат внутрішньо-шліфувальний	9	9	81	0,15	1,33				12,15	16,16		
Верстат свердильний	8	2	16	0,15	1,33				2,40	3,19		
Верстат плоскошліфувальний	10	3	30	0,15	1,33				4,50	5,99		
	Електроприймачі з постійним графіком навантаження											
Вентилятор радіальний	2	1	2	0,65	0,78				1,30	1,01	1,30	1,01
Вентилятор осьовий	1,5	1	1,5	0,64	0,77				0,96	0,74	0,96	0,74
Всього СЦ5.1		21	188,5						35,14	41,29	51,93	44,51
	СЦ5.2											
	Електроприймачі із змінним графіком навантаження											
Верстат кривошипний	12	3	36	0,15	1,33	1,50	10	2,1	5,40	7,18	32,76	22,82
Верстат свердильний	8	1	8	0,15	1,33				1,20	1,60		
Верстат плоскошліфувальний	10	6	60	0,15	1,33				9,00	11,97		
Всього СЦ5.2		10	104						15,60	20,75	32,76	22,82
Разом по пеху		31	292,5						50,74	62,04	84,69	67,33

					ЛНТУ.971007.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Дмитрук Р.В.			Розробка СЕП меблевої фабрики встановленою потужністю 1450 кВт. Пояснювальна записка.			Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Вітер Д.В.								12	19	
								ФАБЕ, гр.ЕЕ-41				
Н. контр.		Вашелюк Ю.І.										
Затверд.		Волинець В.І.										

Таблиця 2.2 – 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	267	120,15	118,95	169,07	150,19	130,84	199,19
2	293	50,74	62,04	80,14	84,69	67,33	108,19
2.1	189	35,14	41,29	54,22	51,93	44,51	68,39
2.2	104	15,60	20,75	25,96	32,76	22,82	39,93
3	280	128,80	154,56	201,19	180,32	170,02	247,83
4	290	136,30	137,66	193,72	174,46	151,43	231,02
5	240	112,80	111,67	158,73	163,56	122,84	204,55
6	80	26,40	26,93	37,71	63,36	29,62	69,94
Всього	1450	575,19	611,81	840,57	816,58	672,08	1060,72

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

До складу навантажень на другому рівні СЕП меблевої фабрики також входять освітлювальні навантаження цехів [4].

Таблиця 2.3 – Вибір джерел світла

Номер цеху	Розряд зорової роботи	$E_{норм}$, лк	Тип світильника	F, лм	P, кВт
1	Va	300	LEDVIS23-112 (112Вт, 19800 лм)	19800	112
2	Va	300	LEDVIS23-112 (112Вт, 19800 лм)	19800	112
3	Va	300	LEDVIS23-112 (112Вт, 19800 лм)	19800	112
4	Va	300	LEDVIS23-112 (112Вт, 19800 лм)	19800	112
5	Va	300	LEDVIS23-112 (112Вт, 19800 лм)	19800	112
6	VIIIб	75	Coreline High-Bay Gen 4	10000	69

Таблиця 2.4 – Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Номер цеху	F, м ²	h, м	$P_{пит}, \frac{Вт}{м^2}$	P_o , кВт	$K_{пра}$	K_n	tgφ	$P_{p.o}$, кВт	$Q_{p.o}$, квар
1	1296	8	3,41	4,42	1,2	0,9	0,33	4,77	1,58
2	5376	8	3,41	18,33	1,2	0,9	0,33	19,80	6,53
3	2160	8	3,41	7,37	1,2	0,9	0,33	7,95	2,63
4	2160	8	3,41	7,37	1,2	0,9	0,33	7,95	2,63
5	864	8	3,41	2,95	1,2	0,9	0,33	3,18	1,05
6	1728	5	3,35	5,79	1,2	0,9	0,33	6,25	2,06
Всього	13584			46,22				49,92	16,47

Для вуличного освітлення приймаємо з [4] джерела світла SAMSUNG CHIP LED/50W/230V 4000K IP65, 5000 лм:

$$\sum \varepsilon = \frac{10^3 \cdot 2,75 \cdot 0,85 \cdot 11}{5000} = 5,14 \text{ лк};$$

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

$$L_{\Sigma} = 2736 \text{ м}; N = \frac{2736}{132} = 20,7 \Rightarrow N_{\text{прийн}} = 21;$$

$$P_{\text{вст.зовн}} = 50 \cdot 21 \cdot 10^{-3} = 1,05 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{розр.зовн}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,05 = 1,13 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{розр.зовн}} = 1,13 \cdot 0,33 = 0,37 \text{ кВАр}.$$

2.3. Визначення результуючих навантажень

Третій рівень СЕП меблевої фабрики – шини низької напруги трансформаторної підстанції. Навантаження на цьому рівні розраховані в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок результуючих навантажень

Номер цеху	$P_{\text{вст}\Sigma},$ кВт	$P_{\text{ср.зм}\Sigma},$ кВт	$Q_{\text{ср.зм}\Sigma},$ квар	$S_{\text{ср.зм}\Sigma},$ кВА	$P_{\text{р}\Sigma},$ кВт	$Q_{\text{р}\Sigma},$ квар	$S_{\text{р}\Sigma},$ кВА
1	271,42	124,92	120,52	173,58	154,96	132,42	203,83
2	310,83	70,53	68,57	98,37	104,49	73,86	127,96
2.1	188,50	35,14	41,29	54,22	51,93	44,51	68,39
2.2	122,33	35,40	27,28	44,69	52,56	29,36	60,20
3	287,37	136,75	157,19	208,35	188,27	172,64	255,45
4	297,37	144,25	140,29	201,22	182,42	154,05	238,77
5	242,95	115,98	112,72	161,73	166,74	123,89	207,73
6	85,79	32,65	28,99	43,67	69,61	31,68	76,48
Освітлення території	1,05	1,13	0,37	1,19	1,13	0,37	1,19
Всього	1496,77	626,23	628,66	888,12	867,63	688,92	1111,41

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Розраховуємо параметри елементів картограми електричних навантажень та координати центру навантажень (табл.2.6).

Таблиця 2.6 – Визначення центру електричних навантажень

№ цеху	х, м	у, м	$P_{p\Sigma} \cdot x$	$P_{p\Sigma} \cdot y$	$Q_{p\Sigma} \cdot x$	$Q_{p\Sigma} \cdot y$	г	α
1	183	30	28358	4649	24233	3973	25	11
2	60	33	6269	3448	4432	2437	20	68
3	186	135	35019	25417	32111	23307	29	15
4	108	144	19701	26268	16638	22184	28	16
5	24	78	4002	13006	2973	9663	26	7
6	54	144	3759	10024	1711	4562	16	32
Всього			97108	82812	82098	66126		
$X_{\text{ц}}$	116							
$Y_{\text{ц}}$	96							

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

Підстанцію виконуємо двотрансформаторною. Силові трансформатори обираємо з [5], конденсаторні батареї 0,4 кВ – з [6].

Таблиця 2.7 – Вибір трансформаторів

Варіант встановлення	$\sigma, \frac{\text{кВА}}{\text{м}^2}$	$S_T, \text{кВА}$	N	$N_{\min}$	m	$N_{\text{опт}}$	$Q_{\max T}, \text{кВАр}$
I	0,07	1000	0,89	2	0	2	1252,13
II		630	1,42	2	0	2	621,09

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	0,00	12	27	0,31	8,66	8,66	0
II	7,57	12	27	0,31	230,492	238,06	100

Таблиця 2.9 – Техніко-економічне порівняння можливих варіантів встановлення

Варіант встановлення	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	τ , год	W , тис.кВт · год	C_e , тис.грн	K , тис.грн	Z , тис.грн
I	1,7	12,2	1001	17,3733	134,643	1020,00	262,14
II	1,18	8,5	1001	12,0669	93,519	925,04	209,15

Вибираємо $2 \times TM - 630 / 10$; $2 \times KKY - 0,4 - 100 - 10 - 21Y3$.

Перевіряємо вибрані трансформатори за перевантажувальною здатністю :

$$1,4 \cdot 630 = 882 \text{ кВА} > \frac{2 \cdot (1 - 0,183) \cdot 888,12}{2} = 725,6 \text{ кВА}.$$

2.6. Компенсація реактивної потужності

Пристрої компенсації реактивної потужності можуть бути також встановлені на стороні напруги 10 кВ трансформаторної підстанції. Розрахуємо потребу в таких батареях.

Таблиця 2.10 – Розрахунок компенсації реактивної потужності

Показник	Од.вимір.	Значення
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$	кВАр	628,66
$Q_{\text{еmax}}$	кВАр	235
$Q_{\text{НБК ф}}$	кВАр	200
ΔQ_T	кВАр	33
$K_{\text{НС}}$	—	0,90
Q_{M1}	кВАр	565,79
Q_{K1}	кВАр	330,79
$Q_{\text{НС Т}}$	кВАр	494,66
$Q_{\text{ВБК}}$	кВАр	196,79

$Q_{\text{ВБК}} = 196,79 \text{ кВт}$ є недостатньою для компенсації на стороні 10 кВ.

Збільшуємо потужність обраних низьковольтних батарей на $Q_{\text{ВБК}}$:

$$Q_{\text{НБК.рез}} = 2 \cdot 100 + 196,79 = 396,79 \text{ кВт} \Rightarrow 2 \times KKY - 0,4 - 200 - 10 - 21Y3.$$

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях

Найвищий четвертий рівень СЕП меблевої фабрики – шини 10 кВ трансформаторної підстанції. При визначенні навантажень на цьому рівні враховуємо $Q_{\text{НБК}}$.

Таблиця 2.11 – Розрахунок навантажень на рівні 10 кВ

Розрахункове навантаження	Одиниці вимірювання	Значення
P_{p3}	кВт	626,23
Q_{p2}	кВАр	628,66
$Q_{\text{НБК}}$	кВАр	400
P_{p3}	кВт	626,23
Q_{p3}	кВАр	228,66
S_{p3}	кВА	666,67
ΔP_T	кВт	13,33
ΔQ_T	кВАр	66,67
P_{p4}	кВт	639,57
Q_{p4}	кВАр	295,33
S_{p4}	кВА	704,46

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

Трансформаторну підстанцію 10/0,4 кВ заживлено двома паралельними кабелями, вибраними з [8]. Значення економічної устичини струму вибране з [7]:

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

$$I_{\text{норм}} = \frac{704,46}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 20,34 \text{ А}; I_{\text{П АВ}} = \frac{704,46}{\sqrt{3} \cdot 10} = 40,67 \text{ А};$$

$$F_e = \frac{20,34}{1,9} = 10,7 \text{ мм}^2; \text{ розглядаємо перерізи від } 35 \text{ мм}^2 \text{ включно.}$$

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	111,80	1,12	2,24
50	169	174,1	0,58	0,086	101,70	1,02	2,03
70	211	217,3	0,45	0,084	80,95	0,81	1,62
95	260	267,8	0,31	0,083	58,74	0,59	1,17

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	0,138	135,17	2,577	19,985	5409,6	696,185
50	0,117	170,82	2,331	18,083	6630,4	846,883
70	0,094	206,59	1,809	14,030	6899,2	876,430
95	0,076	216,10	1,246	9,665	8052,8	1016,265

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

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

До приймачів, встановлених в цехах меблевої фабрики, живлення підведене від розподільних та ввідно-розподільних пристроїв [8, 9] за допомогою кабелів АВВГ – 0,4, АВВГнгд – 0,4 [11] за радіально-магістральною схемою.

Таблиця 2.14 – Вибір розподільних пристроїв 0,4 кВ

Назва РП	$S_{р\sum}$, кВА	$I_{п.ав}$, А	Тип розподільного пристрою	$I_{доп.РП}$, А	$n_{прийм}$	$n_{мод}$
ВРП1	203,83	309,69	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
ВРП2	127,96	194,41	ЕУ – ВРП2 – 1 – 250 У4	250	2	4
РП2.1	68,39	103,91	ПР11 – 3051 – 21 У3	250	21	22
РП2.2	60,20	91,47	ПР11 – 3045 – 21 У3	100	10	12
ВРП3	255,45	388,11	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
ВРП4	315,25	478,97	ЕУ – ВРП2 – 1 – 630 У4	630	4	4
ВРП5	207,73	315,61	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	3
РП6	76,48	116,20	ПР11 – 3051 – 21 У3	250	12	12

Таблиця 2.15 – Вибір кабелів 0,4 кВ

Назва КЛ	n	$S_{р\sum}$, 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	203,83	154,85	309,69	4×240	490	505	529	0,085	0,125	0,047	0,77	1,54
ТП – ВРП2	2	127,96	97,21	194,41	4×120	200	206	216	0,116	0,28	0,06	1,34	2,67
ВРП2 – РП2.1	2	68,39	51,95	103,91	5×50	110	113	119	0,006	0,67	0,06	0,08	0,16
ВРП2 – РП2.2	2	60,20	45,73	91,47	5×35	95	98	103	0,004	0,95	0,06	0,07	0,13
ТП – ВРП3	2	255,45	194,05	388,11	4×240	490	505	529	0,076	0,125	0,047	0,86	1,72
ТП – ВРП4	2	315,25	239,49	478,97	4×240	490	505	529	0,032	0,125	0,047	0,44	0,88
ТП – ВРП5	2	207,73	157,81	315,61	4×240	490	505	529	0,104	0,125	0,047	0,96	1,91
ВРП4 – РП6	1	76,48	116,20	116,20	4×50	110	113	119	0,047	0,67	0,06	1,43	1,43

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

Струми короткого замикання (КЗ) на шинах 10 кВ підстанції меблевої фабрики розраховуємо для перевірки вибраних в п.2.8 високовольтих кабелів та електричних апаратів високої напруги за стійкістю в режимі КЗ.

Застосовуємо відносне наближене зведення :

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

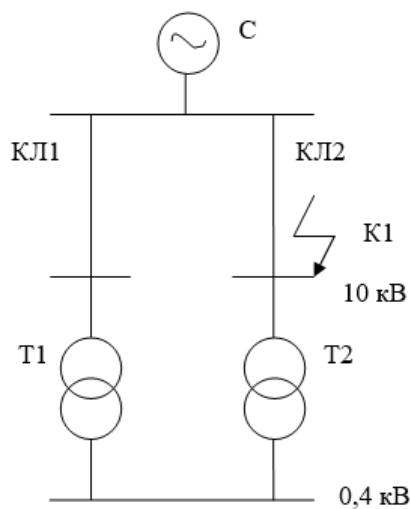


Рисунок 2.1 – Електрична
схема короткозамкненого кола

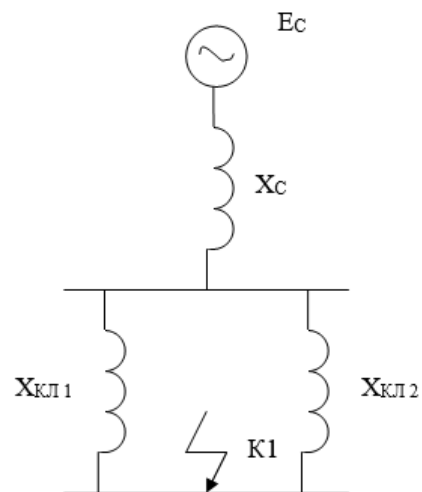


Рисунок 2.2 – Заступна схема
короткозамкненого кола

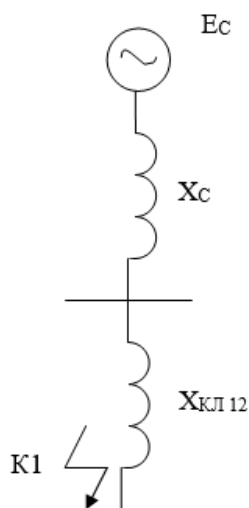


Рисунок 2.3 – Схема
короткозамкненого кола після
об'єднання паралельних ліній

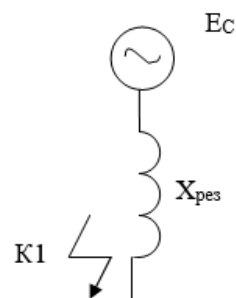


Рисунок 2.4 – Спрощена
схема короткозамкненого
кола

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

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
S_{K3}	МВА	55,4
$\dot{X}_{C*}$	—	1,805
$\dot{R}_{KЛ1*}, \dot{R}_{KЛ2*}$	—	3,256
$\dot{X}_{KЛ1*}, \dot{X}_{KЛ2*}$	—	0,457
$\dot{R}_{KЛ12*}$	—	1,628
$\dot{X}_{KЛ12*}$	—	0,229
$\dot{R}_{рез*}$	—	1,628
$\dot{X}_{рез*}$	—	2,034
$\dot{Z}_{рез*}$	—	2,605
I_0	кА	5,50
I_{n0}	кА	2,111
k_y	—	1,42
i_y	кА	4,239
K_T	$\frac{A \cdot c^{1/2}}{mm^2}$	125
t_n	с	0,25
F_{min}	mm^2	8,4
Тип та переріз кабелю з п.2.8	—	АПвВ – 10 – 3 × 35
B_K	$кА^2 \cdot c$	1,11

2.11. Вибір обладнання

Схему з'єднання електричних апаратів високої напруги наведено на кресленні 2 графічної частини.

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

В приміщеннях трансформаторної підстанції для приймання та розподілення електроенергії встановлено комплектні розподільні пристрої, вибрані з [14, 15]. Їх тип, комплектування, кількість та назви наведено в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Технічні характеристики комплектних розподільних пристроїв трансформаторної підстанції

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

10 = 10 кВ;

20,34 < 630 А;

40,67 < 630 А;

4,239 < 51 кА;

1,11 < 400 кА² · с.

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Згідно із схемою (креслення 2) роз'єднувачі QSG1, QSG2 обираємо з [16]:

РВ030 – 10 – 630

10 = 10 кВ;

20,34 < 630 А;

40,67 < 630 А;

4,239 < 41 кА;

1,11 < 1024 кА² · с.

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Згідно із схемою (креслення 2) вимикачі навантаження QW1 – QW4 вибрані з [17]:

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

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$20,34 < 630 \text{ А};$$

$$40,67 < 630 \text{ А};$$

$$2,111 < 31,5 \text{ кА};$$

$$4,239 < 80 \text{ кА};$$

$$1,11 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

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

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$20,34 < 630 \text{ А};$$

$$40,67 < 630 \text{ А};$$

$$2,111 < 31,5 \text{ кА};$$

$$4,239 < 80 \text{ кА};$$

$$1,11 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

Запобіжники, якими укомплектовано QW3, QW4, вибрані з [18]:

ПКТ – 10 – 50 – 12,5 УЗ:

$$40,67 < 50 \text{ А};$$

$$2,111 < 12,5 \text{ кА};$$

$$36,56 < 217 \text{ кА},$$

$$S'' = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2,111 = 36,56 \text{ МВА}.$$

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Живлення до силових електроприймачів цеху металевих виробів меблевої фабрики підведене кабелями, вибраними з [19], за радіальною схемою. Вибір схеми обґрунтовано рівнем надійності приймачів цеху – II категорія.

Таблиця 2.18 – Вибір кабелів внутрішньоцехової мережі

Назва електроприймача	P_n , кВт	$\cos \varphi$	I , А	F , мм ²	$I_{тр. доп.}$, А	Кабель
СЦ5.1						
Установка електротермічна	7,5	0,70	16,36	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Кран мостовий	18,5	0,70	40,15	6	45	ВВГнгд-5× 6
Верстат внутрішньошліфувальний	9	0,60	22,75	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Верстат свердильний	8	0,60	20,23	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Верстат плоскошліфувальний	10	0,60	25,28	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Вентилятор радіальний	2	0,79	3,85	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Вентилятор осьовий	1,5	0,79	2,88	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
СЦ5.2						
Верстат кривошипний	12	0,60	30,34	4	34	ВВГнгд-5× 4
Верстат свердильний	8	0,60	20,23	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Верстат плоскошліфувальний	10	0,60	25,28	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
1	2	3	4	5	6	7
СЦ5.1						
Установка електротермічна	3	8	0,09	0,032	1,345	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,038	1,597	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,044	1,849	ВВГнгд-5× 2,5
Кран мостовий	2	3,33	0,09	0,002	0,088	ВВГнгд-5× 6
		3,33	0,09	0,013	0,570	ВВГнгд-5× 6
Верстат внутрішньошліфувальний	9	8	0,09	0,016	0,810	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,028	1,417	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,026	1,316	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,038	1,923	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,036	1,822	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,048	2,429	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,046	2,328	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,058	2,935	ВВГнгд-5× 2,5
Верстат свердильний	2	8	0,09	0,056	2,834	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,076	3,419	ВВГнгд-5× 2,5
Верстат плоскошліфувальний	3	8	0,09	0,082	3,689	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,088	4,948	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,092	5,173	ВВГнгд-5× 2,5
Вентилятор радіальний	1	8	0,09	0,096	5,398	ВВГнгд-5× 2,5
Вентилятор осьовий	1	8	0,09	0,012	0,134	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,017	0,142	ВВГнгд-5× 2,5
СЦ5.2						
Верстат кривошипний	3	5	0,09	0,046	1,957	ВВГнгд-5× 4
		5	0,09	0,044	1,872	ВВГнгд-5× 4
		5	0,09	0,056	2,383	ВВГнгд-5× 4
Верстат свердильний	1	8	0,09	0,062	2,789	ВВГнгд-5× 2,5
Верстат плоскошліфувальний	6	8	0,09	0,066	3,711	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,071	3,992	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,076	4,274	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,081	4,555	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,086	4,836	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,091	5,117	ВВГнгд-5× 2,5

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

Струми КЗ на шинах 0,4 кВ підстанції меблевої фабрики розраховуємо для перевірки вибраних в п.2.9 низьковольтних кабелів та електричних апаратів низької напруги за стійкістю в режимі КЗ.

Застосовуємо абсолютне наближене зведення :

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

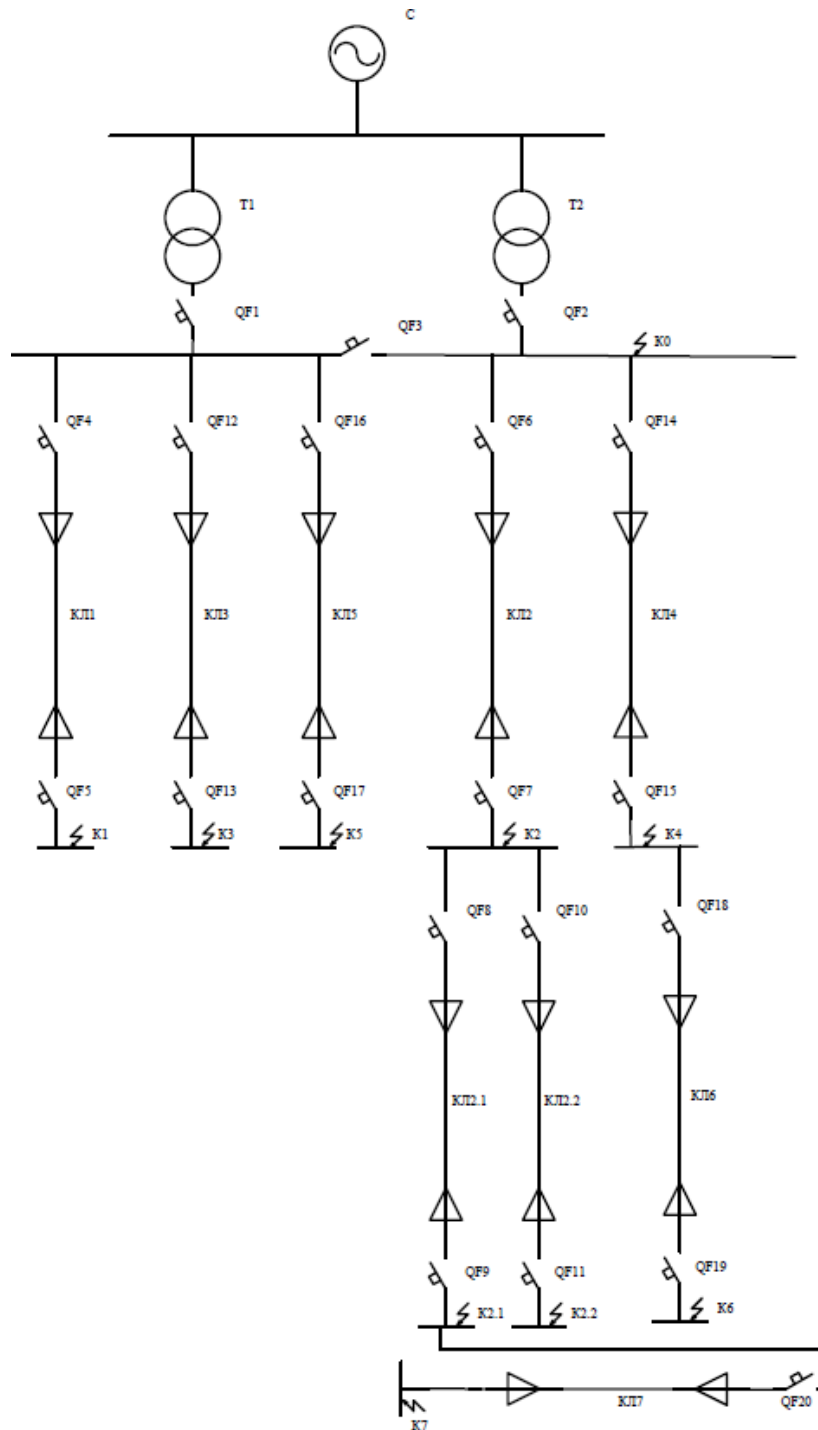


Рисунок 2.5 – Схема короткозамкненого кола НВ мережі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

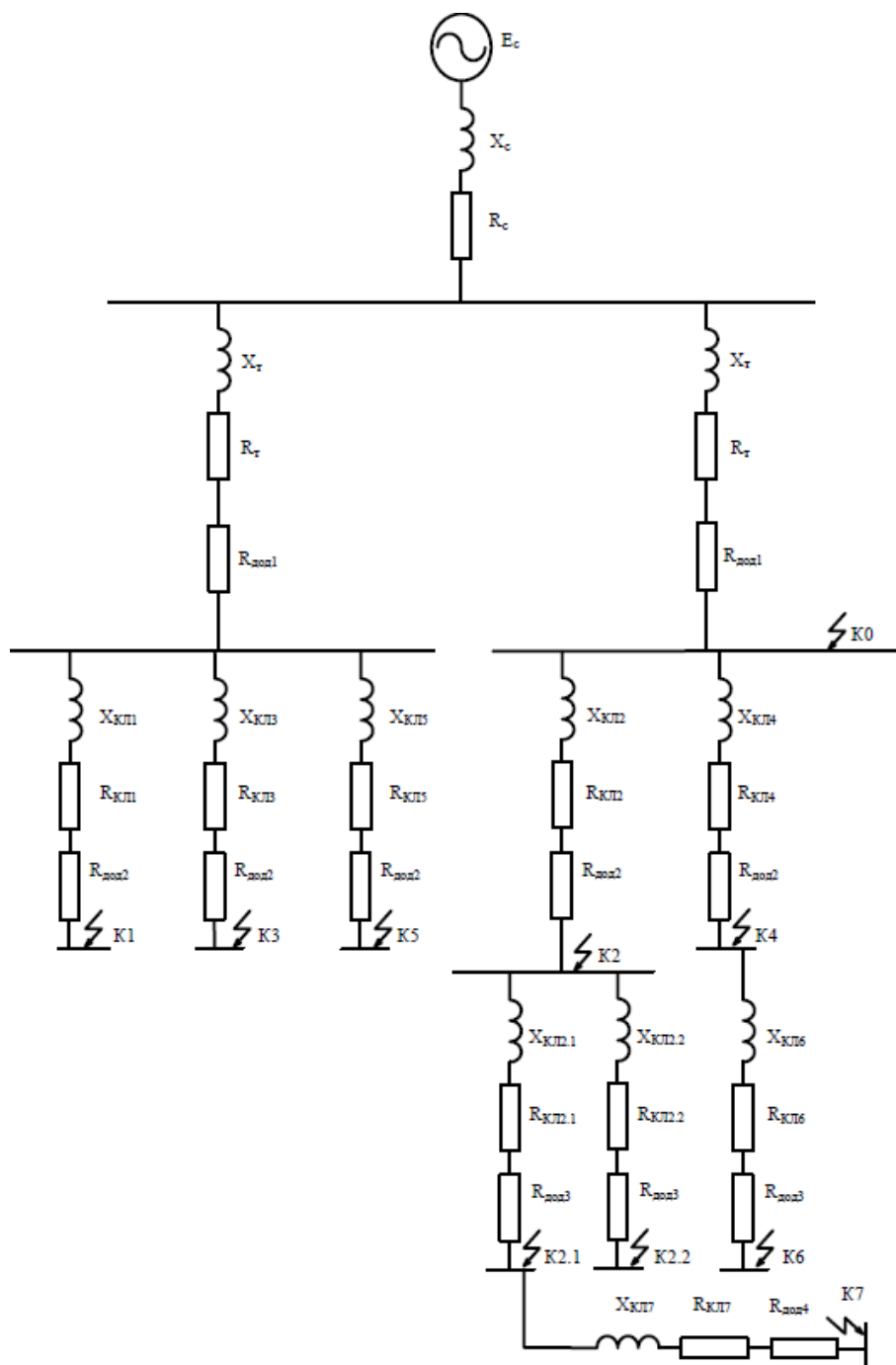


Рисунок 2.6 – Заступна схема НВ мережі

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

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
U_6	кВ	0,4
I_{k10}	кА	2,111
U_{c10}	кВ	10,5
$S_{ном.Т}$	кВА	630
ΔP_k	кВт	8,5
u_k	%	6

Таблиця 2.21 – Визначення струмів КЗ в точці К0

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
R_c	Ом	1,795
X_c	Ом	2,872
$\dot{R}_c$	МОм	2,605
$\dot{X}_c$	МОм	4,168
$\dot{R}_T$	МОм	1,713
$\dot{X}_T$	МОм	7,619
$\dot{R}_{рез0}$	МОм	19,318
$\dot{X}_{рез0}$	МОм	11,787
$Z_{рез0}$	МОм	22,630
I_K	кА	10,205
k_y	–	1,05
i_y	кА	15,154

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	0,085	0,125	10,650	0,047	4,004
ТП – ВРП2	0,116	0,28	32,480	0,06	6,960
ВРП2 – РП2.1	0,006	0,67	4,020	0,06	0,360
ВРП2 – РП2.2	0,004	0,95	3,800	0,06	0,240
ТП – ВРП3	0,076	0,125	9,500	0,047	3,572
ТП – ВРП4	0,032	0,125	3,950	0,047	1,485
ТП – ВРП5	0,104	0,125	12,950	0,047	4,869
ВРП4 – РП6	0,047	0,67	31,624	0,06	2,832
РП2.1 – Рmax	0,002	3,33	6,660	0,09	0,180

Таблиця 2.23 – Визначення струмів КЗ в НВ мережі

Точка КЗ	$R_{дод}$, МОм	$\dot{R}_{рез}$, МОм	$\dot{X}_{рез}$, МОм	$\dot{Z}_{рез}$, МОм	I_K , кА	k_y	i_y , кА	F_{min} , мм ²	Вибраний переріз
К1	20	34,97	15,79	38,37	6,019	1	8,512	22,3	4×240
К2	20	56,80	18,75	59,81	3,861	1	5,460	14,3	4×120
К2.1	25	65,82	19,11	68,54	3,370	1	4,765	12,5	5×50
К2.2	25	65,60	18,99	68,29	3,382	1	4,782	12,5	5×35
К3	20	33,82	15,36	37,14	6,218	1	8,793	23,0	4×240
К4	20	28,27	13,27	31,23	7,395	1	10,458	27,4	4×240
К5	20	37,27	16,66	40,82	5,657	1	8,001	21,0	4×240
К6	20	64,89	16,10	66,86	3,454	1	4,885	12,8	4×50
К7	30	77,48	19,29	79,84	2,892	1	4,091	10,7	5×6

Приймаємо для КЛ7 кабель ВВГнгд – 5×16 .

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Трансформатори струму, обрані з [21], забезпечують пониження струму до значення вимірюваної величини для підключення таких приладів:

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

амперметри АСКО – УКРЕМ 600А.

$$I_{\text{норм}} = \frac{1111,41}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 844,3 \text{ А}; I_{\text{max}} = \frac{1111,41}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1688,61 \text{ А}.$$

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

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$844,3 < 2000 \text{ А};$$

$$1688,61 < 2000 \text{ А};$$

$$15,154 < 51 \text{ кА};$$

$$26,04 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом}.$$

Технічний облік:

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

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

					ЛНТУ.971007.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$478,97 < 600 \text{ А};$$

$$10,458 < 51 \text{ кА};$$

$$13,67 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом}.$$

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Автоматичні вимикачі обираємо 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
QF1	Chint NA1-2000-2000M	0,4	2000	40	0,4	844,30	1688,61	10,205
QF2	Chint NA1-2000-2000M	0,4	2000	40	0,4	844,30	1688,61	10,205
QF3	Chint NA1-2000-2000M	0,4	2000	40	0,4	844,30	1688,61	10,205
QF4	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	154,85	309,69	6,019
QF5	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	154,85	309,69	6,019
QF6	BA 88 – 35	0,4	200	35	0,4	97,21	194,41	3,861
QF7	BA 88 – 35	0,4	200	35	0,4	97,21	194,41	3,861
QF8	BA 88 – 33	0,4	125	35	0,4	51,95	103,91	3,370
QF9	BA 88 – 33	0,4	125	35	0,4	51,95	103,91	3,370
QF10	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	45,73	91,47	3,382
QF11	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	45,73	91,47	3,382
QF12	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	194,05	388,11	6,218
QF13	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	194,05	388,11	6,218
QF14	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	239,49	478,97	7,395
QF15	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	239,49	478,97	7,395
QF16	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	157,81	315,61	5,657
QF17	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	157,81	315,61	5,657
QF18	BA 88 – 33	0,4	125	35	0,4	116,20	116,20	3,454
QF19	BA 88 – 33	0,4	125	35	0,4	116,20	116,20	3,454
QF20	BA 88 – 32	0,4	32	25	0,4	30,34	30,34	2,892

2.12.5. Вибір рубильників

Рубильниками обрано з [23]:

$P_E 19 - 44; 2000 \text{ A};$

$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$

$844,3 < 2000 \text{ A};$

$1688,61 < 2000 \text{ A};$

$15,154 < 50 \text{ кА};$

$26,04 < 900 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$

					ЛНТУ.971007.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

РОЗДІЛ 3

ПРОЄКТУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЦЕХУ

Метод використання світлового потоку [1] дає можливість розрахувати точну кількість світильників, які необхідно встановити в приміщенні цеху металевих виробів для забезпечення нормативної освітленості. Метод враховує: площу та індекс приміщення; його висоту; коефіцієнт використання світлового потоку.

$$\varphi = \frac{96 \cdot 56}{8 \cdot (96 + 56)} = 4,42;$$

$$K_B = 0,78; z = 1,2; k_z = 1,3; E_{\min} = 300 \text{ лк};$$

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

обираємо з [4] світильники LEDVIS23-112 (112W, 19800Lm)

$$\Rightarrow N = 142 \text{ (в 2 ряди по 18 світильників + } 2 \times 16 + 4 \times 14 + 2 \times 9);$$

$$F_L = \frac{300 \cdot (96 \cdot 56) \cdot 1,3 \cdot 1,2}{0,78 \cdot 142} = 19470 \text{ лм} < F_{\text{CB}} = 19800 \text{ лм};$$

$$P_O = 112 \cdot 142 \cdot 10^{-3} = 15,904 \text{ кВт};$$

$$P_{p,O} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 15,904 = 17,18 \text{ кВт}; Q_{p,O} = 17,18 \cdot 0,33 = 5,67 \text{ кВАр.}$$

$$q = \frac{111 \cdot (3,375 + 5,25 \cdot 17) \cdot 10^{-3}}{14 \cdot 2,5} = 0,3 \text{ мм}^2 < 2,5 \text{ мм}^2;$$

$$I_{po} = \frac{112 \cdot 18}{220 \cdot 0,95} = 9,65 \text{ А} \Rightarrow \text{щит освітлення ЩРН - П - 12};$$

$$\text{провід ПВС} - 3 \times 2,5; 9,65 < 26 \text{ А};$$

$$\text{до щита } I_p = \frac{17,18 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85} = 30,7 \text{ А} \Rightarrow \text{кабель АВВГнгд} - 5 \times 6; 30,7 < 34 \text{ А};$$

$$\Delta u = \frac{17,18 \cdot 10}{83 \cdot 10} = 0,34\% < 5\%.$$

					ЛНТУ.971007.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка СЕП меблевої фабрики встановленою потужністю 1450 кВт. Пояснювальна записка. Літ. Арк. Аркушів 31 1 ФАБЕ, гр.ЕЕ-41		
Розроб.	Дмитрук Р.В.						
Перевір.	Вітер Д.В.						
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

У разі пошкодження робочої ізоляції можливий перехід напруги електроустановки на металевий корпус. Для захисту від напруги дотику передбачене заземлення корпусів електроустановок для їх безпечної експлуатації. Розрахунок контуру захисного заземлення для цеху металевих виробів виконаний згідно з [25]:

$$l = (96 + 56) \cdot 2 = 304 \text{ м};$$

$$R_{\Gamma} = \frac{180}{2 \cdot 3,14 \cdot 304} \cdot \ln \frac{304^2}{0,4 \cdot 0,04} = 1,5 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{H}} = 10 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{B}} = \frac{1,5 \cdot 10}{1,5 + 10} = 1,33 \text{ Ом};$$

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

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

$$n_{\text{B}} = \frac{55}{1,33 \cdot 0,65} = 63,5 \text{ шт} \Rightarrow n_{\text{B}} = 64 \text{ шт};$$

$$R_{\text{шт}} = \frac{55 \cdot 1,5}{0,3 \cdot 55 + 0,65 \cdot 64 \cdot 1,5} = 1,05 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

					ЛНТУ.971007.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка СЕП меблевої фабрики встановленою потужністю 1450 кВт. Пояснювальна записка. Літ. Арк. Аркушів 33 1 ФАБЕ, гр.ЕЕ-41		
Розроб.	Дмитрук Р.В.						
Перевір.	Вігер Д.В.						
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Надійність розробленої електропостачальної системи меблевої фабрики забезпечується такими розробленими заходами:

наявність двох незалежних джерел живлення (двотрансформаторна підстанція, по дві кабельних лінії високої та низької напруги, що живлять підстанцію та цехи II категорії);

наявність ремонтної перемички, за допомогою якої можна ввімкнути резервну лінію живлення напругою 10 кВ;

наявність секційної перемички, за допомогою якої виводять в ремонт один з трансформаторів;

застосування радіального живлення цехів II категорії.

Якість електроенергії, яку отримують споживачі меблевої фабрики, забезпечується:

вибором елементів СЕП за струмами нормальних та післяаварійних режимів, тобто забезпечення належної пропускної здатності;

перевіркою за втратами напруги в нормальному та післяаварійному режимах;

наявністю засобів регулювання та вимірювання параметрів режиму електричної системи фабрики;

впровадженням компенсації реактивної потужності, тобто частковим розвантаженням СЕП фабрики від реактивних перетоків.

Вибір потужності силових трансформаторів та низьковольтних конденсаторних батарей, перерізу кабельних ліній зовнішнього живлення є економічно обґрунтованим. Розташування підстанції в центрі навантажень забезпечило мінімальні довжини ліній 0,4 кВ та мініміальні втрати в них.

Розроблено засоби захисту персоналу від напруги дотику за умови пошкодження робочої ізоляції у вигляді контурів захисного заземлення цехів меблевої фабрики.

					ЛНТУ.971007.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Міліх 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/vyrobnystvo/vvidno-rozpodilnyi-prystrii.html>.
- 11.Кабелі силові АВВГ, АВВГнг, АВВГнгд : каталог. URL :
<https://europan.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://europan.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.