

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

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**Проектування електропостачання швейної фабрики
встановленою потужністю 1240кВт**

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ЕЕ-42

Манукян Арсен Самвелович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Гадай Андрій Валентинович

(підпис)

Кваліфікаційний проект

допущено до захисту

«___» _____ 20__ р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

Волинець Владислав Ігорович

(підпис)

Луцьк –2026 року

АНОТАЦІЯ

Манукян А.С. Проектування електропостачання швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт. 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 вступу, п'яти розділів, висновків та пропозицій, списку використаних джерел, додатків.

У проєкті розроблено систему електропостачання швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт.

Розробка СЕП підприємства виконувалася на основі електротехнічних розрахунків. А саме, розрахунок електричних навантажень, розрахунок освітлювальних навантажень, розрахунок навантажень на вищих рівнях СЕП, розрахунок кількості та потужності силових трансформаторів, розрахунок потужності конденсаторних батарей, розрахунок струмів короткого замикання, вибір раціональної схеми зовнішнього та внутрішнього електропостачання.

Ключові слова: система електропостачання, електричні навантаження, кабельна лінія електропередачі, струм короткого замикання, електрообладнання.

ANNOTATION

Manukyan A. Design of power supply for a garment factory with an installed capacity of 1240 kW. Manuscript.

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

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

The project developed a power supply system for garment factory with an installed capacity of 1240 kW.

Development of PPS of the enterprise was carried out on the basis of electrotechnical calculations. Namely, the calculation of electrical loads, calculation of lighting loads, calculation of loads at higher levels of PPS, calculation of the number and capacity of power transformers, calculation power of capacitor banks, calculation of short-circuit currents, selection of a rational scheme of external and internal power supply.

Keywords: power supply system PPS, electrical loads, cable lines of electricity transmission, short-circuit current, electrical equipment.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ.....	9
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ	12
2.1. Розрахунок електричних навантажень.....	12
2.1.1. Розрахунок потужності силового навантаження.....	12
2.1.2. Розрахунок освітлювального навантаження.....	15
2.1.3. Розрахунок електричних навантажень на шинах 0,4 кВ ТП.....	17
2.2. Вибір потужності і кількості трансформаторів ТП	19
2.3. Розрахунок навантажень на стороні 10 кВ трансформаторної підстанції.....	21
2.4. Побудова картограми та визначення теоретичного центру навантажень.....	22
2.5. Вибір схеми зовнішнього електропостачання швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт	23
2.5.1. Вибір джерел живлення.....	23
2.5.2. Вибір ліній електропередач.....	24
2.6. Розрахунок струмів короткого замикання.....	28
2.7. Вибір обладнання швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт	31
2.7.1. Загальні умови вибору обладнання	31
2.7.2. Вибір обладнання для підстанції живлення	31
2.7.3. Вибір обладнання для підстанції.....	34
2.8. Розрахунок внутрішньозаводської мережі.....	36
2.8.1. Вибір схеми і конструктивного виконання.....	36
2.8.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт	38
2.8.3. Вибір апаратури, що встановлюється в трансформаторній підстанції..	40
2.8.4. Вибір силової мережі цеху ремонту та налагодження обладнання.....	42

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Манукян А.С.				Проектування електропостачання швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт. Пояснювальна записка.		Літера	Аркуш
Перевір.	Гадай А.В.						Д	6
								Аркушів
								94
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.				ФАБЕ, гр. ЕЕ-42			
Затверд.	Волинець В.І.							

2.8.5. Вибір освітлювальної мережі цеху ремонту та налагодження обладнання	44
РОЗДІЛ 3 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ	47
3.1. Розрахунок потужності повітряного нагнітача	47
3.2. Розрахунок і вибір апаратів для схеми керування	48
3.3 Розрахунок параметрів мережі електроживлення вентиляційної системи.....	50
РОЗДІЛ 4 САПР	54
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.....	57
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	62
ДОДАТКИ.....	63

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Характерною рисою сучасного швейного виробництва є висока продуктивність у поєднанні з широким застосуванням механізованих та автоматизованих технологічних процесів, що обумовлює значні обсяги споживання електричної енергії. Вирішальним чинником стабільного функціонування підприємств є надійне та якісне електропостачання, яке забезпечує безперервність виробничих процесів.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розроблення системи електропостачання для швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт. Електроживлення фабрики передбачено від двох незалежних ліній напругою 10 кВ, що розташовані на відстані 3,36 км від джерела живлення. Структура електроспоживачів підприємства характеризується тим, що переважна частина електрообладнання належить до II категорії надійності (близько 90%), тоді як приблизно по 5% відноситься до I та III категорій. Організація виробничого процесу на підприємстві здійснюється за двозмінним графіком роботи

Основною метою цієї роботи є створення технічно обґрунтованої, економічно ефективної системи електропостачання швейної фабрики. Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення комплексу інженерних завдань

- розрахунок електричних навантажень по цехах;
- обґрунтування схеми зовнішнього та внутрішнього електропостачання;
- розрахунок струмів короткого замикання на сторонах 10 кВ та 0,4 кВ;
- вибір силових трансформаторів, кабельних ліній, комутаційної та захисної апаратури з техніко-економічним обґрунтуванням;
- розрахунок та вибір засобів компенсації реактивної потужності;
- виконання індивідуального завдання;
- розробка заходів електробезпеки.

Об'єктом дослідження є система електропостачання промислового підприємства легкої промисловості. Предметом дослідження є методи розрахунку навантажень, вибору схем та обладнання систем електропостачання напругою до 10 кВ.

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Швейна фабрика спеціалізується на пошитті швейних виробів побутового, технічного чи спеціального призначення з тканин та трикотажного полотна..

Встановлені потужності електроприймачів у кожній будівлі швейної фабрики детально наведена в таблиці 1.1.. Загальна встановлена потужність усієї швейної фабрики сягає значення 1240 кВт. Швейна фабрика функціонує відповідно до двозмінної системи організації праці. Максимальний час використання електричної потужності на підприємстві становить близько 4000 год.

Таблиця 1.1 – Встановлені потужності швейної фабрики

№ з/п	Будівля	Встановлена потужність, кВт
1	Цех ремонту та налагодження обладнання	126
2	Головний швейний цех	324
3	Цех настилу та розкрою	129
4	Цех №1 основного швейного потоку	131
5	Цех підготовки матеріалів	102
6	Цех №2 основного швейного потоку	181
7	Цех волого-теплової обробки	128
8	Склад фурнітури та допоміжних матеріалів	119
	Всього	1240

План загального розташування будівель швейної фабрики наведено на рисунку 1.1. Розташування електроприймачів у цеху ремонту та налагодження

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ				
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Проектування електропостачання швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт. Пояснювальна записка.	Літера	Аркуш	Аркушів	
Розроб.	Манукян А.С.					Д	9	3	
Перевір.	Гадай А.В.								
Н. контр.	Вашелюк Ю.І.								
Затверд.	Волинець В.І.					ФАБЕ, гр. ЕЕ-42			

обладнання показано на рисунку 1.2. Встановлена потужність електроприймачів у цеху, які працюють під напругою 380 В, детально наведена в таблиці 1.2.

Рисунок 1.1 – Загальне розташування будівель швейної фабрики

Рисунок 1.2 – Розташування електроприймачів у цеху ремонту та налагодження обладнання

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 1.2 – Потужність електроприймачів у цеху ремонту та налагодження обладнання

№ з/п	Найменування електроприймача	Номінальна потужність, кВт
1	Фен технічний IUG	1,8
2	Токарний верстат по металу MG-9	4,9
3	Зварювальний апарат інверторний NQ	1,5
4	Наждачний верстат подвійний JG-5	0,4
5	Прес ручний з електроприводом AB-55R	1,3
6	Свердлильний верстат колонни QW-05	2,5
7	Фрезерний верстат PE-7	5,7
8	Сушильна шафа KON-3	2,4
9	Заточувально-шліфувальний верстат універсальний MV-44NJ	1,5
10	Вентсисема BV-45N	4,8
11	Свердлильно-фрезерний верстат wh-12	6,1

Швейна фабрика характеризується номінальною потужністю обладнання на рівні 1240 кВт і споживає 220 кВАр. Швейна фабрика отримує електропостачання від двотрансформаторної підстанції напругою 10 кВ, яка обладнана двома системами шин та автоматичними вимикачами. Швейна фабрика розташована на відстані 3,36 км від джерела живлення – вказаної трансформаторної підстанції.

Результати проведеного аналізу електричних режимів та можливих несправностей представлені такими даними:

- максимальний струм трифазного короткого замикання становить 5 159А;
- мінімальний струм короткого замикання дорівнює 3524 А.

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок електричних навантажень

2.1.1. Розрахунок потужності силового навантаження

Розрахунки електричного навантаження здійснюється згідно з «метод упорядкованих діаграм» [1] (більш детальна інформація наведена в додатку А.1), що дозволяє точно визначити навантаження.. Кроки для визначення навантаження включають наступні етапи:

1) підсумовуємо загальну кількість приймачів живлення на головному робочому вузлі 1 цеху ремонту та налагодження обладнання, що складає:

$$\Sigma n_{i.} = 1 + 1 + 1 + 2 + 1 + 2 = 8. \quad (2.1)$$

А номінальну потужність вузла 1 визначаємо як:

$$\Sigma P_{\text{ном.}i.} = 1 \cdot 1,8 + 1 \cdot 1,5 + 1 \cdot 0,4 + 2 \cdot 1,3 + 1 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,1 = 10,00 \text{ кВт.} \quad (2.2)$$

2) підсумовуємо середнє активне навантаження та середнє реактивне навантаження поточних працюючих споживачів електроенергії, що становить:

$$P_{\text{ср.зм}} = 0,4 \cdot 1 \cdot 1,8 + 0,32 \cdot 1 \cdot 1,5 + 0,32 \cdot 1 \cdot 0,4 + 0,32 \cdot 2 \cdot 1,3 + 0,4 \cdot 1 \cdot 1,5 + 0,4 \cdot 2 \cdot 1,1 =$$

$$= 3,64 \text{ кВт.} \quad (2.3)$$

$$Q_{\text{ср.зм}} = 0,4 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 0,75 + 0,32 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 0,75 + 0,32 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 0,75 + 0,32 \cdot 2 \cdot 1,3 \cdot 0,75 +$$

$$+ 0,4 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 0,75 + 0,4 \cdot 2 \cdot 1,1 \cdot 0,88 = 2,84 \text{ квар.} \quad (2.4)$$

3) визначити кількість ефективних електроприймачів, що працюють під змінним навантаженням, що дорівнює:

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ			
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Манукян А.С.				Проекткування електропостачання швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт. Пояснювальна записка.	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Гадай А.В.					Д	12	35
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.					ФАБЕ, гр. ЕЕ-42		
Затверд.	Волинець В.І.							

$$n_{\text{эф}} = \frac{10,00^2}{1 \cdot 1,8^2 + 1 \cdot 1,5^2 + 1 \cdot 0,4^2 + 2 \cdot 1,3^2 + 1 \cdot 1,5^2 + 2 \cdot 1,1^2} = 7,30. \quad (2.5)$$

4) визначити максимальний коефіцієнт $K_M = 1,61$.

5) визначити максимальне навантаження за потужністю:

$$P_M = 1,61 \cdot 3,64 = 5,87 \text{ кВт}. \quad (2.6)$$

$$Q_M = 1,1 \cdot 2,84 = 3,13 \text{ квар}. \quad (2.7)$$

Результати розрахунків цеху ремонту та налагодження обладнання наведено в таблицях 2.1 та 2.2, що містять детальну інформацію про розрахунки. Таблиця 2.1 – Визначення ключових характеристик кожного приймача в цеху ремонту та налагодження обладнання

Назва приймачів	Кіл.	Р _{ном} , кВт		К _{вик}	cos φ	tg φ	Потужність		n _{эф}	K _M
		Одного	Сумарн.				Р _{сер.зм} , кВт	Q _{сер.зм} , квар		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
вузол 1										
Приймачі із змінним графіком навантаження										
Фен технічний IUG	1	1,8	1,8	0,6	0,8	0,75	0,72	0,54		
Зварювальний апарат інверторний NQ	1	1,5	1,5	0,32	0,8	0,75	0,48	0,36		
Наждачний верстат подвійний JG-5	1	0,4	0,4	0,32	0,8	0,75	0,13	0,10		
Прес ручний з електроприводом AB-55R	2	1,3	2,6	0,32	0,8	0,75	0,83	0,62		
Заточувально-шліфувальний верстат універсальний MV-44HJ	1	1,5	1,5	0,5	0,8	0,75	0,60	0,45		
Шліфувальна машина МКА-61	2	1,1	2,2	0,4	0,75	0,88	0,88	0,77		
Всього для приймачів із змінним графіком навантаження	8		10,00	0,4			3,64	2,84	7,30	1,61
Всього група 1	8		10,00				3,64	2,84		

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
вузол 2										
Приймачі із змінним графіком навантаження										
Настільний свердлильний верстат AD-7	1	0,7	0,7	0,6	0,8	0,75	0,21	0,16		
Промисловий пилюсос GA-1	1	2,1	2,1	0,32	0,8	0,75	0,67	0,50		
Токарний верстат по металу MG-9	1	4,9	4,9	0,6	0,8	0,75	1,47	1,10		
Свердлильний верстат колонни QW-05	1	2,5	2,5	0,3	0,8	0,75	0,75	0,56		
Фрезерний верстат PE-7	1	5,7	5,7	0,6	0,8	0,75	1,71	1,28		
Свердлильно-фрезерний верстат wh-12	1	6,1	6,1	0,4	0,75	0,88	2,44	2,15		
Всього для приймачів із змінним графіком навантаження	6		22,00	0,32			7,25	5,76	5,02	1,88
Приймачі з постійним графіком навантаження										
Сушильна шафа KON-3	1	2,4	2,4	0,7	0,8	0,75	1,68	1,26		
Вентсисема BV-45N	1	4,8	4,8	0,7	0,8	0,75	3,36	2,52		
Всього для приймачів із постійним графіком навантаження	2		7,2	0,70			5,04	3,78	-	1
Всього група 2			29,20				12,29	9,54		

Таблиця 2.2 – Розрахункова потужність для цеху ремонту та налагодження обладнання

Номер РП і групи приймачів	Сумарна потужність $P_{ном}$, кВт	Середня потужність		η_{ef}	K_M	Розрахункова потужність	
		$P_{сер.зм}$, кВт	$Q_{сер.зм}$, квар			P_p , кВт	Q_p , квар
1	2	3	4	5	6	7	8
вузол 1							
Приймачі із змінним графіком навантаження	10,00	3,64	2,84	7,30	1,61	5,87	3,13
Всього група 1	10,00	3,64	2,84			5,87	3,13

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						14

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
вузол 2							
Приймачі із змінним графіком навантаження	22,00	7,25	5,76	5,02	1,88	13,67	6,33
Приймачі з постійним графіком навантаження	7,2	5,04	3,78	-	1	5,04	3,78
Всього група 2	29,20	12,29	9,54			18,71	10,11

2.1.2. Розрахунок освітлювального навантаження

Для виробничих приміщень застосовуються світлодіодні світильники з покращеною світловіддачею та довговічністю. Проект освітлення цеху ремонту та налагодження обладнання розробляється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення DIALux з моделлю світильника ДПП27-120-02 УЗ, яке дозволяє проводити точні розрахунки освітлення з урахуванням різних факторів. Відповідні результати розрахунку були детально описані в розділі 4 файлу CAD з наданням докладних даних про освітлення та його характеристики.

Загальна встановлена потужність світильника ДПП27-120-02 УЗ цеху ремонту та налагодження обладнання розраховується за методом, описаним у Додатку А.2 з використанням даних про світильник. Розрахунок загальної встановленої потужності світильника

$$P_{н.о} = 44 \cdot 115 = 5060 \text{ Вт.} \quad (2.8)$$

Середнє активне навантаження приймача освітлення світильника ДПП27-120-02 УЗ:

$$P_{p.o} = 5060 \cdot 0,8 \cdot 1,05 = 4250 \text{ Вт.} \quad (2.9)$$

Середнє реактивне навантаження приймача освітлення типу ДПП27-120-02 УЗ:

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ		Арк.
							15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

$$Q_{p.o} = 4250 \cdot 0,33 = 1403 \text{ ВАр.} \quad (2.10)$$

На рисунку 2.1 наведено схему розташування світильника типу ДПП27-120-02 УЗ, встановленого в цеху ремонту та налагодження обладнання з детальним зображенням розташування світильників.

Рисунок 2.1 – Наочне уявлення про розташування освітлювальних приладів цеху ремонту та налагодження обладнання

Для визначення навантаження освітлення приймачів освітлення в інших цехах швейної фабрики буде використано «метод питомої щільності», описаний у додатку А.2 з урахуванням специфіки кожного цеху. Оцінка навантаження освітлення в цеху ремонту та налагодження обладнання склала

$$150 \cdot 25 = 7,5 \text{ кВт.} \quad (2.11)$$

Реактивна потужність у цеху ремонту та налагодження обладнання була розрахована за формулою:

$$Q_{p.o} = 7,5 \cdot 1,73 = 13,7 \text{ квар.} \quad (2.12)$$

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.3 з детальним розподілом даних по різних категоріях.

Таблиця 2.3 – Розрахунок освітлювального навантаження для швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт

Назва приміщення	Площа приміщення, м ²	Р _{пит} , Вт/м ²	Р _{р.о} , кВт	Q _{р.о} , квар
Цех ремонту та налагодження обладнання	301	25	7,5	3,6
Головний швейний цех	261	20	5,2	2,5
Цех настилу та розкрою	261	20	5,2	2,5
Цех №1 основного швейного потоку	927	15	13,9	6,7
Цех підготовки матеріалів	200	20	4,0	1,9
Цех №2 основного швейного потоку	301	25	7,5	3,6
Цех волого-теплової обробки	601	15	9,0	4,4
Склад фурнітури та допоміжних матеріалів	376	20	7,5	3,6
Освітлення території	10868	20	3,3	1,6
Всього			63,2	30,6

2.1.3. Розрахунок електричних навантажень на шинах 0,4 кВ ТП

Навантаження на шини трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ визначається за допомогою спеціалізованого методу, детально описаного у додатку А.3, з урахуванням специфіки обладнання та умов експлуатації. Розрахунок буде проведено на конкретному прикладі цеху ремонту та налагодження обладнання, що дозволить краще зрозуміти процес. Розрахунок активної потужності здійснюється за формулою:

$$P_p = 0,5 \cdot 128 = 76 \text{ кВт} \quad (2.13)$$

Розрахунок реактивної потужності здійснюється шляхом множення активної потужності на відповідний коефіцієнт:

$$Q_p = 76 \cdot 0,8 = 53,1 \text{ квар.}$$

Розрахункові навантаження приймачів електроенергії в інших будівлях визначаються аналогічним чином, з урахуванням їхніх індивідуальних характеристик, а результати зводяться в таблицю 2.4 для подальшого аналізу.

Таблиця 2.4 – Докладний розрахунок навантаження на шинах 0,4 кВ ТП

Назва приміщення	$P_{\text{ном}},$ кВт	$K_{\text{вик}}$	$\cos\varphi$	$\tg\varphi$	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ квар	$S_p,$ кВА
Цех ремонту та налагодження обладнання	126	0,6	0,82	0,7	76	53,1	92,6
Головний швейний цех	324	0,5	0,80	0,75	162	121	202,3
Цех настилу та розкрою	129	0,5	0,80	0,75	64	48	80,6
Цех №1 основного швейного потоку	131	0,3	0,80	0,75	39	30	49,3
Цех підготовки матеріалів	102	0,5	0,80	0,75	51	38	63,6
Цех №2 основного швейного потоку	181	0,5	0,82	0,7	91	63	110,5
Цех волого-теплової обробки	128	0,5	0,80	0,75	64	48	79,8
Склад фурнітури та допоміжних матеріалів	119	0,5	0,80	0,75	60	45	74,4
Всього					606	446	753

Загальна потужність швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт, отримується шляхом додавання розрахункових значень кожного приймача електроенергії та освітлювального навантаження, згідно з методом, зазначеним у додатку А3, що забезпечує високу точність результатів

$$P_{p\Sigma} = 76 + 7,5 = 83,4 \text{ кВт,} \quad (2.14)$$

$$Q_{p\Sigma} = 53,1 + 3,6 = 56,8 \text{ квар} \quad (2.15)$$

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.5, де представлені всі складові загального навантаження.

Таблиця 2.5 – Розрахунок загального навантаження на шинах 0,4 кВ ТП

Назва приміщення	P_p , кВт	Q_p , квар	$P_{p.o}$, кВт	$Q_{p.o}$, квар	$P_{p\Sigma}$, кВт	$Q_{p\Sigma}$, квар	S_p , кВА
Цех ремонту та налагодження обладнання	76	53,1	7,5	3,6	83,4	56,8	100,9
Головний швейний цех	162	121	5,2	2,5	167,0	123,9	208,0
Цех настилу та розкрою	64	48	5,2	2,5	69,7	50,9	86,3
Цех №1 основного швейного потоку	39	30	13,9	6,7	53,3	36,3	64,5
Цех підготовки матеріалів	51	38	4,0	1,9	54,8	40,1	67,9
Цех №2 основного швейного потоку	91	63	7,5	3,6	98,0	67,0	118,7
Цех волого-теплової обробки	64	48	9,0	4,4	72,9	52,3	89,7
Склад фурнітури та допоміжних матеріалів	60	45	7,5	3,6	67,0	48,3	82,6
Освітлення території	-	-	3,3	1,6	3,3	1,6	3,6
Всього					669,5	477,0	822

2.2. Вибір потужності і кількості трансформаторів ТП

Кількість та потужність трансформаторів на підстанції визначаються відповідно до спеціального методу розрахунку, викладеного в додатку А4. Враховуючи потужність швейної фабрики 822 кВт, відносно низьке споживання електроенергії та наявність споживачів електроенергії II класу, підійде двотрансформаторна підстанція з пристроєм АВР. Номінальна потужність кожного трансформатора встановлюється лише на основі активного навантаження швейної фабрики за певних умов експлуатації.

$$S_{T.ном} \geq \frac{669,5}{2 \cdot 0,9} = 418 \text{ кВА}, \quad (2.16)$$

Ми рекомендуємо встановити два трансформатори, кожен з номінальною потужністю 400 кВА. Для оцінки оптимальної конфігурації ми порівняли два варіанти: один з використанням найменшого можливого трансформатора, а інший з використанням трансформатора потужністю 630 кВА. Спочатку

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

розглянемо схему з використанням трансформатора потужністю 400 кВА та оцінимо реактивну потужність, яку може передавати вибраний трансформатор:

$$Q_T = \sqrt{(0,8 \cdot 2 \cdot 400)^2 - 669,5^2} = 265 \text{ квар.} \quad (2.17)$$

Потужність конденсаторних пристроїв

$$Q_{KH} = 477,0 - 265 = 212 \text{ квар.}$$

Ми припускаємо використання двох конденсаторних батарей УКМ 0,4-110, $Q_{HK.BCT} = 220$ квар.

Максимальний час використання втратами:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{4000}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2405 \text{ год.} \quad (2.18)$$

Вартість втрат активної потужності в трансформаторах 400 кВА:

$$C_{B.T} = \left(2 \cdot 5,5 \cdot \frac{669,5^2 + (477,0 - 220)^2}{(2 \cdot 400)^2} \cdot 2406 + 2 \cdot 4000 \cdot 1,45 \right) 12,68 =$$

$$= 416,663 \text{ тис. грн.} \quad (2.19)$$

Вартість втрат активної потужності в УКМ 0,4-110:

$$C_{B.KH} = 4,5 \cdot 220 \cdot 8760 \cdot 12,68 \cdot 10^{-3} = 109,953 \text{ тис. грн.} \quad (2.20)$$

Вартість придбання трансформатора потужністю 400 кВА:

$$Z_T = (0,12 + 0,05) \cdot 2 \cdot 230,170 + 416,663 = 494,921 \text{ тис. грн.} \quad (2.21)$$

Вартість придбання конденсаторів УКМ 0,4-110:

$$Z_{KH} = (0,12 + 0,05) \cdot 2 \cdot 15,960 + 109,953 = 115,379 \text{ тис. грн.}$$

Загальна затрати:

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$З = 494,921 + 115,379 = 610,300 \text{ тис. грн.} \quad (2.22)$$

Друга схема з використанням трансформатора потужністю 630 кВА була розрахована за тим самим методом. Результати наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Вибір потужності та кількості трансформаторів ТП швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт

$S_{\text{т.ном}}$, кВА	$Q_{\text{т}}$, квар	$Q_{\text{кн.вст}}$, квар	$K_{\text{т}}$, тис. грн.	$K_{\text{кн}}$, тис. грн.	$C_{\text{в.т}}$, тис. грн.	$C_{\text{в.кн}}$, тис. грн.	$З_{\text{т}}$, тис. грн.	$З_{\text{кн}}$, тис. грн.	$З$, тис. грн.
400	265	220	230,170	15,960	416,663	416,663	494,921	115,379	610,300
630	915	0	495,504	0	289,180	0,000	457,651	0,000	457,651

Перша схема на 25,0% дорожча за другу, хоча і має менші початкові інвестиції. Тому було обрано першу схему, що складається з двох трансформаторів ТМ-630/10, з компенсацією реактивної потужності на стороні низької напруги, що досягається за допомогою двох конденсаторних батарей УКМ 0,4-110, що забезпечують загальну реактивну потужність 220 квар.

2.3. Розрахунок навантажень на стороні 10 кВ трансформаторної підстанції

Втрати активної та реактивної потужності в трансформаторах ТМ-630/10 визначаються згідно з методикою, , детально описаною в додатку А.4:

$$\Delta P_{\text{т}} = 2 \cdot 5,5 \cdot \frac{669,5^2 + (477,0 - 220)^2}{(2 \cdot 630)^2} + 2 \cdot 1,45 = 11,74 \text{ кВт,} \quad (2.23)$$

$$\Delta Q_{\text{т}} = \frac{4,5}{100} \cdot \frac{669,5^2 + (477,0 - 220)^2}{2 \cdot 630} + 2 \cdot \frac{2,1}{100} \cdot 400 = 29,69 \text{ квар.} \quad (2.24)$$

Розрахункове навантаження на стороні 10 кВ трансформаторної підстанції з урахуванням втрат:

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ				Арк.
									21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

$$P_{p10} = 669,5 + 11,74 = 681,28 \text{ кВт}, \quad (2.25)$$

$$Q_{p10} = 210 \text{ квар.} \quad (2.26)$$

Повна розрахункова потужність швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт:

$$S_{p10} = \sqrt{681,28^2 + 210^2} = 712,91 \text{ кВА.} \quad (2.27)$$

2.4. Побудова картограми та визначення теоретичного центру навантажень

Для визначення оптимального розташування підстанції було побудовано діаграму навантаження для визначення центру електричного навантаження швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт з урахуванням специфіки виробництва. Цей процес було виконано відповідно до методу, зазначеного в додатку А.3. Обрано базовий масштаб $4 \frac{\text{кВт}}{\text{мм}^2}$, і відповідно було розраховано радіус кола для цеху ремонту та налагодження обладнання:

$$r_i = \sqrt{\frac{89,4}{3,14 \cdot 4}} = 2,58 \text{ см.} \quad (2.28))$$

Розрахунок картограми навантажень для решти приміщень та визначення теоретичного центру навантажень наведено в табл. 2.7.

Координати центру навантаження:

$$X_{\text{ц}} = \frac{70631,11}{823,3} = 85,79 \text{ м,}$$

$$Y_{\text{ц}} = \frac{94937,63}{823,3} = 115,32 \text{ м.} \quad (2.29)$$

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.7 – Розрахунок картограми навантажень для швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт

Назва приміщення	S_p , кВА	r, см	X, м	Y, м	$S_{pi}X_i$	$S_{pi}Y_i$
Цех ремонту та налагодження обладнання	100,9	2,8	211	184	4842,70	15032,54
Головний швейний цех	208,0	4,1	229	156	7694,63	25995,38
Цех настилу та розкрою	86,3	2,6	48	129	3365,40	8370,35
Цех №1 основного швейного потоку	64,5	2,3	171	106	8259,48	7936,84
Цех підготовки матеріалів	67,9	2,3	98	86	2513,10	1086,74
Цех №2 основного швейного потоку	118,7	3,1	19	25	21493,54	26718,49
Цех волого-теплової обробки	89,7	2,7	82	18	15605,21	6905,76
Склад фурнітури та допоміжних матеріалів	82,6	2,6	149	18	6857,06	2891,53
Всього	823,3				70631,11	94937,63

Центр навантаження швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт розташований у зайнятій зоні. Тому центр навантаження переміщується до джерела живлення у доступній зоні. На рисунку 2.3 показано план поверху швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт з урахуванням специфіки виробництва.

2.5. Вибір схеми зовнішнього електропостачання швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт

2.5.1. Вибір джерел живлення

Швейна фабрика, що відноситься до споживачів II класу надійності, з встановленою потужністю 1240 кВт, згідно з нормативними вимогами повинна отримувати електроенергію щонайменше від двох незалежних джерел живлення. У якості основного джерела живлення виступає двотрансформаторна підстанція, розподільчий пристрій якої на напрузі 10 кВ складається з двох окремих шинних секцій, що оснащені комутаційними апаратами та пристроями автоматичного введення резерву (АВР) для гарантування максимальної надійності та безперервності електропостачання.

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Рисунок 2.3 – Картограма швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт

2.5.2. Вибір ліній електропередач

Беручи до уваги значну відстань у 3,36 км від підстанції до об'єктів швейною фабрикою встановленою потужністю 1240кВт, а також враховуючи розрахункову споживану потужність 712,91 кВА, було визначено, що рівень напруги 10 кВ забезпечує найбільш економічно доцільний та технічно ефективний режим живлення. Виходячи з проведеного аналізу, номінальна напруга зовнішнього електропостачання підприємства була встановлена на рівні 10 кВ. З метою забезпечення належного рівня надійності електропостачання для споживачів II класу, для підключення швейної фабрики передбачено використання двох паралельних кабельних ліній марки АСБ-10. Процес визначення оптимальної площі поперечного перерізу кабельної лінії базується на комплексному підході, що поєднує в собі як технічні вимоги, так і економічні міркування. Детальний опис застосованого методу розрахунку та обґрунтування вибору наведено у додатку А.5 до даного проекту. Розрахунок робочого струму

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

навантаження для даної лінії електропередачі здійснюється за наступною формулою:

$$I_p = \frac{712,91}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 20,6 \text{ А.} \quad (2.30)$$

Розрахункова ефективна тривалість дії струму короткого замикання в даному випадку не перевищує значення 0,16 секунди. Оскільки значення часу є меншим за 1 секунду, цей інтервал часу відповідає періоду дії періодичної складової струму.

$$t_{\pi} = 0,4 \text{ сек.}$$

Керуючись вимогами «умови термічної стійкості» згідно з нормативним документом, мінімально допустима площа поперечного перерізу визначається наступним чином:

$$F_{\min} = \frac{5324}{90} \sqrt{0,4} = 37 \text{ мм}^2. \quad (2.31)$$

Таким чином, за умови прийняття мінімальної площі поперечного перерізу кабелю рівною 35 мм², номінальний допустимий струм згідно з [1] становить $I_{\text{тр.доп}} = 115 \text{ А}$. На основі отриманих даних, розрахунковий коефіцієнт навантаження обраної лінії електропередачі визначається за наступним співвідношенням:

$$K_3 = \frac{20,6}{115} = 0,18. \quad (2.32)$$

Сукупні розрахункові втрати активної потужності для системи електропостачання швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт:

$$\Delta P_p = 0,18 \cdot 42 \cdot 3,36 = 4,530 \text{ кВт/км.} \quad (2.33)$$

Загальний обсяг втрат активної потужності в лінії електропередачі за розрахунковий період становить:

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\Delta W = 4,530 \cdot 2405 = 10,896 \text{ кВт}\cdot\text{год}/(\text{рік}\cdot\text{км}). \quad (2.34))$$

Економічні втрати від втрати активної потужності в лінії електропередачі в грошовому еквіваленті становлять:

$$C_{\text{в.л}} = 10,896 \cdot 12,6785 = 138,148 \text{ тис. грн.}/(\text{рік}\cdot\text{км}). \quad (2.35)$$

Загальний обсяг капітальних інвестицій, необхідних для будівництва лінії з використанням кабелю марки АСБ-10-3×35 становлять:

$$K_{\text{л}} = 2 \cdot 785,696 \cdot 3,36 = 5279,877 \text{ тис. грн. /км}, \quad (2.36)$$

Розрахункова річна сума амортизаційних відрахувань для кабельної лінії типу АСБ-10-3×35 визначається так:

$$C_{\text{а.л}} = 0,10 \cdot 5279,877 = 527,988 \text{ тис. грн.}/(\text{рік}\cdot\text{км}). \quad (2.37)$$

Витрати на проведення регулярного технічного обслуговування та поточного ремонту вважаються однаковими для кабельних ліній незалежно від їхньої площі поперечного перерізу. Таким чином, сукупні річні експлуатаційні витрати на утримання кабельної лінії становлять:

$$C_{\text{ек.л}} = 138,148 + 527,988 = 666,136 \text{ тис. грн.}/(\text{рік}\cdot\text{км}). \quad (2.38)$$

Загальна річна вартість володіння кабельною лінією типу АСБ-10-3×35, включаючи всі супутні витрати, становить:

$$З = 0,12 \cdot 5279,877 + 666,136 = 1299,721 \text{ тис. грн.}/(\text{рік}\cdot\text{км}). \quad (2.39)$$

Розрахунок вартості кабелів з більшим поперечним перерізом, зокрема для варіантів 50, 70, 95, 120 та 150 мм², був виконаний за аналогічним методичним підходом. Узагальнені результати проведених розрахунків систематизовано та наведено в таблиці 2.8.

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.8 – Техніко-економічні показники системи зовнішнього електроживлення швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт

F, мм ²	35	50	70	95	120	150
1	2	3	4	5	6	7
I _{тр.доп} , А	115	140	165	205	240	275
ΔР _{ном} , кВт/км	42	44	47	50	54	56
К _{л.пит} , тис.грн./км	785,696	871,439	989,213	1146,843	1311,984	1510,831
К _з	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09	0,07
ΔР _р , кВт/км	4,530	3,202	2,463	1,697	1,337	1,056
ΔW, кВт·год/(рік· км)	10,896	7,702	5,923	4,082	3,217	2,541
С _в , грн./(рік· км)	138,148	97,653	75,097	51,755	40,781	32,212
К _л , грн./км	5279,877	5856,068	6647,514	7706,785	8816,535	10152,785
С _а , грн./(рік· км)	527,988	585,607	664,751	770,678	881,653	1015,279
С _е , грн./(рік· км)	666,136	683,260	739,848	822,434	922,435	1047,490
З, грн./(рік· км)	1299,721	1385,988	1537,550	1747,248	1980,419	2265,824

Згідно з отриманими результатами розрахунків, мінімальний рівень річних витрат становить 1299,721 тис. грн/(рік·км), що відповідає використанню кабелю з площею поперечного перерізу 35 мм². Різниця у витратах для кабелів з іншими площами поперечного перерізу становить менше 10% відносно цього базового значення. З огляду на вищезазначене, у якості оптимального варіанту для проекту вибирається кабель з площею поперечного перерізу 35 мм².

На наступному етапі здійснюється перевірка величини падіння напруги для обраної площі поперечного перерізу провідника. Розрахункове фактичне падіння напруги на лінії становить:

$$\Delta U = \frac{2,1}{0,4} \cdot \frac{20,6}{115} = 0,9 \% < 5 \%. \quad (2.40)$$

Таким чином, обраний тип кабелю забезпечує відхилення напруги в межах допустимих норм на ділянці шин ТП 10 кВ, що гарантує стабільне електроживлення швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт.

2.6. Розрахунок струмів короткого замикання

Детальний метод розрахунку величин струмів короткого замикання, що застосовується в даному проекті, наведено у додатку А.9. Графічна схема розрахунку та відповідна еквівалентна схема стандартної системи електроживлення детально відображені на рисунку 2.4.

Розрахункові показники системи, що перебуває в режимі максимального експлуатаційного навантаження, становлять:

$$X_{c.max} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 3524} = 1,64 \text{ Ом.} \quad (2.41)$$

Розрахункові показники системи, що перебуває в режимі мінімального експлуатаційного навантаження, становлять:

$$X_{c.min} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 3359} = 1,72 \text{ Ом.} \quad (2.42)$$

Електричні параметри кабельної лінії марки АСБ-10-3×35 визначаються наступним чином:

$$X_{л} = 0,095 \cdot 3,36 = 0,319 \text{ Ом,} \quad (2.43)$$

$$R_{л} = 0,84 \cdot 3,36 = 2,822 \text{ Ом.} \quad (2.44)$$

Розрахунок параметрів силового трансформатора ТМ-630 здійснюється за наступними формулами:

$$Z_{т} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{10^2}{630} = 8,7 \text{ Ом,} \quad (2.45)$$

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$R_T = \frac{7,6}{630} \cdot \frac{10^2}{630} = 1,91 \text{ Ом}, \quad (2.46)$$

$$X_{T, \text{НОМ}} = \sqrt{8,7^2 - 1,91^2} = 8,52 \text{ Ом}. \quad (2.47)$$

Значення пікового струму короткого замикання, що виникає в точці К2, розраховується

$$I_{\text{к2max}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 10}{\sqrt{3} \sqrt{(1,64 + 0,319)^2 + 2,822^2}} = \frac{1,05 \cdot 10}{\sqrt{3} \sqrt{1,96^2 + 2,822^2}} = 1,77 \text{ кА}. \quad (2.48)$$

Значення мінімального струму короткого замикання, що виникає в точці К2, розраховується

$$I_{\text{к2min}}^{(3)} = \frac{10}{\sqrt{3} \sqrt{(1,72 + 0,319)^2 + 2,822^2}} = \frac{10}{\sqrt{3} \sqrt{2,04^2 + 2,822^2}} = 1,74 \text{ кА}. \quad (2.49)$$

Значення пікового струму короткого замикання, що виникає в точці К3, розраховується

$$\begin{aligned} I_{\text{к3max}}^{(3)} &= \frac{1,05 \cdot 10}{\sqrt{3} \sqrt{(1,64 + 0,319 + 8,52)^2 + (2,822 + 1,91)^2}} = \\ &= \frac{1,05 \cdot 10}{\sqrt{3} \sqrt{10,48^2 + 4,732^2}} = 0,53 \text{ кА}. \end{aligned} \quad (2.50)$$

Значення мінімального струму короткого замикання, що виникає в точці К3, розраховується

$$I_{\text{к3min}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 10}{\sqrt{3} \sqrt{(1,72 + 0,319 + 8,52)^2 + (2,822 + 1,91)^2}} =$$

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$= \frac{1,05 \cdot 10}{\sqrt{3} \sqrt{10,56^2 + 4,732^2}} = 0,52 \text{ кА.} \quad (2.51)$$

Реальний піковий струм короткого замикання в точці К3 визначається наступним чином:

$$I_{\text{к3 max.д}}^{(3)} = 0,53 \cdot \frac{10}{0,4} = 13,18 \text{ кА.} \quad (2.52)$$

Постійна часу аперіодичної складової струму короткого замикання в точці К2 розраховується за наступним методом:

$$T_{a2} = \frac{1,96}{50 \cdot 2,822} = 0,014 \text{ с.} \quad (2.53)$$

Визначаємо коефіцієнт ударного струму короткого замикання, що є характерним для точки К2:

$$K_{\text{уд}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,065}} = 1,49. \quad (2.54)$$

Значення ударного струму короткого замикання, що виникає в точці К2, становить:

$$i_{\text{уд2}} = \sqrt{2} \cdot 1,77 \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,065}} \right) = 3,72 \text{ кА,} \quad (2.55)$$

Реальний ударний струм короткого замикання в точці К2:

$$I_{\text{уд}} = 1,77 \sqrt{1 + 2 \cdot (1,49 - 1)^2} = 2,15 \text{ кА.} \quad (2.56)$$

Аналогічним чином визначаємо всі вищезазначені розрахункові значення для точки К3:

$$T_{a2} = \frac{X_{2\Sigma}}{f \cdot R_{2\Sigma}} = \frac{10,48}{50 \cdot 4,732} = 0,044 \text{ сек,}$$

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$i_{уд2} = \sqrt{2} \cdot 0,53 \left(1 + e^{\frac{0,01}{0,086}} \right) = 1,34 \text{ кА},$$

$$K_{уд} = 1 + e^{\frac{0,01}{0,086}} = 1,80,$$

$$I_{уд} = 0,53 \sqrt{1 + 2 \cdot (1,80 - 1)^2} = 19,87 \text{ кА}.$$

2.7. Вибір обладнання швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт

2.7.1. Загальні умови вибору обладнання

Процес підбору необхідного електрообладнання слід здійснювати суворо відповідно до нормативної методики, яка детально викладена в додатку А.10.:

1) визначення параметрів «номінальної напруги»:

$$U_{ном.м} \leq U_{ном.а}, \quad (2.57)$$

2) розрахунок показників «номінального струму»:

$$I_p \leq I_{ном.а}, \quad (2.58))$$

Залежно від специфіки конкретного типу обладнання, необхідно додатково провести перевірку його «перевіряється на динамічну, термічну стійкість до струмів короткого замикання, вимикаючу здатність».

2.7.2. Вибір обладнання для підстанції живлення

Для лінії електропостачання, що забезпечує живленням швейну фабрику із встановленою потужністю 1240 кВт, було обрано та встановлено вакуумний вимикач типу VD4. Весь процес технічного вибору та подальшої перевірки здійснюється згідно з методикою, що міститься в додатку А.10, а отримані результати детально відображені в таблиці 2.9. Обраний вимикач повністю відповідає всім встановленим технічним критеріям та вимогам перевірки.

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.9 – Результати вибору та технічної перевірки VD4

Умови та перевірки	Розрахункові дані проектування	Дані з каталогу
$U_{\text{ном.м}} \leq U_{\text{ном.а}}$	$U_{\text{ном.м}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном.а}} = 10 \text{ кВ}$
$I_p \leq I_{\text{ном}}$	$I_p = 20,6 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$
$I_{p.\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{p.\text{max}} = 41,2 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$
$I_k^{(3)} \leq I_{\text{вим.ном}}$	$I_k^{(3)} = 3,524 \text{ кА}$	$I_{\text{вим.ном}} = 20 \text{ кА}$
$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}$	$i_{\text{уд}} = 6,8309 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$
$i_{\text{ат}} \leq \sqrt{2} \beta I_{\text{вим.ном}}$	$\sqrt{2} \cdot 3,524 = 4,98 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot 0,3 \cdot 20 = 8,48 \text{ кА}$
$I_k^2 \cdot t_{\text{кз}} \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}$	$3,524^2 \cdot 0,4 = 4,9674 \text{ кА}^2 \cdot \text{сек}$	$20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{сек}$

Окрім цього, зазначений вимикач інтегровано в блок розподільчого пристрою типу КРУ-ЕС для забезпечення надійної роботи мережі. Відповідні процедури вибору та технічної перевірки (які також були виконані згідно з додатком А.10) детально наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Результати вибору та технічної перевірки КРУ-ЕС

Умови та перевірки	Розрахункові дані проектування	Дані з каталогу
$U_{\text{ном.м}} \leq U_{\text{ном.а}}$	$U_{\text{ном.м}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном.а}} = 10 \text{ кВ}$
$I_p \leq I_{\text{ном}}$	$I_p = 20,6 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$
$I_{p.\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{p.\text{max}} = 41,2 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$
$I_k^2 \cdot t_{\text{кз}} \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}$	$3,524^2 \cdot 0,4 = 4,9674 \text{ кА}^2 \cdot \text{сек}$	$20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{сек}$

Щодо трансформаторів струму: «Підбір слід здійснювати на основі показників номінального струму та напруги, обов'язково перевіряючи їхню динамічну та теплову стійкість до дії струмів короткого замикання» [2]. «Для обліку електроенергії необхідно встановити лічильники активної та реактивної енергії безпосередньо у вторинному колі трансформатора струму» [2]. У таблиці 2.11 детально наведено основні технічні характеристики та специфічні конструктивні особливості обраних трансформаторів струму.

Таблиця 2.11– Вибір трансформаторів струму для лінії електроживлення швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт

Розрахункові дані проектування	Дані з каталогу ТПОЛ-10-0,5/Р
1	2
$U_{\text{ном.м}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном.а}} = 10 \text{ кВ}$

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

Продовження таблиці 2.11

1	2
$I_p = 20,6 \text{ A}$	$I_{\text{ном}} = 100 \text{ A}$
$I_{p.\text{max}} = 41,2 \text{ A}$	$I_{\text{ном}} = 100 \text{ A}$
$I_k^{(3)} = 3,524 \text{ кА}$	$k_{\text{дин}} \sqrt{2} I_{\text{Iном}} = 160 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,05 = 11,31 \text{ кА}$
$I_k^2 \cdot t_{\text{кз}} = 3,524^2 \cdot 0,4 = 4,9674$ $\text{кА}^2 \cdot \text{сек}$	$(k_{\text{терм}} I_{\text{Iном}})^2 t_{\text{терм}} =$ $= (65 \cdot 0,05)^2 \cdot 1 = 10,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{сек.}$
$S_2 = 0,55 \text{ ВА}$	$S_{2\text{ном}} = 10 \text{ ВА}$

Таблиця 2.12 – Розрахунок сумарного навантаження вторинного кола трансформатора струму

Обладнання	Навантаження фази, ВА		
Амперметр PowerLogic	0,5	–	0,5
Лічильник активної та реактивної енергії НІК 2303	0,05	–	0,05
Всього	0,55		0,55

Розрахункове значення опору підключеного вимірювального обладнання:

$$r_{\text{прил}} = \frac{1}{5^2} = 0,22 \text{ Ом} , \quad (2.59)$$

Визначення опору з'єднувального проводу за формулою:

$$r_{\text{пр}} = 0,4 - 0,22 - 0,05 = 0,13 \text{ Ом.} \quad (2.60)$$

Розрахунок необхідної площі поперечного перерізу з'єднувального провідника:

$$q = \frac{0,0283 \cdot 3,8}{0,13} = 0,83 \text{ мм}^2, \quad (2.61)$$

де $L_p = \sqrt{3 \cdot 1} = \sqrt{3 \cdot 5} = 3,8 \text{ м}$ – фактична довжина використовуваного з'єднувального проводу..

У підсумку, для забезпечення надійності зв'язку було обрано контрольний кабель марки АКРВГ з площею поперечного перерізу жили 2,5 мм².

На стороні напруги 10 кВ для забезпечення роботи кіл вимірювальних приладів та систем релейного захисту встановлено «трансформатор напруги типу НАМИ-10, що має обмотку контролю ізоляції» [2]. Процес їхнього вибору ґрунтується на таких параметрах, як «номінальна напруга, встановлений клас точності та обрана схема з'єднання обмоток первинного кола» [2]. Детальний метод розрахунку навантаження первинної обмотки трансформатора типу НАМИ-10 відображено в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Розрахунок навантаження вторинної обмотки трансформатора НАМИ-10

Обладнання	Потужність одного приладу, ВА
Вольтметр PowerLogic 500В	2
Лічильник активної та реактивної енергії НІК 2303	10
Всього	12

У таблиці 2.14 детально наведено порівняльні дані розрахунку та відповідні дані з каталогу продукції для трансформатора НАМИ-10.

Таблиця 2.14 – Перевірка вибраного трансформатора НАМИ-10

Розрахункові дані проектування	Дані з каталогу НАМИ-10 УЗ
$U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
$S_{2\Sigma} = 12 \text{ ВА}$	$S_{2\text{ max}} = 1000 \text{ ВА}$

2.7.3. Вибір обладнання для підстанції

Керуючись показниками «номінальної напруги та струму» згідно з джерелом [2], необхідно здійснити вибір відповідного вимикача навантаження. Для здійснення початкового монтажу обладнання підстанції рекомендується розглянути можливість використання вимикача навантаження типу ВНАп-Р-10/630-20-з. У представленій таблиці 2.15 відображено детальний порівняльний аналіз між отриманими розрахунковими даними та технічними характеристиками з каталогу продукції для цього вимикача.

У таблиці 2.16 приведено розгорнуте порівняння розрахункових показників та фактичних даних із каталогу продукції для трансформатора струму ТІ-400.

Таблиця 2.15 – Вибір та перевірка вимикачів навантаження

Розрахункові дані проектування	Дані з каталогу ВНАп-Р-10/630-20-3
$U_{\text{ном.м}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном.а}} = 10 \text{ кВ}$
$I_p = 20,6 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 400 \text{ А}$
$I_{p.\text{max}} = 41,2 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 400 \text{ А}$
$I_k^{(3)} = 1,77 \text{ кА}$	$I_{\text{вим.ном}} = 10 \text{ кА}$
$i_{\text{уд}} = 3,72 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}} = 25 \text{ кА}$
$B_k = 1,77^2 \cdot 0,4 = 1,29 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$B_{\text{т.ст.}} = 100 \text{ кА}^2 \text{ с}$

Таблиця 2.16– Вибір та перевірка трансформаторів струму

Розрахункові дані проектування	Дані з каталогу ТІ-400
$U_{\text{ном.м}} = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном.а}} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_p = 297,1 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 600 \text{ А}$
$I_{p.\text{max}} = 594,1 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 600 \text{ А}$
$I_k^{(3)} = 13,18 \text{ кА}$	$k_{\text{дин}} \sqrt{2} I_{\text{ном}} = 160 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,4 = 90,5 \text{ кА}$
$I_k^2 \cdot t_{\text{кз}} = 13,18^2 \cdot 0,1 =$ $= 25,06 \text{ кА}^2 \cdot \text{сек}$	$(k_{\text{терм}} I_{\text{ном}})^2 t_{\text{терм}} = (65 \cdot 0,4)^2 \cdot 1 = 676 \text{ кА}^2 \cdot \text{сек}$
$S_2 = 0,55 \text{ ВА}$	$S_{2\text{ном}} = 10 \text{ ВА}$

У таблиці 2.17 детально наведено розрахунок електричного навантаження для обраного типу трансформатора струму.

Таблиця 2.17 – Навантаження вторинного кола трансформатора струму ТІ-400

Обладнання	Навантаження фази, ВА		
Амперметр PowerLogic	0,5	0,5	0,5
Лічильник активної та реактивної енергії НІК 2303	0,05	—	0,05
Всього	0,55		0,55

Значення опору обладнання, яке безпосередньо підключене до трансформатора струму ТІ-400:

$$r_{\text{прил}} = \frac{1}{5^2} = 0,22 \text{ Ом.}$$

Розрахункове значення опору використовуваного з'єднувального дроту:

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$r_{\text{пр}} = 0,4 - 0,22 - 0,05 = 0,13 \text{ Ом.}$$

Визначення необхідної площі поперечного перерізу з'єднувального дроту

$$q = \frac{0,0283 \cdot 3,8}{0,13} = 0,83 \text{ мм}^2.$$

Для монтажу було обрано з'єднувальний провід марки АППВ з алюмінієвим осердям та площею поперечного перерізу 2,5 мм².

На трансформаторній підстанції з боку напруги 0,4 кВ планується встановлення розподільного щита типу ЩО98. Для отримання більш детальної та вичерпної інформації щодо процесу вибору та перевірки слід звернутися до таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Вибір і перевірка щита ЩО98

Умови та перевірки	Розрахункові дані проектування	Дані з каталогу ЩО98
$U_{\text{ном.м}} \leq U_{\text{ном.а}}$	$U_{\text{ном.м}} = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном.а}} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{\text{р}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{р}} = 297,1 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 3000 \text{ А}$
$I_{\text{р.мах}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{р.мах}} = 594,1 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 3000 \text{ А}$
$I_{\text{к}}^{(3)} \leq I_{\text{дин}}$	$I_{\text{к}}^{(3)} = 13,18 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 30 \text{ кА}$
$I_{\text{к}}^2 \cdot t_{\text{кз}} \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}$	$13,18^2 \cdot 0,1 = 25,06 \text{ кА}^2 \cdot \text{сек}$	$20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{сек}$

2.8. Розрахунок внутрішньозаводської мережі

2.8.1. Вибір схеми і конструктивного виконання

На основі ретельної оцінки взаємного розташування всіх будівель на території швейній фабрики із загальною потужністю 1240 кВт та враховуючи класифікацію за категоріями надійності електропостачання, як найбільш оптимальний варіант було остаточно обрано «схему радіальної мережі» [1]. У цій спроектованій електромережі передбачено використання силових кабелів марки ВВГнг-LS, які будуть надійно прокладені у спеціально підготовлених підземних траншеях. Основне вхідне обладнання рівномірно розподілене по всій території фабрики, при цьому кожен окремий пристрій обов'язково оснащений

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

відповідним розподільчим щитом моделі ПР-11-3086А. Більш детальна інформація щодо обґрунтування цього вибору представлена для ознайомлення в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Вибір і перевірка ПР-11-3086А

Умови та перевірки	Розрахункові дані проектування	Дані з каталогу ПР-11-3086А
$U_{\text{ном.м}} \leq U_{\text{ном.а}}$	$U_{\text{ном.м}} = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном.а}} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{\text{ном}} \geq I_p$	$I_p = 150 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 400 \text{ А}$
$I_{\text{К}}^2 t_{\text{К}} \leq I_{\text{Т.СТ}}^2 t_{\text{Т.СТ}}$	$13,18^2 \cdot 0,1 = 25,06 \text{ кА}^2 \cdot \text{сек}$	$10^2 \cdot 4 = 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{сек.}$

У розрахунках для електромереж з напругою нижче 1000 В «вибір площі поперечного перерізу провідника повинен обов'язково базуватися на показниках допустимого тепловиділення» [1]. Розрахунковий номінальний струм для РШ1, що розташований у цеху ремонту та налагодження обладнання, визначається наступним чином:

$$I_p = \frac{100,9}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 73 \text{ А.} \quad (2.62)$$

Для забезпечення стабільної роботи ми вибрали силовий кабель ВВГнг-LS-5×16, який має показник допустимого струму $I_{\text{доп}} = 84 \text{ А}$. Відповідно до стандартних умов експлуатації, площа поперечного перерізу та загальна довжина провідника повинні бути максимально правильно підібрані таким чином, щоб «відхилення напруги на клеммах електроприймача в жодному разі не перевищувало 5%» [1].

Розрахунок фактичних втрат напруги в мережі здійснюється за формулою:

$$\Delta U = \frac{83,4 \cdot 1,95 + 56,8 \cdot 0,095}{380} \cdot 94 = 9,9 \text{ В,} \quad (2.63))$$

Таким чином, отримане значення нормативної втрати напруги становить $\Delta U_{\text{норм}} = 2,6\%$.

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

У таблиці 2.20 детально наведено всі вибрані площі поперечного перерізу кабелю для внутрішньої системи електроживлення швейної фабрики із загальною потужністю обладнання 1240 кВт.

Таблиця 2.20 – Обґрунтування вибору кабелю для системи електроживлення швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт

Лінія	$P_{p\Sigma}$, кВт	$Q_{p\Sigma}$, квар	I_p , А	S , мм ²	$I_{тр.доп}$, А	ℓ , м	$R_{пит}$, МОм/м	$X_{пит}$, МОм/м	ΔU , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Цех ремонту та налагодження обладнання (ТП-РШ1)	83,4	56,8	73	16	84	67	1,95	0,095	2,6
Головний швейний цех (ТП-РШ2)	167,0	123,9	150	50	165	55	0,625	0,085	1,2
Цех настилу та розкрою (ТП-РШ3)	69,7	50,9	62	10	70	21	3,12	0,099	3,4
Цех №1 основного швейного потоку (ТП-РШ4)	53,3	36,3	47	10	56	43	3,12	0,099	2,5
Цех підготовки матеріалів (ТП-РШ5)	54,8	40,1	49	10	56	67	3,12	0,099	1,6
Цех №2 основного швейного потоку (ТП-РШ6)	98,0	67,0	86	25	102	52	1,25	0,091	1,4
Цех волого-теплової обробки (ТП-РШ7)	72,9	52,3	65	10	70	67	3,12	0,099	7,5
Склад фурнітури та допоміжних матеріалів (ТП-РШ8)	67,0	48,3	60	10	70	56	3,12	0,099	1,9

2.8.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт

На рис. 2.2 детально показано загальну схему електромережі швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт.

Рисунок 2.3 – Графічна схема електромережі швейної фабрики
встановленою потужністю 1240кВт

Визначення повного опору системи швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт, приведений до сторони 0,4 кВ.

При розрахунку для максимального режиму роботи системи отримано значення:

$$X_{\text{сmax } 0,4} = 10,48 \frac{0,4^2}{10^2} = 16,76 \text{ мОм}; \quad (2.64)$$

Для розрахунку в умовах мінімального режиму роботи системи значення становить:

$$X_{\text{сmin } 0,4} = 10,56 \frac{0,4^2}{10^2} = 16,89 \text{ мОм}. \quad (2.65)$$

Активний розрахунковий показник опору становить:

$$R_{\text{с0,4}} = 4,73 \frac{0,4^2}{10^2} = 7,57 \text{ мОм}. \quad (2.66)$$

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Значення трифазного струму короткого замикання в точці РШ1 визначається за формулою:

$$I_{\max}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 0,38}{\sqrt{3} \sqrt{(7,57 + 15)^2 + 16,76^2}} = 8,21 \text{ кА.} \quad (2.67)$$

Розрахунок однофазного струму короткого замикання в точці РШ1 здійснюється наступним чином:

$$I_{\min}^{(1)} = \frac{\frac{380}{\sqrt{3}}}{\sqrt{(2 \cdot 4,29 + 4,29 + 3 \cdot 15)^2 + (2 \cdot 7,87 + 7,87)^2}} = 1,263 \text{ кА.} \quad (2.68)$$

Аналогічним методом ми визначаємо значення струмів короткого замикання для всіх інших існуючих розподільних щитів. Усі отримані результати проведених розрахунків детально зведені та представлені в табл.2.21.

Таблиця 2.21 – Результати розрахунку струму короткого замикання на РШ

Точка пошкодження	R _{max} , МОм	X _{max} , МОм	I _{max} ⁽³⁾ , кА	I _{min} ⁽¹⁾ , А
1	2	3	4	5
РШ1	35,18	16,77	5,93	1263
РШ2	45,04	16,77	4,81	1063
РШ3	55,29	16,77	4	1996
РШ4	45,28	16,77	4,78	1316
РШ5	45,18	16,77	4,79	1432
РШ6	45,08	16,77	4,8	1776
РШ7	55,61	16,78	3,98	1063
РШ8	45,17	16,77	4,79	1316

2.8.3. Вибір апаратури, що встановлюється в трансформаторній підстанції

На стороні напруги 0,4 кВ трансформаторної підстанції нами було встановлено сучасний автоматичний вимикач серії ЕВ2 для забезпечення надійного захисту мережі. Процес вибору конкретного автоматичного вимикача ґрунтується на вимогах, викладених у додатку А.10, при цьому лінія ТП-РШ1 розглядається як типовий приклад:

номінальний струм розчіплювача становить

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$I_{\text{ном.розщ}} = 80, \quad (2.69)$$

перевищує $I_p = 73 \text{ A}$,

а граничний струм вимкнення

$$I_{\text{гр.вимк}} = 10 \text{ кА}, \quad (2.70)$$

що є більшим за струм короткого замикання $I_k = 5,93 \text{ кА}$.

У представлений таблиці 2.22 детально наведено порівняльний аналіз між отриманими розрахунковими показниками та фактичними даними з каталогу продукції для автоматичного вимикача EB2.

Таблиця 2.22– Вибір та перевірка автоматичних вимикачів на ТП

Розрахункові дані проектування		Дані з каталогу EB2	
ввідного	секційного	Ввідний EB2 630/3S 500A	Секційний EB2 250/3S 225A
$U_{\text{ном.м}} = 0,4 \text{ кВ}$		$U_{\text{ном.а}} = 0,4 \text{ кВ}$	
$I_p = 419 \text{ A}$		$I_{\text{ном.а}} = 630 \text{ A}$	
$I_p = 419 \text{ A}$	$I_p = 209,5 \text{ A}$	$I_{\text{розч.ном}} = 500 \text{ A}$	$I_{\text{розч.ном}} = 225 \text{ A}$
$I_{\text{кмах}}^{(3)} = 8,21 \text{ кА}$		$I_{\text{ном.вимк}} = 7839 \text{ кА}$	

Згідно з нормативними вимогами [2], необхідно «перевірити вибраний розчіплювач відповідно до встановлених умов чутливості»,

$$500 \leq \frac{1316,83}{1,5}, \quad (2.71)$$

Всі встановлені умови чутливості розчіплювача були повністю виконані, що гарантує максимально ефективний та швидкий захист обраного автоматичного вимикача від можливих коротких замикань у мережі.

У таблиці 2.23 описано вибір автоматичних вимикачів, що встановлені на підстанції, чим підтверджується їхня повна відповідність вимогам чутливості та здатність надійно захистити всю розподільчу мережу від руйнівних наслідків коротких замикань.

Таблиця 2.23 – Результати вибору автоматичних вимикачів до РШ

Лінія	I_p , А	Тип захисного апарата	$I_{в.ном}$, А	$I_{розч.ном}$, А
ТП-РШ1	73	EB2 160/3S 80A	160	80
ТП-РШ2	150	EB2 160/3S 160A	160	160
ТП-РШ3	62	EB2 160/3S 63A	160	63
ТП-РШ4	47	EB2 160/3S 50A	160	50
ТП-РШ5	49	EB2 160/3S 50A	160	50
ТП-РШ6	86	EB2 160/3S 100A	160	100
ТП-РШ7	65	EB2 160/3S 80A	160	80
ТП-РШ8	60	EB2 160/3S 63A	160	63

2.8.4. Вибір силової мережі цеху ремонту та налагодження обладнання

Після проведення детального аналізу схеми розташування всього технологічного обладнання в цеху ремонту та налагодження обладнання було прийнято рішення про використання «схеми радіальної мережі» згідно з джерелом [1]. Головний розподільний щит РШЗ забезпечує стабільне електроживлення для двох окремих розподільних пунктів, а також для всіх систем освітлювальних навантажень цеху. У складі даної електромережі застосовуються силові кабелі марки ВВГнг-LS, які прокладені по спеціальних металевих конструкціях будівлі. Для системи обрано розподільні пункти типу ПР-11-3086А, а весь процес їхнього підбору та технічного обґрунтування детально викладено в таблиці 2.24.

Таблиця 2.24 – Вибір і перевірка ПР-11-3086А

Умови та перевірки	Розрахункові дані проектування	Дані з каталогу ПР-11-3086А
$U_{ном.м} \leq U_{ном.а}$	$U_{ном.м} = 0,4$ кВ	$U_{ном.а} = 0,4$ кВ
$I_{ном} \geq I_p$	$I_p = 30,84$ А	$I_{ном} = 50$ А
$I_K^2 t_K \leq I_{T.СТ}^2 t_{T.СТ}$	$8,21^2 \cdot 0,1 = 6,74$ кА ² ·сек	$10^2 \cdot 4 = 400$ кА ² сек.

Процес вибору та перевірка площі поперечного перерізу кабелю для кожної розподільчої точки та окремої лінії споживача здійснюються відповідно до методу, що детально зазначений у додатку А.10. Згідно з нормами [1], «під час проведення оцінки падіння напруги на терміналі кінцевого користувача необхідно обов'язково враховувати загальне падіння напруги по всій довжині розподільчої мережі, починаючи від підстанції і до самого терміналу». Усі

отримані результати процесу вибору та подальшої перевірки параметрів детально та систематизовано описані в таблиці 2.25.

Таблиця 2.25 – Вибір перерізу кабелів для цеху ремонту та налагодження обладнання

Лінія	$P_{p\Sigma}$, кВт	$Q_{p\Sigma}$, квар $\cos\varphi$	I_p , А	S , мм ² 4×	$I_{тр.доп}$, А	ℓ , м	$R_{пит}$, мОм/м	$X_{пит}$, мОм/м	ΔU , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РПЗ-РП1	5,87	3,13	9,6	5×2,5	18	31,6	13,3	0,09	1,55
РПЗ-РП2	18,71	10,11	30,7	5×10	39	53,4	2,08	0,07	0,66
РП1-Фен технічний IUG	1,8	1,35	3,3	5×2,5	18	27	13,3	0,09	2,67
РП1-Зварювальний апарат інверторний NQ	1,5	1,13	2,7	5×2,5	18	23,5	13,3	0,09	2,88
РП1-Наждачний верстат подвійний JG-5	0,4	0,30	0,7	5×2,5	18	16,7	13,3	0,09	2,69
РП1-Прес ручний з електроприводом АВ-55R	1,3	0,98	2,4	5×2,5	18	7,8	13,3	0,09	2,40
РП1-Прес ручний з електроприводом АВ-55R	1,3	0,98	2,4	5×2,5	18	4,8	13,3	0,09	2,41
РП1-Заточувально-шліфувальний верстат універсальний MV-44HJ	1,5	1,13	2,7	5×2,5	18	14,8	13,3	0,09	2,52
РП1-Шліфувальна машина МКА-61	1,1	0,97	2,1	5×2,5	18	28,5	13,3	0,09	2,73
РП1-Шліфувальна машина МКА-61	1,1	0,97	2,1	5×2,5	18	20,8	13,3	0,09	2,64
РП2-Настільний свердлильний верстат AD-7	0,7	0,7	1,3	5×2,5	18	17,3	13,3	0,09	1,65
РП2-Промисловий пиловос GA-1	2,1	2,1	3,8	5×2,5	18	16,4	13,3	0,09	1,76
РП2-Токарний верстат по металу MG-9	4,9	4,9	8,8	5×2,5	18	12,2	13,3	0,09	1,67
РП2-Свердлильний верстат колонни QW-05	2,5	2,5	4,5	5×2,5	18	24,8	13,3	0,09	1,88
РП2-Фрезерний верстат PE-7	5,7	5,7	10,3	5×2,5	18	30,4	13,3	0,09	1,99
РП2-Свердлильно-фрезерний верстат wh-12	6,1	6,1	11,7	5×2,5	18	20,1	13,3	0,09	1,72
РП2-Сушильна шафа KON-3	2,4	2,4	4,3	5×2,5	18	10	13,3	0,09	1,72

Продовження таблиці 2.25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РП2-Вентсисема BV-45N	4,8	4,8	8,7	5×2,5	18	24,2	13,3	0,09	1,83

2.8.5. Вибір освітлювальної мережі цеху ремонту та налагодження обладнання

Після проведення детальної оцінки схеми освітлення цеху ремонту та налагодження обладнання було прийнято рішення обрати «схему радіальної мережі»[2]. Дві освітлювальні панелі отримують необхідне живлення безпосередньо від головного розподільного щита. Загальна освітлювальна мережа була побудована з використанням кабелів марки ВВГнг-LS з відкритим способом розміщення. Для системи було обрано групу освітлювальних панелей типу ЩОН-6, обґрунтування вибору яких детально описано в таблиці 2.26.

Таблиця 2.26 – Вибір і перевірка щита ЩОН-6

Умови та перевірки	Розрахункові дані проектування	Дані з каталогу ЩОН-6
$U_{\text{ном.м}} \leq U_{\text{ном.а}}$	$U_{\text{ном.м}} = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном.а}} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{\text{ном}} \geq I_p$	$I_p = 6,5 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 100 \text{ А}$
$I_k^2 t_k \leq I_{\text{т.ст}}^2 t_{\text{т.ст}}$	$12,14^2 \cdot 0,1 = 20,74 \text{ кА}^2 \cdot \text{сек}$	$10^2 \cdot 4 = 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{сек.}$

Процес вибору площі поперечного перерізу кабелю освітлювальної мережі в цеху ремонту та налагодження обладнання повністю відповідає базовому принципу «мінімізації матеріалу провідника». Більш конкретні методи розрахунку можна розглянути у відповідному додатку А.8.

Розрахунковий момент навантаження головної секції мережі визначається за формулою:

$$M_{\text{рш-щО}} = 0,115 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 25 = 69,0 \text{ кВт} \cdot \text{м.} \quad (2.72)$$

Момент навантаження для першого ряду світильників обчислюється наступним чином

$$m_{\text{ЩО-1}} = 0,115 \cdot 4 \cdot \left(17,6 + \frac{(4-1) \cdot 3}{2} \right) = 10,2 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \quad (2.73)$$

Аналогічним чином ми визначили момент навантаження для всіх інших частин освітлювальної мережі в мережі цеху ремонту та налагодження обладнання, а отримані результати зведені в таблицю 2.27. Використовуючи попередньо розраховані значення моменту, ми визначили відповідну площу поперечного перерізу кабелю для всієї освітлювальної мережі.

Розрахункова площа поперечного перерізу кабелю магістралі мережі становить:

$$S_{\text{РШ-ЩО}} = \frac{69,0 + 1,39 \cdot 99,2}{44 \cdot 4} = 1,2 \text{ мм}^2, \quad (2.74)$$

Таким чином, ми приймаємо стандартну площу поперечного перерізу $S_{\text{РШ-ЩО}} = 2,5 \text{ мм}^2$.

Фактичні втрати напруги для ділянки РШ–ЩО:

$$\Delta u_{\text{РШ-ЩО}} = \frac{69,0}{44 \cdot 4} = 0,6 \%. \quad (2.75)$$

Розрахункові допустимі втрати напруги для ділянки РШ–ЩО:

$$\Delta u_{\text{ЩО-1}} = 4 - 0,6 = 3,37\%. \quad (2.76)$$

Площа поперечного перерізу для першого ряду освітлювальних кабелів:

$$s_{\text{ЩО-1}} = \frac{10,2}{7,4 \cdot 3,37} = 0,41 \text{ мм}^2, \quad (2.77)$$

Відповідно, ми приймаємо фактичну площу поперечного перерізу $s_{\text{ЩО-1}} = 2,5 \text{ мм}^2$. Решта отриманих результатів проведеного розрахунку детально зведені в таблицю 2.19.

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.27 – Вибір поперечного перерізу освітлювальної мережі цеху ремонту та налагодження обладнання

Лінія	$\ell_{д0}$, м	$m_{ЩО-i}$, кВт·м	$S_{ЩО-i}$, мм ²	$S_{ЩО-i.пр}$, мм ²
ЩО-1	11,6	10,2	0,41	2,5
ЩО-2	10,7	9,8	0,39	2,5
ЩО-3	9,8	9,3	0,37	2,5
ЩО-4	8,9	8,9	0,36	2,5
ЩО-5	8,0	8,5	0,34	2,5
ЩО-6	7,1	8,1	0,32	2,5

Для цеху ремонту та налагодження обладнання було обрано схему радіальної освітлювальної мережі на базі кабелів ВВГнг-LS та панелей ЩОН-6. Розрахункові значення моменту навантаження та втрат напруги підтвердили правильність вибору площі поперечного перерізу кабелів (2,5 мм²), що відповідає вимогам енергоефективності та технічним стандартам.

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

3.1. Розрахунок потужності повітряного нагнітача

Розрахунок об'єму повітря, яке подається вентиляційною системою, здійснюється за спеціальним методом, що детально наведено у додатку Б.

Значення густини повітря повітряного нагнітача вентиляційної системи

$$\rho = \frac{1,29}{1+0,00366 \cdot 35} = 1,144 \text{ кг/м}^3. \quad (3.1)$$

Розрахункова динамічна складова тиску повітря нагнітача вентиляційної системи:

$$H_d = \frac{1,144 \cdot 5^2}{2} = 14,3 \text{ Па}. \quad (3.2)$$

Величина втрати напору на один метр труби вентиляційної системи обчислюється наступним чином

$$R = 64,8 \cdot \frac{5^{1,925}}{150^{1,281}} \cdot \left(\frac{1,144}{1,29} \right)^{0,852} = 2,11 \text{ Па/м}. \quad (3.3)$$

Сумарна втрата тиску, що виникає через подолання місцевого опору в системі:

$$P_t = (1,11 + 0,37 + 1,1 + 0,15) \cdot 14,3 = 39,02 \text{ Па}. \quad (3.4)$$

Значення статичного тиску трубопроводу вентиляційної системи розраховується за формулою:

$$H_c = 55 \cdot 2,5 + 39,02 = 176,52 \text{ Па}. \quad (3.5)$$

Загальний показник тиску повітря для вентиляційної системи:

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ			
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Проектування електропостачання швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт. Пояснювальна записка.	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Манукян А.С.					Д	47	7
Перевір.	Гадай А.В.							
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.					ФАБЕ, гр. ЕЕ-42		
Затверд.	Волинець В.І.							

$$H = 14,3 + 176,52 = 190,82 \text{ Па.} \quad (3.6)$$

Для даної системи було обрано повітряний нагнітач ВЦ 14-46 для якого «фактична продуктивність становить $1,5 \text{ м}^3/\text{год}$ » [5].

Розрахункова активна потужність двигуна вентиляційної системи обчислюється так:

$$P = \frac{190,82 \cdot 1,5}{1000 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 1,145 \text{ кВт.} \quad (3.7)$$

Орієнтовна величина активної потужності двигуна вентиляційної системи становить:

$$P_p = 1,2 \cdot 1,145 = 1,37 \text{ кВт.} \quad (3.8)$$

Було обрано електродвигун моделі АИР 80А2 «потужністю $P_{\text{д.ном}} = 1,5 \text{ кВт}$, частотою обертання ротора $n_{\text{д.ном}} = 2850 \text{ об/хв}$ » [5].

3.2. Розрахунок і вибір апаратів для схеми керування

Процес вибору відповідного електрообладнання необхідно здійснювати суворо відповідно до детальної методики, яка зазначена в додатку А.10 за 1) «номінальною напругою» [1]:

$$U_{\text{ном.м}} = 380 \text{ В} \leq U_{\text{ном.а}} = 400 \text{ В}$$

2) «номінальним струмом» [1]:

$$I_{\text{ном.д}} = 3,5 \text{ А} \leq I_{\text{ном.а}} = 6 \text{ А,}$$

Підбір відповідних магнітних пускатів слід здійснювати згідно з даними, що наведені в таблиці 3.1. Загальний розрахунковий струм вентиляційної системи становить:

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$I_p = 3,5 + 0,7 = 4,2 \text{ А},$$

Максимальний піковий струм лінії вентиляційної системи визначається за наступним розрахунком:

$$I_{\text{пik}} = 7 \cdot 3,5 + 0,7 = 24,9 \text{ А};$$

Таблиця 3.1 — Вибір магнітних пускатів

Елемент вентиляційної системи	Каталожні дані				Каталожні дані магнітного пускача	
	$P_{\text{д.ном}},$ кВт	$\eta_{\text{д.ном}},$ %	$\cos\varphi$	$I_{\text{д.ном}},$ А	Тип	$I_{\text{ном.а}},$ А
1	2	3	4	5	6	7
повітряного нагнітача	3,5	79	0,84	3,5	FC-1/6A	6
агрегата для нагрівання	0,4	69,7	0,81	0,7	FC-1/6A	6

Детальні критерії вибору автоматичного вимикача необхідно розглянути у додатку А.10. У таблиці 3.2 детально наведено основні робочі характеристики та відповідні каталожні параметри входних автоматичних вимикачів для вентиляційної системи.

Таблиця 3.2– Вибір та перевірка ввідного автоматичного вимикача для вентиляційної системи

Розрахункові дані проектування	Дані з каталогу EB2 160/3S 6,3A
$U_{\text{ном.м}} = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном.а}} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_p = 4,2 \text{ А}$	$I_{\text{ном.а}} = 160 \text{ А}$
$I_p = 4,2 \text{ А}$	$I_{\text{розч.ном}} = 2 \text{ А}$
$I_{\text{пik}} = 24,9 \text{ А}$	$I_{\text{с.в}} = 7 \cdot 2 = 14 \text{ А}$

У таблиці 3.3 наведено конкретні експлуатаційні характеристики та параметри з каталогу продукції автоматичних вимикачів для кожного окремого елемента вентиляційної системи.

Таблиця 3.3– Вибір та перевірка автоматичних вимикачів до окремих елементів вентиляційної системи

Елемент вентиляційної системи	Розрахункові дані проектування			Дані з каталогу		
	$U_{\text{ном.м}}, \text{кВ}$	$I_p, \text{А}$	$i_{\text{пуск}}, \text{А}$	тип	$I_{\text{розч.ном}}, \text{А}$	$I_{\text{с.в}}, \text{А}$
повітряного нагнітача	0,4	3,5	25,9	EB2 160/3S 1,6A	1,6	11
агрегата для нагрівання	0,4	0,7	24,4	EB2 160/3S 1A	1,0	7

3.3 Розрахунок параметрів мережі електроживлення вентиляційної системи

Проектувана система електропостачання вентиляційної системи за своїми технічними характеристиками відповідає вимогам третього рівня надійності. При підборі оптимальної мережі живлення враховується тепловиділення в режимі нормальної експлуатації, а також перевіряється на падіння напруги та термостійкість при виникненні струмів короткого замикання.

У якості основного засобу електропостачання було застосовано кабелі марки ВВГнг-LS, що мають поперечний переріз $5 \times 2,5 \text{ мм}^2$ та забезпечують «допустиму силу струму $I_{\text{доп}} = 18 \text{ А}$ » [2].

Контроль допустимого падіння напруги здійснювався шляхом аналізу, що включав у себе обов'язкове врахування втрат напруги на трансформаторі загальної мережі живлення. Сукупне падіння напруги формується як сума втрат на трансформаторі, втрат у кабелях живлення, що проходять через цех ремонту та налагодження обладнання, а також падіння напруги в мережі живлення вентиляційної системи. Значення відносних активної та реактивної складових втрат напруги на трансформаторі визначаються наступним чином:

$$\Delta U_{т.а} = \frac{7,6}{630} 100\% = 1,2\%, \quad (3.9)$$

$$\Delta U_{т.р} \sqrt{5,5^2 - 1,2^2} = 5,4\%, \quad (3.10)$$

Розрахункові втрати напруги на трансформаторі в умовах його нормального функціонування становлять:

$$\Delta U_T = 0,65 (1,2 \cdot 0,80 + 5,4 \cdot 0,60) = 2,7 \%. \quad (3.11)$$

Втрати напруги на лінії електропередачі, яка забезпечує живлення РП2 цеху ремонту та налагодження обладнання $\Delta U_{л} = 0,650\%$.

Величина втрати напруги в локальній мережі живлення, що обслуговує вентиляційної системи при загальній довжині мережі $L = 33$ м

$$\Delta U_m = \sqrt{3} \cdot 1,9 \cdot 33 \cdot 10^{-3} \cdot (7,4 \cdot 0,83 + 0,116 \cdot 0,56) = 0,67 \text{ В}, \quad (3.12)$$

$$\Delta U_m \% = \frac{0,67}{400} = 0,17\%. \quad (3.13)$$

Підсумкова загальна втрата напруги в системі розраховується за наступною формулою:

$$\Delta U = 2,7 + 0,650 + 0,17 = 3,54 \% < \Delta U_{доп} = 10\%. \quad (3.14)$$

Керуючись умовами теплового опору при виникненні струму короткого замикання, для проведення перевірки було обрано мінімально допустиму площу поперечного перерізу кабелю. Відповідно до цього, виникає потреба у точному визначенні електричного опору кожного окремого компонента, що входить до складу вентиляційної системи.

Значення активної складової опору трансформатора визначається за формулою:

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$r_T = \frac{\Delta P_{K.3}}{S_{T.HOM}} \cdot \frac{U_{T.HOM}^2}{S_{T.HOM}} = \frac{7,6}{630} \cdot \frac{0,4^2}{630} = 3,06 \text{ мОм}, \quad (3.15)$$

Розрахунок реактивної складової опору трансформатора здійснюється наступним чином:

$$x_T = \frac{u_K \%}{100} \cdot \frac{U_{T.HOM}^2}{S_{T.HOM}} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{0,4^2}{630} = 13,97 \text{ мОм}, \quad (3.16)$$

Параметри активного та індуктивного опору мережі електроживлення обчислюються за наступними виразами:

$$r_M = 12,5 \cdot 33 = 413 \text{ мОм}, \quad (3.17)$$

$$x_M = 0,116 \cdot 33 = 3,83 \text{ мОм}, \quad (3.18)$$

$$\Sigma r = 3,06 + 413 = 415,56 \text{ мОм}, \quad (3.19)$$

$$\Sigma x = 13,97 + 3,83 = 17,80 \text{ мОм}, \quad (3.20)$$

$$Z = \sqrt{(415,56 + 20)^2 + 17,80^2} = 435,92 \text{ мОм}. \quad (3.21)$$

Величина струму короткого замикання, що виникає на вході вентиляційної системи, становить:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 435,92} = 0,53 \text{ кА}. \quad (3.22)$$

Мінімально необхідна площа поперечного перерізу кабелю, що потрібна для забезпечення роботи вентиляційної системи, розраховується так:

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$F_{\min} = \frac{0,53 \cdot \sqrt{0,25}}{88} = 0,301 < F_{\text{доп}} \quad 2,5 \text{ мм}^2. \quad (3.23)$$

З огляду на отримані результати розрахунків, вентиляційної системи має бути забезпечена живленням за допомогою кабелю марки ВВГнг-LS з перерізом $5 \times 2,5 \text{ мм}^2$.

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 4

САПР

Для розробки та детального проектування комплексної системи електропостачання швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт було застосовано низку сучасних автоматизованих систем проектування. Точний розрахунок та вибір необхідної кількості світильників типу ДПП27-120-02 УЗ для забезпечення належного освітлення в цеху ремонту та налагодження обладнання було здійснено за допомогою спеціалізованої програми DIALux. Детальні результати проведених світлотехнічних розрахунків наочно представлені на рисунках з 4.1 по 4.5.

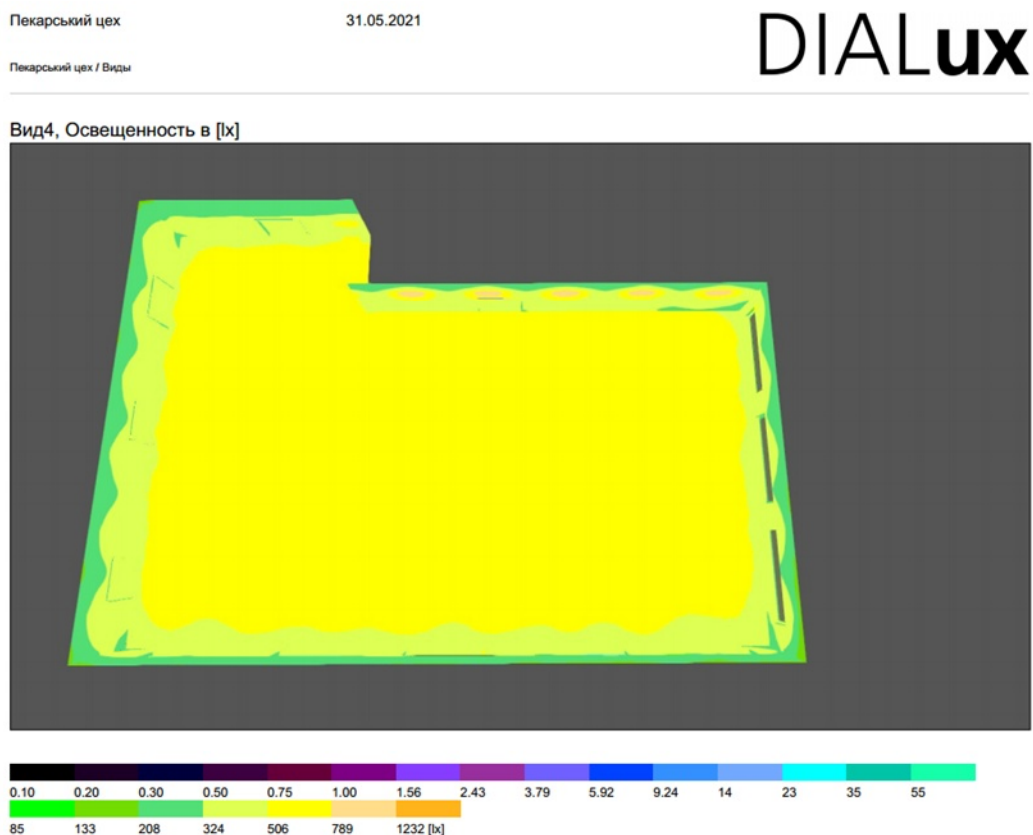
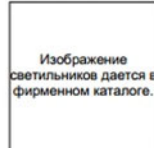


Рисунок 4.1 – Детальна схема освітлення цеху ремонту та налагодження обладнання

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ			
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Проектівання електропостачання швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт. Пояснювальна записка.	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Манукян А.С.					Д	54	3
Перевір.	Гадай А.В.							
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.					ФАБЕ, гр. ЕЕ-42		
Затверд.	Волинець В.І.							

ТОВ "ОСП Корпорація Ватра ДПП27У-120-033 УЗ 1х120 / LED



Коэффициент полезного действия: 100.01%
 Световой поток ламп: 14400 lm
 Световой поток от светильников: 14401 lm
 Мощность: 120.0 W
 Светоотдача: 120.0 lm/W

Колориметрические данные
 1x: CCT 3000 K, CRI 100

Место выхода света 1 / Полярные LVK

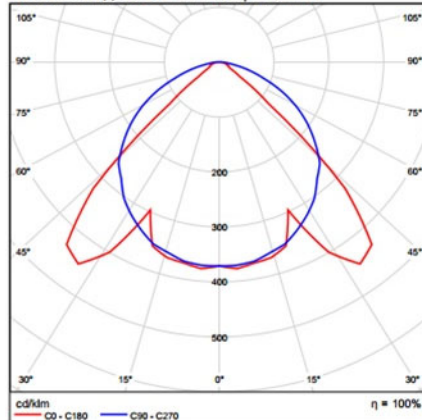


Рисунок 4.2 – Основні технічні характеристики світлодіодних ДПП27-120-02 УЗ

Место выхода света 1 / Диаграмма яркости

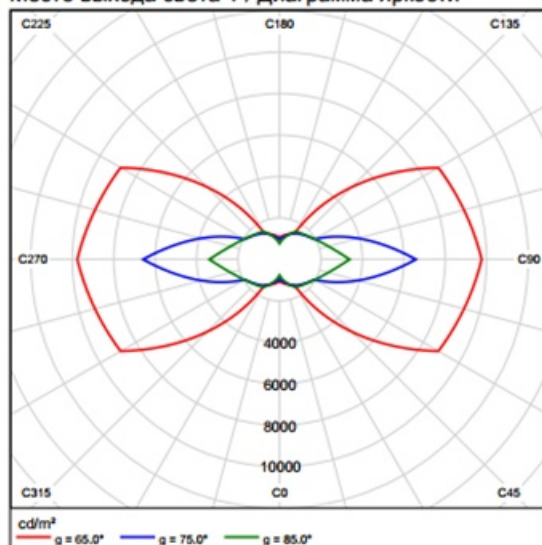


Рисунок 4.3 – Діаграма розподілу яскравості та інтенсивності світлового потоку світильника ДПП27-120-02 УЗ

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Местность 1

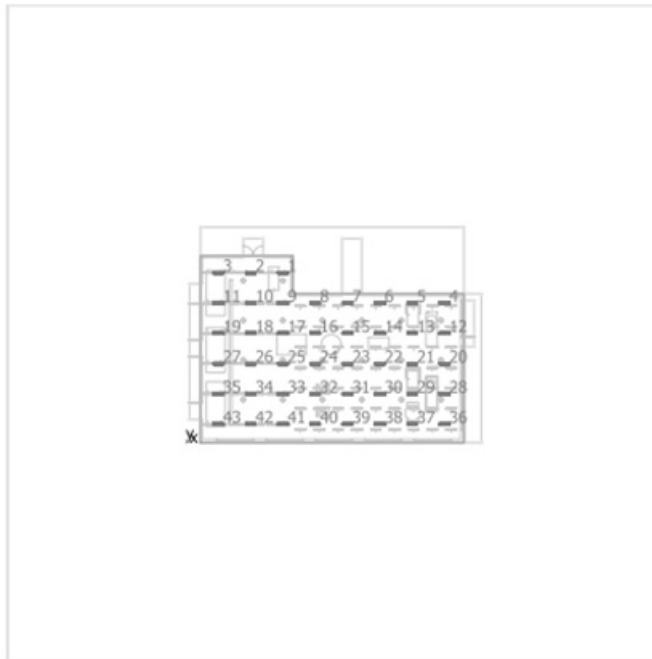


Рисунок 4.4 – Схема просторової конфігурації та розміщення ДПП27-120-02 УЗ в цеху ремонту та налагодження обладнання

пекарський цех

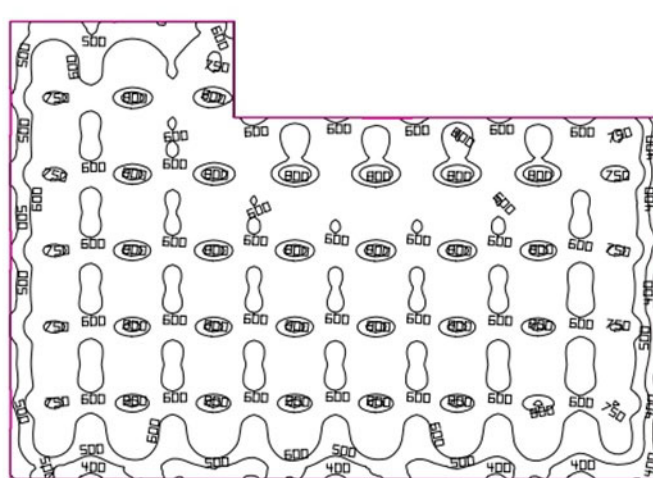


Рисунок 4.5 – Зведена таблиця загальної схеми освітлення цеху ремонту та налагодження обладнання

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Згідно з технічними вимогами, опір додаткового заземлювального пристрою, встановленого в цеху ремонту та налагодження обладнання, за жодних обставин не повинен перевищувати значення 10 Ом [11].

Початкові параметри системи:

- значення питомого опору верхнього шару ґрунту становить 82 Ом·м;
- значення питомого опору нижнього шару ґрунту визначено 62 Ом·м;
- ширина використовуваної заземлювальної смуги становить 50 мм;
- об'єкт розташований у межах другої кліматичної зони;
- у даному проєкті можливості природного заземлення не використовуються.

Виконаємо розрахунок середнього питомого опору ґрунту для горизонтальних та вертикальних заземлювальних провідників згідно з нормами [11]

$$\rho_p = \frac{82 \cdot 1,5 \cdot 62 \cdot 2}{82 \cdot 1,5 \cdot (2 - 1,02 + 0,71) + 62 \cdot (1,02 - 0,71)} = 51,5 \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (5.1)$$

Наступним кроком визначаємо розрахунковий опір одного «вертикального заземлювального провідника»

$$r_b = \frac{0,366 \cdot 51,5}{4} \left(\lg \frac{2 \cdot 2}{0,95 \cdot 0,050} + \lg \frac{4 \cdot 1,71 + 2}{4 \cdot 1,71 - 2} \right) = 19,4 \text{ Ом} \quad (5.2)$$

Обчислюємо очікувану кількість необхідних «вертикальних електродів» для забезпечення встановленої норми

$$n_{\text{пр}} = \frac{19,4}{10 \cdot 0,71} = 3,03 \text{ шт}, \quad (5.3)$$

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Манукян А.С.				Проектування електропостачання швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт. Пояснювальна записка.	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Гадай А.В.					Д	57	3
						ФАБЕ, гр. ЕЕ-42		
Н.контр.	Ващелюк Ю.І.							
Затверд.	Волинець В.І.							

Отримане значення округлюємо в більшу сторону до цілого числа, що становить 4 шт.

Визначаємо очікувану загальну довжину «горизонтального провідника, який з'єднує між собою вертикальні електроди»

$$\ell_r = (4 - 1) \cdot 2 = 6,0 \text{ м.} \quad (5.4)$$

Розрахунковий опір «горизонтального заземлювача» [11] обчислюється за формулою

$$r_r = \frac{0,366 \cdot 3,4 \cdot 82}{6,0 \cdot 0,12} \cdot \lg \frac{6,02}{0,055 \cdot 0,71} = 420,16 \text{ Ом.} \quad (5.5)$$

Обчислюємо підсумковий загальний опір всього «заземлювача»

$$R = \frac{10 \cdot 420,16/0,12}{420,16/0,12 - 10} = 9,02 \text{ Ом} \quad (5.6)$$

З урахуванням використання з'єднувальних смуг, фактична необхідна кількість вертикальних заземлювачів становить:

$$n = \frac{19,4}{9,02 - 0,71} = 3,02 \text{ шт} \quad (5.7)$$

Таким чином, за результатами проведених розрахунків, вважаємо за доцільне встановити 4 вертикальні заземлювальні провідники.

На представленому рисунку 5.1 відображено загальну конфігурацію заземлювального пристрою, що передбачений для цеху ремонту та налагодження обладнання.

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

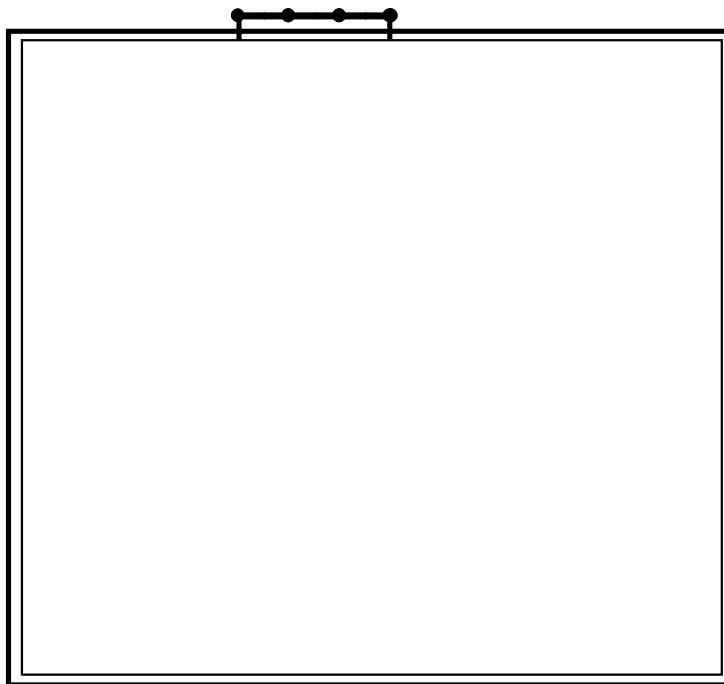


Рисунок 5.1– Схема розташування заземлювального пристрою в цеху ремонту та налагодження обладнання

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Було проведено детальний розрахунок загального енергетичного та освітлювального навантаження для цеху ремонту та налагодження обладнання та приміщень швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт. З метою забезпечення стабільного електроживлення швейної фабрики було підбрано ТП-2×630 кВА, яка доповнюється двома конденсаторними установками типу УКМ 0,4-110. Враховуючи те, що центр навантаження розташований безпосередньо у межах вже зайнятої робочої зони швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт, було прийнято рішення перенести ТП у доступну вільну зону.

Для забезпечення надійного живлення цієї розподільної коробки застосовується силовий кабель типу АСБ-10 з поперечним перетином жил 3×35 мм². У складі ТП швейної фабрики встановленою потужністю 1240кВт розміщено необхідне високовольтне та низьковольтне електрообладнання для керування мережею.

Електрична мережа цеху ремонту та налагодження обладнання сформована за допомогою кабелю типу ВВГнг-LS, який закріплений на спеціальних металевих опорах, та включає розподільні пункти типу ПР-11-3086А і автоматичні вимикачі типу EB2 160/3S 80А.

Було виконано комплексні та детальні розрахунки параметрів електроживлення для вентиляційної системи. Для приводу повітряного нагнітача передбачено використання двигуна АИР 80А2 потужністю 1,5 кВт, який керується магнітним пускатем FC-1/6А та захищається тепловим реле FTR32В 2,8-4. З метою забезпечення надійного захисту обладнання вентиляційної системи від перевантажень було обрано автоматичний вимикач EB2 160/3S 4А. У якості кабелю для живлення вентиляційної системи застосовано кабель марки ВВГнг-LS з перетином жил 5×2.5 мм².

Підбір відповідних світильників моделі ДПП27-120-02 було здійснено за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення DIALux для точного розрахунку освітлення. Розрахунок усіх видів електричного навантаження для цеху ремонту та налагодження обладнання було виконано з використанням інструментів програмного забезпечення MS Excel.

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Також було детально розраховано заземлюючий пристрій цеху ремонту та налагодження обладнання для забезпечення максимальної безпеки персоналу.

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Давиденко Л. В., Коменда Н. В., Давиденко В. А., Євсюк М. М. Електропостачання промислових об'єктів. Практикум : навч. посіб. Луцьк : Відділ іміджу та промоцій ЛНТУ, 2022. 244 с.
2. Проектування електричної частини електричних станцій : навчальний посібник / П. Д. Лежнюк, В. М. Лагутін, В. В. Тептя. Вінниця: ВНТУ, 2019. 194 с.
3. ДБН В.2.528:2018 Природне і штучне освітлення : нак. М-ва регіонального розвитку, будівництва та житловокомунального господарства України від 3 жовт. 2018 р. № 264. Вид. офіційне. Київ, 2018. 133 с.
4. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. Міненерговугілля України. Х.: Форт, 2017. 760 с.
5. Мазепа, С. С. Електрообладнання промислових підприємств : навч. посібник / С. С. Мазепа, Я. Ю. Марущак, А. С. Куцик. Львів : Магнолія 2006, 2010. 260 с.
6. Корпусні автоматичні вимикачі ЕТІ : вебсайт. URL: <https://www.eti.ua/produksiya-ua/004671061>
7. Кабель ВВГ, ВВГнг, ВВГнгд, ВВГп: вебсайт. URL: <https://vse-e.com/kabel-i-provod/marki-kabelia/vvg-vvgng-vvgngd> .
8. Кабель АСБл : вебсайт. URL: <https://vse-e.com/kabel-i-provod/marki-kabelia/asbl>.
9. Щити освітлення : вебсайт. URL: <http://akonit-box.com/catalog/schity-osvescheniya>
10. Ящик розподільчий : вебсайт. URL: <https://nanohomeelectro.com.ua/p86547888-yaschik-raspredelitelnij.html>
11. Кобилянський О.В. Охорона праці у галузі. Вінниця: ВНТУ, 2005. 39 с

					ЛНТУ.971047.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		