

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та енергетики

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

Проектування системи електропостачання ремонтного заводу встановленою потужністю 1100 кВт

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ЕЕ-43

Ткачук Марк Вадимович

(підпис)

Керівник:

д.т.н., професор

Давиденко Людмила Валеріївна

(підпис)

Кваліфікаційний проєкт

допущено до захисту

«__» _____ 2026 р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

Волинець Владислав Ігорович

(підпис)

Луцьк - 2026

АНОТАЦІЯ

Ткачук М.В. Проєктування системи електропостачання ремонтного заводу встановленою потужністю 1100 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 систему електропостачання об'єкту проєктування. 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.

У результаті роботи отримали систему електропостачання даного об'єкту проєктування 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

Tkachuk M.V. Designing a repair plant power supply system with an installed capacity of 1100 kW. Manuscript.

Qualification project of the bachelor 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 five sections, a list of sources used, and appendices.

The project developed power supply system of the bakery. The design is performed on the basis of electrical 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 design decisions.

As a result, the power supply system of this enterprise with high indicators of economic feasibility was obtained.

The adopted design decisions allow to pass to their practical realization and introduction of the designed system of power supply.

Keywords: power supply system, power line, power receivers, electrical loads, short-circuit currents, reactive power compensation, electrical equipment, electrical safety.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	10
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ	13
2.1. Розрахунок електричних навантажень	13
2.1.1. Розрахунок силових електричних навантажень.	13
2.1.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.	15
2.2. Побудова картограми і визначення теоретичного ЦЕН	16
2.3. Розрахунок повного навантаження на шинах НН трансформаторів ТП	17
2.4. Вибір числа і потужності трансформаторів трансформаторної підстанції і компенсуючих пристроїв	17
2.5. Компенсація реактивної потужності на вищих рівнях СЕП.	20
2.6. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП	21
2.7. Проєктування мережі живлення підприємства	22
2.7.1. Вибір джерела та напруги живлення	22
2.7.2. Вибір перерізу КЛ-10 кВ	23
2.8. Розрахунок струму короткого замикання в мережі 10 кВ	24
2.9. Перевірка вибраного перерізу кабельної лінії на термічну стійкість струму короткого замикання	27
2.10. Вибір обладнання на напругу 10 кВ	28
2.10.1. Вибір роз'єднувачів	28
2.10.2. Вибір вимикачів навантаження	29
2.10.3. Вибір контрольно-вимірювальних приладів	30
2.10.4. Вибір трансформаторів струму на шинах джерела живлення	31
2.11. Проєктування внутрішньозаводської розподільчої мережі	32
2.11.1. Вибір схеми внутрішньозаводської мережі	32

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування системи електропостачання ремонтного заводу встановленою потужністю 1100 кВт Пояснювальна записка.	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Ткачук						4	4	
Перевірів	Давиденко								
Н.контроль	Ващелюк					ФАБЕ, гр. ЕЕ-43			
Затвердив	Волинець								

2.11.2. Вибір ввідних розподільчих пристроїв	33
2.11.3. Вибір перерізу КЛ внутрішньозаводської мережі	33
2.12. Розрахунок струмів КЗ в мережі до 1 кВ.	34
2.13. Вибір обладнання на напругу 0,4 кВ	38
2.13.1. Вибір комірок розподільчого пристрою 0,4 кВ ТП	38
2.13.2. Вибір автоматичних вимикачів	39
2.13.3. Вибір рубильників	40
2.13.4. Вибір трансформаторів струму.	40
2.14. Розрахунок цехового електропостачання	42
2.14.1. Вибір схеми цехової мережі	42
2.14.2. Розрахунок цехової мережі живлення	43
2.14.3. Перевірка комутаційної апаратури	44
2.14.4. Розрахунок освітлювальної установки цеху	44
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ	
ГОРИЗОНТАЛЬНО-РОЗТОЧУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТУ	47
3.1. Характеристика верстату та його особливостей його роботи	47
3.2. Розрахунок потужності та вибір електродвигуна головного приводу	49
3.3. Перевірка двигуна головного приводу за умовами пуску	50
3.4. Характеристика електроприводу	52
3.5. Розрахунок потужності верстата	53
3.6. Вибір захисної та пуско-регулюючої апаратури	53
РОЗДІЛ 4 САПР	48
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	59
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	61
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	63
ДОДАТКИ	65

ВСТУП

Система електропостачання являє собою сукупність технічних засобів і пристроїв, призначених для виробництва, передачі та розподілу електричної енергії. Більшість технологічних процесів, робота виробничого обладнання, систем освітлення, вентиляції та автоматизації безпосередньо залежать від стабільного та безперебійного забезпечення електричною енергією необхідної якості. Основним завданням системи електропостачання промислового підприємства є забезпечення всіх електроприймачів електроенергією відповідної якості, тобто з дотриманням нормативних значень напруги, частоти та інших показників якості електроенергії. Водночас система повинна забезпечувати високий рівень надійності, економічності та безпеки експлуатації, а також мати достатній запас для можливого розширення виробництва.

Проектування систем електропостачання промислових підприємств є складним інженерним завданням, яке потребує врахування багатьох технічних, економічних та експлуатаційних факторів. Прийняті під час проектування технічні рішення значною мірою впливають на вартість будівництва, обсяг та складність монтажних робіт, експлуатаційну надійність електрообладнання, а також зручність його обслуговування і рівень електробезпеки. Раціонально спроектована система електропостачання підприємства повинна характеризуватися оптимальним поєднанням технічних і економічних показників, забезпечувати мінімальні втрати електроенергії в мережах та ефективно використання електротехнічного обладнання.

Під час проектування системи електропостачання необхідно враховувати низку важливих факторів, зокрема структуру та потужність електричних навантажень підприємства, особливості технологічного процесу, категорію надійності електропостачання споживачів, умови експлуатації електрообладнання та перспективи розвитку виробництва. Крім того, система повинна бути достатньо гнучкою, щоб у майбутньому забезпечити можливість модернізації або розширення підприємства без значного збільшення витрат.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливого значення набуває застосування сучасних методів розрахунку електричних навантажень, оптимізація структури електричних мереж та впровадження енергоефективних технічних рішень.

Визначення та аналіз електричних навантажень є важливим етапом проектування, оскільки саме результати їх розрахунку лежать в основі вибору основних елементів системи електропостачання. Правильний розрахунок електричних навантажень дозволяє обґрунтовано визначити потужність та кількість трансформаторів, параметри кабельних і повітряних ліній електропередачі, характеристики комутаційної та захисної апаратури, а також потужність компенсуючих пристроїв. Недооцінка або завищення навантажень може призвести до перевантаження обладнання, збільшення втрат електроенергії або необґрунтованого підвищення вартості системи електропостачання.

Проектування систем електропостачання потребує комплексного підходу, що передбачає вибір оптимальної структури електричних мереж, обґрунтування схеми розподілу електроенергії, визначення параметрів і режимів роботи електрообладнання, а також забезпечення необхідного рівня надійності електропостачання. Вирішення завдання ефективного електропостачання промислового підприємства шляхом розроблення раціональної, надійної та економічно обґрунтованої системи електропостачання за допомогою правильного вибору елементів електричних мереж, зокрема, кабельних ліній електропередачі, трансформаторів трансформаторної підстанції, установок компенсації реактивної потужності, розподільчих пристроїв та комутаційно-захисної апаратури, засоби регулювання напруги та інші технічні пристрої, що забезпечують підтримання необхідної якості електроенергії.

Метою даного кваліфікаційного проекту є підвищення ефективності електропостачання промислового об'єкта шляхом застосування сучасних методик розрахунку електричних навантажень, обґрунтованого вибору основних елементів системи електропостачання та формування раціональної структури мереж розподілу електричної енергії з урахуванням вимог надійності, економічності та безпечної експлуатації електроустановок.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Ремонтний завод спеціалізується на виконанні робіт з відновлення, технічного обслуговування та ремонту механізмів і окремих вузлів промислового обладнання. Основною спеціалізацією такого підприємства є проведення капітального, середнього та поточного ремонту технічних засобів, виготовлення та відновлення деталей, а також виконання допоміжних технологічних операцій, пов'язаних з підготовкою та обробкою матеріалів. Технологічний процес ремонту обладнання на ремонтному заводі включає декілька послідовних етапів. Спочатку проводиться приймання обладнання та його первинна діагностика. Після цього виконують розбирання агрегатів, очищення деталей від забруднень та визначення ступеня зношення елементів. Наступним етапом є відновлення або виготовлення нових деталей, що здійснюється за допомогою механічної обробки, зварювання, наплавлення, термічної обробки або інших технологічних операцій. Завершальними стадіями є складання відремонтованих вузлів, регулювання, контрольні випробування та передача обладнання замовнику.

Проектований ремонтний завод містить виробничі потужності, в яких реалізовується технологічний процес. В склад заводу входять: виробничий корпус №1, електроремонтний, ковальсько-пресовий, токарний, механічний, складально-ремонтний цехи, а також офісна будівля.

Встановлену потужність об'єктів, площу та характеристику середовища цехів наведено в табл. 1.1.

Споживачі основного виробництва заводу є споживачами II та III категорії, а решта споживачів є споживачами III категорії.

Електроприймачі виробничих приміщень розраховані на напругу 0,4/0,23 кВ змінного струму промислової частоти 50 Гц.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування системи електропостачання ремонтного заводу встановленою потужністю 1100 кВт Пояснювальна записка.			Літ.		Аркуш	Аркушів	
Розробив	Ткачук										8	3
Перевірів	Давиденко											
								ФАБЕ, гр. ЕЕ-43				
Н.контроль	Ващелюк											
Затвердив	Волинець											

Таблиця 1.1 - Характеристика цехів

Назва об'єкту	P_n , кВт	F , м ²	Характеристика середовища		
			тип	клас П	клас В
1 Виробничий корпус №1	283	1296	нормальне	П-ІІ-а	В-ІІа
2 Електроремонтний цех	195	648	нормальне	П-ІІ-а	В-ІІа
3 Ковальсько-пресовий цех	165	648	нормальне	П-ІІ-а	В-ІІа
4 Токарний цех	155	1008	нормальне	П-ІІ-а	В-ІІа
5 Складально-ремонтний цех	105,5	756	нормальне	П-ІІ-а	В-ІІа
6 Механічний цех	166,5	756	нормальне	П-ІІ-а	В-ІІа
7 Офісна будівля	30	432	нормальне	П-ІІ-а	В-ІІа

Технологічний процес ремонтного заводу характеризується значною кількістю різноманітних електроприймачів, які забезпечують роботу технологічного обладнання, транспортних механізмів, вентиляційних систем, освітлення та допоміжних установок. Основну частину електричних навантажень становлять електродвигуни технологічного обладнання. До основних електроприймачів ремонтного заводу належать: металорізальні верстати (токарні, фрезерні, свердлильні, шліфувальні); зварювальні апарати та напівавтомати; підйомно-транспортне обладнання (кран-балки, електротельфери); вентиляційні системи; освітлювальні установки виробничих і допоміжних приміщень.

За характером роботи електроприймачі ремонтного заводу мають різні режими роботи. Більшість металорізальних верстатів працює у повторно-короткочасному або змінному режимі, що пов'язано з періодичним характером обробки деталей та перервами між операціями. Підйомно-транспортне обладнання (кран-балки та тельфери) працюють у повторно-короткочасному режимі з частими пусками, зупинками та реверсуванням електроприводів.

Водночас деякі установки, наприклад вентиляційні системи, можуть працювати у тривалому режимі, оскільки забезпечують постійні технологічні або санітарно-гігієнічні умови у виробничих приміщеннях.

Перелік та характеристику електроприймачів механічного цеху наведено в таблиці 1.2.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Характеристика електроприймачів цеху

Назва електроприймача	К-сть n , шт.	Встановлена потужність $P_{ном}$, кВт	Коефіцієнт використання K_v	Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$
Електротельфер	1	5,5	0,06	0,5
Верстат горизонтально-розточувальний	2	10	0,14	0,6
Токарний верстат	1	8	0,14	0,6
Радіально-свердильний верстат	2	5,5	0,14	0,6
Токарно-револьверний верстат	1	6,5	0,14	0,6
Вертикально-свердильний верстат	4	7,5	0,14	0,6
Точильно-шліфувальний верстат	1	7,5	0,14	0,6
Прес	1	3,5	0,14	0,66
Фрезерно-відрізний напівавтомат	2	12,5	0,14	0,6
Токарний восьмишпindelний напівавтомат	3	12	0,14	0,6
Універсальний заточувальний верстат	1	5,5	0,14	0,6
Напівавтомат для заточування свердел	1	4,5	0,14	0,6
Вентиляційна установка	1	3,5	0,7	0,8

Електричне господарство ремонтного заводу характеризується різноманітністю електроприймачів, значною часткою електродвигунів та нерівномірністю електричних навантажень, що необхідно враховувати під час проектування системи електропостачання підприємства.

Режим роботи підприємства – двозмінний. Річне число годин використання максимуму електричного навантаження складає: $T_{макс.}=2500$ год/рік

Підприємство знаходиться на віддалі 1,15 км від понижувальної підстанції 110/10 кВ, на якій є запас потужності на напругу 10 кВ. Потужність короткого замикання на шинах 10 кВ підстанції $S''_{кз} = 95$ МВА.

Дозволена енергосистемою до використання в години максимуму навантаження реактивна потужність складає $Q_{e\max} = 150$ кВАр.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок електричних навантажень

Для визначення ЕН використано: для розрахунку силових ЕН - метод впорядкованих діаграм; для розрахунку освітлювальних ЕН - метод питомої потужності на освітлювану площу; для визначення ЕН на вищих рівнях СЕП – ієрархічний підхід. Порядок розрахунку ЕН згідно [1-3] наведений в додатку А.

2.1.1. Розрахунок силових електричних навантажень

Детальний розрахунок силових електричних навантажень проводимо на прикладі механічного цеху. Попередньо всі споживачі розділено на групи споживачів із змінним та практично постійним графіком навантаження.

Розрахунок навантаження від групи однотипних електроприймачів продемонструємо на прикладі групи горизонтально-розточувальних верстатів:

- встановлена потужність:

$$P_n = 2 \cdot 10 = 20 \text{ кВт};$$

- середнє навантаження за найбільш завантажену зміну

$$P_{cm} = 20 \cdot 0,14 = 2,8 \text{ кВт};$$

$$Q_{cm} = 2,8 \cdot \operatorname{tg}(\arccos 0,6) = 3,73 \text{ кВАр кВАр}.$$

Аналогічно обчислюємо навантаження від інших електроприймачів.

Результати розрахунків зведено в таблицю 2.1.

					<i>ЛНТУ.971080.000 ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Ткачук				Проективання системи електропостачання ремонтного заводу встановленою потужністю 1100 кВт Пояснювальна записка.	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Давиденко						11	34
						<i>ФАБЕ, гр. ЕЕ-43</i>		
Н.контроль	Ващелюк							
Затвердив	Волинець							

Таблиця 2.1 - Розрахунок електричних навантажень цеху

Назва ЕП	n , шт	$P_{ном}$, кВт	$P_{ном}$, кВт	$K_в$	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	m	$P_{с.зм}$, кВт	$Q_{с.зм}$, кВАр	n_{ef}	K_M	P_M , кВт	Q_M , кВАр	S_M , кВА
З змінним графіком навантаження														
Електротельфер	1	5,5	5,5	0,06	0,5	1,73		0,33	0,57					
Верстат горизонтально- розточувальний	2	10	20	0,14	0,6	1,33		2,8	3,73					
Токарний верстат	1	8	8	0,14	0,6	1,33		1,12	1,49					
Радіально- свердлильний верстат	2	5,5	11	0,14	0,6	1,33		1,54	2,05					
Токарно- револьверний верстат	1	6,5	6,5	0,14	0,6	1,33		0,91	1,21					
Вертикально- свердлильний верстат	4	7,5	30	0,14	0,6	1,33		4,2	5,60					
Точильно- шліфувальний верстат	1	7,5	7,5	0,14	0,6	1,33		1,05	1,40					
Прес	1	3,5	3,5	0,14	0,66	1,14		0,49	0,56					
Фрезерно- відрізний напівавтомат	2	12,5	25	0,14	0,6	1,33		3,50	4,67					
Токарний восьми- шпиндельний напівавтомат	3	12	36	0,14	0,6	1,33		5,04	6,72					
Універсальний заточувальний верстат	1	5,5	5,5	0,14	0,6	1,33		0,77	1,03					
Напівавтомат для заточування свердел	1	4,5	4,5	0,14	0,6	1,33		0,63	0,84					
Разом із змінним графіком	20		163	0,11			3,57	18,13	24,08	19,39	1,35	24,48	24,08	
З постійним графіком навантаження														
Вентиляційна установка	1	3,5	3,5	0,7	0,8	0,75		2,45	1,84					
Разом з постійним графіком	1		3,5					2,45	1,84			2,45	1,84	
Разом по цеху	21		166,5					20,58	25,92			26,93	25,92	37,37

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛНТУ.971080.000 ПЗ

Арк.

12

Силові електричні навантаження по інших об'єктах розраховуємо аналогічно і результати зведено в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахунок силових електричних навантажень

Назва об'єкту	P_n , кВт	Середнє навантаження за найбільш завантажену зміну	
		$P_{с.зм}$, кВт	$Q_{с.зм}$, кВАр
1 Виробничий корпус №1	283	110,50	118,50
2 Електроремонтний цех	195	65,30	71,30
3 Ковальсько-пресовий цех	165	98,50	85,60
4 Токарний цех	155	46,18	51,21
5 Складально-ремонтний цех	105,5	40,40	49,20
6 Механічний цех	166,5	20,58	25,92
7 Офісна будівля	30	15,10	13,80
Разом	1100	396,56	415,53

2.1.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Для виробничих приміщень приймаємо до встановлення систему загального рівномірного робочого освітлення, а також систему аварійного освітлення. Живлення освітлювальних приймачів передбачається здійснювати через відповідні освітлювальні розподільчі пристрої від мереж загального призначення разом з силовим навантаженням.

Напругу мережі освітлення приймаємо рівною 400/230 В.

Для ламп загального та місцевого освітлення приймаємо напругу 230В змінного струму промислової частоти 50 Гц; для ламп розжарення місцевого та ремонтного освітлення – 12 В змінного струму.

Прийнято до встановлення світильники з світлодіодними лампами.

Розрахунок освітлення приміщень виконано відповідно до норм проектування штучного освітлення [3].

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Розрахунок освітлювального навантаження

Назва об'єкта	F , м ²	$P_{\text{н.т.}}$, Вт/м ²	K_n	$P_{\text{н.о.}}$, Вт	$P_{\text{р.о.}}$, кВт	$Q_{\text{р.о.}}$, кВАр
Виробничий корпус №1	1296	11	0,9	14256	14,11	4,64
Електроремонтний цех	648	11	0,9	7128	7,06	2,32
Ковальсько-пресовий цех	648	10	0,9	6480	6,42	2,11
Токарний цех	1008	11	0,9	11088	10,98	3,61
Складально-ремонтний цех	756	11	0,9	8316	8,23	2,71
Механічний цех	756	11	0,9	8316	7,78	2,56
Офісна будівля	432	12	0,85	5184	5,13	1,69
Освітлення території	18000	0,5	1	9000	9	2,97
Разом				69768	68,7	22,59

2.2. Побудова картограми і визначення теоретичного ЦЕН

Необхідні для побудови картограми розрахунки виконуємо згідно методики в додатку А.

Для визначення центру електричних навантажень за генеральним планом визначено координати центрів навантаження кожного об'єкту.

Результати розрахунку записуємо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - Картограма електричних навантажень

Назва об'єкту	$P_{\text{с.з.м.}}$, кВт	$P_{\text{р.о.}}$, кВт	P_p , кВт	x , см	y , см	$P_p \cdot x$, кВт · см	$P_p \cdot y$, кВт · см	r , см	α
1 Виробничий корпус №1	110,50	14,11	124,61	41,4	10,3	5159,0	1283,5	4,45	40,77
2 Електроремонтний цех	65,30	7,06	72,36	41,9	20,1	3031,7	1454,4	3,39	35,11
3 Ковальсько-пресовий цех	98,50	6,42	104,92	21,5	20,1	2255,7	2108,8	4,09	22,01
4 Токарний цех	46,18	10,98	57,16	9,02	12,8	515,6	731,6	3,02	69,14
5 Складально-ремонтний цех	40,40	8,23	48,63	14,6	29	710,0	1410,4	2,78	60,94
6 Механічний цех	20,58	7,78	28,36	32,5	29,1	921,6	825,1	2,12	98,72
7 Офісна будівля	15,10	5,13	20,23	19,2	8,5	388,5	172,0	1,79	91,32
Разом	396,56	59,70	456,26			12982,0	7985,8		
Координати ЦЕН				28,45	17,5				

2.3. Розрахунок повного навантаження на шинах НН трансформаторів ТП

Результати розрахунку розрахункового ЕН на шинах 0,4 кВ ТП записуємо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 - Розрахункове навантаження

Найменування вузлів живлення	Силове навантаження		Освітлювальне навантаження		Розрахункове навантаження		
	$P_{с.зм}$, кВт	$Q_{с.зм}$, кВАр	$P_{р.о}$, кВт	$Q_{р.о}$, кВАр	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА
Виробничий корпус №1	110,50	118,50	14,11	4,64	124,61	123,14	175,19
Електроремонтний цех	65,30	71,30	7,06	2,32	72,36	73,62	103,22
Ковальсько-пресовий цех	98,50	85,60	6,42	2,11	104,92	87,71	136,75
Токарний цех	46,18	51,21	10,98	3,61	57,16	54,82	79,20
Складально-ремонтний цех	40,40	49,20	8,23	2,71	48,63	51,91	71,13
Механічний цех	20,58	25,92	7,78	2,56	28,36	28,48	40,19
Офісна будівля	15,10	13,80	5,13	1,69	20,23	15,49	25,48
Освітлення території			9	2,97	9,00	2,97	9,48
Разом	396,56	415,53	68,7	22,59	465,26	438,12	639,08

2.4. Вибір числа і потужності трансформаторів ТП і ККУ

Розрахунок кількості та потужності трансформаторів ТП, а також необхідної потужності низьковольтних комплектних конденсаторних установок виконано відповідно до методики їх вибору згідно [2], наведеної в додатку А.

Приймаємо потужність трансформатора $S_{ном.Т} = 400$ МВА.

Попередньо приймаємо коефіцієнт завантаження трансформаторів $K_z = 0,8$.

Мінімально необхідна кількість трансформаторів:

$$N_{\min} = \frac{465,26}{0,8 \cdot 400} = 1,45.$$

Приймаємо $N_T = 2$ шт.

Реактивна потужність, яку вигідно передати в мережу до 1 кВ:

$$Q_{\max T} = \sqrt{(2 \cdot 0,8 \cdot 400)^2 - 465,26^2} = 439,47 \text{ кВАр.}$$

Потужність конденсаторних батарей на напругу до 1 кВ:

$$Q_{нк1} = 438,12 - 439,47 = -1,34 \text{ кВАр.}$$

$Q_{нк1} < 0$, тому встановлення НБК не передбачено

Додаткова потужність НБК для зменшення втрат групи трансформаторів:

$$Q_{нк2} = 438,12 - 0,5 \cdot 2 \cdot 400 = 38,12 \text{ кВАр.}$$

Вибір типу ККУ здійснюємо згідно [4]. Приймаємо до встановлення дві ККУ типу ККУ-0,4-25/3-5-21У3 потужністю $Q_{ном} = 25$ кВАр.

Сумарна розрахункова потужність НБК:

$$Q_{нкф} = 0 + 50 = 50 \text{ кВАр.}$$

Для вибору економічно доцільної кількості та потужності трансформаторів та потужності ККУ виконуємо порівняння варіантів.

Попередньо вибираємо такі варіанти встановлення трансформаторів ТП:

I варіант – трансформатор типу ТМ-250/10: $\Delta P_{xx} = 1,05$ кВт; $\Delta P_{кз} = 3,7$ кВт.

II варіант – трансформатор типу ТМ-400/10: $\Delta P_{xx} = 1,45$ кВт; $\Delta P_{кз} = 5,5$ кВт.

III варіант – трансформатор типу ТМ-630/10: $\Delta P_{xx} = 2,27$ кВт; $\Delta P_{кз} = 7,6$ кВт.

Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.6.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6 – Вибір потужності трансформаторів

Параметр	I варіант	II варіант	III варіант
S_T , кВА	250	400	630
$N_{\min}$	2,33	1,45	0,92
N_T	3	2	1
$Q_{\max T}$, кВАр	378,85	439,47	193,77
$Q_{нк1}$, кВАр	59,27	-1,34	244,35
$Q_{нк1}^{кку}$	ККУ-0,4-25/3-5-21У3	-	ККУ-0,4-260/7-10-21У3
$Q_{нк1ф}$, кВАр	75	0	260
$Q_{нк2}$, кВАр	-11,88	38,12	-136,88
$Q_{нк2}^{кку}$, кВАр	-	ККУ-0,4-25/3-5-21У3	-
$Q_{нк2ф}$, кВАр	0	50	0
$Q_{нкф}$, кВАр	75	50	260
$K_{зТф}$	0,79	0,76	0,79
ΔP_{xx} , кВт	1,05	1,45	2,27
$\Delta P_{xx\Sigma}$, кВт	3,15	2,9	2,27
$\Delta P_{кз}$, кВт	3,7	5,5	7,6
$\Delta P_{м}$, кВт	6,87	6,31	4,75
B_{eT} , т.грн / рік	120,72	110,96	84,98
K_T , т.грн	570	516	335
$З_T$, т.грн / рік	303,12	276,08	192,18
$З_{кку}$, т.грн / рік	12,96	8,64	44,94
$З_{\Sigma}$, т.грн / рік	13,08	284,72	237,12

За результатами техніко-економічного порівняння варіантів та з урахування категорії надійності споживачів приймаємо до встановлення двотрансформаторну підстанцію з трансформаторами типу ТМ-400/10.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2.5. Компенсація реактивної потужності на вищих рівнях СЕП

Розрахунок потужності високовольтних батарей конденсаторів визначаємо згідно методики [2], порядок виконання якої наведено в додатку А.

Реактивне навантаження в години максимуму активного ЕН енергосистеми з урахуванням реактивного навантаження підприємства:

$$Q_{M1} = 0,79 \cdot 438,12 = 346,12 \text{ кВАр.}$$

Реактивна потужність, дозволена до використання в години максимуму активного навантаження енергосистеми $Q_{e.max} = 150 \text{ кВАр.}$

Потужність конденсаторних установок:

$$Q_{\kappa 1} = 346,12 - 150 = 196,12 \text{ кВАр.}$$

Нескомпенсована потужність в мережі високої напруги:

$$Q_{nc} = 438,12 - 50 + 40 = 428,12 \text{ кВАр}$$

Сумарна розрахункова потужність ВБК:

$$Q_{ВКБ} = 346,12 + 40 - 50 - 150 = 186,12 \text{ кВАр.}$$

Для забезпечення вимог енергосистеми необхідне додаткове встановлення високовольтних ККУ. Оскільки конструктивне виконання КТП ускладнює встановлення високовольтних ККУ, то передбачаємо встановлення ККУ необхідної потужності на шинах 0,4 кВ. Остаточного приймаємо до встановлення дві ККУ типу ККУ-0,4-130/4-10-21УЗ потужністю 130 кВАр кожна для забезпечення вимог енергосистеми.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП

Розрахункове навантаження на шинах високої напруги ТП визначено згідно методики [1, 2], порядок застосування якої наведено в додатку А.

Навантаження на шинах НН трансформаторної підстанції згідно таблиці 2.5:

$$P_{p3} = 465,26 \text{ кВт}; Q_{p3} = 438,12 \text{ кВАр}.$$

Потужність низьковольтних ККУ, встановлених на шинах 0,4 кВ ТП:

$$Q_{нкф} = 260 \text{ кВАр}.$$

Дійсний коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$K_{зТ} = \frac{\sqrt{465,26^2 + (438,12 - 260)^2}}{2 \cdot 400} = 0,62.$$

Для трансформатора типу ТМ-400/10:

$$\Delta P_{кз} = 5,5 \text{ кВт}; \Delta P_{хх} = 1,45 \text{ кВт}.$$

Втрати активної потужності в одному трансформаторі:

$$\Delta P_T = 0,62^2 \cdot 5,5 + 1,45 = 3,58 \text{ кВт}.$$

Розрахункова потужність на шинах 10 кВ трансформаторної підстанції:

$$S_{p4} = \sqrt{(465,26 + 7,16)^2 + 150^2} = \sqrt{472,43^2 + 150^2} = 495,67 \text{ кВА}.$$

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7. Розрахунок мережі зовнішнього електропостачання

2.7.1. Вибір джерела та напруги живлення

Вибір джерела живлення та рівня напруги електричної мережі є одним із етапів проектування системи електропостачання промислового підприємства, від правильності виконання якого залежить надійність, економічність і ефективність роботи всієї системи електропостачання.

На відстані 1,15 км від території підприємства розташована районна підстанція РПС 110/10 кВ, яка має достатній резерв потужності для забезпечення електропостачання проєктованого об'єкта. На підстанції передбачена резервна комірка на шинах напруги 10 кВ, що дозволяє підключити нове навантаження без необхідності реконструкції РУ-10 кВ трансформаторної підстанції. Наявність вільної комірки та запасу потужності створює сприятливі умови для підключення підприємства до існуючої РПС 110/10 кВ.

З урахуванням зазначених факторів РПС 110/10 кВ приймається як джерело живлення підприємства. Такий варіант є технічно доцільним і економічно обґрунтованим, оскільки забезпечує надійне електропостачання та не потребує значних додаткових витрат на будівництво нових джерел живлення.

Як номінальну напругу живлення підприємства приймаємо напругу 10 кВ, що є типовим рівнем напруги для електропостачання промислових об'єктів із подальшим перетворенням напруги на трансформаторних підстанціях до рівня 0,4 кВ для живлення електроприймачів підприємства.

Живлення підприємства передбачається здійснювати кабельними лініями електропередачі, прокладеними від шин 10 кВ районної підстанції до трансформаторної підстанції підприємства. Застосування кабельних ліній забезпечує підвищену надійність електропостачання, безпечність експлуатації та стійкість до впливу атмосферних умов, що є важливим для промислових об'єктів.

Живлення підприємства від РПС 110/10 кВ за допомогою КЛ 10 кВ забезпечує необхідний рівень надійності електропостачання та відповідає вимогам економічності й ефективності роботи СЕП підприємства.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7.2. Вибір перерізу КЛ до підприємства

Вибір перерізу КЛ зовнішнього електропостачання підприємства виконано за технічними умовами [1,2,5] з використанням методики, наведеної в додатку А.

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{495,67}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 10} = 13,63 \text{ А}.$$

Приймаємо до встановлення кабель марки ААБл-10 перерізом (3х35) мм², для якого табличне значення допустимого струму становить 115 А.

Для кабелів 10 кВ, прокладених в землі приймаємо: $k_1 = 1,06$; $k_2 = 0,91$.

Перевірка вибраного перерізу:

- за нагрівом струмом нормального режиму:

$$13,63 \text{ А} < 1,06 \cdot 0,91 \cdot 115 = 110,93 \text{ А}.$$

- за нагрівом струмом післяаварійного режиму:

$$2 \cdot 13,63 = 27,26 \text{ А} < 1,06 \cdot 1,35 \cdot 115 = 164,56 \text{ А}.$$

- за втратою напруги в лінії:

$$\Delta U = \frac{472,43 \cdot 0,89 \cdot 1,15 + 150 \cdot 0,095 \cdot 1,15}{10 \cdot 10^2} = 0,45\% < \Delta U_{\text{дон}} = 5\%.$$

Втрати напруги не перевищують допустимого значення.

Для вибору оптимального перерізу КЛ-10 кВ проведено техніко-економічне порівняння варіантів.

До розгляду прийнято кілька перерізів кабелів (табл. 2.7).

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7 - Стандартні перерізи ЛЕП

Марка	F , мм ²	$I_{дон}$, А	$I_{м.д.}$, А
ААБл-10 (3х35) мм ²	35	115	110,93
ААБл-10 (3х50) мм ²	50	140	135,04
ААБл-10 (3х95) мм ²	95	160	154,34

Критерієм техніко-економічної доцільності відповідного перерізу кабельної лінії є мінімум приведених затрат. Результати розрахунків для порівняння різних варіантів перерізів зведено в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 - Вибір економічно доцільного перерізу ЛЕП

F мм ²	$I_{м.д.}$ А	K_z	r_0 , Ом/км	ΔP_ρ , кВт	B_e , т.грн/рік	K , т.грн/рік	z_Σ , т.грн/рік
35	110,93	0,12	0,89	0,570	5,729	983,3	222,04
50	135,04	0,10	0,62	0,397	3,991	1063,8	238,02
95	154,34	0,09	0,443	0,284	2,852	1207,5	268,50

Приймаємо до встановлення КЛ-10 кВ типу ААБл-10 перерізом (3х35) мм², переріз якого відповідає умовам нагріву струмами нормального та післяаварійного режимів та мінімуму приведених затрат.

2.8. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 10 кВ

Розрахунок є важливим етапом проектування системи електропостачання промислового підприємства. Метою розрахунку струмів короткого замикання є визначення максимальних і мінімальних значень струмів аварійних режимів у різних точках електричної мережі. Отримані результати використовуються для вибору та перевірки комутаційно-захисної апаратури, струмопровідних елементів мережі (кабелів та шин). У мережах напругою 10 кВ найбільш небезпечним режимом для електрообладнання є трифазне симетричне коротке замикання, яке створює найбільші струми.

Розрахунок струмів короткого замикання виконуємо згідно методики [2], порядок застосування якої наведено в додатку А.

Розрахунок струмів короткого замикання виконується з урахуванням параметрів джерела живлення, ліній електропередачі, трансформаторів та інших елементів електричної мережі.

Для виконання розрахунку складається розрахункова схема електричної мережі, на якій відображаються всі основні елементи системи електропостачання, що впливають на значення струмів короткого замикання. До таких елементів належать джерело живлення, трансформатори, кабельні лінії електропередачі. На розрахунковій схемі зазначаються точки можливого виникнення короткого замикання.

Розрахункова схема зображена на рисунку 2.1.

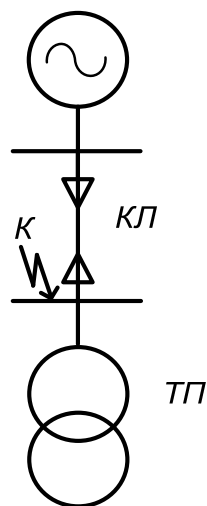


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема короткозамкненого кола

Розрахункова схема електричної мережі перетворюється у схему заміщення короткозамкненого кола. На схемі заміщення всі елементи системи електропостачання замінюються їхніми еквівалентними електричними опорами, які враховують активні та реактивні складові.

При цьому, джерело живлення замінюється еквівалентним внутрішнім опором енергосистеми, а трансформатори та кабельні лінії представляються їх індуктивними опорами. У результаті формується спрощена електрична схема, яка

дозволяє визначити повний опір короткозамкненого кола від джерела живлення до точки пошкодження. Схема заміщення зображена на рисунку 2.2.

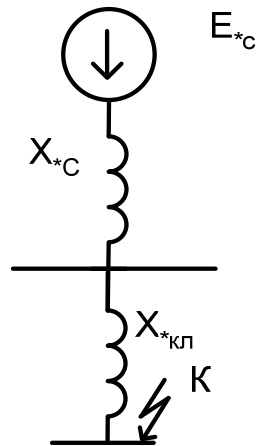


Рисунок 2.2 – Схема заміщення короткозамкненого кола

Для спрощення розрахунків струмів короткого замикання всі параметри елементів електричної мережі зводять до базових умов. Такий підхід дозволяє привести різнорідні параметри електрообладнання до єдиної системи величин.

Зведення параметрів елементів короткозамкненого кола виконуємо у відносних одиницях з використанням наближених коефіцієнтів трансформації трансформаторів [2].

Базова напруга: $U_{\delta} = U_{сер} = 10,5 \text{ кВ}$; базова потужність: $S_{\delta} = 100 \text{ МВА}$.

Потужність КЗ на шинах джерела живлення $S''_{кз} = 95 \text{ МВА}$.

ЕРС та опір системи, зведена до базових умов:

$$E_{с*_{\delta}}^0 = 1.$$

$$x_{с*_{\delta}}^0 = \frac{100}{95} = 1,053.$$

Опір лінії, зведений до базових умов:

$$x_{л*б}^0 = 0,095 \cdot 1,15 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,099.$$

Результуючий опір короткозамкненого кола:

$$X_{\Sigma КЗ}^0 = x_{с*б}^0 + x_{л*б}^0 = 1,053 + 0,099 = 1,152.$$

Базисний струм:

$$I_b = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА}.$$

Струм короткого замикання на шинах 10 кВ трансформаторної підстанції:

$$I_{КЗ}^{(3)} = \frac{1}{1,152} \cdot 5,5 = 3,57 \text{ кА}.$$

Ударний струм:

$$i_y = 1,37 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,57 = 6,91 \text{ кА}.$$

2.9. Перевірка перерізу КЛ-10 на термічну стійкість струму КЗ

Мінімальний переріз, термічно стійкий до струму короткого замикання визначаємо згідно методики, наведеної в додатку А.

Приведений час дії струму короткого замикання:

$$t_{np} = 0,2 + 0,05 = 0,25 \text{ с}.$$

Отже, мінімальний переріз КЛ, стійкий до дії струму КЗ:

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\min} = \frac{3570}{90} \sqrt{0,25} = 19,83 \text{ мм}^2.$$

Вибраний переріз КЛ-10 задовольняє умови термічної стійкості.

2.10. Вибір обладнання на напругу 10 кВ

Вибір обладнання виконуємо згідно методики, наведеної в додатку А.

2.10.1. Вибір роз'єднувачів

Приймаємо роз'єднувачі типу РВЗ – 10/400 УЗ [6], для якого: $U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$;

$$I_{\text{ном}} = 400 \text{ А}; i_{\text{дин}} = 41 \text{ кА}; I_{\text{терм}} = 16 \text{ кА}; t_{\text{терм}} = 4 \text{ с}.$$

Номінальна напруга роз'єднувача:

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}.$$

Номінальний струм роз'єднувача:

$$400 \text{ А} > 27,25 \text{ А}.$$

Для забезпечення динамічної стійкості роз'єднувача струмам КЗ:

$$41 \text{ кА} > 6,91 \text{ кА}.$$

Для забезпечення термічної стійкості роз'єднувача струмам КЗ:

$$16^2 \cdot 4 = 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > 3,57^2 \cdot 0,25 = 3,18 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибрані роз'єднувачі задовольняють умови перевірки. Приймаємо до встановлення роз'єднувач РВЗ - 10/400 УЗ.

2.10.2. Вибір вимикачів навантаження для трансформаторів

З боку високої напруги трансформатора в ТП передбачаємо встановлення камер одностороннього обслуговування типу КСО-393 з вимикачем навантаження серії ВНА в комплекті з запобіжником типу ПКТ.

Вимикачі вибираємо за номінальним значенням напруги і струму.

Попередньо приймаємо до встановлення на трансформаторній підстанції вимикачі навантаження типу ВНА-10/630-20-зп УЗ [6], для яких: $U_{ном} = 10$ кВ;

$$I_{ном} = 630 \text{ А}; i_{дин} = 50 \text{ кА}; I_{терм} = 20 \text{ кА}; t_{терм} = 1 \text{ с}$$

Попередньо приймаємо до встановлення запобіжники типу ПКТ101-10-31,5-12,5 УЗ, для яких: $I_{ном.а} = 31,5$ А; $I_{ном.вимкн.а} = 12,5$ кА

Номінальна напруга вимикача навантаження:

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}.$$

Номінальний струм вимикача навантаження:

$$630 \text{ А} > 27,25 \text{ А}.$$

Номінальний струм запобіжника:

$$31,5 \text{ А} > 27,25 \text{ А}.$$

Для забезпечення динамічної стійкості вимикача навантаження струмам КЗ:

$$50 \text{ кА} > 6,91 \text{ кА}.$$

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення термічної стійкості вимикача навантаження струмам КЗ:

$$20^2 \cdot 1 = 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > 3,57^2 \cdot 0,25 = 3,18 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Номінальний струм вимкнення запобіжника :

$$12,5 \text{ кА} > 3,57 \text{ кА}.$$

Вибраний вимикач задовольняє всі умови.

Зі сторони КЛ встановлюємо ВН типу ВНА-10/630-20-з УЗ.

2.10.3. Вибір контрольно-вимірювальних приладів

Для забезпечення постійного контролю за роботою окремих елементів системи електропостачання та обліку спожитої електричної енергії необхідно здійснювати вимірювання величини струму, напруги, потужності, електроенергії. З цією метою застосовують контрольно-вимірювальні прилади.

Для контролю електроспоживання на кожній секції шин РП джерела живлення передбачено встановлення багатотарифних багатофункціональних лічильників активної та реактивної енергії НІК 2303 АРТ2Т 1100 [7], який призначений для обліку вимірювання активної та реактивної електричної енергії у прямому напрямку або зворотному напрямку за диференційованими у часі тарифами в трифазних мережах змінного струму промислової частоти.

Для неперервного контролю величини струму на шинах РП джерела живлення встановлюємо амперметри типу ЦА 20204-3 ПАТ “Уманський завод “Мегомметр” [8].

На кожній секції шин для контролю за якістю електричної енергії встановлено вольтметри класу точності 0,5 типу ЦВ0303-2 [8].

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.10.4. Вибір трансформаторів струму на шинах джерела живлення

Трансформатори струму вибираються за номінальним струмом і напругою, за напругою вторинного кола і перевіряємо за динамічною та термічною стійкістю до струмів короткого замикання.

Вибираємо трансформатор струму з двома магнітопроводами та двома вторинними обмотками: клас точності 0,5 – для кіл релейного захисту.

Попередньо в комірці джерела живлення приймаємо трансформатор струму типу ТПЛ-10 УЗ [9], для якого: $U_{ном} = 10$ кВ; $I_{1ном} = 50$ А; $I_{2ном} = 5$ А; $i_{дин} = 51$ кА; $I_{терм} = 5,5$ кА; $t_{терм} = 1$ с; $Z_{ном} = 0,4$ Ом; $S_{2ном} = 10$ ВА.

У вторинному колі трансформатора струму встановлений амперметр, лічильник активної та реактивної енергії. Навантаження вторинного кола ТС розраховано в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Навантаження вторинного кола трансформатора струму

Прилад	Тип	Навантаження фази, ВА		
Амперметр	ЦА 20204-3	0,5	0,5	0,5
Лічильник активної та реактивної енергії	НІК 2303 АРТ2Т 1100	0,05	–	0,05
Разом		0,55	0,5	0,55

Перевірка попередньо вибраного трансформатора струму на дотримання технічних умов зведена в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Вибір трансформаторів струму

Умова вибору	Перевірка виконання умови вибору
$U_n \geq U_{уст}$	$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}.$
$I_{1ном} > I_{р. тах}$	$50 \text{ А} > 27,25 \text{ А}.$
$i_{дин} > i_{уд}$	$51 \text{ кА} > 6,91 \text{ кА}.$
$(I_{терм})^2 t_{нтерм} > B_k$	$5,5^2 \cdot 1 = 30,25 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > 3,57^2 \cdot 0,25 = 3,18 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$
$S_{2ном} > S_2$	$10 \text{ ВА} > 0,55 \text{ ВА}$

При виборі з'єднувальних проводів від трансформатора струму до приладів, враховуємо те, що індуктивний опір струмових кіл невеликий.

Опір приладів приєднаних до трансформатора струму:

$$r_{\text{прил}} = \frac{0,55}{5^2} = 0,022 \text{ Ом}.$$

За умовою міцності для алюмінієвих жил переріз проводу не повинен бути меншим 4 мм². Для приєднання приладів до трансформаторів струму використано кабель АКВВГ з жилами перерізом 4 мм².

Величина опору проводу з врахуванням вибраного перерізу:

$$r_{\text{пр}} = \frac{0,0283 \cdot 9,8}{4} = 0,06 \text{ Ом}.$$

Значення номінального навантаження вторинної обмотки трансформатора струму:

$$Z_2 = 0,022 + 0,05 + 0,06 = 0,132 \text{ Ом}.$$

$$0,4 \text{ Ом} > 0,132 \text{ Ом}.$$

Вибраний трансформатор струму задовольняє всі умови.

2.11. Проектування внутрішньозаводського електропостачання

2.11.1. Вибір схеми низьковольтної мережі

Розподіл електричної енергії до груп споживачів цехів здійснюється через розподільчі пристрої 0,4 кВ цехів.

Живлення розподільчих пристроїв цехів здійснюється по радіальній схемі кабельними лініями, прокладеними в землі.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.11.2. Вибір ввідних розподільчих пристроїв

Вибір розподільчих пристроїв виконано за розрахунковим струмом [10].

Розподільчі пристрої серії ПР-11 призначені для прийому і розподілу електричної енергії, захисту електричних установок напругою до 660 В змінного струму частотою 50 Гц при перевантаженнях і коротких замиканнях, а також нечастих (не більше 6 разів на годину) включень і відключень електричних ланцюгів і пусків асинхронних електродвигунів. Прийнято до встановлення розподільчі пристрої серії ПР-11 [11] з автоматичними вимикачами серії ВА2004 та обслуговуванням через передні дверцята. Управління ввідним і фідерними автоматами можливо тільки при відкритих дверях пункту розподільного

Результати вибору наведено в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Вибір ввідних розподільчих пристроїв

Найменування об'єкту	S_p , кВА	К- сть	$I_{p.n.}$, А	$I_{p.n.max}$, А	Типо- виконання	$I_{ном.п.}$, А	Позна- чення
Виробничий корпус №1	175,19	2	126,43	252,87	3086А-21У3	400	ПР1, ПР2
Електроремонтний цех	103,22	2	74,50	148,99	3086А-21У3	250	ПР3, ПР4
Ковальсько-пресовий цех	136,75	2	98,69	197,38	3086А-21У3	250	ПР5, ПР6
Токарний цех	79,20	2	57,15	114,31	3086А-21У3	250	ПР7, ПР8
Складально-ремонтний цех	71,13	2	51,33	102,67	3086А-21У3	250	ПР9, ПР10
Механічний цех	40,19	2	29,00	58,00	3086А-21У3	250	ПР11, ПР12
Офісна будівля	25,48	1	36,78	36,78	3086А-21У3	250	ПР13

2.11.3. Вибір перерізу КЛ низьковольтної мережі електропостачання

Переріз кабельних ліній, що живлять розподільчі пункти цехів, вибираємо згідно методики, наведеної в додатку А.

Для живлення ПР вибираємо кабель типу ВБбШв-1 з мідними жилами, ізоляцією і зовнішньою оболонкою з полівінілхлоридного пластикату, поясною ізоляцією у вигляді полімерної стрічки, бронею з сталевих оцинкованих стрічок.

Результати розрахунку зведемо в таблицю 2.12.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Таблиця 2.12 – Вибір перерізів кабельних ліній напругою 0,4 кВ

Лінія	S_p , кВА	I_p , А	F_T , мм ²	$I_{дон}$, А	$I_{т.дон}$, А	$I_{n/ав}$, А	$I_{д.н/ав}$, А	l , км	r_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	x_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	ΔU , %
ТП-ПР1(ПР2)	175,19	126,43	50	225	201,84	252,87	299,44	0,055	0,37	0,0625	1,85
ТП-ПР3(ПР4)	103,22	74,50	25	150	134,56	148,99	199,62	0,075	0,74	0,0662	2,74
ТП-ПР5(ПР6)	136,75	98,69	35	180	161,47	197,38	239,55	0,048	0,53	0,0637	1,84
ТП-ПР7(ПР8)	79,20	57,15	16	115	103,16	114,31	153,05	0,075	1,16	0,0675	3,28
ТП-ПР9(ПР10)	71,13	51,33	16	115	103,16	102,67	153,05	0,11	1,16	0,0675	4,12
ТП-ПР11(ПР12)	40,19	29,00	10	90	80,74	58,00	119,77	0,105	1,84	0,073	3,56
ТП-ПР13	25,48	36,78	10	90	80,74	36,78	119,77	0,035	1,84	0,073	0,84

2.12. Розрахунок струмів КЗ в мережі до 1 кВ

У мережах низької напруги розрахунок струмів короткого замикання має ряд особливостей, пов'язаних із відносно малими опорами елементів мережі, значним впливом активних опорів провідників та невеликою довжиною кабельних ліній. На відміну від мереж високої напруги, де основну роль відіграє реактивний опір, у мережах до 1 кВ необхідно враховувати як активні, так і індуктивні складові повного опору кола короткого замикання.

Розрахунок струмів КЗ починається зі складання розрахункової схеми електричної мережі, яка відображає реальну структуру системи електропостачання від джерела живлення до точки можливого короткого замикання. У розрахункову схему включаються всі елементи, що впливають на величину струму КЗ, а саме: силові трансформатори; кабельні лінії електропередачі; шинопроводи; шини розподільчих пристроїв; інші елементи мережі, що знаходяться на шляху струму КЗ. В схемі заміщення короткозамкненого кола кожен елемент мережі характеризується комплексним опором, що складається з активної та індуктивної складових. У схемі заміщення короткозамкненого кола враховують опори: силового трансформатора; кабельних ліній; шин; контактних з'єднань і комутаційної апаратури.

Розрахунок струмів короткого замикання на шинах 0,4 кВ ТП, на шинах розподільчих пристрів, що живляться від ТП, виконано згідно методики [2], порядок застосування якої наведено в додатку А.

Розрахункова схема короткозамкненого кола мережі живлення представлена на рис. 2.3, а її схема заміщення на рис 2.4.

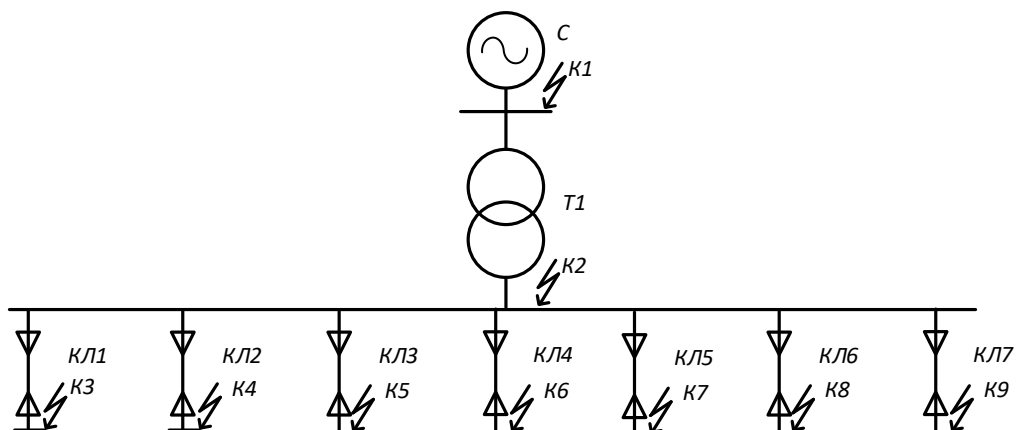


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема короткозамкненого кола

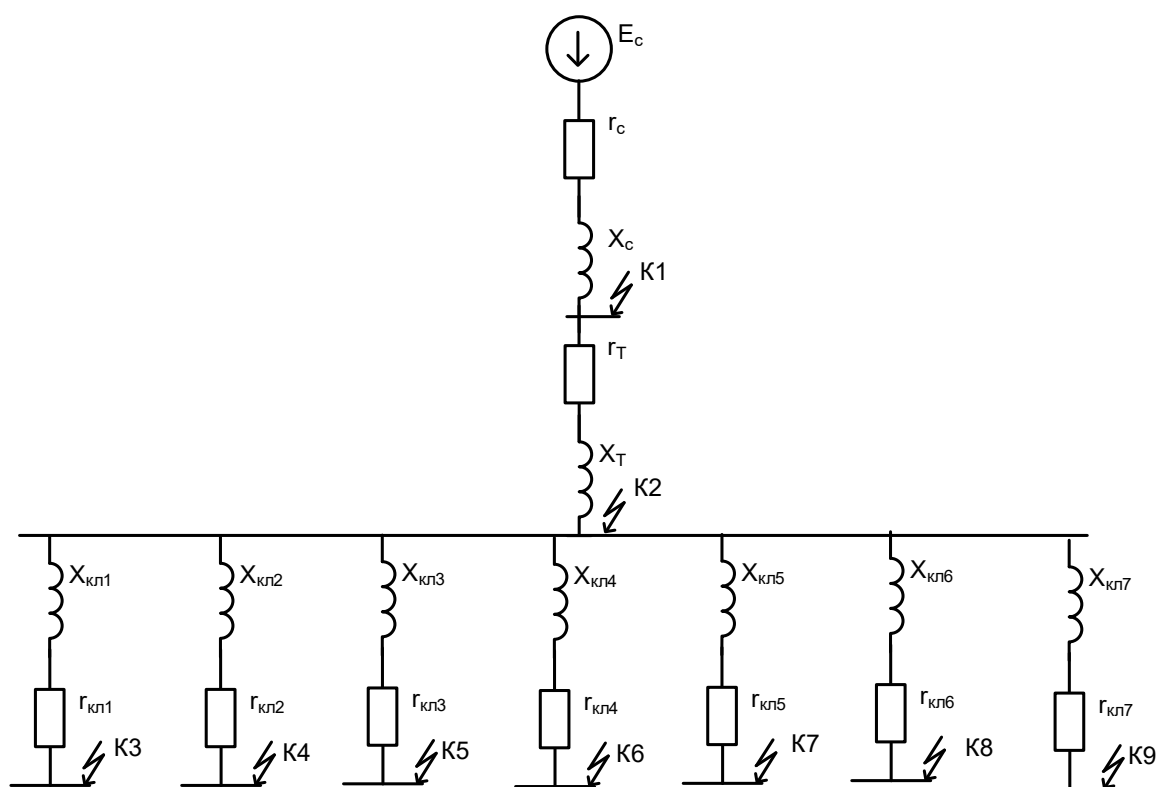


Рисунок 2.4 – Схема заміщення короткозамкненого кола

Для розрахунку струму КЗ параметри елементів зведено до базових умов з використанням наближених коефіцієнтів трансформації.

За базову напругу прийнято середню напругу рівня КЗ, тобто 0,4 кВ.

Опір системи:

$$x_c = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 3,57} = 1,699 \text{ Ом},$$

$$r_c = 0,89 \cdot 1,15 = 1,023 \text{ Ом}$$

Опір системи зведений до базисних умов:

$$x_c^0 = 1,699 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 2,465 \text{ мОм}.$$

$$r_c^0 = 1,023 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 1,485 \text{ мОм}.$$

Активний та реактивний опір трансформатора, зведений до базових умов:

$$x_{mp}^0 = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100} \right)^2 - \left(\frac{0,0055}{0,4} \right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{0,4} = 17,14 \text{ мОм};$$

$$r_{mp}^0 = \frac{0,0055}{0,4} \cdot \frac{0,4^2}{0,4} = 5,5 \text{ мОм}.$$

Результуючий короткозамкненого кола до точки короткого замикання К2 (при цьому враховуємо, що при КЗ на шинах підстанції $r_{\partial\partial\partial} = 15 \text{ мОм}$):

$$x_{рез} = x_c + x_{tp} = 2,465 + 17,14 = 19,604 \text{ мОм};$$

$$r_{рез} = r_c + r_{tp} + r_{\partial\partial\partial} = 1,485 + 5,5 + 15 = 21,985 \text{ мОм}.$$

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{рез} = \sqrt{19,604^2 + 21,985^2} = 29,457 \text{ мОм}.$$

Струм короткого замикання:

$$I''_{кз} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 29,457} = 7,84 \text{ кА}.$$

Враховуючи, що $T = \frac{x}{r} = \frac{19,604}{21,985} = 0,89$, приймаємо: $k_y = 1,02$.

Ударний струм :

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,02 \cdot 7,84 = 11,31 \text{ кА}.$$

Розрахунок струму в інших точках виконуємо аналогічно.

Під час розрахунку струмів короткого замикання на шинах розподільчих пристрів, що живляться від ТП враховується опір кабельних ліній до РП цехів.

Опір КЛ до РП цехів, зведений до базових умов, наведено в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 - Опори ліній, зведені до базових умов

Лінія	l , км	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	r_l^0 , мОм	x_l^0 , мОм
ТП-ПР1(ПР2)	0,055	0,37	0,0625	20,35	3,438
ТП-ПР3(ПР4)	0,075	0,74	0,0662	41,54	4,188
ТП-ПР5(ПР6)	0,048	0,53	0,0637	25,44	3,058
ТП-ПР7(ПР8)	0,075	1,16	0,0675	87,0	5,063
ТП-ПР9(ПР10)	0,11	1,16	0,0675	127,6	7,425
ТП-ПР11(ПР12)	0,105	1,84	0,073	193,2	7,665
ТП-ПР13	0,035	1,84	0,073	64,4	2,555

Результати розрахунку струму КЗ зведено в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Результати розрахунку струму КЗ

Точка КЗ	$x_{рез}$, мОм	$r_{дод}$, мОм	$r_{рез}$, мОм	$Z_{рез}$, мОм	$I''_{кз}$, кА	k_y	i_y , кА
К2	19,604	15	21,985	29,457	7,84	1,02	11,31
К3	23,04	20	47,34	52,65	4,39	1	6,2
К4	23,79	20	68,53	72,54	3,18	1	4,5
К5	22,66	20	52,43	57,11	4,04	1	5,72
К6	24,67	20	113,99	116,62	1,98	1	2,8
К7	27,03	20	154,59	156,93	1,47	1	2,08
К8	27,27	20	220,19	221,87	1,04	1	1,47
К9	22,16	20	91,39	94,03	2,46	1	3,47

2.13. Вибір обладнання на напругу 0,4 кВ

2.13.1. Вибір комірок розподільчого пристрою 0,4 кВ ТП

Приймаємо до встановлення панелі розподільчих щитів типу ЩО-90 [12] з автоматичними вимикачами серії FMC [13].

Результати вибору зводимо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Вибір комірок розподільчого пристрою 0,4 кВ ТП

Назва панелі	I_p , А	Тип панелі	Комутаційний апарат	$I_{ном}$, А	Кількість панелей
Ввідна	719,08	ЩО90-2113 УЗ	РЕ 19-41 FMC7A	1000 1000	2
Секційна	359,54	ЩО90-2502 УЗ	РЕ19-39 FMC7A	2x630 1000	1
Лінійна	252,87 148,99	ЩО90-2323 УЗ	РЕ19-39 FMC4/3U FMC3/3U	2x630 2x400 2x250	2
Лінійна	114,31	ЩО90-2323 УЗ	РЕ19-39 FMC3/3U	2x630 4x250	2

2.13.2. Вибір автоматичних вимикачів

Вибір та перевірку автоматичних вимикачів на відповідність умовам виконуємо згідно методики, наведеної в додатку А.

Результати вибору автоматичних вимикачів ТП зведено в таблицю 2.16.

Таблиця 2.16 – Вибір автоматичних вимикачів РУ-0,4 кВ ТП

Місце встановлення	$I_{р.утяж},$ А	$1,25 \cdot I_{р.утяж},$ А	$I_n,$ кА	Тип вимикача	$I_{ном},$ А	$I_{ном.розч},$ А	$I_{відкл},$ кА
Ввід до ТП1	719,08	898,85	7,84	FMC9A	1000	1000	50
Секційний вимикач	359,54	449,43	7,84	FMC8A	630	630	35
ТП-ПР1(ПР2)	252,87	316,08	4,39	FMC4/3U	400	400	25
ТП-ПР3(ПР4)	148,99	186,24	3,18	FMC3/3U	250	250	25
ТП-ПР5(ПР6)	197,38	246,72	4,04	FMC4/3U	400	400	25
ТП-ПР7(ПР8)	114,31	142,89	1,98	FMC3/3U	250	160	25
ТП-ПР9(ПР10)	102,67	128,33	1,47	FMC3/3U	250	160	25
ТП-ПР11(ПР12)	58,00	72,50	1,04	FMC3/3U	250	100	25
ТП-ПР13	36,78	45,97	2,46	FMC3/3U	250	63	25

Результати вибору вимикачів, встановлених на вводі в цехових розподільчих пристроях, зведено в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Вибір автоматичних вимикачів розподільчих пунктів

Місце встановлення	$I_{р.утяж},$ А	$1,25 \cdot I_{р.утяж},$ А	$I_n,$ кА	Тип вимикача	$I_{ном},$ А	$I_{ном.розч},$ А	$I_{відкл},$ кА
ПР1(ПР2)	252,87	316,08	4,39	ВА2004/400	400	400	35
ПР3(ПР4)	148,99	186,24	3,18	ВА2004/250	250	200	35
ПР5(ПР6)	197,38	246,72	4,04	ВА2004/400	400	300	35
ПР7(ПР8)	114,31	142,89	1,98	ВА2004/250	250	175	35
ПР9(ПР10)	102,67	128,33	1,47	ВА2004/250	250	150	35
ПР11(ПР12)	58,00	72,50	1,04	ВА2004/100	100	100	35
ПР13	36,78	45,97	2,46	ВА2004/100	100	75	35

2.13.3. Вибір рубильників

В панелях ТП прийнято до встановлення рубильник серії РЕ19.

Перевірка попередньо вибраних рубильників на дотримання технічних умов зведена в таблицю 2.18.

Таблиця 2.18 – Вибір рубильників

Тип	$U_n \geq U_{уст}$	$I_{ном} > I_{р. max}$	$i_{дин} \geq i_y$
РЕ 19-41	10 кВ = 10 кВ	1000А > 719,08 А	100 кА > 11,31 кА
РЕ 19-39	10 кВ = 10 кВ	630А > 359,54 А	32 кА > 11,31 кА
РЕ 19-39	10 кВ = 10 кВ	630А > (252,87+197,38) = 450,25 А	32 кА > 6,2 кА

2.13.4. Вибір трансформаторів струму

Для організації комерційного обліку електричної енергії на вводі в розподільчий пристрій 0,4 кВ трансформаторів і технічного обліку – на кожному фідері, що відходить від розподільчого пристрою 0,4 кВ ТП встановлюємо трансформатори струму. У вторинному колі трансформатора струму встановлені амперметр типу ЦА 20204-3 [8], лічильники активної та реактивної енергії типу НІК 2303 АРК2Т 1100 [7] з прямим підключенням по напрузі і трансформаторним підключенням по струму до кіл навантаження, які призначені для вимірювання активної та реактивної енергії в прямому і зворотному напрямках, повної потужності, коефіцієнта потужності, середньоквадратичного значення напруги і сили струму.

Вибір трансформаторів струму здійснюємо за номінальним струмом і напругою, за напругою вторинного кола і перевіряємо за динамічною та термічною стійкістю до струмів короткого замикання.

Попередньо приймаємо трансформатори струму [8]:

- на вводі в РП-0,4 кВ - ТС типу Т-066-2, для якого: $U_{ном} = 660$ В;
 $I_{1ном} = 1000$ А; $I_{2ном} = 5$ А; $Z_{2ном} = 0,4$ Ом; $S_{2ном} = 10$ ВА; $i_{дин} = 51$ кА;
 $I_{терм} = 10$ кА; $t_{терм} = 1$ с;

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- в комірках лінійних фідерів, що відходять від РП-0,4 - ТС типу Т-066, для якого: $U_{ном} = 660$ В; $I_{1ном} = 300$ А; $I_{2ном} = 5$ А; $Z_{2ном} = 0,4$ Ом; $S_{2ном} = 10$ ВА; $i_{дин} = 40$ кА; $I_{терм} = 10$ кА; $t_{терм} = 1$ с.

Розрахунок навантаження вторинного кола ТС зведено в таблицю 2.19.

Таблиця 2.19 – Навантаження вторинного кола трансформатора струму

Прилад	Тип	Навантаження фази, ВА		
Амперметр	ЦА 20204-3	0,5	0,5	0,5
Лічильник енергії	НІК 2303 АРК2Т 1100	0,05	0,05	0,05
Всього		0,55	0,55	0,55

Перевірка попередньо вибраного трансформатора струму на дотримання технічних умов зведена в таблицю 2.20.

Таблиця 2.20 – Вибір трансформаторів струму

Розрахункові дані			Каталожні дані		
Параметр	для ТС в ввідній комірці	для ТС в комірці фідерів	Параметр	для ТС в ввідній комірці	для ТС в комірці фідерів
$U_{уст}$, кВ	0,4	0,4	$U_{ном}$, кВ	0,66	0,66
$I_{утяг}$, А	719,08	252,87	$I_{1ном}$, А	1000	300
			$I_{2ном}$, А	5	5
$I_{п.0}$, кА	7,84	4,39			
$i_{уд}$, кА	11,31	6,2	$i_{дин}$, кА	51	40
B_k , $кА^2 \cdot с$	15,37	4,81	$I_{терм}^2 \cdot t_{нтерм}$, $кА^2 \cdot с$	$10^2 \cdot 1 = 100$	$10^2 \cdot 1 = 100$
S_2 , ВА	0,55	0,55	$S_{2ном}$, ВА	10	10

Опір приладів приєднаних до трансформатора струму:

$$r_{прил} = \frac{0,55}{5^2} = 0,022 \text{ Ом}.$$

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Для приєднання приладів до трансформаторів струму використано кабель АКВВГ з жилами перерізом 4 мм².

Опір проводу:

$$r_{np} = \frac{0,0283 \cdot 20}{4} = 0,12 \text{ Ом}.$$

Значення номінального навантаження вторинної обмотки ТС:

$$Z_2 = 0,022 + 0,05 + 0,12 = 0,192 \text{ Ом}.$$

$$0,4 \text{ Ом} > 0,132 \text{ Ом}$$

Вибраний трансформатор струму задовольняє всі умови.

2.14. Розрахунок цехового електропостачання

2.14.1. Вибір схеми цехової мережі

Цехове електропостачання призначене для розподілу електричної енергії безпосередньо до електроприймачів виробничого цеху. Однією з характерних особливостей цехових мереж є значна кількість електроприймачів відносно невеликої потужності, які розташовані на значній площі виробничого приміщення. Схема повинна забезпечувати необхідний рівень надійності електроживлення, використання індустріальних методів монтажу, зручність експлуатації та можливість подальшого розширення виробництва.

Живлення низьковольтних споживачів цеху виконуємо від двох розподільчих пристроїв ПР11, ПР12 типу ПР11-3086А-21У3 з ввідним вимикачем ВА2004 ($I_{ном} = 100 \text{ А}$) і лінійними вимикачем ВА2004 ($I_{ном} = 50 \text{ А}$).

Розподільчі пункти заживлено від шин 0,4 кВ трансформаторної підстанції за допомогою кабельних ліній типу ВВБШв-1 перерізом (4х10) мм².

Розподіл електроенергії до цехових споживачів здійснюється через

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розподільчі пристрої по радіальній схемі за допомогою окремих ліній, прокладених в підлозі в металорукавах. Радіальні схеми характеризуються високою надійністю та зручністю захисту окремих ділянок мережі.

2.14.2. Розрахунок цехової мережі живлення

Основними споживачами електроенергії є металообробні верстати різного призначення, преси, електротельфер, вентиляційні установки, розраховані на змінний трифазний струм промислової частоти 50 Гц і напругу 400 В.

Оточуюче середовище в цеху нормальне.

Живлення окремих електроприймачів виконується кабелем марки ВВГ-1 з мідними жилами, з ізоляцією, міжжилним заповненням і оболонкою з полівінілхлоридного пластикату.

Результати вибору перерізів ліній зведено в таблицю 2.21.

Таблиця 2.21 - Вибір січень ліній живлення електроприймачів

Номер споживача	$P_{ном}$, кВт	$\cos \varphi$	I_p , А	F , мм ²	$I_{доп}$, А
Електротельфер	5,5	0,5	15,88	4x2,5	25
Верстат горизонтально-розточувальний	10	0,6	24,06	4x4	35
Токарний верстат	8	0,6	19,25	4x2,5	25
Радіально-свердильний верстат	5,5	0,6	13,23	4x2,5	25
Токарно-револьверний верстат	6,5	0,6	15,64	4x2,5	25
Вертикально-свердильний верстат	7,5	0,6	18,04	4x2,5	25
Точильно-шліфувальний верстат	7,5	0,6	18,04	4x2,5	25
Прес	3,5	0,66	7,65	4x2,5	25
Фрезерно-відрізний напівавтомат	12,5	0,6	30,07	4x4	35
Токарний восьмишпиндельний напівавтомат	12	0,6	28,87	4x4	35
Універсальний заточувальний верстат	5,5	0,6	13,23	4x2,5	25
Напівавтомат для заточування свердел	4,5	0,6	10,83	4x2,5	25
Вентиляційна установка	3,5	0,8	6,31	4x2,5	25

2.14.3. Перевірка комутаційної апаратури

Результати перевірки комутаційної апаратури, встановленої в цехових розподільчих пристроях, зведено в таблицю 2.22.

Таблиця 2.22 – Перевірка автоматичних вимикачів цехових РП

Місце встановлення	$I_{p.утяж},$ А	$1,25 \cdot I_{p.утяж},$ А	$I_n,$ кА	Тип вимикача	$I_{ном},$ А	$I_{ном.розч},$ А	$I_{відкл},$ кА
Електротельфер	15,88	19,85	1,04	ВА2004/50	50	30	18
Верстат горизонтально-розточувальний	24,06	30,07	1,04	ВА2004/50	50	50	18
Токарний верстат	19,25	24,06	1,04	ВА2004/50	50	20	18
Радіально-свердлильний верстат	13,23	16,54	1,04	ВА2004/50	50	20	18
Токарно-револьверний верстат	15,64	19,55	1,04	ВА2004/50	50	20	18
Вертикально-свердлильний верстат	18,04	22,55	1,04	ВА2004/50	50	20	18
Точильно-шліфувальний верстат	18,04	22,55	1,04	ВА2004/50	50	20	18
Прес	7,65	9,57	1,04	ВА2004/50	50	20	18
Фрезерно-відрізний напівавтомат	30,07	37,59	1,04	ВА2004/50	50	20	18
Токарний восьмишпиндельний напівавтомат	28,87	36,08	1,04	ВА2004/50	50	30	18
Універсальний заточувальний верстат	13,23	16,54	1,04	ВА2004/50	50	30	18
Напівавтомат для заточування свердел	10,83	13,53	1,04	ВА2004/50	50	30	18
Вентиляційна установка	6,31	7,89	1,04	ВА2004/50	50	30	18

2.14.4. Розрахунок освітлювальної установки цеху

Розрахунок освітлювальної установки проведемо методом коефіцієнта використання [10], методику застосування якого наведено в додатку А.

Вихідні дані до розрахунку наведено в таблиці 2.23.

Результати розрахунку освітлювальної установки зведено в таблицю 2.24.

Таблиця 2.23 – Вихідні дані до розрахунку освітлювальної установки

Параметр	Значення параметру
$S, \text{ м}^2$	18x42=756
$E_{\min}, \text{ ЛК}$	200
$h, \text{ м}$	6
$h_p, \text{ м}$	0,8
$h_c, \text{ м}$	0,2
$\rho_c, \%$	70
$\rho_{ст}, \%$	50
$\rho_n, \%$	30

Таблиця 2.24 – Результати розрахунку освітлювальної установки

Параметр	Значення параметру
$H_p, \text{ м}$	5
i	2,52
η	0,73
K_z	1,3
$\Phi_p, \text{ ЛМ}$	309649,32
Тип світильника	Ватра ДСП17В
$\Phi_{л}, \text{ ЛМ}$	14750
$P_{вст}, \text{ Вт}$	100
КСС	Д
$N, \text{ шт.}$	21
L/h	1,2÷1,6
$L, \text{ м}$	6÷8
$L_{\text{прійн}}, \text{ м}$	7
$l, \text{ м}$	2,1÷3,5
$l_{\text{прійн}}, \text{ м}$	2
$n_A, \text{ шт.}$	7
$n_B, \text{ рядів}$	3
$L_A, \text{ м}$	6,33
$L_B, \text{ м}$	7
$N_{\phi}, \text{ шт.}$	21
$\Phi_{р.л}, \text{ ЛМ}$	14745,21
$E_{\phi}, \text{ ЛК}$	200,07
$E, \%$	0,03

Прийнято до встановлення 3 ряди світильників по 7 світильників в ряду.
Живлення освітлення здійснюється від освітлювального щитка ЩО-6.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНО-РОЗТОЧУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТУ

3.1. Характеристика верстату та його особливостей його роботи

Розточувальні верстати належить до групи металорізальних верстатів, призначених для обробки із високою точністю великих і середніх за розмірами корпусних деталей (рам, станин та інших складних конструкцій) з точними отворами, зв'язаними між собою точними відстанями. Верстати даної групи призначені для виконання таких операцій: свердління, розточування, зенкерування, розгортання та фрезерування отворів, нарізання різьби, фрезерування площин і пазів висувним шпинделем, а також обточування горців, розточування отворів і кільцевих канавок радіальним супортом планшайби.

Горизонтально-розточувальний верстат має радіальний супорт на вбудованій планшайбі і нормальний висувний розточувальний шпиндель і призначений переважно для робіт, що вимагають застосування радіального супорта при обточуванні торцевих поверхонь і консольному розточуванні отворів великих діаметрів, а також для роботи висувним шпинделем. Верстат дозволяє виконувати такі операції: розточування внутрішніх циліндричних і конічних поверхонь; свердління та розсвердлювання отворів; обробку торцевих поверхонь; фрезерування площин і пазів висувним шпинделем; нарізання різьби в отворах і кільцевих канавок радіальним супортом планшайби.

Основною особливістю роботи горизонтально-розточувального верстата є горизонтальне розташування шпинделя, у якому закріплюється різальний інструмент. Під час роботи інструмент здійснює обертальний рух, а деталь або стіл верстата переміщується у різних напрямках, що забезпечує виконання необхідних технологічних операцій.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив	Ткачук				Проектування системи електропостачання ремонтного заводу встановленою потужністю 1100 кВт Пояснювальна записка.	Літ.	Аркуш	Аркушів			
Перевірів	Давиденко							45	11		
						ФАБЕ, гр. ЕЕ-43					
Н.контроль	Ващелюк										
Затвердив	Волинець										

Конструкція верстата забезпечує координатне переміщення робочих органів, що дозволяє точно позиціонувати інструмент відносно оброблюваної деталі. У процесі обробки деталі верстат виконує ряд рухів: головний рух - обертання шпинделя з інструментом; рухи подачі - переміщення столу або інструмента у горизонтальному чи вертикальному напрямках; допоміжні рухи - швидке переміщення механізмів, установлення інструменту, подача охолоджувальної рідини. Кінематична схема верстату дозволяє здійснювати: обертання шпинделя і планшайби; подачу шпинделя, розточувальної бабки, радіального супорта, люнети, а також повздовжнє, поперечне і кругове переміщення столу.

До складу електрообладнання входять електродвигуни, апаратура керування, системи захисту, електричні шафи та допоміжні електричні пристрої. Основними елементами електрообладнання горизонтально-розточувального верстата є: електродвигун головного руху, який забезпечує обертання шпинделя верстата; електродвигуни подачі, що приводять у рух механізми переміщення столу, шпиндельної бабки або супорта; електродвигуни допоміжних механізмів (насоси системи змащування, охолодження, гідравлічні установки); система електричного керування, яка включає контактори, реле, пускачі, кнопкові пости та інші елементи керування; апаратура захисту, що забезпечує захист електродвигунів та електричних ланцюгів від перевантажень, коротких замикань та аварійних режимів; сигнальні та контрольні пристрої, призначені для індикації режимів роботи верстата. Електрообладнання горизонтально-розточувального верстата забезпечує привод основних і допоміжних механізмів, керування роботою верстата, а також його захист і безпечну експлуатацію.

Основні технологічні параметри обробки деталі:

- швидкість різання: $v=300\text{м/хв}$;
- діаметр розточувального шпинделя: $d=80\text{мм}$;
- подача: $s=2,2\text{ мм/об}$;
- матеріал заготовки – сталь.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Процес обробки деталей чергується з операціями встановлення, закріплення та вимірювання заготовок. Робота горизонтально-розточувального верстата характеризується змінним навантаженням електроприводів, що пов'язано з різними режимами різання та періодичною зміною технологічних операцій. Для роботи обладнання характерні часті зміни швидкості обертання шпинделя та подачі, що забезпечує оптимальні умови різання для різних матеріалів.

Основний електропривод працює переважно у тривалому або змінному режимі, тоді як електроприводи подачі мають повторно-короткочасний режим роботи. Для забезпечення якісної обробки деталей електроприводи повинні забезпечувати плавний пуск, стабільність швидкості обертання шпинделя та точність переміщення робочих органів.

Для приводу основних механізмів використовуються асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором, які характеризуються високою надійністю, простотою конструкції та невибагливістю в експлуатації.

3.2. Розрахунок потужності та вибір електродвигуна головного приводу

Частота обертання шпинделя на 1 ступені:

$$n = \frac{300 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 80} = 1200 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо для сталі $c = 0,86$

Момент на шпинделі:

$$M = 9,81 \cdot 0,86 \cdot 80^{1,9} \cdot 2,2^{0,86} \cdot 10^{-3} = 34,85 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Приймаємо ККД шпинделя $\eta = 0,88$.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Розрахункова потужність двигуна:

$$P_{p.дв} = \frac{34,85 \cdot 1200}{9550 \cdot 0,88} = 5,2 \text{ кВт.}$$

Вибираємо двигун серії 4АМ112М4.

Таблиця 3.1 – Параметри електродвигуна машини

$P_{ном},$ кВт	$n_{ном},$ об/хв	$I_{ном},$ А	$\eta,$ %	$\cos \varphi$	M_n/M_n	M_m/M_n	I_n/I_n	$J,$ $кг \cdot м^2 \cdot 10^{-3}$
5,5	1425	11,5	85,5	0,85	2,0	2,2	7,0	17,7

3.3. Перевірка двигуна головного приводу за умовами пуску

Кутова швидкість двигуна:

$$\omega_n = \frac{1425}{9,55} = 149,2 \text{ рад/с.}$$

Номінальний момент двигуна:

$$M_n = \frac{5,5 \cdot 10^3}{149,2} = 36,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Статичний момент на валу двигуна:

$$M_c = \frac{5,2 \cdot 10^3}{149,2} = 33,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Максимальний момент двигуна:

$$M_m = 2,2 \cdot 36,8 = 80,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пусковий момент двигуна:

$$M_n = 2 \cdot 36,8 = 73,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Середній пусковий момент на валу двигуна:

$$M_{срн} = 0,45 \cdot (73,6 + 36,8) = 49,68 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Сумарний момент інерції електропривода на валу двигуна:

$$\Sigma j = (1,2 \cdot 17,7 + 0,3 \cdot 17,7) \cdot 10^{-3} = 0,02655 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Прискорення двигуна при пуску:

$$a = \frac{9,55 \cdot (49,68 - 33,5)}{0,02655} = 5820.$$

Час пуску двигуна:

$$t_n = \frac{1500}{5820} = 0,26 \text{ с}.$$

Динамічний момент на валу двигуна:

$$M_\delta = \frac{0,02655 \cdot 149,2}{0,26} = 15,24 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Необхідний пусковий момент:

$$M_{нпм} = 33,5 + 15,24 = 48,74 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконується умова:

$$M_{срн} = 49,68 \text{ Н} \cdot \text{м} > M_{нпм} = 48,74 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Отже, двигун задовольняє пускові умови.

3.4. Характеристика електроприводу

Електропривод горизонтально-розточувального верстату належить до багатодвигунового виду. Електропривод головного руху забезпечує обертання шпинделя, а приводи подачі відповідають за переміщення робочих вузлів.

Обертання шпинделя і планшайби здійснюється від двошвидкісного електродвигуна головного приводу через коробку швидкостей. Головний привод здійснюється від асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором серії 4АМ112М4 потужністю 5,5 кВт, напруга – 660/400В. Швидкість регулюється перемиканням обмоток статора двигуна з трикутника на зірку, при цьому синхронна швидкість становить 1500/1000 об/хв.

Привод насоса змащення самостійного управління не має і запускається разом із головним приводом. Для приводу насоса використовується двигун серії 4АМ56А4 потужністю 0,25 кВт, синхронна швидкість 1500 об/хв.

Привод подачі шпиндельної бабки та супорта здійснюється від електродвигуна постійного струму серії 2ПБ112L потужністю 1,5 кВт, що працює в широкому діапазоні регулювання. Постійність вибраної подачі забезпечується наявністю електричного зворотного зв'язку.

Привод переміщення столу здійснюється від електродвигуна серії 4АМ90L4 потужністю 2,2 кВт, синхронна швидкість 1500 об/хв.

Переміщення люнети задньої стійки здійснюється незалежно від переміщення розточувальної бабки від окремого електродвигуна. Електродвигун люнети – асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором серії 4АМ71А4 потужністю 0,55 кВт, синхронна швидкість 1500 об/хв.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5. Розрахунок потужності верстата

Сумарна потужність верстата:

$$P_{ном} = 5,5 + 0,25 + 1,5 + 2,2 + 0,55 = 10 \text{ кВт}$$

Розрахунковий струм верстата:

$$I_p = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 24,06 \text{ А}.$$

3.6. Вибір захисної та пуско-регулюючої апаратури

Для захисту від струмів КЗ вибираємо автоматичний вимикач типу ВА2004/50, номінальний струм розчеплювача 50А.

Перевіряємо виконання умов:

а) за номінальною напругою:

$$U_{ном} = 400 \text{ В} \geq U_p = 400 \text{ В};$$

б) за номінальним струмом автоматичного вимикача:

$$I_{ном} = 50 \text{ А} > I_p = 1,25 \cdot 24,06 = 30,07 \text{ А}$$

в) за номінальним струмом теплового розчеплювача:

$$I_{ном.розч} = 50 \text{ А} > I_{р.розч} = 1,25 \cdot 24,06 = 30,07 \text{ А}$$

г) на можливість спрацювання при запуску електродвигуна за умовою:

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{спр.р.м} = 10 \cdot 50 = 500 \text{ А} > I_{пуск} = 7 \cdot 11,5 = 80,5 \text{ А}$$

Вибраний вимикач задовольняє всі умови. Приймаємо до встановлення автоматичний вимикач типу ВА2004.

Розрахунковий струм двигуна головного приводу:

$$I_p = \frac{5,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,855} = 9,28 \text{ А}.$$

Для захисту електродвигуна від перевантажень вибираємо теплове реле типу РТЛ-1016-О4: $I_{ном} = 25 \text{ А}$; $I_{ном.уст} = 9,5-14 \text{ А}$. Приймаємо $I_{ном.уст} = 10 \text{ А}$.

Теплове реле перевірено за умовами:

а) за номінальною напругою:

$$U_{ном} = 400 \text{ В} \geq U_p = 400 \text{ В};$$

б) за номінальним струмом:

$$I_{ном} = 25 \text{ А} > I_p = 9,28 \text{ А};$$

в) за номінальним струмом уставки реле:

$$I_{ном.уст} = 10 \text{ А} > I_p = 9,28 \text{ А}$$

Розрахунковий струм двигуна приводу насоса змащення:

$$I_p = \frac{0,25}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,85} = 0,42 \text{ А}.$$

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо реле типу РТЛ-1004-О4: $I_{ном} = 25 \text{ А}$; $I_{ном.уст} = 0,38 \div 0,65 \text{ А}$.

Приймаємо $I_{ном.уст} = 0,5 \text{ А}$.

Теплове реле перевірено за умовами:

а) за номінальною напругою:

$$U_{ном} = 400 \text{ В} \geq U_p = 400 \text{ В};$$

б) за номінальним струмом:

$$I_{ном} = 25 \text{ А} > I_p = 0,42 \text{ А};$$

в) за номінальним струмом уставки реле:

$$I_{ном.уст} = 0,5 \text{ А} > I_p = 0,42 \text{ А}$$

Розрахунковий струм двигуна приводу люнети:

$$I_p = \frac{0,55}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,85} = 0,93 \text{ А}.$$

Вибираємо реле типу РТЛ-1006-О4: $I_{ном} = 25 \text{ А}$; $I_{ном.уст} = 0,95 \div 1,6 \text{ А}$.

Приймаємо $I_{ном.уст} = 1,1 \text{ А}$.

Теплове реле перевірено за умовами:

а) за номінальною напругою:

$$U_{ном} = 400 \text{ В} \geq U_p = 400 \text{ В};$$

б) за номінальним струмом:

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{ном.} = 25 \text{ A} > I_p = 0,93 \text{ A};$$

в) за номінальним струмом уставки реле:

$$I_{ном.уст} = 1,1 \text{ A} > I_p = 0,93 \text{ A}.$$

Розрахунковий струм приводу стола:

$$I_p = \frac{2,2}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,85} = 3,73 \text{ A}.$$

Вибираємо теплове реле типу РТЛ-1010-О4: $I_{ном} = 25 \text{ A}$; $I_{ном.уст} = 3 \div 4,5 \text{ A}$.

Приймаємо $I_{ном.уст} = 4,5 \text{ A}$.

Теплове реле перевірено за умовами:

а) за номінальною напругою:

$$U_{ном} = 400 \text{ В} \geq U_p = 400 \text{ В};$$

б) за номінальним струмом:

$$I_{ном.} = 25 \text{ A} > I_p = 3,73 \text{ A};$$

в) за номінальним струмом уставки реле:

$$I_{ном.уст} = 4,5 \text{ A} > I_p = 3,73 \text{ A}.$$

Для пуску двигуна головного приводу верстату приймаємо контактор ПМЛ2120 $I_{ном} = 25 \text{ A}$.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевіряємо виконання умов:

а) за номінальною напругою:

$$U_{ном} = 400 \text{ В} \geq U_p = 400 \text{ В};$$

б) за номінальним струмом:

$$I_{ном} = 25 \text{ А} > I_p = 9,28 \text{ А}.$$

Вибраний контактор задовольняє всі умови.

Приймаємо до встановлення контактор ПМЛ 2120.

Для пуску двигунів люнета і приводу насоса змащення приймаємо контактори ПМЛ1120 $I_{ном} = 10 \text{ А}$.

Перевіряємо виконання умов:

а) за номінальною напругою:

$$U_{ном} = 400 \text{ В} \geq U_p = 400 \text{ В};$$

б) за номінальним струмом:

$$I_{ном} = 10 \text{ А} > I_p = 0,93 \text{ А}.$$

Вибраний контактор задовольняє всі умови.

Приймаємо до встановлення контактор серії ПМЛ 2120.

В якості проміжних реле вибрано реле типу МКУ-48.

В схемі для керування застосовуються кнопочні станції керування серії ПKE112-2УЗ та ПKE112-3УЗ

Для обмеження ходу використано кінцеві вимикачі серії ВПК211-12УЗ.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

САПР

Застосування принципів автоматизації процесів проєктування продемонстровано на прикладі розрахунку освітлювальних навантажень.

Постановка задачі:

- визначити встановлену потужність освітлювального навантаження;
- визначити розрахункове освітлювальне навантаження.

Розрахунок електричного навантаження виконано згідно методики, наведеної в Додатку А.

Вихідними даними є:

- нормована освітленість залежно від виду робіт;
- площа цеху;
- характеристика будівлі та виконуваних робіт;
- тип джерела світла;
- питома освітлювальна навантаження на одиницю площі.

Результатом розрахунку (рис. 4.1) є визначення розрахункового освітлювального навантаження цеху.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Рном	F,м2	Рпит	Кп	Рн.о.	Рр.о.	Qр.о.
2	Виробничий корпус №1	283	1296	11	0,9	14256	14,11	4,64
3	Електроремонтний цех	195	648	11	0,9	7128	7,06	2,32
4	Ковальсько-пресовий цех	165	648	10	0,9	6480	6,42	2,11
5	Токарний цех	155	1008	11	0,9	11088	10,98	3,61
6	Складально-ремонтний цех	105,5	756	11	0,9	8316	8,23	2,71
7	Механічний цех	166,5	756	11	0,9	8316	7,78	2,56
8	Офісна будівля	30	432	12	0,85	5184	5,13	1,69
9	Разом	1100	5544			60768	59,70	19,62

Рисунок 4.1 – Результати розрахунку освітлювального навантаження в Excel

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Ткачук			Проектування системи електропостачання ремонтного заводу встановленою потужністю 1100 кВт Пояснювальна записка.			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірів		Давиденко								56	1
Н.контроль		Ващелюк						ФАБЕ, гр. ЕЕ-43			
Затвердив		Волинець									

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Розрахунок заземлюючого пристрою зводиться до розрахунку заземлювача згідно рекомендацій [12] з використанням методики, наведеної в додатку В.

Проведемо розрахунок контуру захисного заземлення цеху.

Захисний контур заземлення виконуємо у ряд за приміщенням із відступом від фундаменту 2 м. Грунт у місці розташування приміщення – суглинок. Рекомендоване значення питомого опору становить: $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

В якості вертикальних електродів металеві стержні діаметром $d = 18 \text{ мм}$, довжиною $l = 2,5 \text{ м}$, що забиваються в землю. Відстань від кінців вертикальних електродів до поверхні землі приймаємо 0,7 м. Горизонтальні електроди виконаємо зі сталевієї смуги розміром 40х4 мм².

Питомий опір ґрунту з врахуванням можливого його зростання протягом року через зміни стану ґрунту:

$$\rho_{\text{розр}} = 100 \cdot 1,4 = 140 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

Опір одного вертикального заземлювача:

$$t = 0,5 \cdot 2,5 + 0,7 = 1,95 \text{ м};$$

$$R_{\text{во}} = \frac{140}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,018} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,95 + 2,5}{4 \cdot 1,95 - 2,5} \right) = 53,14 \text{ Ом}.$$

Наближена кількість вертикальних електродів:

$$n_{\text{В набл}} = \frac{53,14}{4} = 13,28 = 14 \text{ шт.}$$

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Ткачук			Проектування системи електропостачання ремонтного заводу встановленою потужністю 1100 кВт Пояснювальна записка.			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Давиденко								57	2
								ФАБЕ, гр. ЕЕ-43			
Н.контроль		Ващелюк									
Затвердив		Волинець									

Приймаємо відстань між вертикальними заземлювачами $a = 2$ м.

Тоді, коефіцієнт використання вертикальних електродів: $\eta_B = 0,7$.

Необхідна кількість вертикальних заземлювачів з врахуванням коефіцієнта використання:

$$n_B = \frac{14}{0,7} = 20 \text{ шт.}$$

Визначаємо довжину з'єднувальної стрічки:

$$L_n = 1,05 \cdot 2 \cdot 2,5(20 - 1) = 99,75 \text{ м.}$$

Приймаємо коефіцієнт використання горизонтального заземлювача $\eta_r = 0,57$.

Опір горизонтальних заземлювачів:

$$R_r = \frac{140}{2 \cdot 3,14 \cdot 99,75} \cdot \ln \frac{2 \cdot 99,75^2}{0,04 \cdot 0,7} = 3,01 \text{ Ом}$$

Розрахунковий загальний опір заземлюючого пристрою:

$$R_3 = \frac{1}{\frac{0,57}{3,01} + \frac{0,7 \cdot 20}{53,14}} = 2,21 \text{ Ом} \leq R_{\text{дон}}$$

Умова виконується, приймаємо до встановлення 20 вертикальних електродів діаметром $d = 18$ мм, які з'єднані між собою звареною сталевною смугою розміром 40×4 мм². Внутрішній контур захисного заземлення виконуємо по периметру сталевною смугою і приєднуємо до зовнішнього контуру як мінімум у двох місцях за допомогою зварювання. Місця з'єднання фарбуються бітумним лаком.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

В кваліфікаційному проєкті вирішено завдання ефективного електропостачання підприємства шляхом побудови раціональної системи електропостачання. Розробку системи електропостачання заводу з урахуванням сучасних вимог до надійності, економічності та безпеки експлуатації електроустановок.

Для забезпечення ефективного та надійного електропостачання промислового об'єкта вирішено комплекс взаємопов'язаних інженерних завдань, які передбачають обґрунтований вибір структури системи електропостачання, визначення електричних навантажень, а також правильний підбір основного електротехнічного обладнання.

У процесі проєктування виконано розрахунок електричних навантажень на різних ієрархічних рівнях системи електропостачання, що дозволило визначити необхідні параметри мережі та обґрунтовано підібрати основні елементи електрообладнання. Застосування сучасних методів розрахунку електричних навантажень дало можливість раціонально визначити кількість і потужність силових трансформаторів трансформаторної підстанції, а також вибрати потужність компенсуючих пристроїв, призначених для зменшення перетоків реактивної потужності та підвищення коефіцієнта потужності електричної мережі підприємства.

Під час проєктування системи електропостачання особливу увагу приділено оптимізації параметрів електричної мережі. Це було досягнуто шляхом правильного вибору типів і перерізів кабельних ліній, які забезпечують живлення трансформаторної підстанції, розподільчих пунктів виробничих цехів та окремих електроприймачів. Крім того, було обґрунтовано конструктивне виконання внутрішньозаводської електричної мережі, вибрано розподільчі пристрої, а також комутаційно-захисну апаратуру, що забезпечує ефективний розподіл електроенергії між споживачами.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок струмів короткого замикання є основою для перевірки термічної та електродинамічної стійкості електрообладнання, а також для правильного вибору комутаційних і захисних апаратів системи електропостачання. Проведені розрахунки дозволили перевірити допустимість роботи комутаційно-захисної апаратури та струмопровідних елементів цехової мережі в аварійних режимах. Отримані значення струмів короткого замикання підтвердили правильність прийнятих технічних рішень щодо вибору апаратури захисту та провідників.

У результаті розроблено раціональну систему електропостачання підприємства, яка забезпечує необхідний рівень надійності електроживлення для різних груп електроприймачів, знижує втрати електричної енергії та відповідає вимогам нормативних документів щодо електробезпеки та якості електроенергії. Запропоновані технічні рішення сприяють підвищенню ефективності використання електроенергії та забезпечують стабільну роботу технологічного обладнання підприємства.

Отримані результати та виконані розрахунки можуть бути використані як основа для практичної реалізації проєкту, що передбачає подальше будівництво та введення в експлуатацію розробленої системи електропостачання промислового підприємства.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бурбело М.Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання. Вінниця : ВНТУ, 2017. 122 с.
2. Давиденко Л. В., Коменда Н.В., Давиденко В.А., Євсюк М.М. Електропостачання промислових об'єктів. Практикум: навчальний посібник. Луцьк: ВІП ЛНТУ, 2022. 244с.
3. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіонбуд, 2018. 137 с.
4. Конденсаторні установки. Каталог. ТОВ ВТП «Бутон». URL: <https://tovbuton.com.ua/ua/catalog/kondensatornye-ustanovki-ku-04-kku-04.html>
5. Правила улаштування електроустановок. Харків : Вид-во «Індустрія», 2014.
6. Комутаційне обладнання до 35 кВ. Каталог. АТ "Електроград". URL: https://electrograd.com.ua/index.php?route=product/category&path=59_71
7. Лічильники електроенергії НІК. Каталог. НІК. URL: <https://nik.net.ua/product-category/oblik-elektroenergii/lichylnyky-elektroenergiyi-2>
8. Каталог продукції. Уманський завод вимірювальних приладів "Мегомметр". URL: <https://www.megommetr.com/index.php/produktsiya>
9. Трансформатори струму. Каталог. ТОВ ВКФ "Електросервіс". URL: <http://elektroservice.com.ua/>
10. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування. Суми: ВТД «Університетська книга», 2007.
11. Каталог продукції АСКО-УКРЕМ. URL: https://www.acko.ua/e-store/xml_catalog/
12. Панелі розподільчих щитів ЩО-90. ТОВ "ТехноЕлектро". URL: http://www.tekhar.com/Production/Complete_units/NV/index_SCHO.html
13. Автоматичні вимикачі. Каталог. ТОВ «Промфактор». URL: <https://promfactor.com/catalogs>

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Каталог освітлювальних приладів. Корпорація «Ватра», 2022. 190 с.
URL: <http://vatra.ua>.

15. Шульга А.А., Полупан І. І., Ткаченко А.А. Автоматизований електропривод металорізальних верстатів : навч. пос. Краматорськ: ДДМА, 2010. 124 с.

16. Леві Л.І. Електропривод та автоматизація верстатів-автоматів : навч. пос. Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2023. 106 с.

17. Загальнопромислові електродвигуни. Каталог. ТОВ «ЕлектроЕксперт». URL: <https://xn--80addceesnhi0axzh6mb.xn--j1amh/>

18. Бондаренко Є.А., Кутін В.М., Лежнюк П.Д. Навчальний посібник до розділу «Охорона праці» в магістерських кваліфікаційних роботах для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2018. 120 с.

19. Основи охорони праці: Підручник / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний, Д.В. Зеркалов, Р.В. Сабарно, О.І. Полукаров, В.С. Коз'яков, Л.О. Мітюк, Ю.О. Полукаров. За ред. К.Н. Ткачука. К. : Основа, 2011.

					ЛНТУ.971080.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

