

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 ПРОЕКТ ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

**Проектування електропостачальної системи заводу
електровимірювальних приладів встановленою потужністю
1200 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
Микитюк Сергій Олександрович**

(підпис)

**Керівник:
асистент
Вацелюк Юрій Ігорович**

(підпис)

**Кваліфікаційний проект
допущено до захисту
« » 2026р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Волинець Владислав Ігорович**

(підпис)

Луцьк – 2026 року

АНОТАЦІЯ

Микитюк С.О. Проектування електропостачальної системи заводу електровимірювальних приладів встановленою потужністю 1200 кВт. Рукопис.

Кваліфікаційний проект бакалавра ОП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційний проект бакалавра складається з п'яти розділів, переліку літератури, додатків. Містить: 80 сторінок, 10 рисунків, 28 таблиць, 18 посилань.

У проекті розроблено систему електропостачання заводу електровимірювальних приладів. Розробка виконувалася на основі електротехнічних розрахунків: розрахунок силових навантажень з використанням методу впорядкованих діаграм; розрахунок освітлювальних навантажень виконано за допомогою методу питомої густини навантаження; визначення електричних навантажень на вищих рівнях системи електропостачання підприємства з використанням ієрархічного підходу; вибір перерізу проводів ліній електропередачі за технічними і економічними умовами; вибір перерізу КЛ виконано за економічною густиною струму; виконано розрахунок струмів короткого замикання на стороні 10 та 0,4 кВ; здійснено вибір високовольтного та низьковольтного обладнання.

Виконані розробки дозволяють перейти до практичної частини будівництва й впровадження спроектованої системи електропостачання підприємства.

Ключові слова: система електропостачання (СЕП), трансформаторна підстанція (ТП), кабельна лінія (КЛ), струми короткого замикання (КЗ), системи автоматизованого проектування (САПР), електроприймач (ЕП).

ANNOTATION

Mykytyuk S.O. Design of the power supply system of the electrical measuring instruments plant with an installed capacity of 1200 kW. Manuscript.

Qualification project of the bachelor of OP "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 literature, and appendices. Contains: 80 pages, 10 figures, 28 tables, 18 references.

The project developed a power supply system for a woodworking plant. The development was performed on the basis of electrical calculations: calculation of power loads using the method of ordered diagrams; the calculation of lighting loads is performed using the method of specific load density; determination of electrical loads at the highest levels of the power supply system of the enterprise using a hierarchical approach; choice of cross-section of power transmission wires according to technical and economic conditions; the choice of the cross section of the cable is made according to the economic current density; the calculation of short-circuit currents on the side of 10 and 0.4 kV was performed; the choice of high-voltage and low-voltage equipment was made.

The performed developments allow to pass to a practical part of construction and implementation of the designed system of power supply of the enterprise.

Key words: power supply system (PSS), transformer substation (TS), cable line (CL), short-circuit currents (SC), computer-aided design (CAD), electrical receiver (ES).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	9
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ	11
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень.....	11
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень	12
2.3. Визначення результуючих навантажень.....	13
2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень	14
2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів	15
2.6. Компенсація реактивної потужності	16
2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях.....	17
2.8. Проектування мережі живлення підприємства	17
2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі.....	18
2.10. Розрахунок струмів короткого замикання	20
2.11. Вибір обладнання	22
2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв на напругу 10 кВ	22
2.11.2. Вибір роз'єднувачів	23
2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників	23
2.11.4. Вибір комплектних розподільчих пристроїв на напругу 0,4 кВ	25
2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху.....	25
2.12.1. Вибір схеми електропостачання	25
2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ	27

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Микитюк С.О.			Проектування електропостачальної системи заводу електровимірювальних приладів встановленою потужністю 1200 кВт Пояснювальна записка			Лім.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Ващелюк Ю.І.								6	80
								ФАБЕ, гр. ЕЕ–43			
Н. Контр.		Ващелюк Ю.І.									
Затверд.		Волинець В.І.									

2.12.3. Вибір трансформаторів струму.....	29
2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів та рубильників.....	31
РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ КОВАЛЬСЬКО-ПРЕСОВОГО ЦЕХУ	34
РОЗДІЛ 4 САПР	36
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	38
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	40
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	41
ДОДАТКИ	43

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасне приладобудування характеризується використанням високотехнологічного обладнання, автоматизованих ліній та мікропроцесорної техніки, що висуває жорсткі вимоги до якості та безперебійності електропостачання. Проектований об'єкт належить до об'єктів із високою щільністю електричних навантажень та наявністю споживачів різних категорій надійності. Проектування раціональної системи електропостачання дозволяє мінімізувати втрати енергії, забезпечити стабільну напругу для точних виробничих процесів та знизити експлуатаційні витрати.

При проектуванні раціональної системи електропостачання повинні забезпечуватись:

- безперебійність електропостачання, що залежить від схеми та надійності пристроїв електричних мереж;
- якість електроенергії, яка характеризується належним рівнем напруги в споживачів;
- зручність та безпеку експлуатації;
- економічність;
- можливість подальшого розвитку без капітальної перебудови електричних мереж.

Мета кваліфікаційного проєкту — розробка надійної системи електропостачання яка забезпечує надійність, безпеку та економічну ефективність для підприємства.

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

В кваліфікаційному проєкті розроблено СЕП заводу електровимірювальних виробів. Вихідні дані по заводу та основних виробничих цехах наведено в таблицях 1.1 та 1.2.

Встановлена потужність окремих будівель та підрозділів підприємства наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Встановлена потужність цехів підприємства

№	Найменування цеху	Р _{уст} , кВт
1	Збірний цех	180
2	Цех гальванічного покриття	190
3	Ковальсько-пресовий цех	150
4	Ремонтно-механічний цех	170
5	Склад готової продукції	80
6	Інструментальний цех	130
7	Компресорна (0,4 кВ)	120
8	Адміністративний корпус	70
9	Випробувальна лабораторія	110
Всього		1200

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проєктування електропостачальної системи заводу електровимірювальних приладів встановленою потужністю 1200 кВт.		
Розроб.		Микитюк С.О.					
Перевір.		Ващелюк Ю.І.					
Н. Контр.		Ващелюк Ю.І.					
Затверд.		Волинець В.І.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						9	2
					ФАБЕ гр. ЕЕ-43		

Таблиця 1.2 – Вихідні дані по заводу

Назва параметру	Одиниці вимірювання	Значення
Кількість змін		2
Тривалість роботи електрообладнання в рік	год.	4050
Час використання максимального навантаження Т	год.	2150
Джерело живлення		РПС-110/10 кВ
Відстань до джерела км	км	0,85
Потужність короткого замикання на шинах джерела живлення SK3	МВА	90
Вхідна реактивна потужність $Q_{\text{мах}}$	кВАр	268
Загальна територія підприємства	м ²	39791
Категорія надійності споживачів:		
II	%	65
III	%	35

Електроприймачі заводу розраховані на напругу 400/230 В змінного струму промислової частоти.

Приймачами електричної енергії на даному підприємстві є різноманітні верстати, крани, вентилятори, освітлювальні установки та ін.

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ

2.1 Розрахунок силових електричних навантажень

Розрахунок силових електричних навантажень наведено в додатку А.1
Результати проведених розрахунків на прикладі ковальсько-пресового цеху та заводу вцілому. Результати показано в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантаження ковальсько-пресового цеху

			Назва приймачів	P _н	кв	n	cos φ	P _{вст}	P _{см}	Q _{см}	неф	Км	P _p	Q _p	Sp
1 гр.	з постійним графіком навантаже ння	1	Вентилятор втяжний	5	0,8	1	0,85	5	4,00	2,48			4,00	2,48	4,7059
		2	Вентилятор припливний	5	0,8	1	0,85	5	4,00	2,48			4,00	2,48	4,7059
		3	Електротерм ічна установка	14	0,6	1	0,8	14	8,40	6,30			8,40	6,30	10,5
		Всього				0,68	3		24	16,40			11,26	16,40	11,26
2 гр.	з змінним графіком навантаже ння	4	Мостовий кран	12	0,1	1	0,8	12	1,2	0,90	18	1,6	53,6	45,36	70,214
		5	Ковальсько пресова машина	8	0,5	5	0,6	40	20	26,67					
		6	Токарно- гвинторізн і вестати РТ- 21001	5	0,15	5	0,65	25	3,75	4,38					
		7	Настільно- свердлильни й верстат	5	0,15	5	0,65	25	3,75	4,38					
		8	Фрезерний верстат	8	0,2	3	0,7	24	4,8	4,90					
		Всього				0,27	3		126	33,5					
Всього по цеху							150,00	49,90	52,49			70,00	56,61	90,11	

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Микитюк С.О..			Проектування електропостачальної системи заводу електровимірювальних приладів встановленою потужністю 1200 кВт.			Лім.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Ващелюк Ю.І.								11	23
								ФАБЕ, гр. ЕЕ-43			
Н. Контр.		Ващелюк Ю.І.									
Затверд.		Волинець В.І.									

Таблиця 2.2 – Розрахунок силового навантаження по заводу в цілому

№	Назва об'єкту	Рвст, кВт	Середнє навантаження за найбільш завантажену зміну		
			Р ср.зм., кВт	Q ср.зм., кВАр	S ср.зм., кВАр
1	Збірний цех	180	81,00	108,00	135,00
2	Цех гальванічного покриття	190	95,00	83,78	126,67
3	Ковальсько-пресовий цех	150	49,90	52,49	72,42
4	Ремонтно-механічний цех	170	93,50	82,46	124,67
5	Склад готової продукції	80	40,00	53,33	66,67
6	Інструментальний цех	130	71,50	95,33	119,17
7	Компресорна (0,4 кВ)	120	78,00	68,79	104,00
8	Адміністративний корпус	70	39,20	48,32	62,22
9	Випробовувальна лабораторія	110	66,00	58,21	88,00
	Всього	1200	614,10	650,72	894,73

2.2 Розрахунок освітлювальних навантажень

Для розрахунку електричних навантажень освітлювальних приймачів застосовуємо метод коефіцієнта попиту.

Порядок розрахунку освітлювальних навантажень здійснимо згідно методики, наведеної в додатку А.2

Результати розрахунку освітлювального навантаження заводу зведено в таблицю 2.3.

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Розрахунок освітлювального навантаження заводу

Назва об'єкту	Площа м ²	P _{пит.о}	K _{пра}	K _п	cosφ	P _о , кВт	P _{ро} , кВт	Q _{ро} , кВар	S _{ро} , кВА
Збірний цех	6000	8	1,1	0,9	0,9	48,0	47,52	23,01	52,80
Цех гальванічного покриття	5500	10	1,1	0,9	0,9	55,0	54,45	26,37	60,50
Ковальсько-пресовий цех	3456	10	1,1	0,9	0,9	34,56	34,21	16,57	38,02
Ремонтно-механічний цех	5250	10	1,1	0,9	0,9	52,5	51,98	25,17	57,75
Склад готової продукції	3000	8	1,1	0,9	0,9	24,0	23,76	11,51	26,40
Інструментальний цех	4550	10	1,1	0,9	0,6	45,5	30,03	14,54	33,37
Компресорна	6175	8	1,1	0,6	0,8	49,4	43,47	21,05	48,30
Адміністративний корпус	4600	12	1,1	0,8	0,85	55,2	48,58	23,53	53,97
Випробувальна лабораторія	1260	8	1,1	0,8	0,9	10,08	9,42	4,56	10,47
Зовнішнє освітлення	149000	0,16	1,1			23,84	23,60	14,63	27,77
Всього						246,7	235,75	114,18	261,94

2.3 Визначення результуючих навантажень

Для вибору комутаційно-захисної та вимірювальної апаратури на стороні НН трансформаторної підстанції, а також для визначення навантажень на вищих рівнях СЕП необхідно розрахувати навантаження на шинах 0,4 кВ ТП. Результати розрахунків зведено в таблицю 2.4.

Повне навантаження на шинах низької напруги трансформаторної підстанції розраховують за методикою, наведеною в додатку А.3

Таблиця 2.4 – Розрахунок сумарного навантаження на шинах НН ТП

№	Назва об'єкта	Силове навантаження		Освітлювальне навантаження		Сумарне навантаження		
		Р ср. зм., кВт	Q ср. зм., кВАр	Р р.о., кВт	Q р.о., кВАр	Р рΣ, кВт	Q рΣ, кВАр	S рΣ, кВА
1	Збірний цех	81,00	108,00	47,52	23,01	128,52	131,01	183,53
2	Цех гальванічного покриття	95,00	83,78	54,45	26,37	149,45	110,15	185,66
3	Ковальсько-пресовий цех	49,90	52,49	34,21	16,57	84,11	69,06	108,83
4	Ремонтно-механічний цех	93,50	82,46	51,98	25,17	145,48	107,63	180,96
5	Склад готової продукції	40,00	53,33	23,76	11,51	63,76	64,84	90,94
6	Інструментальний цех	71,50	95,33	30,03	14,54	101,53	109,88	149,60
7	Компресорна (0,4 кВ)	78,00	68,79	43,47	21,05	121,47	89,84	151,09
8	Адміністративний корпус	39,20	48,32	48,58	23,53	87,78	71,85	113,43
9	Випробувальна лабораторія	66,00	58,21	9,42	4,56	75,42	62,77	98,13
10	Зовнішнє освітлення			23,60	14,63	23,60	14,63	27,77
	Всього	614,10	650,72	367,02	14,63	957,52	817,04	1262,17

2.4 Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

З метою визначення місця розташування трансформаторної підстанції при проектуванні будують картограму електричних навантажень. Картограма являє собою розміщені на генеральному плані підприємства кола, площа яких відповідає у вибраному масштабі розрахунковим навантаженням.

Основні розрахунки здійснено в додатку А.4. Результати розрахунків показані в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок картограми електричних навантажень

Назва об'єкту	Р _{рΣ} , кВт	Р _{р.о.} , кВт	Координати об'єкта		r, см	α, град	Координати ЦЕН	
			X	Y			X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Збірний цех	128,52	47,52	247,5	242,5	20,23	133,11	105	46
Цех гальванічного покриття	149,45	54,45	92,5	237,5	21,82	131,16		
Ковальсько-пресовий цех	84,11	34,21	277,8	90,3	16,37	146,43		
Ремонтно-механічний цех	145,48	51,98	435	241,5	21,52	128,62		
Склад готової продукції	63,76	23,76	97,5	92,5	14,25	134,15		

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					14

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Інструментальний цех	101,53	30,03	163,7	99,1	17,98	106,48		
Компресорна	121,47	43,47	403,5	92,6	19,67	128,84		
Адміністративний корпус	87,78	48,58	162,5	240	16,72	199,23		
Випробувальна лабораторія	75,42	9,42	307,5	203,5	15,50	44,98		

2.5 Вибір кількості та потужності трансформаторів

Методика розрахунку та вибору кількості і потужності силових трансформаторів з врахуванням компенсуючих пристроїв показано в додатку А.5. Результати проведених розрахунків зведено в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Вибір типу та кількості трансформаторів ТП з врахуванням НБК

Показник	Одиниці вимірювання	Варіанти	
		I	II
1	2	3	4
$P_{p\Sigma}$	кВт	957,52	957,52
$Q_{p\Sigma}$	кВАр	817,04	817,04
$S_{p\Sigma}$	кВА	1262,17	1262,17
F	м2	39791	39791
σ	кВА/м2	0,03	0,03
K з	-	0,85	0,85
$S_{ном.т}$	кВА	630	1000
γ	-	0,38	0,38
Тип КТП	-	ТМ-2х630/10	ТМ-2х1000/10
N min	-	1,79	1,13
m	-	0	0
Nопт	-	2	2
$Q_{max т}$	кВАр	479,78	1404,69
$Q_{нк1,}$	кВАр	337,26	-587,65
$Q_{нк1 ф}$	кВАр	340	0
$Q_{нк2}$	кВАр	0	0
$Q_{нк2 ф}$	кВАр	0	0
$Q_{нк}$	кВАр	340	0
Тип НБК	-	2×ККУ-0,4-170-10-21У3	-

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
Q _{нкф}	кВАр	340	0
ΔP _{к.з}	кВт	7,6	12,6
ΔP _{х.х}	кВт	3,27	3,8
Се	тис.грн/рік	311,06	447,82
К	тис.грн	837,83	1180,64
Δ w	тис.кВт*год	27,48	39,56
З т	тис.грн/рік	415,78	595,40
Δ w кку	тис.кВт*год	6,43	0,00
Се	тис.грн/рік	72,74	0,00
З кку	тис.грн/рік	96,27	0,00
ЗΣ	тис.грн/рік	512,1	595,4

Отже, згідно техніко-економічних порівнянь приймаємо до встановлення 2 трансформатори ТМ-630 кВА. Перевіримо вибрані трансформатори на перевантажувальну здатність в аварійному режимі згідно виразу:

$$1,4 \cdot S_{\text{тном}} \geq \frac{2 \cdot (1 - \alpha) \cdot S_{\text{рΣ}}}{N} = 1,4 \cdot 630 = 882 \geq \frac{2 \cdot (1 - 0,35) \cdot 1262,17}{2} = 820,41 \text{ кВА}$$

2.6 Компенсація реактивної потужності

Методика розрахунку компенсації реактивної потужності показана в додатку А.6. Результати проведених розрахунків в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок компенсації реактивної потужності на стороні 10 кВ

Показник	Q _{рΣ} , кВАр	Q _{м1} , кВАр	Q _{к1} , кВАр	Q _{нк.ф} , кВАр	ΔQ _т , кВАр	Q _{нс.т} , кВАр	Q _{е.мах} , кВАр	Q _{вБК} , кВАр
Значення	817,04	612,78	344,67	340	33	510	268	37,68

З розрахунків таблиці 2.7 видно, що необхідно зкомпенсувати 37,68 кВАр, отже, встановлення високовольтних конденсаторних батарей є недоцільним, оскільки найменша високовольтна батарея розрахована на 450 кВАр. Тому реактивну потужність будемо компенсувати додатково на стороні 0,4 кВ:

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ				Арк.
									16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$Q_{\text{нбк}} = 337,26 + 37,68 = 374,93$ кВАр. Приймаємо до встановлення дві низьковольтні конденсаторних батареї на стороні 0,4 кВ трансформаторної підстанції типу ККУ-0,4-190-10-21У3 загальною потужністю: $Q_{\text{нбкф}} = 380$ кВАр.

2.7 Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП

Визначення електричних навантажень в СЕП підприємства виконують для характерних місць приєднання приймачів електроенергії. Розрахунок електричних навантажень на вищих рівнях СЕП виконано за методикою, наведеною у додатку А.7. Результати розрахунку зведені у таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Визначення навантажень на вищих рівнях СЕП

Розрахункове навантаження	Одиниці вимірювання	Значення
$Q_{\text{рз}}$	кВАр	817,04
$Q_{\text{нбк}}$	кВАр	380
$P_{\text{рз}}$	кВт	957,52
$Q_{\text{рз}}$	кВАр	437,04
$S_{\text{рз}}$	кВА	1052,55
K_3	-	0,8
$\Delta Q_{\text{Т}}$	кВАр	65,39
$\Delta P_{\text{Т}}$	кВт	15,36
$\Delta Q_{\text{кз}}$	кВАр	34,65
ΔQ_0	кВАр	12,6
$P_{\text{р4}}$	кВт	972,88
$Q_{\text{р4}}$	кВАр	502,41
$S_{\text{р4}}$	кВА	1094,94

2.8 Проектування мережі живлення підприємства

Переріз жил живлячих ліній вибираємо за технічними та економічними умовами. До технічних умов відносяться вибір перерізів по нагріву розрахунковим струмом, нагріву від короткочасного виділення тепла струмом КЗ, втратам напруги в нормальному та після аварійному режимах. Вибір перерізу

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кабелю за нагрівом здійснюється за розрахунковим струмом I_p . Методика розрахунку та вибору перерізу живлячих ліній наведена у додатку А.8. Результати розрахунку і вибору живлячих ліній показано в таблиці 2.9.

$$I_{\text{норм}} = \frac{1094,94}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 31,61 \text{ А}$$

$$I_{\text{п ав}} = \frac{1094,94}{\sqrt{3} \cdot 10} = 63,22 \text{ А.}$$

$$F_e = \frac{63,22}{1,4} = 45,15 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо кабель марки АСБл (кабель силовий з алюмінієвими струмопровідними жилами, з просоченою паперовою ізоляцією, в свинцевій оболонці, броньовані сталевими стрічками).

Таблиця 2.9 – Вибір та перевірка живлячих ліній

F, мм2	I _{доп} , А	I _{доп} ,А	r _о , Ом/км	x _о , Ом/км	ΔU норм, %	ΔU п.ав, %	ΔP _н , Вт	ΔP _д , Вт	В _е , тис.гр н	К, тис.грн	З, тис.грн
50	134	124,6	0,62	0,09	0,276	0,551	24,5	1,58	46,35	1490	232,6
70	162	150,6	0,443	0,086	0,202	0,403	25,6	1,13	33,12	1765	253,8
95	192	178,5	0,326	0,083	0,153	0,305	26,5	0,83	24,37	1942	267,2

Остаточню приймаємо кабельну лінію, приведені затрати на спорудження якої мінімальні, тобто АСБл-10-3×50.

2.9 Проектування внутрішньої розподільної мережі

Для живлення цехів та будівель застосовуємо радіальну схему живлення. На проєктованих об'єктах підприємства передбачено встановлення розподільчих пунктів 0,4 кВ типу ЕУ-ПР11-3086–54 УЗ виробництва ТОВ «Енергіс Україна». Розрахунок та вибір даного обладнання проводимо за методикою, наведеною в додатку А.9. Результати вибору та розрахунків зведемо в таблиці 2.10 і 2.11.

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ					Арк.
										18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ТП-РП6	1	149,60	215,93	154,24	4x185	290	269,7	215,9	313,2	0,167	0,05	0,76
ТП-РП7.1, РП7.2	2	151,09	109,03	77,88	4x95	199	185		214,9	0,326	0,06	4,85
ТП-РП8	1	113,43	163,72	116,95	4x120	227	211,1		245,1	0,258	0,06	2,69
ТП-РП9	1	98,13	141,63	101,17	4x120	227	211,1		245,1	0,258	0,06	2,63

Всі умови виконуються, отже, приймаємо вибрані перерізи кабелів. Перевірку вибраних кабелів за стійкістю до термічної дії струмів короткого замикання здійснимо нижче після визначення цих струмів.

2.10 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 10 кВ

Все електрообладнання, що встановлюється в системах електропостачання, повинне бути стійким до струмів КЗ і вибиратись з врахуванням цих струмів.

Проведемо розрахунок струмів КЗ у відносних одиницях наближеним методом. За базисну потужність приймемо величину $S_6 = 100$ МВА. За базисну напругу приймемо $U_6 = U_{cp} = 10,5$ кВ. Потужність короткого замикання джерела живлення $S_{кз} = 90$ МВА. Методика розрахунку струмів КЗ на стороні 10 кВ наведена в додатку А.10.

$$\dot{X}_{c*} = 1,11;$$

$$I_6 = 5,5 \text{ кА};$$

$$I_{пo} = 4,8 \text{ кА}.$$

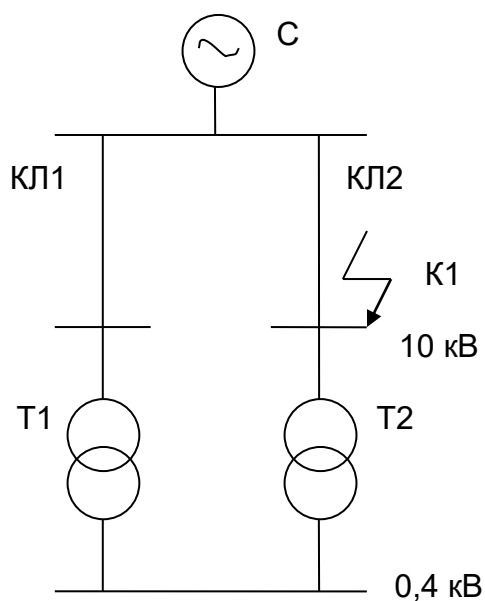


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема короткозамкненого кола

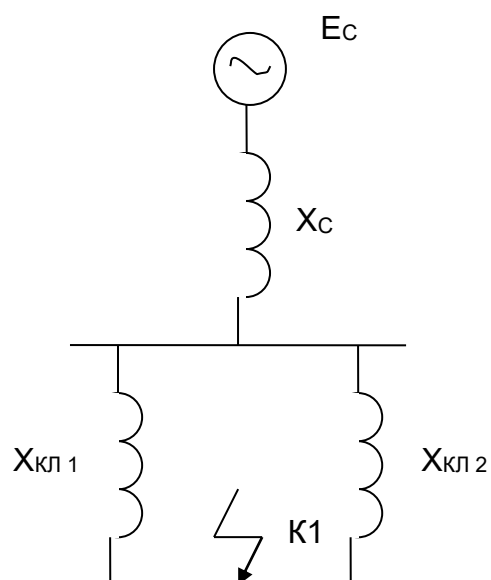


Рисунок 2.2 – Заступна схема короткозамкненого кола

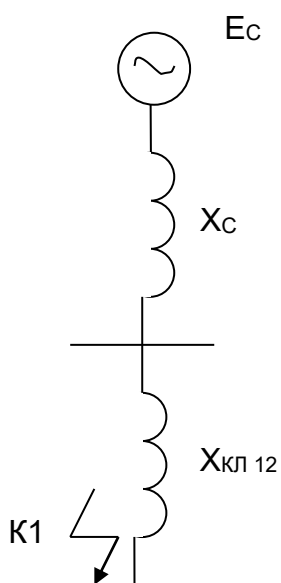


Рисунок 2.3 – Заступна схема в результаті об'єднання паралельних кабельних ліній

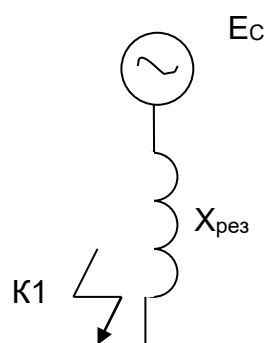


Рисунок 2.4 – Результуюча схема

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛНТУ.971074.000 ПЗ

Арк.

21

Перевіримо вибрані КЛ-10 кВ на термічну стійкість до струмів КЗ:

$$F_{\min} = \frac{4800}{95} \cdot \sqrt{0,25} = 25,26 \text{ мм}^2.$$

Оскільки, попередньо вибраний переріз є стійким до термічної дії струму КЗ, то остаточно вибираємо кабель типу АСБл-10-3×50 мм².

2.11 Вибір обладнання

2.11.1 Вибір комплектних розподільчих пристроїв на напругу 10 кВ

В якості комплектних розподільчих пристроїв на стороні 10 кВ ТП приймаємо камери збірні одностороннього обслуговування серії КСО-399 виробництва ТОВ "Укрелектрокомплект". З метою забезпечення резервування на боці високої напруги приймаємо до встановлення шинний міст з роз'єднувачами типу ШМР-1. Технічні параметри камер наведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Параметри камери КСО-399

Параметри	Значення
Номінальна напруга $U_{\text{ном}}$, кВ	10
Номінальний струм головних кіл, А	630, 1000
Номінальний струм збірних шин, А	630, 1000, 1600
Номінальний струм вимикача навантаження, А	630, 1000
Номінальний струм роз'єднувача, А	630, 1000
Номінальний струм вакуумного вимикача, А	630, 1000
Номінальний струм плавкої вставки запобіжників, А	
для 6 кВ	від 2 до 160
для 10 кВ	від 2 до 100
Номінальний струм електродинамічної стійкості $I_{\text{дин}}$, кА	51
Струм термічної стійкості протягом 1 с, кА	20

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.11.2 Вибір роз'єднувачів

Роз'єднувачі призначені для включень і відключень знеструмлених ділянок електричного кола, що знаходяться під напругою, та заземлення шин. Дані комутаційні апарати встановлюємо в секційній комірці 10 кВ в якості шинного моста.

Наявність шинного моста забезпечує необхідний рівень надійності схеми електропостачання. Приймаємо до встановлення роз'єднувач типу РВ030-10-630 УЗ. Вибір та перевірку роз'єднувачів здійснимо згідно додатку А.11.1 Результати перевірки зведемо в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 – Перевірка роз'єднувача типу РВ030-10-630 УЗ

<i>Розрахункові дані</i>	<i>Каталожні дані</i>
$U_{уст}=10 \text{ кВ}$	$U_{ном}=10 \text{ кВ}$
$I_{ном}=31,61 \text{ А}$ $I_{max}=63,22 \text{ А}$	$I_{ном}=630 \text{ А}$
$i_y=9,5 \text{ кА}$	$I_{дин}=51 \text{ кА}$
$I_{п0}=4,8 \text{ кА}$	$I_{гр \text{ наскр}}=20 \text{ кА}$
$B_K=5,757 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T=20^2 \cdot 1=400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Всі умови виконуються, отже, приймаємо остаточно роз'єднувач типу РВ030-10-630 УЗ.

2.11.3 Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Вимикачі навантаження призначені для ввімкнення та вимкнення під навантаженням ділянок кола трифазного змінного струму напругою 10 кВ. Встановлюємо їх у ввідних комірках 10 кВ та лінійних комірках для комутації та захисту силових трансформаторів.

Попередньо вибираємо вимикач навантаження з автогазовим дутогасильним пристроєм типу ВН-РА-03П-10-630 УЗ. Вибір та перевірку вимикачів

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантаження і запобіжників здійснюємо за додатком А.11.2. Результати перевірки вимикачів навантаження зведемо в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Перевірка вимикача навантаження типу ВН-РА-03П-10-630 УЗ

<i>Розрахункові дані</i>	<i>Каталожні дані</i>
$U_{уст}=10 \text{ кВ}$	$U_{ном}=10 \text{ кВ}$
$I_{ном}=31,61 \text{ А}$ $I_{max}=63,22 \text{ А}$	$I_{ном}=630 \text{ А}$
$i_y=9,5 \text{ кА}$	$I_{дин}=51 \text{ кА}$
$I_{п0}=4,8 \text{ кА}$	$I_{гр \text{ наскр}}=20 \text{ кА}$
$B_K=5,757 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T=20^2 \cdot 1=400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Всі умови виконуються, отже, приймаємо остаточно вимикач навантаження ВН-РА-03П-10-630 УЗ.

Запобіжники призначені для автоматичного одноразового відключення електричного кола при короткому замиканні або перевантаженні.

Вибираємо попередньо запобіжники типу ПКТ 113-10-80-31,5 УЗ.

Правильність вибору запобіжників здійснимо за додатком А.11.3.

Результати перевірки запобіжників зведемо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Перевірка запобіжника ПКТ 113-10-80-31,5 УЗ

<i>Розрахункові дані</i>	<i>Каталожні дані</i>
$U_{уст}=10 \text{ кВ}$	$U_{ном}=10 \text{ кВ}$
$I_{max}=63,22 \text{ А}$	$I_{ном.з}=80 \text{ А}$
$I_{п0}=4,8 \text{ кА}$	$I_{вимк з}=31,5 \text{ кА}$
$S''=83,12 \text{ МВА}$	$S_{.вимк з}=100 \text{ МВА}$

Всі умови виконуються, отже, приймаємо остаточно запобіжники ПКТ 113-10-80-31,5 УЗ.

2.11.4 Вибір комплектних розподільчих пристроїв на напругу 0,4 кВ

На стороні 0,4 кВ ТП приймаємо до встановлення панелі розподільчих щитів ЩО-99 (виробник ТОВ "Укрелектрокомплект"). Панелі розподільчих щитів ЩО-99 призначені для прийому та розподілу електроенергії трифазного змінного струму, частотою 50 Гц при напрузі до 0,66 кВ і захисту відходящих ліній від струмів короткого замикання. Комплектація панелей ЩО-99 наведена в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Комплектація панелей ЩО-99

Призначення	Обладнання	Тип панелі
Ввідні	Вимикач FMC8A	ЩО-99-1105
Секційна	Вимикач FMC8A	ЩО-99-2208
Лінійні	Вимикач FMC3/3U, FMC4/3U, FMC5/3U	ЩО-99-2305

2.12 Розрахунок низьковольтної мережі цеху

2.12.1 Вибір схеми електропостачання

Розрахуємо низьковольтну мережу на прикладі ковальсько-пресового цеху. Живляча напруга електроприймачів становить 400 В. Електропостачання приймачів здійснюється від розподільчого пункту ЕУ-ПР11-3086–54 УЗ, розташованого в приміщенні цеху. Загальна кількість приймачів $n=22$. Розрахункове струмове навантаження цеху становить $I_p = 248$ А.

Живлення розподільчого пункту здійснено за допомогою кабелю типу АВБбШв – 4×185 з $I_{\text{доп}} = 290$ А.

Розрахунок живлячих ліній для електроприймачів столярного цеху показано в додатку А.12.1. Для живлення електроприймачів ковальсько-пресового цеху вибираємо кабель марки АВВГ, який прокладений в металорукаві в підлозі. Результати вибору зведемо в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Вибір живлячих ліній приймачів ковальсько-пресового цеху

Назва приймача	P_n , кВт	n	$\cos \varphi$	I_p , А	$I_{доп}$, А	F, мм ²	Марка кабелю
Вентилятор витяжний	5	1	0,85	8,49	29	2,5	ВВГ 5х2,5
Вентилятор припливний	5	1	0,85	8,49	29	2,5	ВВГ 5х2,5
Електротермічна установка	14	1	0,8	25,26	38	4	ВВГ 5х4
Мостовий кран	12	1	0,8	21,65	38	4	КГНВ 5х4
Ковальсько пресомашина	8	5	0,6	19,25	29	2,5	ВВГ 5х2,5
Токарно-гвинторізні верстати РТ-21001	5	5	0,65	11,10	29	2,5	ВВГ 5х2,5
Настільно-свердлильний верстат	5	5	0,65	11,10	29	2,5	ВВГ 5х2,5
Фрезерний верстат	8	3	0,7	16,50	29	2,5	ВВГ 5х2,5

Таблиця 2.18- Перевірка живлячих ліній приймачів на втрати напруги

Назва приймача	I_p , А	r_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	x_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	l, км	ΔU , %	Марка кабелю
Вентилятор витяжний	8,49	7,74	0,095	0,098	2,39	ВВГ 5х2,5
Вентилятор припливний	8,49	7,74	0,095	0,031	0,76	ВВГ 5х2,5
Електротермічна установка	25,26	7,74	0,095	0,073	4,99	ВВГ 5х4
Мостовий кран	21,65	7,74	0,095	0,13	7,62	КГНВ 5х4
Ковальсько пресомашина	19,25	7,74	0,095	0,138	5,43	ВВГ 5х2,5
Токарно-гвинторізні верстати РТ-21001	11,10	7,74	0,095	0,1	2,45	ВВГ 5х2,5
Настільно-свердлильний верстат	11,10	7,74	0,095	0,09	2,21	ВВГ 5х2,5
Фрезерний верстат	16,50	7,74	0,095	0,14	5,49	ВВГ 5х2,5

2.12.2 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ

Для можливості вибору низьковольтної комутаційної та вимірювальної апаратури розрахуємо струми короткого замикання в низьковольтній мережі. Розрахунок проведемо згідно методики додатку А.12.2.

Визначимо струми КЗ на шинах НН ЦТП, на вводах розподільчих пунктів будівель, та в точці приєднання найпотужнішого приймача цеху.

Розрахункова схема та схема заміщення короткозамкненого кола зображені на рисунках 2.5 та 2.6.

Вихідні дані для розрахунку: базисна напруга $U_c = 0,4 \text{ кВ}$; струм КЗ на шинах ВН ЦТП $I_{кз.В} = 4,8 \text{ кА}$; середня напруга на шинах ВН ЦТП $U_c = 10,5 \text{ кВ}$; параметри трансформатора $S_{ном} = 630 \text{ кВА}$; $\Delta P_{к.з} = 7,6 \text{ кВт}$; $u_k = 5,5\%$; параметри ліній наведені в табл.2.10 даного проекту.

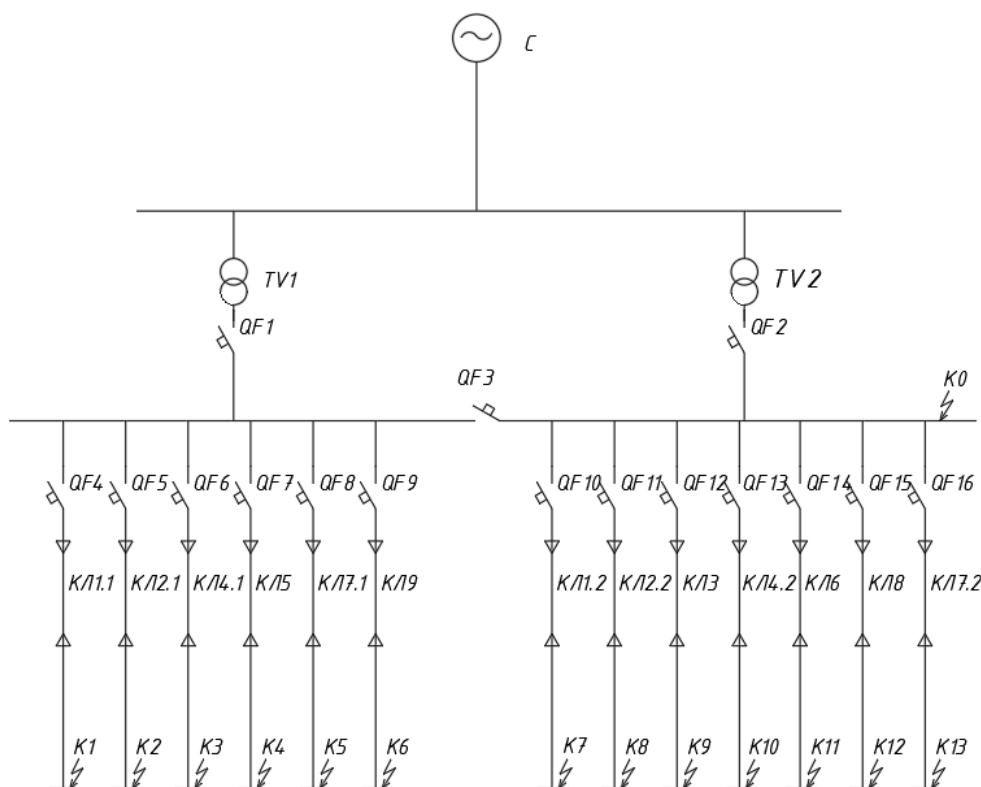


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема короткозамкненого кола

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛНТУ.971074.000 ПЗ

Арк.

27

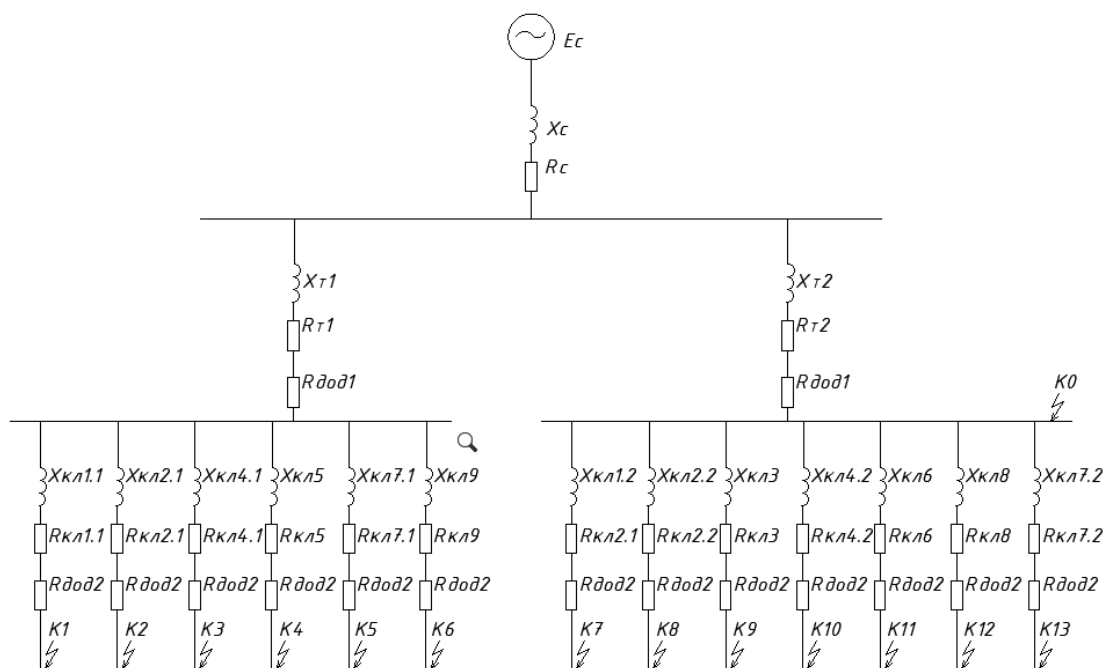


Рисунок 2.6 – Схема заміщення короткозамкненого кола

Результати розрахунків опорів КЛ 0,4 кВ показано в таблицях 2.19 і 2.20.

Таблиця 2.19 – Визначення опорів кабельних ліній 0,4 кВ

Назва кабельної лінії	l , км	r_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	R , мОм	x_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	X , мОм
ТП-РП1.1	0,251	0,326	81,826	0,0602	15,11
ТП-РП1.2	0,044	0,129	5,676	0,0587	2,5828
ТП-РП2.1	0,038	0,129	4,902	0,0587	2,2306
ТП-РП2.2	0,034	0,129	4,386	0,0587	1,9958
ТП-РП3	0,041	0,129	5,289	0,0587	2,4067
ТП-РП4.1	0,083	0,258	21,414	0,0602	4,9966
ТП-РП4.2	0,091	0,258	23,478	0,0602	5,4782
ТП-РП5	0,083	0,206	17,098	0,0596	4,9468
ТП-РП6	0,093	0,206	19,158	0,0596	5,5428
ТП-РП7.1	0,066	0,21	13,596	0,0596	3,9336
ТП-РП7.2	0,13	0,33	42,38	0,0602	7,826
ТП-РП8	0,16	0,26	41,28	0,0602	9,632
ТП-РП9	0,155	0,33	50,53	0,0602	9,331

Таблиця 2.20 – Розрахунок струмів КЗ в мережі 0,4 кВ

Точка КЗ	$R_{\text{дод}},$ мОм	$\dot{R}_{\text{рез}},$ мОм	$\dot{X}_{\text{рез}},$ мОм	$\dot{Z}_{\text{рез}},$ мОм	$I_{\text{к}},$ кА	k_y	$B_{\text{к}},$ кА ² ·с	$F_{\text{мін}},$ мм ²	$F_{\text{прийн}},$ мм ²
К0	15	18,83	15,80	24,58	9,40	1,05	48,7		
К1	20	105,65	30,91	110,08	2,10	1	2,20	15,61	95
К2	20	29,50	18,38	34,76	6,64	1	22,07	49,45	95
К3	20	28,73	18,03	33,92	6,81	1	23,18	50,68	185
К4	20	28,21	17,80	33,36	6,92	1	23,96	51,53	185
К5	20	29,12	18,21	34,34	6,72	1	22,61	50,05	185
К6	20	45,24	20,80	49,79	4,64	1	10,76	34,52	120
К7	20	47,31	21,28	51,87	4,45	1	9,91	33,14	120
К8	20	40,93	20,75	45,89	5,03	1	12,67	37,46	150
К9	20	42,99	21,34	47,99	4,81	1	11,58	35,82	150
К10	20	37,42	19,74	42,31	5,46	1	14,90	40,63	95
К11	20	66,21	23,63	70,30	3,29	1	5,40	24,45	95
К12	20	65,11	25,43	69,90	3,30	1	5,46	24,59	120
К13	20	74,36	25,13	78,49	2,94	1	4,33	21,90	95

Решта перевірок виконуються, отже, приймаємо до встановлення попередньо вибрані перерізи кабельних ліній.

2.12.3 Вибір трансформаторів струму

Для здійснення розрахункового та технічного обліку електричної енергії на боці низької напруги ТП встановлюємо лічильники активної та реактивної енергії типу NIK 2303 ARTT.1800.MC.21, виробник ТОВ «НИК-ЕЛЕКТРОНІКА», а також електронні амперметри типу TENSE DJ-A96T для вимірювання величини споживаного струму. Для живлення кіл вимірювальних приладів та лічильників застосовуємо трансформатори струму.

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір трансформаторів струму здійснюється за методикою, наведеною у додатку А.12.3. Розрахунок потужності, що споживається приладами, здійснимо в таблиці 2.21.

Таблиця 2.21 – Розрахунок навантаження трансформатора струму

Назва приладу	Тип приладу	Навантаження, ВА
Амперметр	TENSE DJ-A96T	0,5
Лічильник активної та реактивної енергії	NIK 2303 ARTT.1800.MC.21	5
Всього		5,5

Для здійснення розрахункового обліку попередньо вибираємо трансформатори струму типу Т-0,66-2 (ПрАТ “Уманський завод “Мегаомметр”) з коефіцієнтом трансформації 2000/5. Результати перевірки зведемо в таблицю 2.22.

Таблиця 2.22 – Перевірка трансформаторів струму типу Т-0,66-2

Розрахункові дані	Каталожні дані
1	2
$U_{уст}=0,4$ кВ	$U_{ном}=0,66$ кВ
$I_{ном}=911$ А $I_{max}=1821,8$ А	$I_{ном1}=2000$ А
$i_y=14,26$ кА $I_{по}=9,6$ кА	$i_{дин}=51$ кА $I_T=31,5$ кА
$B_k=50,9$ кА ² ·с	$I_T^2 \cdot t_T=992,3$ кА ² ·с
$z_2 = 0,295$ Ом	$z_{2ном} = 1,9$ Ом

Всі умови виконуються, отже остаточно приймаємо до встановлення трансформатори струму Т-0,66-2.

Для технічного обліку приймаємо попередньо трансформатори струму типу Т-0,66 з коефіцієнтом трансформації 250/5.

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати перевірки зведемо в таблицю 2.23. В якості струму $I_{\max}$ приймаємо найбільший післяаварійний струм в лінії, розрахований в табл. 2.11 даного проекту (струм лінії ТП-РП6).

Таблиця 2.23 – Перевірка трансформаторів струму для технічного обліку

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{\text{уст}}=0,4 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}}=0,66 \text{ кВ}$
$I_{\max}=215,94 \text{ А}$	$I_{\text{ном}}=250 \text{ А}$
$i_y=3,19 \text{ кА}$	$i_{\text{дин}}=51 \text{ кА}$
$B_k=2,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T=992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
$z_2=0,295 \text{ Ом}$	$z_{2\text{ном}}=1,9 \text{ Ом}$

Всі умови виконуються, отже, приймаємо остаточно трансформатори струму Т-0,66 з коефіцієнтом трансформації 250/5.

2.12.4 Вибір автоматичних вимикачів та рубильників

В комірках розподільчих панелей 0,4 кВ ТП встановлюємо автоматичні вимикачі та рубильники. Попередньо вибираємо автоматичні вимикачі відповідно до рис.2.5. Методика вибору автоматичних вимикачів наведена в додатку А.12.4. Результати вибору та перевірки зведено в таблицю 2.24.

Таблиця 2.24 – Вибір та перевірка автоматичних вимикачів

Назва об'єкта	Тип вимикача	Каталожні дані			Розрахункові дані			
		$U_{\text{ном}}$, кВ	$I_{\text{ном розщ}}$, А	$I_{\text{гр вимк}}$, кА	$U_{\text{уст}}$, кВ	$I_{\text{норм}}$, А	I_{max} , А	$I_{\text{к}}$, А
Ввідна комірка	FMC8A	0,4	2000	80	0,4	911	1821,8	9,609
Секційна комірка	FMC8A	0,4	2000	80	0,4	911	1821,8	9,609
ТП-РП1.1	FMC4/ 3U	0,4	300	50	0,4	121,73	264,90	2,10
ТП-РП1.2	FMC4/ 3U	0,4	300	50	0,4	121,73	264,90	6,64
ТП-РП2.1	FMC4/ 3U	0,4	300	50	0,4	144,57	267,97	6,81
ТП-РП2.2	FMC4/ 3U	0,4	300	50	0,4	144,57	267,97	6,92
ТП-РП3	FMC4/ 3U	0,4	315	50	0,4	227,88	314,17	6,72
ТП-РП4.1	FMC4/ 3U	0,4	300	50	0,4	124,11	261,20	4,64
ТП-РП4.2	FMC4/ 3U	0,4	300	50	0,4	124,11	261,20	4,45
ТП-РП5	FMC4/ 3U	0,4	300	50	0,4	145,90	262,51	5,03
ТП-РП6	FMC5/ 3U	0,4	500	50	0,4	208,20	431,87	4,81
ТП-РП7.1	FMC3/ 3U	0,4	250	50	0,4	109,04	218,08	5,46
ТП-РП7.2	FMC3/ 3U	0,4	250	50	0,4	109,0	218,08	3,29
ТП-РП8	FMC4/ 3U	0,4	350	50	0,4	151,13	327,45	3,30
ТП-РП9	FMC4/ 3U	0,4	300	50	0,4	130,88	283,27	2,94

Всі перевірки виконуються.

Таблиця 2.25 – Вибір та перевірка рубильників

<i>Розрахункові дані</i>	<i>Каталожні дані</i>
У ввідних комірках РЕ 19-44	
$U_{уст}=0,4 \text{ кВ}$	$U_{ном}=0,4 \text{ кВ}$
$I_{ном}=911 \text{ А}$ $I_{max}=1821,8 \text{ А}$	$I_{ном}=2000 \text{ А}$
$i_y=14,26 \text{ кА}$	$I_{дин}=100 \text{ кА}$
$B_k=50,90 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T=900 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
В розподільчих комірках РЕ 19-39	
$U_{уст}=0,4 \text{ кВ}$	$U_{ном}=0,4 \text{ кВ}$
$I_{max}=431,87 \text{ А}$	$I_{ном}=630 \text{ А}$
$i_y=8,79 \text{ кА}$	$i_{дин}=32 \text{ кА}$
$B_k=16,88 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T=289 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Всі перевірки виконуються.

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ КОВАЛЬСЬКО-ПРЕСОВОГО ЦЕХУ

3.1 Проектування освітлювальної мережі

Освітлювальна мережа ковальсько-пресового цеху розрахована за методом коефіцієнта використання світлового потоку. Методика та розрахунок наведені в додатку Б. Технічні характеристики прийнятих освітлюваних світильників наведено в таблиці 3.1. Розрахункові параметри освітлювальної мережі показано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Характеристики світильника ДСП27У

Тип світильника	ДСП27У
Напруга живлення, В	230
Джерело світла	світлодіоди
Потужність, Вт	150
Світловий потік, Лм	21750
Тип КСС (кривої сили світла)	Д (косинусна)
Колірна температура, К	4000
Ступінь захисту	IP65
Світлова віддача, Лм/Вт	до 150

Для живлення світильників в цеху приймаємо щит освітлення герметичний навісного виконання ЩО-12НГ. Тип автоматичних вимикачів: однополюсних – FB1-63 з $I_{ном} = 16$ А; ввідного триполюсного – FB1-63 з $I_{ном} = 50$ А. Освітлювальна мережа виконана кабелем ВВГнг 3х1,5. Для живлення освітлювального щитка приймаємо кабель АВВГ 5х10 з $I_{тр.доп} = 50$ А.

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Микитюк С.О.			Проектування електропостачальної системи заводу електровимірювальних приладів встановленою потужністю 1200 кВт.				Літ.		Арк.	Аркушів	
Перевір.		Ващелюк Ю.І.									34	2	
									ФАБЕ, гр. ЕЕ-43				
Н. Контр.		Ващелюк Ю.І.											
Затверд.		Волинець В.І.											

Таблиця 3.2 – Визначення параметрів освітлювальної мережі цеху

Площа цеху	3456
Тип світильника	ДСП
Крива сили світла	Д(косинусна)
Показник λ_c	1,4
Висота приміщення Н, м	6
Висота підвісу світильників h_c	0,8
Висота поверхні з нормованою освітленістю h_p	0,8
Розрахункова висота приміщення h	4,4
Нормативна освітленість Лк	300
Z	1,1
Коефіцієнт запасу K_z	1,5
Відстань між рядами та світильниками $L_a=L_b$	6,16
Кількість світильників в ряді N_a	12
Кількість рядів N_b	8
Кількість світильників N, шт	96
l_a	1,12
l_b	15,94
індекс приміщення	6,5
Коефіцієнт використання св.потіку K_v	0,85
Розрахунковий світловий потік Φ	20964,71
Номинальний світловий потік $\Phi_{ном}$	21750
Відхилення світлового потоку $\Delta\Phi$	-3,6

РОЗДІЛ 4

САПР

САПР - це автоматизована система, яка служить для реалізації того чи іншого розрахунку для проектування. Залежно від завдання під САПР може розумітися:

- програмне забезпечення, що використовується в якості основного елемента відповідної інфраструктури;

- сукупність кадрових і технічних систем (включаючи ті, що передбачають залучення САПР у вигляді ПО), що застосовуються підприємством з метою автоматизації розробки проектів.

В даному кваліфікаційному проекті вибір мереж цехового електропостачання, а також вибір живлячих ліній заводу автоматизовано за допомогою програми Microsoft Excel 2016. Етапи вибору показано на рис. 4.1 - 4.3.

Файл

Виділення

Вставка

Макет сторінок

Формули

Дані

Розрахування

Подання

Оформлення

Службові

Завантажити

Зберегти

Відкрити

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити останній

Відкрити

Рисунок 4.1 – Розрахунок електричних навантажень заводу

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Микитюк С.О.				Проектування електропостачальної системи заводу електровимірювальних приладів встановленою потужністю 1200 кВт.	Літ.	Арк.
Перевір.	Ващелюк Ю.І.						Аркуші
							36
							2
Н. Контр.	Ващелюк Ю.І.				ФАБЕ, гр. ЕЕ-43		
Затверд.	Волинець В.І.						

232

Назва літ

n

S_л, нВ

I_{лп}, А

P_л, Вт

z

l, км

I_{лп}, А

P_{лп}, А

I_{лп}, А

P_{лп}, А

U_{лп}, Ом/км

Q_{лп}, %

sin φ

cos φ

233

ТП-РП1.1, РП1.2

2

168,67

121,727

86,95

4i185

0,251

165

153,45

243,45

178,2

0,326

0,06

3,62

0,70561

0,71

234

ТП-РП2.1, РП2.2

2

200,32

144,568

103,26

4i185

0,42

308

286,44

289,14

332,64

0,129

0,059

3,63

0,60496

0,80

235

ТП-РП3

1

157,88

227,879

162,77

4i185

0,01

308

286,44

227,88

332,64

0,129

0,059

0,13

0,64391

0,77

236

ТП-РП4.1, РП4.2

2

171,97

124,107

88,65

4i120

0,494

190

176,7

248,21

205,2

0,258

0,06

6,44

0,59842

0,80

237

ТП-РП5

1

101,09

145,904

104,22

4i150

0,242

230

213,9

145,90

248,4

0,206

0,06

2,81

0,73274

0,68

238

ТП-РП6

1

144,24

208,197

148,71

4i150

0,054

230

213,9

208,20

248,4

0,206

0,06

0,88

0,74621

0,67

239

ТП-РП7.1, РП7.2

2

151,08

109,038

77,88

4i95

0,345

165

153,45

218,08

178,2

0,326

0,06

4,85

0,59465

0,80

240

ТП-РП8

1

104,70

151,127

107,95

4i120

0,16

190

176,7

151,13

205,2

0,258

0,06

2,49

0,63188

0,78

241

ТП-РП9

1

90,68

130,882

93,49

4i95

0,171

165

153,45

130,88

178,2

0,326

0,06

2,99

0,52678

0,85

242

Розрахунок опору кабельних ліній мережі 0,4 кВ

243

Назва кабельної лінії

L, км

C₀, Ом/км

R_л, Ом

X₀, Ом/к

X_л, МО

13

244

ТП-РП1.1

0,251

0,326

81,826

0,0602

15,11

245

ТП-РП1.2

0,044

0,129

5,676

0,0587

2,5828

246

ТП-РП2.1

0,038

0,129

4,902

0,0587

2,3306

247

ТП-РП2.2

0,034

0,129

4,388

0,0587

3,0708

248

ТП-РП3

0,041

0,129

5,399

0,0587

2,4067

249

ТП-РП4.1

0,083

0,258

21,434

0,0602

4,9966

250

ТП-РП4.2

0,091

0,258

23,478

0,0602

5,4782

251

ТП-РП5

0,083

0,206

17,086

0,0596

4,8448

252

ТП-РП6

0,093

0,206

19,138

0,0596

5,2429

253

ТП-РП7.1

0,066

0,21

13,586

0,0596

3,9336

254

ТП-РП7.2

0,13

0,33

42,38

0,0602

7,826

255

ТП-РП8

0,16

0,26

41,28

0,0602

9,632

256

ТП-РП9

0,155

0,33

50,53

0,0602

9,331

257

258

259

Рисунок 4.2 – Розрахунок та перевірка живлячих ліній розподільчих пунктів

319	Проектування цехової електропостачання											
320	Назва приймачів	P _л , кВт	n	cos φ	I _p , А	F, мм2	Марка проводу	sin φ	Марка проводу	Тип апарату	I _{р доп} , А	Марк а
321	1 Вентилятор витяжний	5	1	0,85	8,49	2,5	29 БВГ 4x2,5	0,53	БВГ 4x2,5	РБ1-63	80	БВГ 4x6
322	2 Вентилятор припливний	5	1	0,85	8,49	2,5	29 БВГ 4x2,5	0,53	БВГ 4x2,5	РБ1-63	38	БВГ 4x2,5
323	3 Електропильна установка	14	1	0,8	25,26	4	38 БВГ 4x4	0,60	БВГ 4x4	РБ1-63	38	БВГ 4x2,5
324	4 Мостовий кран	12	1	0,8	21,65	4	38 БВГ 4x4	0,60	БВГ 4x4	РБ1-63	38	БВГ 4x2,5
325	5 Ковальсько пресова машина	8	5	0,6	19,23	2,5	29 БВГ 4x2,5	0,80	БВГ 4x2,5	РБ1-63	38	БВГ 4x2,5
326	6 Токано-гвинторітні верстати РТ	5	5	0,65	11,10	2,5	29 БВГ 4x2,5	0,76	БВГ 4x2,5	РБ1-63	38	БВГ 4x2,5
327	7 Настільно-свердільний верстат	5	5	0,65	11,10	2,5	29 БВГ 4x2,5	0,76	БВГ 4x2,5	РБ1-63	38	БВГ 4x2,5
328	8 Фрезерний верстат	8	3	0,7	16,50	2,5	29 БВГ 4x2,5	0,71	БВГ 4x2,5	РБ1-63	80	БВГ 4x6
329											38	БВГ 4x2,5
330												
331			22									
332												
333	Назва приймачів	n	cos φ	G ₀ , Ом/км	X ₀	I, км	Марка проводу		Марка проводу			
334	1 Вентилятор витяжний	5	0,85	7,74	0,095	0,098	2,39 БВГ 4x2,5		БВГ 4x2,5			
335	2 Вентилятор припливний	5	0,85	7,74	0,095	0,091	0,76 БВГ 4x2,5		БВГ 4x2,5			
336	3 Електропильна установка	14	0,8	7,74	0,095	0,073	4,99 БВГ 4x4		БВГ 4x4			
337	4 Мостовий кран	12	0,8	7,74	0,095	0,13	7,62 БВГ 4x4		БВГ 4x4			
338	5 Ковальсько пресова машина	8	0,6	7,74	0,095	0,138	5,43 БВГ 4x2,5		БВГ 4x2,5			
339	6 Токано-гвинторітні верстати РТ	5	0,65	7,74	0,095	0,1	2,45 БВГ 4x2,5		БВГ 4x2,5			
340	7 Настільно-свердільний верстат	5	0,65	7,74	0,095	0,09	2,21 БВГ 4x2,5		БВГ 4x2,5			
341	8 Фрезерний верстат	8	0,7	7,74	0,095	0,14	5,49 БВГ 4x2,5		БВГ 4x2,5			
342												
343												
344												
345												

Рисунок 4.3 – Розрахунок та вибір електричних мереж цеху

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

В даному розділі виконується розрахунок захисного заземлення для електрообладнання ковальсько-пресового цеху. Методика розрахунку показана в додатку В.

Розрахункові параметри заземлення наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахункові параметри захисного заземлення ковальсько-пресового цеху

Параметр	Розрахункове значення
Питомий опір ґрунту $\rho_{розр.г}$, Ом·м:	
для вертикальних заземлювачів	250
для горизонтальних заземлювачів	120
Опір одиночного вертикального заземлювача R_{eo} , Ом	38,53
Кількість вертикальних заземлювачів, шт	6
Довжина з'єднувальної смуги, м	16
Опір горизонтального заземлювача R_e , Ом	17,15
Опір вертикального заземлювача R_{θ} , Ом	6,31
Опір штучного заземлення $R_{ш}$, Ом	9,25

Глибина закладання заземлюючого пристрою 70 см. Внутрішній контур заземлення виконується сталлюю смугою шириною 25 мм яка прокладається по периметру цеху. Обладнання, що заземлюється, під'єднується до контуру заземлення багатожильними мідними провідниками без ізоляції.

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Микитюк С.О.			Проектування електропостачальної системи заводу електровимірювальних приладів встановленою потужністю 1200 кВт.				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Ващелюк Ю.І.									38	2	
									ФАБЕ, гр. ЕЕ-43				
Н. Контр.		Ващелюк Ю.І.											
Затверд.		Волинець В.І.											

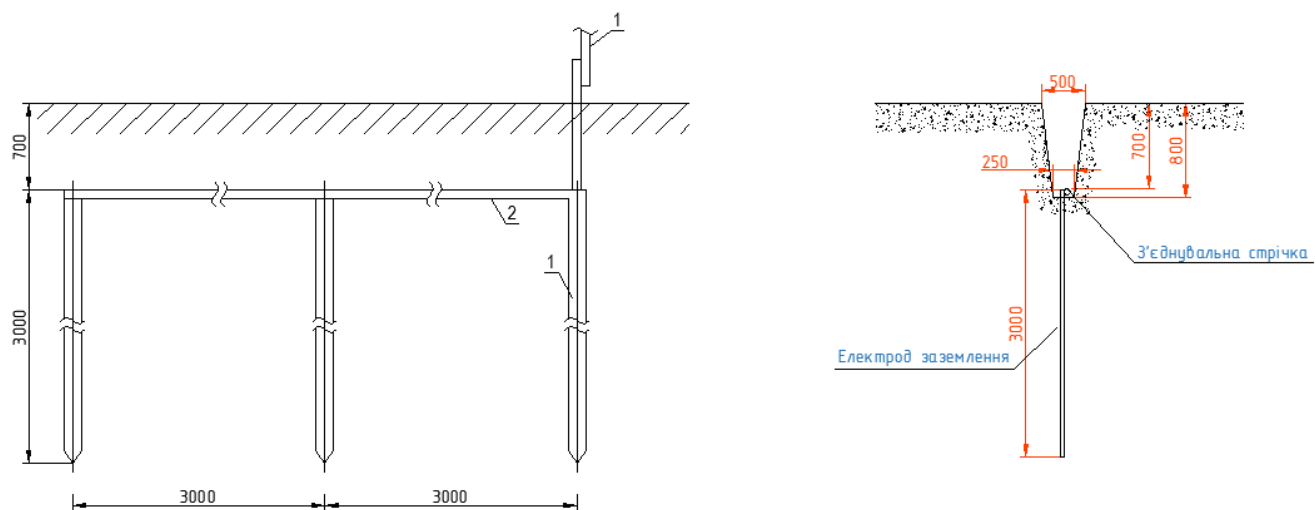


Рисунок 5.1 – Схема заземлення:
1 – заземлювач; 2 – з'єднувальна стрічка

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційному проекті розроблено оптимальну систему електропостачання заводу. Вибрана конфігурація мережі забезпечує необхідну надійність для споживачів II та III категорій.

На основі розрахункових навантажень обрано силові трансформатори потужністю 630 кВА (з урахуванням коефіцієнта завантаження та роботи в аварійних режимах) та перерізи кабельних ліній, що забезпечують допустимі втрати напруги (не більше 5%). Крім цього, вибрано та встановлено комутаційно-захисне обладнання сторони 10 кВ та 0,4, що дозволяє забезпечувати захист від аварійних режимів електричної мережі.

Розраховано та впроваджено заходи з компенсації реактивної потужності, що дозволило підвищити коефіцієнт потужності ($\cos\phi$) до нормативних значень, знизити втрати в мережі та зменшити витрати на оплату електроенергії.

Передбачено надійну систему заземлення будівель цехів згідно з вимогами ПУЕ та ДСТУ.

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Основи електропостачання. Практикум: навчальний посібник/ Давиденко Л.В., Коменда Н.В., Євсюк М.М., Коменда Т.І., Давиденко В.А. Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2016. 224 с.
2. Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. Електропостачання промислових підприємств: посібник до курсового та дипломного проектування. Київ, 2013. 424 с.
3. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. Міненерговугілля України. Харків: видавництво «Форт», 2017. 760 с.
4. Грицюк І.В., Грицюк Ю.В., Добровольська Л.Н. Загальнопромислові електроприймачі: навчальний посібник для студентів за напрямком навчання 6.050701 “Електротехніка та електротехнології” усіх форм навчання. Луцьк: ЛНТУ, 2014. 240 с.
5. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Видання офіційне. Київ: Мінрегіон України, 2018. 133 с.
6. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М. Практикум із охорони праці: навчальний посібник/за ред. В.Ц. Жидецького. Львів: Афіша, 2000. 352 с.
7. Панелі розподільчих щитів ЩО-99. URL: <https://uelko.com/kso399.html>.
8. Комірки КСО-399. URL: <https://uelko.com/kso399.html>.
9. Розподільні пункти EU-ПР11. URL: <https://www.enersys.in.ua/vyrobnytstvo/punkt-rozpodilnyi.html>.
10. Корпорація ВАТРА: каталог освітлювальних приладів. URL: [http://vatra.ua/download/VATRA-2021-UKR_MAX-catalog_\(lighting\).pdf](http://vatra.ua/download/VATRA-2021-UKR_MAX-catalog_(lighting).pdf).
11. Автоматичні вимикачі FMC: каталог. URL: <https://promfactor.com/ua/catalog/12>.
12. Щитове обладнання «Bilmax»: каталог продукції. URL: https://bilmax.com.ua/search/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%20BILMAX_%D0%A9%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[%BD%D1%8F.pdf](#).

13. Запобіжники струмообмежуючі серії ПКТ і ПКН: каталог. URL: https://quartz.zp.ua/uploads/files/products/pkt_pkn_ru.pdf.

14. Лічильники електроенергії NIK2303. URL: <https://nik.net.ua/product/nik-2303-new>.

15. Трансформатори силові масляні типу ТМ. URL: <http://transf.com.ua/ua/1-transformatory-silovye-maslyanye/1-2-transformatory-silovye-maslyanye-tipa-tm/>.

16. Силові кабелі АСБл. URL: <https://www.yuzhcable.info/cat/15/mri/152301/lang/en>.

17. Трансформатори струму Т-0,66. URL: https://www.megommetr.com/index.php/ua/transformatory-toka/product/16-transformatory-toka-t-0-66-tsh-0-66/category_pathway-19.

18. Кабель силовий АВБбШв на напругу 0,6/1 кВ. URL: <https://odeskabel.com/ua/products/kabeli-silovye/kabeli-silovye-s-pvkh-izolyatsiej-do-0-66-6-kv/kabel-silovoj-alyuminievyy-bronirovannyj-avbbshv-na-napryazhenie-0-61-kv.html>.

					ЛНТУ.971074.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		