

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та енергетики

(повне найменування факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна найменування кафедри)

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

**Електропостачання заводу різальних інструментів
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-41
Лопачук Андрій Валентинович**

(підпис)

**Керівник:
асистент
Ващелюк Юрій Ігорович**

(підпис)

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

(підпис)

Луцьк – 2026 року

АНОТАЦІЯ

Лопачук А.В. Електропостачання заводу різальних інструментів встановленою потужністю 1200 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, переліку посилань, додатків.

У проєкті розроблено систему електропостачання заводу різальних інструментів. 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

Lopachuk A.V. Power Supply System of a Cutting Tool Plant with an Installed Capacity of 1200 kW. Manuscript.

Bachelor's qualification project for the Educational Program "Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics", Specialty 141 "Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification project consists of five chapters, a list of references, and appendices.

The project developed a power supply system for a cutting tool factory. The development was carried out based on electrical engineering calculations: calculation of power loads using the ordered diagrams method; calculation of lighting loads performed using the specific load density method; determination of electrical loads at higher levels of the enterprise power supply system using a hierarchical approach; selection of the cross-section of overhead power line wires according to technical and economic conditions; selection of the cable line (CL) cross-section performed by economic current density; calculation of short-circuit currents on the 10 and 0.4 kV sides; selection of high-voltage and low-voltage equipment.

The completed developments allow moving forward to the practical phase of construction and implementation of the designed enterprise power supply system.

Keywords: power supply system (PSS), transformer substation (TS), cable line (CL), short-circuit (SC) currents, computer-aided design (CAD) systems, power receiver (PR).

3MICT

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ.....	9
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ	11
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень.....	11
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень	12
2.3. Визначення результуючих навантажень.....	14
2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень	14
2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів	15
2.6. Компенсація реактивної потужності на стороні 10 кВ	17
2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП.....	18
2.8. Проєктування мережі живлення підприємства	18
2.9. Проєктування внутрішньої розподільної мережі.....	19
2.10. Розрахунок струмів короткого замикання.....	20
2.11. Вибір обладнання	23
2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв на напругу 10 кВ	23
2.11.2. Вибір роз'єднувачів	23
2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників	24
2.11.4. Вибір комплектних розподільчих пристроїв на напругу 0,4 кВ	25
2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху	26
2.12.1. Вибір схеми електропостачання	26

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Лопачук А.В.			Електропостачання заводу різальних інструментів встановленою потужністю 1200 кВт. Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Ващелюк Ю.І.								6	94
								ФАБЕ, гр. ЕЕ-41			
Н. Контр.		Ващелюк Ю.І.									
Затверд.		Волинець В.І.									

2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ	27
2.12.3. Вибір трансформаторів струму	32
2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів	34
2.12.5. Вибір рубильників.....	35
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ МОСТОВОГО КРАНУ	37
РОЗДІЛ 4 САПР	43
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	44
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	46
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	47
ДОДАТКИ.....	50

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Машинобудівна галузь є основою технічного переоснащення промисловості, де виробництво різальних інструментів відіграє стратегічну роль. Сучасний завод різальних інструментів — це високотехнологічне підприємство з автоматизованими лініями та верстатами. Ефективність його роботи безпосередньо залежить від надійності, якості та безпеки системи електропостачання. Тому проектування раціональної, гнучкої та енергоефективної системи електропостачання є критично важливим завданням.

Метою кваліфікаційного проєкту є розробка оптимальної, технічної та економічно ефективної системи електропостачання. Система має гарантувати високу надійність живлення електроприймачів усіх категорій, мінімальні втрати потужності під час транспортування та розподілу енергії, а також належну якість електричної енергії в умовах високого рівня нелінійних навантажень.

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

В даному кваліфікаційному проєкті розробляється система електропостачання заводу різальних інструментів.

Живлення підприємства здійснюється від шин напругою 10 кВ розподільчого пункту 10 кВ, довжина живлячої лінії становить 0,85 км. Потужність короткого замикання на шинах джерела живлення дорівнює 100 МВА.

Режим роботи підприємства – двозмінний. Число годин використання максимуму навантаження $T_m=4200$ год.

Дозволена до передачі реактивна потужність в мережу: $Q_{e.max} = 242$ кВАр.

Встановлена потужність основних будівель підприємства наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Встановлена потужність цехів підприємства

Назва цеху (будівлі)	Встановлена потужність $P_{вст.},$ кВт
Збірний цех	160
Цех виробництва мітчиків, плашок та фрез	270
Інструментальний цех	150
Цех механічної обробки	140
Ремонтно-механічний цех	80
Цех по виробництву сверدل	120
Компресорна (0,4 кВ)	120
Адміністративний корпус	70
Випробувальна лабораторія	90
Всього	1200

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання заводу різальних інструментів встановленою потужністю 1200 кВт Пояснювальна записка		
Розроб.	Лопачук А.В.						
Перевір.	Ващелюк Ю.І.						
Н. Контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.				Лім. Арк. Аркуші 9 2 ФАБЕ, гр. ЕЕ-41		

Електроприймачі заводу розраховані на напругу 400/230 В змінного струму промислової частоти 50 Гц.

За ступенем надійності електропостачання споживачі підприємства відносяться до наступних категорій: II категорія – 65 % (основні виробничі цехи); III категорія – 35 % (приймачі АПК, допоміжні цехи).

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
‘						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень

Для розрахунку силового електричного навантаження застосуємо метод впорядкованих діаграм. Методику розрахунку здійснимо згідно додатку А.1. Результати проведених розрахунків зведемо в таблицю 2.1 та таблицю 2.2.

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантажень цеху механічної обробки

Назва групи приймачів електричної енергії	Потужність приймача, кВт		n	K _в	cos φ	Середнє навантаже- ння за найбільш завантаже- ну зміну		n _{еф}	K _{max}	Розрахункове навантаження	
	P _{ном}	P _{вст}				P _{ср зм, кВт}	Q _{ср зм, кВАр}			P _{р, кВт}	Q _{р, кВАр}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Токарні спеціальні верстати	7,5	30	4	0,17	0,65	5,1	5,96			5,10	5,96
Наждачні верстати	3	6	2	0,2	0,85	1,2	0,74			1,2	0,74
Токарні напів автомати	12	24	2	0,2	0,8	4,8	3,6			4,8	3,6
Мостовий кран	15	15	1	0,1	0,8	1,5	1,13			1,50	1,13
Алмазно- розточувальний верстат	5,5	22	4	0,5	0,6	11	14,67			11,00	14,67
Свердлильні верстати	4	24	6	0,14	0,5	3,36	5,82			3,36	5,82
Заточувальний верстат	2	6	3	0,15	0,5	0,9	1,56			0,90	1,56
Кругошліфуваль- ні верстати	6,5	13	2	0,2	0,7	2,6	2,65			2,60	2,65
Всього по групі із змінним графіком навантаження		140	24	0,31		30,46	36,13	18,33		30,46	36,13
Всього по цеху			24	0,32		30,46	36,13			30,46	36,13

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.	Лопачук А.В,				Електропостачання заводу різальних інструментів встановленою потужністю 1200 кВт Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.	Ващелюк Ю.І.									11	27
								ФАБЕ, гр. ЕЕ-41			
Н. Контр.	Ващелюк Ю.І.										
Затверд.	Волинець В.І.										

Таблиця 2.2 – Розрахунок силового навантаження по підприємству в цілому

Назва цеху	Встановлена потужність $P_{\text{вст}}, \text{ кВт}$	Середнє навантаження за найбільш завантажену зміну		
		$P_{\text{ср.зм.}}, \text{ кВт}$	$Q_{\text{ср.зм.}}, \text{ кВАр}$	$S_{\text{ср.зм.}}, \text{ кВА}$
Збірний цех	160	96,00	84,66	128,00
Цех виробництву мітчиків, плашок та фрез	270	121,50	91,13	151,88
Інструментальний цех	150	90,00	55,78	105,88
Цех механічної обробки	140	30,46	36,13	47,26
Ремонтно- механічний цех	80	48,00	42,33	64,00
Цех по виробництву свердл	120	60,00	45,00	75,00
Компресорна (0,4 кВ)	120	66,00	67,33	94,29
Адміністративний корпус	70	35,00	26,25	43,75
Випробовувальна лабораторія	90	58,50	43,88	73,13
Всього	1200	605,46	492,49	780,46

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Методику розрахунку освітлювальних навантажень наведено в додатку А.2.

Результати розрахунку освітлювального навантаження по підприємству в цілому зведемо в таблицю 2.3.

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
‘						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Назва об'єкту	Площа м ²	Тип ламп	P _{пит.о}	K _{пра}	K _п	cos φ	P _о , кВт	P _{ро} , кВт	Q _{ро} , кВар	S _{ро} , кВА
Збірний цех	1728	LED	12	1,1	0,9	0,9	20,74	20,53	9,94	22,81
Цех з вибору мітчиків	3240	LED	16	1,1	0,9	0,9	51,84	51,32	24,86	57,02
Інструментальний цех	2592	LED	15	1,1	0,9	0,9	38,88	38,49	18,64	42,77
Цех механічної обробки	1080	LED	14	1,1	0,9	0,9	15,12	14,97	7,25	16,63
Ремонтно механічний цех	1728	LED	14	1,1	0,9	0,9	24,19	23,95	11,60	26,61
Цех по вибору свердл	2592	LED	16	1,1	0,9	0,9	41,47	41,06	19,88	45,62
Компресорна (0,4 кВ)	720	LED	11	1,1	0,9	0,9	7,92	7,84	3,80	8,71
Адміністративний корпус	2592	LED	16	1,1	0,9	0,9	41,47	41,06	19,88	45,62
Випробувальна лабораторія	680	LED	12	1,1	0,9	0,9	8,16	7,63	3,70	8,48
Зовнішнє освітлення	149000	LED	0,16	1,1	0,9	0,9	23,84	23,60	14,63	27,77
Всього	16952						273,6	270,45	134,2	302,1

2.3. Визначення результуючих навантажень

Розрахунок результуючих навантажень здійснимо за методикою додатку А.3. Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок сумарного навантаження на шини НН ТП

Назва цеху	$P_{\text{ср.зм}},$ кВт	$Q_{\text{ср.зм}},$ кВАр	$P_{\text{р.о}},$ кВт	$Q_{\text{р.о}},$ кВАр	$P_{\text{рΣ}},$ кВт	$Q_{\text{рΣ}},$ кВАр	$S_{\text{рΣ}},$ кВА
Збірний цех	96,00	84,66	20,53	9,94	116,53	94,61	150,10
Цех виробництва мітчиків, плашок та фрез	121,50	91,13	51,32	24,86	172,82	115,98	208,13
Інструментальний цех	90,00	55,78	38,49	18,64	128,49	74,42	148,49
Цех механічної обробки	30,46	36,13	14,97	7,25	45,43	43,38	62,81
Ремонтно-механічний цех	48,00	42,33	23,95	11,60	71,95	53,93	89,92
Цех по виробництву свердл	60,00	45,00	41,06	19,88	101,06	64,88	120,09
Компресорна (0,4 кВ)	66,00	67,33	7,84	3,80	73,84	71,13	102,53
Адміністративний корпус	35,00	26,25	41,06	19,88	76,06	46,13	88,96
Випробувальна лабораторія	58,50	43,88	7,63	3,70	66,13	47,57	81,46
Зовнішнє освітлення	0	0	23,60	14,63	23,60	14,63	27,77
Всього	605,46	492,49	246,85	119,55	852,31	612,04	1052,49

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Розрахунки проведемо згідно додатку А.4. Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок картограми електричних навантажень

Назва об'єкту	$P_{p\Sigma}$, кВт	$P_{p.o.}$, кВт	Координати об'єкта		r , см	α , град	Координати ЦЕН	
			X	Y			X	Y
Збірний цех	116,53	20,53	22	34	16,26	63,42	38	24
Цех виробництву мітчиків, плашок та фрез	172,82	51,32	46	34,6	23,46	106,91		
Інструментальний цех	128,49	38,49	23	22,4	20,23	107,84		
Цех механічної обробки	45,43	14,97	9,4	18,4	13,66	91,91		
Ремонтно-механічний цех	71,95	23,95	34	33,4	15,14	119,83		
Цех по виробництву свердл	101,06	41,06	53,5	10	17,94	146,26		
Компресорна (0,4 кВ)	73,84	7,84	58	32	15,33	38,23		
Адміністративний корпус	76,06	41,06	40,2	3,4	15,56	194,34		
Випробовувальна лабораторія	66,13	7,63	26,3	8,5	14,51	41,53		

2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів

Результати розрахунку та вибору силових трансформаторів зведемо в таблицю 2.6. Методика розрахунку показана в додатку А.5.

Таблиця 2.6 – Вибір типу та кількості трансформаторів

Показник	Одиниці вимірювання	Варіант I	Варіант II
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
$P_{p\Sigma}$	кВт	852,31	852,31
$Q_{p\Sigma}$	кВАр	612,04	612,04
$S_{p\Sigma}$	кВА	1052,49	1052,49
F	м ²	16952	16952
σ	кВА/м ²	0,06	0,06

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
Тип трансформатора	—	ТМ-2х630/10	ТМ-2х1000/10
N _{min}	шт.	1,69	1,07
m	шт.	0	0
N _{опт}	шт.	2	2
Q _{max T}	кВАр	538,18	1354,10
Q _{нбк 1}	кВАр	73,86	-742,06
K _{p1}	—	12	12
K _{p2}	—	15	15
γ	—	0,38	0,38
Q _{НБК 2}	кВАр	0	0
Q _{НБК}	кВАр	80	0
Тип НБК	—	2хККУ-0,4-40/5	-
ΔP _{х.х}	кВт	3,27	3,8
ΔP _{к.з}	кВт	7,6	12,6
τ _м	год	2592,4	2592,4
ΔW	тис.кВт•год	27,32	36,87
C _е	тис.грн.	309,31	417,31
K	тис.грн.	840	1060
Зт	тис.грн.	414,31	549,81
ΔW кку	тис.кВт•год	1,51	0
Ce	тис.грн.	25,67	0
З кку	тис.грн.	37,61	0
ЗΣ	тис.грн.	443,4	549,8

Отже, згідно техніко-економічних порівнянь приймаємо до встановлення 2 трансформатори ТМ-630, для яких:

$$1,4 \cdot 630 = 882 \text{ кВА} > \frac{2 \cdot (1 - 0,35) \cdot 1052,49}{2} = 684,11 \text{ кВА.}$$

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
‘						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова виконується.

2.6. Компенсація реактивної потужності на стороні 10 кВ

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною в додатку А.6. Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок компенсації реактивної потужності на стороні 10 кВ

<i>Показник</i>	<i>Одиниці вимірювання</i>	<i>Значення</i>
$Q_{p\Sigma}$	кВАр	612,04
$Q_{e\max}$	кВАр	242
$Q_{нбкф}$	кВАр	80
ΔQ_T	кВАр	33
$K_{нс}$	—	0,85
$Q_{м1}$	кВАр	520,23
$Q_{к1}$	кВАр	281,58
$Q_{нст}$	кВАр	565,04
$Q_{вбк}$	кВАр	234,59

З розрахунків таблиці 2.7 видно, що необхідно зкомпенсувати 234,59 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: $Q_{нбк} = 234,59 + 73,86 = 308,44$ кВАр. Приймаємо до встановлення дві низьковольтні конденсаторні батареї на стороні 0,4 кВ трансформаторної підстанції типу ККУ-0,4-150/10 загальною потужністю: $Q_{нбкф} = 300$ кВАр.

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП

Визначення електричних навантажень в СЕП підприємства виконують для характерних місць приєднання приймачів електроенергії. Розрахунок проводимо згідно додатка А.7. Результати розрахунку навантажень на вищих рівнях СЕП зведемо у таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Визначення навантажень на вищих рівнях СЕП

<i>Розрахункове навантаження</i>	<i>Одиниці вимірювання</i>	<i>Значення</i>
$Q_{p\Sigma}$	кВАр	612,04
$Q_{нбк}$	кВАр	300
P_{p3}	кВт	875,91
Q_{p3}	кВАр	326,67
S_{p3}	кВА	934,84
K_3	-	0,7
ΔQ_T	кВАр	58,72
ΔP_T	кВт	13,89
$\Delta Q_{кз}$	кВАр	34,65
ΔQ_0	кВАр	12,6
P_{p4}	кВт	889,80
Q_{p4}	кВАр	385,39
S_{p4}	кВА	969,67

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

Розрахунок та вибір ліній зовнішніх електричних мереж 10 кВ, які живитимуть проектоване підприємство здійснюється за методикою додатку А.8.

Система електропостачання заводу буде здійснюватись двома кабельними лініями напругою 10 кВ. Приймаємо кабель марки АСБл-10 (виробник ПАТ «Завод Південкабель»), «кабель силовий з алюмінієвими струмопровідними жилами, з просоченою паперовою ізоляцією, в свинцевій оболонці, броньований сталевими стрічками». Результати розрахунку показано в таблиці 2.9.

$$I_{\text{п ав}} = \frac{969,67}{\sqrt{3} \cdot 10} = 55,98 \text{ А};$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{969,67}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 27,99 \text{ А}.$$

Таблиця 2.9 – Вибір та перевірка живлячих ліній

F, мм ²	I _{доп} , А	I' _{доп} , А	r ₀ , Ом км	x ₀ , Ом км	ΔU _{норм} , %	ΔU _{п ав} , %	K _{зл}	ΔP _н , кВт	ΔP _д , кВт	C _е , тис. грн.	K, тис. грн.	З, тис. грн.
50	134	124,62	0,62	0,09	0,261	0,521	0,25	24,55	1,53	44,77	1227	198,2
70	162	150,66	0,443	0,086	0,192	0,383	0,21	25,64	1,09	31,99	1454	213,8
95	192	178,56	0,326	0,083	0,146	0,292	0,17	26,50	0,80	23,54	1599	223,5

Згідно проведених розрахунків приймаємо кабельну лінію, приведені затрати на спорудження якої мінімальні, тобто **АСБл-10 3х50**.

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Проектування внутрішньо-розподільчих мереж заводу виконаємо згідно додатку А.9. Результати розрахунків зведемо в таблиці 2.10 і 2.11.

Таблиця 2.10 – Вибір розподільчих пунктів РП-0,4 кВ

Назва об'єкту	S _{рΣ} , кВА	I _р , А	Тип РП	I _{доп РП} , А	К-ть РП	Позначення
Збірний цех	150,10	108,32	ПР11-3086А-54У3	250	2	РП1.1, РП1.2
Цех виробництва мітчиків, плашок та фрез	208,13	150,21	ПР11-3086А-54У3	250	2	РП2.1, РП2.2
Інструментальний цех	148,49	214,32	ПР11-3086А-54У3	250	1	РП3
Цех механічної обробки	78,91	56,95	ПР11-3086А-54У3	250	2	РП4.1, РП4.2
Ремонтно-механічний цех	89,92	64,89	ПР11-3086А-54У3	250	2	РП5.1, РП5.2
Цех по виробництву свердл	120,09	86,67	ПР11-3086А-54У3	250	2	РП6.1, 6.2
Компресорна (0,4 кВ)	102,53	147,99	ПР11-3086А-54У3	250	1	РП7
Адміністративний корпус	88,96	128,40	ПР11-3086А-54У3	250	1	РП8
Випробовувальна лабораторія	81,46	117,58	ПР11-3086А-54У3	250	1	РП9

Таблиця 2.11 – Вибір ліній схеми внутрішнього електропостачання

Назва КЛ	n	$S_{p\Sigma}$, кВА	I_p , А	F_e , мм ²	Переріз	$I_{доп}$, А	$I'_{доп}$, А	$I_{n.ав}$, А	$I''_{доп}$, А	r_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	x_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}$, %
ТП-РП1.1, РП1.2	2	150,10	108,3	77,37	4x95	165	153,4	216,6	178,2	0,326	0,0602	3,43
ТП-РП2.1, РП2.2	2	208,13	150,2	107,29	4x120	308	286,4	300,4	332,6	0,258	0,0602	6,77
ТП-РП3	1	148,49	214,3	153,09	4x185	308	286,4	214,3	332,6	0,167	0,059	0,16
ТП-РП4.1, РП4.2	2	78,91	56,94	40,68	4x50	190	176,7	113,9	205,2	0,62	0,062	6,12
ТП-РП5.1, 5.2	2	89,92	64,89	46,35	4x50	230	213,9	129,8	248,4	0,62	0,062	3,63
ТП-РП6.1 6.2	2	120,09	86,67	61,91	4x70	230	213,9	173,3	248,4	0,206	0,0596	0,83
ТП-РП7	1	102,53	147,9	105,71	4x120	165	153,4	148	178,2	0,443	0,061	3,99
ТП-РП8	1	88,96	128,3	91,71	4x95	190	176,7	128,4	205,2	0,326	0,0602	2,67
ТП-РП9	1	81,46	117,5	83,99	4x95	165	153,4	117,6	178,2	0,326	0,0602	2,69

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

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

Методика розрахунку наведено в додатку А.10. Проведемо розрахунок струмів КЗ у відносних одиницях наближеним методом.

За базисну потужність приймемо величину $S_{\text{б}} = 100 \text{ МВА}$. За базисну напругу приймемо $U_{\text{б}} = U_{\text{ср}} = 10,5 \text{ кВ}$. Потужність короткого замикання джерела живлення $S_{\text{кз}} = 90 \text{ МВА}$.

Опір системи:

$$\dot{X}_{\text{с}^*} = \frac{100}{100} = 1.$$

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
‘						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зведення параметрів до базисних умов проводяться за розрахунковою та заступною схемами, зображеними на рисунках 2.1 та 2.2.

Опір кабельної лінії:

$$\dot{X}_{\text{кл}*} = 0,09 \cdot 0,85 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,069.$$

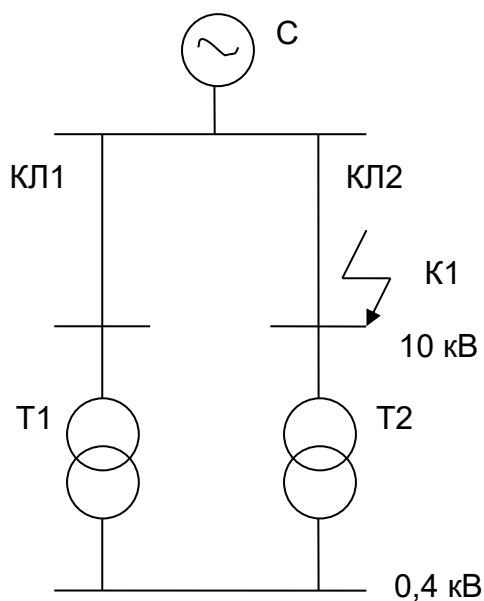


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема короткозамкненого кола

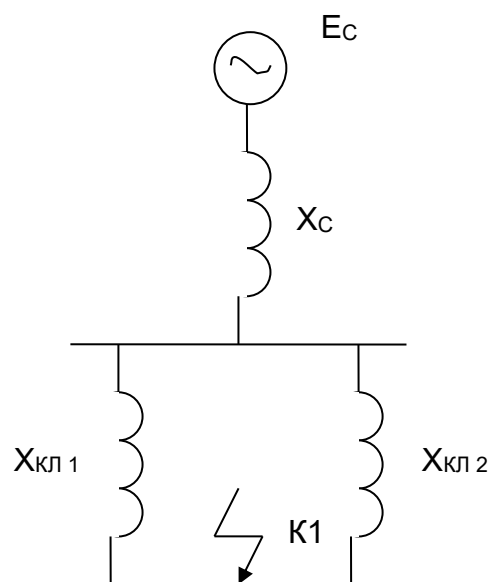


Рисунок 2.2 – Заступна схема короткозамкненого кола

Опір паралельних ліній:

$$\dot{X}_{\text{кл}*} = \frac{0,069}{2} = 0,035.$$

Результуючий опір послідовних елементів:

$$\dot{X}_{\text{рез}*} = 1,0 + 0,035 = 1,035.$$

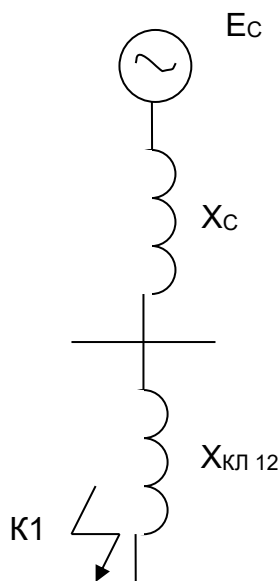


Рисунок 2.3 – Заступна схема в результаті об'єднання паралельних кабельних ліній

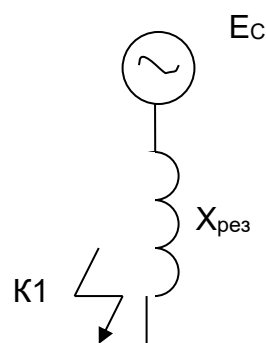


Рисунок 2.4 – Результируюча схема

$$I_6 = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА},$$

$$I_{п о} = \frac{5,5}{1,035} = 5,314 \text{ кА}.$$

Ударний струм КЗ:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 4,64 = 10,5 \text{ кА}.$$

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

Мінімальний переріз, стійкий до термічної дії струмів КЗ:

$$F_{\min} = \frac{5314}{95} \cdot \sqrt{0,25} = 27,97 \text{ мм}^2.$$

Оскільки, попередньо вибраний переріз є стійким до термічної дії струму КЗ, то остаточно приймаємо до встановлення кабель типу **АСБл-10 3х50**.

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
‘						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо тепловий імпульс струму КЗ:

$$B_k = 5,314^2 \cdot 0,25 = 7,060 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

2.11. Вибір обладнання

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв на напругу 10 кВ

В якості КРП на стороні 10 кВ ТП приймаємо камери збірні одностороннього обслуговування серії КЗО-316, виробник ПП «ЕТК». Камери збірні одностороннього обслуговування КЗО 316 призначені для комплектування розподільних пристроїв напругою 6 або 10 кВ змінного струму частотою 50 Гц з ізолюваною нейтраллю, встановлюваних в районах з помірним кліматом усередині приміщень (від -25°C до +40°C). З метою забезпечення резервування на боці високої напруги приймаємо до встановлення шинний міст з роз'єднувачами типу ШМР-1. Технічні характеристики комірок наведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Параметри камери КЗО-316

Параметри	Значення
Номинальна напруга $U_{\text{ном}}$, кВ	10
Номинальний струм головних кіл, А	630; 1000
Номинальний струм збірних шин, А	630; 1000; 1600
Номинальний струм електродинамічної стійкості $I_{\text{дин}}$, кА	51
Струм термічної стійкості протягом 1с, кА	20

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Високовольтні роз'єднувачі встановлюються в секційній комірці на стороні 10 кВ в якості шинного моста. Наявність шинного моста забезпечує необхідний рівень надійності схеми електропостачання.

Приймаємо до встановлення роз'єднувачі типу РВЗ-10/630 (виробник ТОВ «Компанія Комплекс Електро»). Вибір та перевірку роз'єднувачів здійснимо згідно додатку А.11.1. Результати перевірки зведемо в таблицю 2.13.

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
‘						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.13 – Перевірка роз'єднувача типу РВЗ-10/630

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{уст}=10 \text{ кВ}$	$U_{ном}=10 \text{ кВ}$
$I_{ном}=27,99 \text{ А}$ $I_{max}=55,98 \text{ А}$	$I_{ном}=630 \text{ А}$
$i_y=10,52 \text{ кА}$	$I_{дин}=40 \text{ кА}$
$I_{п0}=5,314 \text{ кА}$	$I_{гр \text{ наскр}}=20 \text{ кА}$
$B_K=5,38 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T=20^2 \cdot 1=400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Умови перевірки виконуються, отже, приймаємо до встановлення дані високовольтні роз'єднувачі.

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Вимикачі навантаження комплектуються у ввідних комірках 10 кВ та лінійних комірках для комутації та захисту силових трансформаторів.

Попередньо вибираємо вимикач навантаження з автогазовим дугогасильним пристроєм типу ВНА – 10/630-20-з УЗ (ТОВ «Компанія Комплекс Електро»).

Вибір та перевірку вимикачів навантаження здійснюємо за умовами, наведеними в додатку А.11.2. Результати перевірки вимикачів навантаження зведемо в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Перевірка вимикача навантаження ВНА – 10/630-20-з УЗ

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{уст}=10 \text{ кВ}$	$U_{ном}=10 \text{ кВ}$
$I_{ном}=27,99 \text{ А}$ $I_{max}=55,98 \text{ А}$	$I_{ном}=630 \text{ А}$
$i_y=10,52 \text{ кА}$	$I_{дин}=41 \text{ кА}$
$I_{п0}=5,314 \text{ кА}$	$I_{гр \text{ наскр}}=20 \text{ кА}$
$B_K=5,38 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T=20^2 \cdot 3=1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Умови перевірки виконуються, отже, приймаємо до встановлення дані вимикачі.

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
‘						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запобіжники призначені для автоматичного одноразового відключення електричного кола при короткому замиканні. Вибираємо попередньо запобіжники типу ПКТ 113-10-63 з $I_{\text{ВІМК } 3}=31,5 \text{ А}$ (виробник ТОВ «Кварц»).

Правильність вибору запобіжника перевіримо за умовами згідно додатка А.11.2. Результати перевірки запобіжників зведемо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Перевірка запобіжника ПКТ113-10-63

<i>Розрахункові дані</i>	<i>Каталожні дані</i>
$U_{\text{уст}}=10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}}=10 \text{ кВ}$
$I_{\text{max}}=55,98 \text{ А}$	$I_{\text{ном.3}}=63 \text{ А}$
$I_{\text{п0}}=5,314 \text{ кА}$	$I_{\text{ВІМК } 3}=31,5 \text{ кА}$
$S''=92,04 \text{ МВА}$	$S_{\text{ВІМК } 3}=100 \text{ МВА}$

Умови перевірки виконуються, отже, приймаємо до встановлення вибрані запобіжники.

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-16 (виробник ПП «ЕТК»). Панелі розподільчих щитів ЩО 16 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-16 наведена в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Комплектація панелей ЩО-16

Призначення	Обладнання	Тип панелі
Ввідні	Рубильник РЕ 19-44, Вимикач Еmax Е2.2	ЩО 16-1123
Секційна	Рубильник РЕ 19-44, Вимикач Еmax Е2.2	ЩО 16-1218
Лінійні	Рубильник РЕ 19-37 Вимикач Тmax ХТ4, Тmax ХТ5, Тmax ХТ2	ЩО 16-1310

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Розрахуємо низьковольтну мережу на прикладі цеху механічної обробки за методикою додатку А.12.1. Живляча напруга електроприймачів становить 400 В. Електропостачання приймачів здійснюється за радіальною схемою від розподільчого пункту ПР11, розташованого в приміщенні цеху. Загальна кількість приймачів $n=24$. Розрахункове струмове навантаження цеху становить $I_p = 45,33$ А. Живлення розподільчого пункту здійснено за допомогою кабелю типу АВВГ – 4×50 з $I_{\text{доп}} = 230$ А. Результати вибору зведемо в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Вибір живлячих ліній приймачів цеху

Назва приймача	P_n , кВт	n	$\cos \varphi$	I_p , А	$I_{\text{доп}}$, А	F, мм ²	Марка кабелю
Токарні спеціальні верстати	7,5	4	0,65	16,65	26	2,5	ВВГ 5х2,5
Наждачні верстати	3	2	0,85	5,09	26	2,5	ВВГ 5х2,5
Токарні напівавтомати	12	2	0,8	21,65	26	4	ВВГ 5х2,5
Мостовий кран	15	1	0,8	27,06	37	4	КГНВ 5х4
Алмазно-розточувальний	5,5	4	0,6	13,23	26	2,5	ВВГ 5х2,5
Свердлильні верстати	4	6	0,5	11,55	26	2,5	ВВГ 5х2,5
Заточувальний верстат	2	3	0,5	5,77	26	2,5	ВВГ 5х2,5
Круглошліфувальні верстати	6,5	2	0,7	13,40	26	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
Токарні спеціальні верстати	16,65	7,74	0,095	0,098	3,61	ВВГ 5х2,5
Наждачні верстати	5,09	7,74	0,095	0,031	0,45	ВВГ 5х2,5
Токарні напів автомати	21,65	7,74	0,095	0,073	4,28	ВВГ 5х2,5
Мостовий кран	27,06	7,74	0,095	0,13	9,52	КГНВ 5х4
Алмазно-розточувальний верстат	13,23	7,74	0,095	0,138	3,73	ВВГ 5х2,5
Свердлильні верстати	11,55	7,74	0,095	0,1	1,98	ВВГ 5х2,5
Заточувальний верстат	5,77	7,74	0,095	0,09	0,89	ВВГ 5х2,5
Круглошліфувальні верстати	13,40	7,74	0,095	0,14	4,46	ВВГ 5х2,5

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

Для можливості вибору низьковольтної комутаційної та вимірювальної апаратури розраховуємо струми короткого замикання в низьковольтній мережі. Методику розрахунку наведено в додатку А.12.2.

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

Вихідні дані для розрахунку: базисна напруга $U_0 = 0,4$ кВ; струм КЗ на шинах ВН ЦТП $I_{кв} = 4,64$ кА; середня напруга на шинах ВН ЦТП $U_c = 10,5$ кВ; параметри трансформатора $S_{ном} = 630$ кВА; $\Delta P_{к.з} = 7,6$ кВт; $u_k = 5,5\%$; параметри ліній наведені в табл.2.10 даного проекту.

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
‘						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

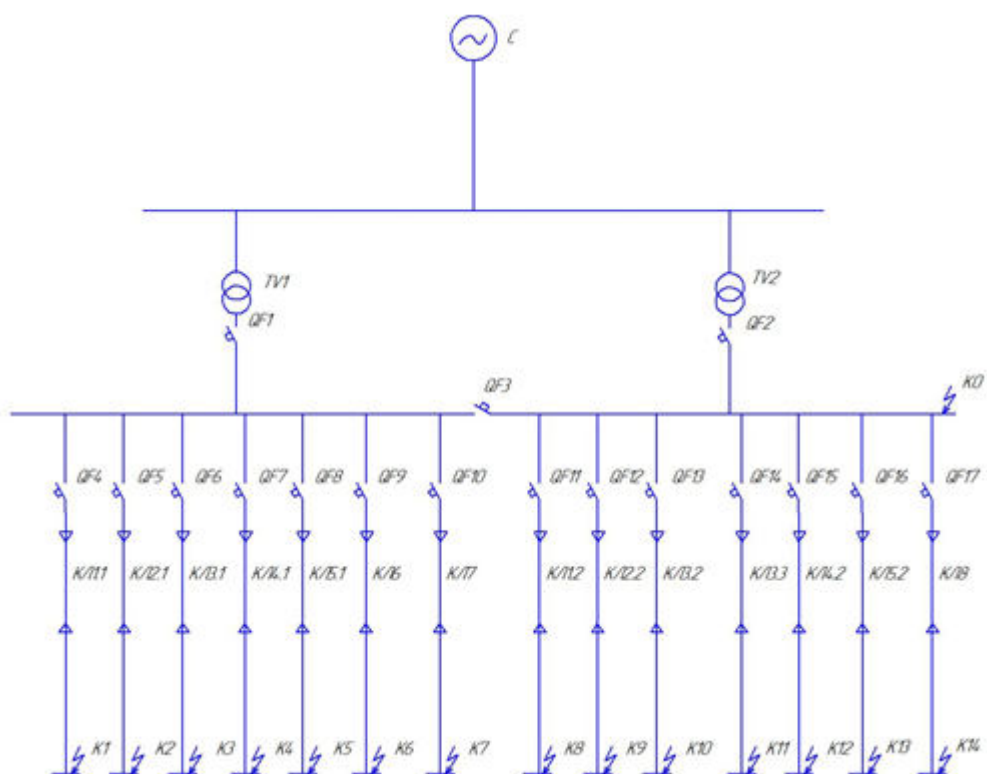


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема короткозамкненого кола

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
‘						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

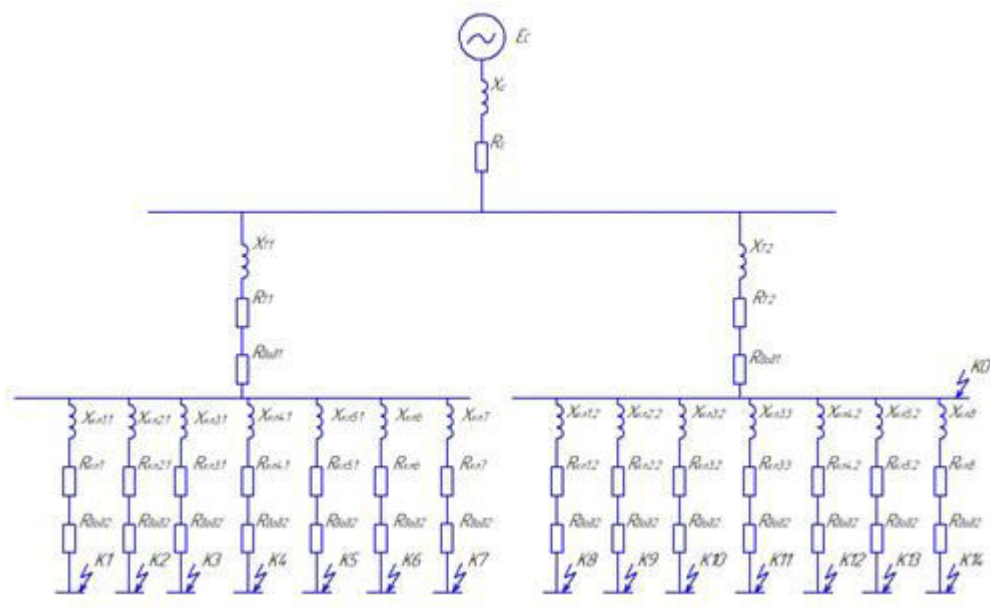


Рисунок 2.6 – Схема заміщення короткозамкненого кола

Опір системи:

активний:

$$R_c = 0,62 \cdot 0,85 = 0,53 \text{ мОм.}$$

реактивний:

$$X_c = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 5,31} = 1,14 \text{ мОм.}$$

Опір системи вищого ступеня приведенний до нижчої напруги:

активний:

$$\dot{R}_c = 0,53 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,76 \text{ мОм.}$$

реактивний:

$$\dot{X}_c = 1,14 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 1,66 \text{ мОм.}$$

Опори трансформатора:

активний:

$$\dot{R}_T = \frac{7,6 \cdot 0,4^2}{630^2} = 3,06 \text{ мОм.}$$

реактивний:

$$\dot{X}_T = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{0,4^2}{630} = 13,97 \text{ мОм.}$$

Результуючі опори до точки К0:

активний:

$$\dot{R}_{\text{рез1}} = 18,59 \text{ мОм.}$$

реактивний:

$$\dot{X}_{\text{рез1}} = 15,11 \text{ мОм.}$$

Результати розрахунків опорів зведемо в таблицю 2.19.

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.19 – Визначення опорів кабельних ліній 0,4 кВ

Назва кабельної лінії	$l, \text{ км}$	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$R, \text{ мОм}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X, \text{ мОм}$
ТП-РП1.1	0,082	0,326	26,732	0,0602	4,9364
ТП-РП1.2	0,129	0,326	42,054	0,0602	7,7658
ТП-РП2.1	0,112	0,258	28,896	0,059	6,608
ТП-РП2.2	0,144	0,258	37,152	0,059	8,496
ТП-РП3	0,114	0,167	19,038	0,059	6,726
ТП-РП4.1	0,258	0,62	159,96	0,062	15,996
ТП-РП4.2	0,28	0,62	173,6	0,062	17,36
РП1.1-РП5.1	0,086	0,62	53,32	0,062	5,332
РП1.2-РП5.2	0,1	0,62	62	0,062	6,2
ТП-РП6.1	0,161	0,443	71,323	0,061	9,821
ТП-РП 6.2	0,207	0,443	91,701	0,061	12,627
РП 6.2-РП7	0,087	0,258	22,446	0,0602	5,2374
ТП-РП8	0,213	0,326	69,438	0,0602	12,8226
ТП-РП9	0,242	0,326	78,892	0,0602	14,5684

Перевіримо вибрані перерізи КЛ-0,4 кВ на термічну стійкість до струмів КЗ згідно виразу (2.69) даного проекту. Результати розрахунку зведемо в таблицю 2.20.

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

Точка КЗ	$R_{\text{дод}}, \text{ мОм}$	$\dot{R}_{\text{рез}}, \text{ мОм}$	$\dot{X}_{\text{рез}}, \text{ мОм}$	$\dot{Z}_{\text{рез}}, \text{ мОм}$	$I_{\text{к}}, \text{ кА}$	k_y	$i_y, \text{ кА}$	$B_{\text{к}}, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$F_{\text{min}}, \text{ мм}^2$	$F_{\text{прийн}}, \text{ мм}^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
К0	15	18,83	15,62	24,47	9,44	1,05	14,02	49,1		
К1	20	50,56	20,56	54,58	4,23	1	5,98	8,95	31,49	4x95
К2	20	65,88	23,39	69,91	3,30	1	4,67	5,46	24,59	4x120

продовження таблиці 2.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
K3	20	52,72	22,23	57,22	4,04	1	5,71	8,14	30,04	4x50
K4	20	60,98	24,12	65,58	3,52	1	4,98	6,20	26,21	4x50
K5	20	42,87	22,35	48,34	4,78	1	6,76	11,41	35,56	4x70
K6	20	183,79	31,62	186,49	1,24	1	1,75	0,77	9,22	4x70
K7	20	197,43	32,98	200,16	1,15	1	1,63	0,67	8,59	4x95
K8	20	77,15	20,96	79,94	2,89	1	4,09	4,17	21,50	4x120
K9	20	85,83	21,82	88,56	2,61	1	3,69	3,40	19,41	4x185
K10	20	95,15	25,44	98,49	2,34	1	3,32	2,75	17,45	4x50
K11	20	115,53	28,25	118,93	1,94	1	2,75	1,89	14,45	4x120
K12	20	46,27	20,86	50,76	4,55	1	6,43	10,35	33,86	4x95
K13	20	93,27	28,45	97,51	2,37	1	3,35	2,80	17,63	4x95
K14	20	102,72	30,19	107,07	2,16	1	3,05	2,33	16,05	4x70

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

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Для можливості здійснення розрахункового обліку електричної енергії на стороні 0,4 кВ трансформаторної підстанції встановлюємо лічильники активної та реактивної енергії типу SL 7000 з модемом (виробник Itron (Actaris)), а також амперметри для вимірювання значення струму, що споживається. Для живлення кіл вимірювальних приладів та лічильників застосовуємо трансформатори струму.

Правильність вибору перевіримо згідно умов, наведених в додатку А.12.3. Розрахунок потужності, що споживається приладами, здійснимо в таблиці 2.21.

‘

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ					Арк.
										32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 2.21 – Розрахунок навантаження трансформатора струму

Назва приладу	Тип приладу	Навантаження, ВА
Амперметр	NP72-A	0,5
Лічильник активної та реактивної енергії	SL 7000	2
Всього		2,5

Для здійснення розрахункового обліку попередньо вибираємо трансформатори струму типу TOPN(Ш)-0,66-2000/5. Результати перевірки зведемо в таблицю 2.22.

Таблиця 2.22 – Перевірка трансформаторів струму для розрахункового обліку

Розрахункові дані	Каталожні дані
1	2
$U_{уст}=0,4 \text{ кВ}$	$U_{ном}=0,66 \text{ кВ}$
$I_{ном}=759,60 \text{ А}$ $I_{max}=1519,14 \text{ А}$	$I_{ном1}=2000 \text{ А}$
$i_y=14,32 \text{ кА}$ $I_{по}=9,64 \text{ кА}$	$i_{дин}=51 \text{ кА}$ $I_T=31,5 \text{ кА}$
$B_k=51,23 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T=992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
$z_2=0,295 \text{ Ом}$	$z_{2ном}=1,9 \text{ Ом}$

Всі умови виконуються, отже приймаємо до встановлення вибрані трансформатори струму.

Для технічного обліку приймаємо попередньо трансформатори струму типу TOPN-0,66-0,5S-250/5.

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-РПЗ).

‘

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.23 – Перевірка трансформаторів струму для технічного обліку

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{уст}=0,4 \text{ кВ}$	$U_{ном}=0,66 \text{ кВ}$
$I_{max}=214,32 \text{ А}$	$I_{ном}=300 \text{ А}$
$i_y=8,33 \text{ кА}$	$i_{дин}=51 \text{ кА}$
$B_k=16,88 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T=992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
$z_2=0,295 \text{ Ом}$	$z_{2ном}=1,9 \text{ Ом}$

Всі умови виконуються, отже приймаємо до встановлення вибрані трансформатори струму.

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

В комірках розподільчих панелей на стороні 0,4 кВ ТП встановлюємо автоматичні вимикачі. Перевірку вірності вибору здійснюємо за умовами, наведеними в додатку А.12.4. Результати вибору та перевірки зведемо в таблицю 2.24.

Таблиця 2.24 – Вибір та перевірка автоматичних вимикачів

Назва вимикача	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
1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF1	ABB Emax E2.2	0,4	2000	65	0,4	759,6	1519,1	9,44
QF2	ABB Emax E2.2	0,4	2000	65	0,4	759,6	1519,1	4,23
QF3	ABB Tmax XT4	0,4	250	17,5	0,4	108,3	216,65	3,30
QF4	ABB Tmax XT4	0,4	250	17,5	0,4	108,3	216,6	4,04
QF5	ABB Tmax XT5	0,4	400	17,5	0,4	150,2	300,4	3,52
QF6	ABB Tmax XT5	0,4	400	17,5	0,4	150,2	300,4	4,78
QF7	ABB Tmax XT5	0,4	630	17,5	0,4	214,3	428,6	1,24
QF8	ABB Tmax XT2	0,4	160	12,5	0,4	56,95	113,8	1,15
QF9	ABB Tmax XT2	0,4	160	12,5	0,4	56,95	113,8	2,89
QF10	ABB Tmax XT2	0,4	160	17,5	0,4	64,89	129,7	2,61
QF11	ABB Tmax XT5	0,4	250	17,5	0,4	86,67	173,3	2,34
QF12	ABB Tmax XT2	0,4	400	17,5	0,4	148	296	1,94
QF13	ABB Tmax XT2	0,4	400	17,5	0,4	148	296	4,55
QF14	ABB Tmax XT5	0,4	400	12,5	0,4	128,4	256,8	2,37
QF-15	ABB Tmax XT4	0,4	250	12,5	0,4	117,6	235,2	2,16

2.12.5. Вибір рубильників

В комірках розподільчих панелей ЩО-16 трансформаторної підстанції встановлено рубильники серії PE19. Здійснимо попередній вибір рубильників.

Вірність вибору перевіримо за наступними умовами згідно додатку А.12.5. Результати вибору та перевірки зведемо в таблицю 2.25.

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.25 – Вибір та перевірка рубильників

<i>Розрахункові дані</i>	<i>Каталожні дані</i>
У ввідних комірках РЕ 19-44	
$U_{уст}=0,4 \text{ кВ}$	$U_{ном}=0,4 \text{ кВ}$
$I_{ном}=759,60 \text{ А}$ $I_{max}=1519,14 \text{ А}$	$I_{ном}=2000 \text{ А}$
$i_y=14,32 \text{ кА}$	$I_{дин}=100 \text{ кА}$
$B_k=51,23 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T=900 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
В розподільчих комірках РЕ 19-39	
$U_{уст}=0,4 \text{ кВ}$	$U_{ном}=0,4 \text{ кВ}$
$I_{max}=603,6 \text{ А}$	$I_{ном}=630 \text{ А}$
$i_y=8,33 \text{ кА}$	$i_{дин}=32 \text{ кА}$
$B_k=16,88 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T=289 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Всі перевірки виконуються.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ МОСТОВОГО КРАНУ

Таблиця 3.1 - Вихідні дані на проектування

Назва, позначення та одиниці вимірювання вихідних даних	Назва кранового механізму		
	Механізм пересування моста	Механізм пересування візка	Механізм підйому
Вантажопідйомність крану m , т	4,5		
Маса вантажозахватного пристрою m_0 , т	0,6		
Режим роботи	середній		
Швидкість руху v , $\frac{m}{c}$	1,2	0,6	0,15
Момент інерції GD^2 , $кг \cdot м^2$	0,11	0,12	0,12
Встановлена потужність механізму, кВт	5,8	1,7	
ККД механізму η	0,7	0,74	0,8
Висота підйому H , м	12		
Довжина підкранового шляху L , м	24		
Довжина моста b , м	12		

Для розрахунку використовуємо методику згідно додатку Б та довідникові дані, наведені в [4].

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.	Лопачук А.В.				Електропостачання заводу різальних інструментів встановленою потужністю 1200 кВт Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.	Ващелюк Ю.І.									37	6
								ФАБЕ, гр. ЕЕ-41			
Н. Контр.	Ващелюк Ю.І.										
Затверд.	Волинець В.І.										

Таблиця 3.2 - Вибір підйомного канату

F_6, H	12634
$\eta_{\text{п}}$	0,99
$\eta_{\text{бл}}$	0,98
F, H	69488
$F_{\text{к}}, \text{H}$	71750
$k_{\text{факт}}$	5,7
$d, \text{мм}$	12
k	5,5
$\eta_{\text{п}}$	0,99
$u_{\text{п}}$	2

Таблиця 3.3 - Вибір барабану

e	25
$L_{\text{к}}, \text{м}$	28,73
$D_6, \text{мм}$	300
$L_6, \text{м}$	0,39
$t, \text{мм}$	13,5
$L, \text{м}$	0,98
$D_{\text{б.ф}}, \text{мм}$	288
$\delta_{\text{min}}, \text{м}$	0,012
$\delta, \text{м}$	13,76
$\sigma_{\text{стиск.факт}}, \text{МПа}$	68
$\sigma_{\text{стиск.доп}}, \text{МПа}$	130

‘

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 - Вибір електроприводу

P_c , кВт	9,4
$M_{дв}^{ном}$, Н·м	112
n_6 , об/хв	19
u	47,1
$M_{ср.пуск}$, Н·м	210,08
ψ_{max}	2,5
ψ_{min}	1,25
Тип двигуна	MTF 211-6
$P_{дв}$, кВт	10,5
$n_{дв}$, об/хв	895

Таблиця 3.5 - Вибір редуктора

$P_{р.розр.}$, кВт	9,4
k_p	1
u_p	50,94
P_p , кВт	9,4
Тип редуктора	Ц2-300

Таблиця 3.6 - Вибір з'єднувальних муфт

M_c , Н·м	168,86
$M_M^{ном}$, Н·м	168,86
k_1	1,3
k_2	1,2
D_m , мм	170
m_M , кг	13,2

6

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 – Розрахунок фактичних значень швидкості, часу пуску та прискорення

$n_6^{\phi}, \text{об} / \text{хв}$	17,57
$V_{\Pi}^{\phi}, \text{м} / \text{с.}$	0,138
$V_{\text{станд}}, \text{м} / \text{с}$	0,15
$\Delta V, \%$	8,1
$\Delta V_{\text{доп}}, \%$	10
$t_{\text{пуск}}, \text{с}$	1,28
$a_{\text{пуск}}, \text{м} / \text{с}^2$	0,11

Таблиця 3.8 - Перевірка двигуна за нагріванням

Назва показника	Поз.	Одиниці вимір.	Результати розрахунку при масі вантажу, т			
			5,1	2,5	1,02	0,25
ККД	η	—	0,85	0,8	0,65	0,4
Сила натягу барабану при підйомі	F_6	Н	12634	6317	2527	631,7
Момент статичних опорів при підйомі	M_c	Н·м	168,86	84,4	33,8	8,4
Час пуску при підйомі	$t_{\text{пуск}}$	с	1,28	0,41	0,29	0,26
Сила натягу барабану при опусканні	F'_6	Н	12383	6191	2476	619,1
Момент статичних опорів при опусканні	M'_c	Н·м	120,8	60,43	24,17	6,04
Час пуску при опусканні	$t'_{\text{пуск}}$	с	0,16	0,19	0,22	0,24

с

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.9 - Визначення середньоквадратичної потужності

$H_{cp}, \text{ м}$	9,6
$t_{вст}, \text{ с}$	69,6
$\Sigma t_{пуск}, \text{ с}$	6,45
$\Sigma t, \text{ с}$	1398,54
$M_{ср.кв}, \text{ Н} \cdot \text{ м.}$	71,65
$P_{ср.кв}, \text{ кВт.}$	6,72

Таблиця 3.10 - Вибір гальмівних пристроїв

$M_r, \text{ Н} \cdot \text{ м.}$	115,36
k_r	1,75
$M_{необх} \text{ Н} \cdot \text{ м,}$	201,88
Тип гальмівного пристрою	ТКГ-200
$D_r, \text{ мм}$	200
$M_r, \text{ Н} \cdot \text{ м}$	250
$t_r, \text{ с}$	0,6
$S, \text{ м}$	0,08

с

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.11 – Вибір тролєїв

Головні тролєї		
Піковий струм	$I_{\text{пик}}, \text{A}$	146
Розрахунковий коефіцієнт	K	0,86
Переріз тролєїв	-	50x50x5
Допоміжні тролєї		
Піковий струм	$I_{\text{пик}}, \text{A}$	138,5
Розрахунковий коефіцієнт	K	0,6
Переріз тролєїв	-	60x60x6

‘

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

В даному розділі проекту виконано розрахунок захисного заземлення цеху механічної обробки. Методика розрахунку показана в додатку В. Розрахункові параметри заземлення наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахункові параметри захисного заземлення ремонтно-механічного 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_{60} , Ом	38,53
Кількість вертикальних заземлювачів, шт	6
Довжина з'єднувальної смуги, м	16
Опір горизонтального заземлювача R_z , Ом	17,15
Опір вертикального заземлювача R_6 , Ом	6,31
Опір штучного заземлення $R_{ш}$, Ом	9,25

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Лопачук А.В.			Електропостачання заводу різальних інструментів встановленою потужністю 1200 кВт Пояснювальна записка			Літ.		Арк.	Аркушів	
Перевір.		Ващелюк Ю.І.								44	2	
								ФАБЕ, гр. ЕЕ-41				
Н. Контр.		Ващелюк Ю.І.										
Затверд.		Волинець В.І.										

Зовнішній заземлюючий пристрій виконано вертикальними стержневими стальними електродами в кількості 6 шт., діаметром 16 мм, які розташовані в ряд біля цеху на віддалі 3 м один від одного. Для їх з'єднання використовується стальна смуга шириною 40 мм. З'єднання виконується зварюванням. Місця з'єднання смуги з вертикальними заземлювачами фарбується бітумним лаком та захищаються петролатумною стрічкою.

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.

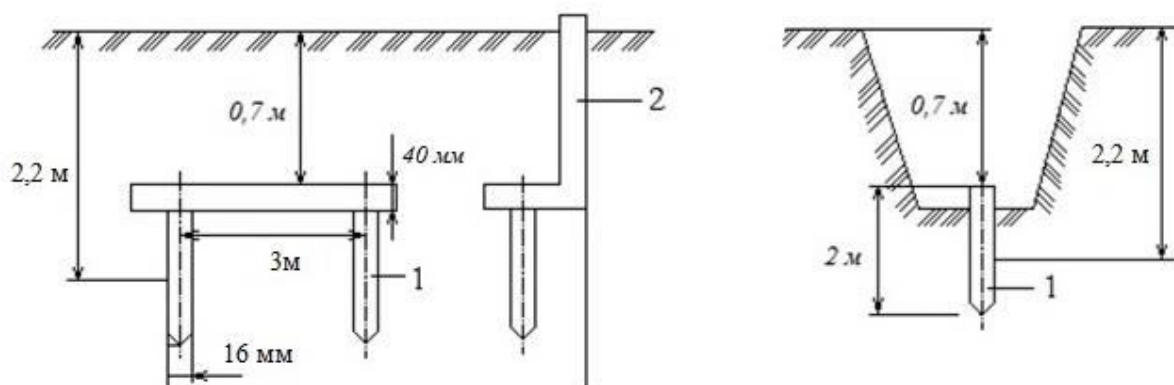


Рисунок 5.1 – Схема заземлення:

1 – заземлювач; 2 – з'єднувальна смуга

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

В даному кваліфікаційному проекті бакалавра виконано наступні інженерно-технічні рішення.

Запроектовано надійну систему електропостачання заводу різальних інструментів, що включає в себе двотрансформаторну підстанцію потужністю 630 кВА з силовими трансформаторами ТМ-630 та конденсаторними установками для компенсації реактивної потужності.

Зовнішні електричні мережі електропостачання виконані двома кабельними лініями 10 кВ.

Електричні навантаження на всіх рівнях СЕП розраховані з урахуванням встановленої потужності об'єкта.

Обрана схема електропостачання дозволяє забезпечити надійність електроприймачів II та III категорії.

Запроектована СЕП дозволяє контролювати параметри режиму за допомогою вимірювальних пристроїв, встановлених в приміщенні РУ-0,4 трансформаторної підстанції.

На підприємстві здійснюється облік електричної енергії за допомогою багатофункціональних лічильників обліку активної та реактивної електроенергії з вбудованим модемом для дистанційної передачі даних оператору системи розподілу.

Передбачено захист усіх елементів СЕП від струмів короткого замикання та перевантаження та захист персоналу від ураження електричним струмом.

Технічні рішення щодо вибору обладнання схеми електропостачання є економічно обґрунтованими.

Виконані проектні розрахунки мають належний рівень автоматизації.

Для безпечної експлуатації обладнання запропоновано до впровадження заходи з електробезпеки.

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
						46
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. Електроприймачі в системах електроспоживання: навчальний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання / уклад. І.В. Грицюк, Ю.В. Грицюк, І.О. Бандура. Луцьк: Луцький НТУ, 2021. 262 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., Строжук В.М. Практикум із охорони праці: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 352 с.

7. Кваліфікаційний проєкт бакалавра: методичні вказівки до оформлення кваліфікаційних проєктів бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання / уклад. І.В. Грицюк, Ю.В. Грицюк. Луцьк: ЛНТУ, 2024. 32 с.

8. Оформлення графічної частини. Методичні вказівки до оформлення курсових і кваліфікаційних проєктів (робіт) для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання І.В.Грицюк, Ю.В. Грицюк . Луцьк: ЛНТУ, 2024. 92 с.

9. Панелі розподільчих щитів ЩО-16. URL: <https://www.etk.ua/catalog/paneli-rozpodilchikh-shchitov-shcho-16/>

10. Камери збірні одностороннього обслуговування КЗО 316. URL: <https://www.etk.ua/catalog/kamery-zbirni-odnostoronnoho-obsluhovuvannia-kzo-316/>

11. Електросервіс: пункти розподільчі ПР11 та ПР11Д. URL: <http://elektroservice.com.ua/schitovoe-oborudovanie/322-punkty-raspredelitelnye-pr11-pr11d.html>

12. Установки компенсації реактивної потужності ККУ-04. URL: <https://avelectric.com.ua/ua/g77561771-ustanovki-kompensatsii-reaktivnoj>

13. Автоматичні вимикачі серії FMC. URL: <https://promfactor.com/catalog/12>

14. Автоматичні вимикачі в литому корпусі серії Tmax. URL: <https://general-energy.com.ua/nizkovoltne-obladnannya/silovi-avtomatichni-vimikachi/avtomatichni-vimikachi-v-litomu-korpusi/tmax-xt>

15. Роз'єднувач РЕ19. URL: <https://www.tehpostach.kiev.ua/re-19.htm#>

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

17. Трифазні багатотарифні лічильники електроенергії SL7000. URL: <https://energooblik.com.ua/equipment/sl-7000-tryfaznyy-bagatofunkcionalnyy-lichylnyk>

18. Силові масляні трансформатори. URL: <https://transf.com.ua/p-transformatory-sylovi-masliani/>

19. Силові кабелі АСБл. URL: <https://www.yuzhcable.info/cat/15/mri/150701>

20. Вимірювальні трансформатори струму TOPN-0,66. URL: <https://nik.net.ua/product-category/oblik-elektroenergii/current-transformers>

21. Силові кабелі на напругу до 1 кВ. URL: <https://www.yuzhcable.info/cat/18>

22. Роз'єднувачі внутрішньої установки 6-35 кВ. URL: <https://alphageneration.com.ua/uk/products/razediniteli-vnutrennej-ustanovki-6-35kv>

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Вимикачі навантаження внутрішньої установки 6-10 кВ. URL:
<https://alphageneration.com.ua/uk/products/vyklyuchateli-nagruzki-vnutrennej-ustanovki-6-10kv>

					ЛНТУ.971020.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		