

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 ДЕРЕВООБРОБНОГО
ПІДПРИЄМСТВА ВСТАНОВЛЕНОЮ
ПОТУЖНІСТЮ 1370 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
КРУКОВЕЦЬ
Дмитро Леонідович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Романюк Микола Валентинович

(підпис)

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

(підпис)

Луцьк – 2026 року

ВСТУП

Системою електропостачання називають сукупність пристроїв для виробництва, передачі і розподілу електроенергії. Системи електропостачання промислових підприємств створюються для забезпечення живлення електроенергією промислових приймачів до яких відноситься електродвигуни різних машин і механізмів, електричні печі, електролізні установки, апарати і машини для електричного зварювання, освітлювальні пристрої і інші.

Задача електропостачання промислових підприємств виникла одночасно з широким впровадженням електроприводів в якості рухомої сили різних машин і механізмів і будівництвом електростанцій. Перші електростанції будувались у містах для освітлення і живлення електротранспорту, а також при заводах і фабриках. Пізніше почали будувати в місцях де було паливо (торф, вугілля, нафта) або в місцях використання енергії води. Передача електроенергії на великі віддалі до центру споживання стала здійснюватись лініями електропередач високої напруги.

Головною проблемою енергозабезпечення в даний час є вирішення питань дефіциту потужності і споживання електроенергії із-за дефіциту платіжного балансу і недостатку палива для електростанцій. А тому сьогодні проблема енергозабезпечення переросла в проблему національної безпеки. І тому зараз поставлено питання про енергозабезпечення із-за критичних рівнів марнотратного та нераціонального використання паливно-енергетичних ресурсів. Це стало однією з основних причин енергетичної та економічної кризи в нашій країні. А тому політика енергозабезпечення в Україні розглядається як сукупність дій, що відповідають загальнонаціональним інтересам: забезпеченню життєздатності економіки, охорони навколишнього середовища, стратегії безпеки.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ.

Підприємство, яке спеціалізується на виробництві виробів із бетону встановленою потужністю 1230 кВт.

Виробничий процес забезпечують основні та допоміжні цехи підприємства. Характеристика об'єктів подана в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Характеристика об'єктів підприємства

Назва	Площа, м ²	Категорія виробництва	Клас пожежо- і вибухонебезпечних зон	Категорія по надійності електропостачання
1. Деревообробний цех	1750	В	П-I	2
2 .Майстерня	540	В	П-I. П-II	3
3. Склад	405	Д	П-II	3
4. Офіс	768	В	П-III	3
5. Котельня	288	Д	П-II	2
6. Насосна станція	162	Д	П-IIa	2

Генеральний план зображений на листі 1 графічної частини дипломного проєкту.

Підприємство має одне джерело живлення. Підстанція 110/10 кВ із трансформатором ТМН-4000/35 знаходиться на відстані 1,35 км від підприємства. Потужність трифазного короткого замикання на шинах 10 кВ цієї підстанції становить 70 МВА.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Круковець Д.Л.			Електропостачання деревообробного підприємства встановленою потужністю 1370 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.
Перевір.		Романюк М.В.					7
Реценз.							1
Н. Контр.		Ващелюк Ю.І.				ФАБЕ, гр. ЕЕ-41	
Затверд.		Волинець В.І.					

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок електричних навантажень

2.1.1. Розрахунок силових навантажень

Розрахунок електричних навантажень проводиться на прикладі цеху. Згідно з даним методом розрахункове активне навантаження приймачів електроенергії на всіх ступенях живлячих і розподільних мереж визначають по середині потужності та коефіцієнту максимуму, згідно [1].

Результати розрахунків подані в таблиці 2.1

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання деревообробного підприємства встановленою потужністю 1370 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Круковець Д.Л.						8	37
Перевір.	Романюк М.В.							
Реценз.								
Н. Контр.	Ващелюк Ю.І.							
Затверд.	Волинець В.І.					ФАБЕ, гр.ЕЕ-41		

Таблиця 2.1 Розрахунок силових навантажень ремонтно-механічного цеху

Назва електроприймача	$P_{ном},$ $кВт$	n	$K_{вик.а}$	$cos\varphi$	$tg\varphi$	$P_{сер.}$ $зм.,$ $кВт$	$Q_{сер.}$ $зм.,$ $кВАр$	m	n_{ef}	$K_{м.а}$	$P_p,$ $кВт$	$Q_p,$ $кВАр$
	Група А											
	Електроприймачі зі змінним режимом роботи											
Апарат зварювальний	13	2	0,15	0,75	0,75	3,90	2,93	8	4,03	1,25	28,69	14,90
Напівавтомат зварювальний	21	3	0,15	0,7	0,79	9,45	7,47					
Круглошліфувальний верстат	4	1	0,4	0,65	0,88	1,60	1,41					
Стругальний верстат	2	1	0,4	0,65	0,88	0,80	0,70					
Точильний верстат	18	1	0,4	0,75	0,85	7,20	6,12					
Всього по групі I	184,1	15	0,05	-	-	23,48	22,94					
	Електроприймачі із постійним режимом роботи											
Вентилятор притічний	1,5	4	0,9	0,85	1	5,4	5,4					
Всього по групі II	6	4	0,00	-	-	5,4	5,4					

Розрахунок низьковольтного силового навантаження інших об'єктів підприємства виконані також за методом впорядкованих діаграм і подані в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Розрахунок силових електричних навантажень об'єктів підприємства

Назва об'єкта	$P_{\text{вст.}}, \text{кВт}$	Середні за зміну потужності			Розрахункові максимальні потужності		
		$P_{\text{сер. зм.}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{сер. зм.}}, \text{кВАр}$	$S_{\text{сер. зм.}}, \text{кВАр}$	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{кВАр}$	$S_p, \text{кВАр}$
1. Деревообробний цех	355,9	198	87	216,3	201	99	224,1
2. Майстерня	190,1	28,9	28,3	40,5	35,6	53,0	63,8
3. Склад	186	69	15	70,6	73	16	74,7
4. Офіс	206	86	11	86,7	96	15	97,2
5. Котельня	263	97,3	25	100,5	109,6	31	113,9
6. Насосна станція	169	101	16	102,3	123	24	125,3
Всього	1370,0	580,2	182,3	616,8	638,2	238,0	699,0

2.1.2. Розрахунок освітлювального навантаження

Вибір освітлювальної апаратури проводиться з врахування призначення, класів пожежної та вибухової небезпеки приміщень згідно [2].

В якості джерел світла використання світлодіодні світильники

Відомості про вибір світильників зведено в таблицю 2.3

Таблиця 2.3 – Вибір освітлювальної апаратури

Назва приміщень	Клас зон приміщень	Прийнятий тип світильників
1. Деревообробний цех	П-I	Світильник Philips LED 210 Вт
2. Майстерня	П-I. П-II	Світильник Philips LED 210 Вт
3. Склад	П-II	Світильник Philips LED 210 Вт
4. Офіс	П-III	Світильник Philips LED 48 Вт
5. Котельня	П-II	Світильник Philips LED 210 Вт
6. Насосна станція	П-IIa	Світильник Philips LED 210 Вт
8. Цех виробництва блоків	П-I	Світильник Philips 210Вт

В таблиці 2.4 подана вихідна інформація для розрахунку загального рівномірного штучного освітлення.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для розрахунку освітлення

Назва приміщень	Площа, яка освітлюється $F, \text{м}^2$	$h, \text{м}$	$E, \text{лк}$	$P_{\text{нот}}, \text{Вт/м}^2$	$K_{\text{н,о}}$
1. Деревообробний цех	1750	6	300	12	0,85
2 .Майстерня	540	6	300	12	0,85
3. Склад	405	6	300	12	0,85
4. Офіс	768	8	300	12	0,85
5. Котельня	288	3	50	6	0,85
6. Насосна станція	162	6	50	6	0,85

Розрахунок виконується на прикладі цеху обробки деревини. Сумарна потужність освітлювальних електроприймачів

$$P_{0\Sigma} = 6 \cdot 540 = 6,48 \text{ кВт}$$

Загальна кількість світильників

$$N = \frac{P_{0\Sigma}}{P_{\text{ном.}}} = \frac{6,48}{0,15} = 31,0 \text{ шт.}$$

Встановлена потужність освітлювальних приладів

$$P_{\text{вст.}} = 0,4 \cdot 31,0 = 5,58 \text{ кВт,}$$

Розрахункова активна потужність освітлювального навантаження

$$P_{\text{р.о.}} = 0,85 \cdot 1,2 \cdot 5,58 = 4,7 \text{ кВт,}$$

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		11

Розрахункова реактивна потужність освітлювального навантаження

$$Q_{p.o.} = 0,4 \cdot 4,7 = 0,71 \text{ кВт},$$

Для інших приміщень підприємства проводяться аналогічно і результати подані 2.5.

Для зовнішнього освітлення передбачається встановлення світильників РКУ01х250/Б03-04 з лампами ДРЛ. Вибрані світильники є консольними, встановленими під кутом 20 градусів до горизонту. Пускорегулювальна апаратура вмонтована. Оскільки ширина освітлювальної полоси (b) становить 12 м, то приймається розташування світильників на опорах з обох сторін проїжджої частини в шаховому порядку. Висота підвісу світильника h приймається рівною 10 м. Розрахунок виконується точковим методом.

Таблиця 2.5 – Розрахунок освітлювальних навантажень

Назва приміщень	$P_{0\Sigma}$, кВт	N	$P_{вст}$, кВт	Розрахункові навантаження	
				$P_{p.o.}$, кВт	$Q_{p.o.}$, кВАр
1. Деревообробний цех	21,00	100,0	18,00	15,3	2,30
2. Майстерня	6,48	31,0	5,58	4,7	0,71
3. Склад	4,86	24,0	4,32	3,7	0,55
4. Офіс	4,61	96,0	17,28	14,7	2,20
5. Котельня	1,73	9,0	1,62	1,4	0,21
6. Насосна станція	0,97	5,0	0,09	0,1	0,01
Всього	39,6		46,9	39,9	5,98

Отже, сумарна освітленість

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

$$\sum \varepsilon = \frac{1000 \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot 10^2}{12000} = 6,25_{лк},$$

Визначається відношення:

$$\frac{b}{h} = \frac{12}{10} = 1,2.$$

За графіком [2] для світильника РКУх250 при $b/h=1,2$ і сумарній освітленості $\sum \varepsilon = 6,25_{лк}$, відношення L/h становить:

$$\frac{L}{h} = 3,65$$

Звідси,

$$L = 3,65 \cdot h.$$

де L – відстань між опорами, м

$$L = 3,65 \cdot 10 = 36,5 м.$$

Приймаємо $L=35м$.

Сумарна довжина доріг підприємства, які необхідно освітлювати (включаючи периметр підприємства і під'їзні шляхи) L_{Σ} становить 2155 м.

Необхідна кількість світильників:

$$L = \frac{L_{\Sigma}}{L} = \frac{1790}{35} = 52 шт.$$

Приймаємо до встановлення 53 світильників РКУх250.

Встановлена потужність електроприймачів зовнішнього освітлення:

$$P_{р.зовн} = 52 \cdot 0,25 = 13 кВт.$$

Розрахункове активне навантаження

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		13

$$P_{p.зовн} = 13 \cdot 1,1 \cdot 1 = 14,57 \text{ кВт.}$$

Розрахункове реактивне навантаження:

$$Q_{p.зовн} = 14,55 \cdot 0,8 = 11,66 \text{ кВт.}$$

2.1.3 Розрахунок сумарних навантажень

Для зручності проведення наступних розрахунків необхідно виконати визначення сумарних електричних навантажень з врахуванням потужностей освітлення (додаток А3).

Результати розрахунків зведені в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Сумарні навантаження

Назва об'єкта	$P_{\Sigma вст},$ кВт	$P_{\Sigma сер. зм},$ кВт	$Q_{\Sigma сер. зм},$ кВАр	$S_{\Sigma сер. зм},$ кВА	$P_{\Sigma p},$ кВт	$Q_{\Sigma p},$ кВАр	$S_{\Sigma p},$ кВА
1. Деревообробний цех	373,90	213,30	89,30	231,24	216,30	101,30	238,84
2 .Майстерня	195,68	33,62	29,05	44,43	40,30	53,71	67,15
3. Склад	190,32	72,67	15,55	74,32	76,67	16,55	78,44
4. Офіс	223,28	100,69	13,20	101,55	110,69	17,20	112,02
5. Котельня	264,62	98,68	25,21	101,85	110,98	31,21	115,28
6. Насосна станція	169,09	101,08	16,01	102,34	123,08	24,01	125,40
Всього	1417	620,03	188,32	655,72	678,01	243,98	737,13

2.2. Побудова картограми та визначення теоретичного центру навантажень

З метою визначення місця розташування трансформаторної підстанції при проектуванні будують картограму електричних навантажень (додаток А4). Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.7.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		14

Таблиця 2.7 – Розрахунок картограми навантаження

Назва діляниць	х, м	у, м	$P_{P\Sigma} \cdot x$	$P_{P\Sigma} \cdot y$	г	α
1	2	3	4	5	6	7
1. Деревообробний цех	158,1	64,47	34197,0	13944,9	26,2	25,5
2 .Майстерня	160	135	6448,1	5440,6	11,3	42,4
3. Склад	17,5	17,5	1341,8	1341,8	15,6	17,2
4. Офіс	62,5	140	6918,0	15496,3	18,8	47,8
5. Котельня	91,05	19,13	10104,5	2123,0	18,8	4,5
6. Насосна станція	17,5	80	2153,8	9846,1	19,8	0,2
Всього			61163,16	48192,62		

Згідно формул (2.26) - (2.29) визначимо +координати центрів активного та реактивного навантажень. Отримаємо:

$$X_{ца} = 90,21 \quad Y_{ца} = 71,08$$

2.3. Вибір трансформаторів ТП

Правильне визначення кількості та потужності цехових трансформаторів можливе тільки шляхом техніко-економічних розрахунків з врахуванням наступних факторів: категорії надійності електропостачання споживачів; компенсації реактивних навантажень на напрузі до 1 кВ; перевантажувальної здатності силових трансформаторів в нормальному та аварійному режимах; кроку стандартних потужностей; економічних режимів роботи трансформаторів в залежності від графіка навантаження (додаток А5).

Частка споживачів другої категорії надійності на підприємстві становить 65%, третьої - 35%.

$$S_{ном} = \frac{620,03}{0,9 \cdot 2} = 344,46 \text{ кВА}$$

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		15

Далі необхідно порівняти варіанти встановлення трансформаторів з мінімально можливою потужністю і трансформаторів, потужність яких на ступінь вища (згідно [3, с. 36]).

Отже, для першого варіанту приймається два трансформатори потужністю 400 кВА, а для другого - два по 630 кВА.

Вхідна реактивна потужність, відповідно до технічних умов $Q_e=0$, тому передбачається повна компенсація реактивної потужності.

Компенсацію можна здійснювати на напрузі 10 кВ або 0,4 кВ.

Завдання техніко-економічних розрахунків зводиться в даному випадку до визначення оптимальної потужності силових трансформаторів з найбільш ефективної системою компенсації реактивної потужності.

2.4. Компенсація реактивної потужності

Проводяться розрахунки для першого варіанту з потужністю трансформаторів 400 кВА (додаток А6)

$$Q_{\text{макс.т}} = \sqrt{(2 \cdot 0,9 \cdot 400)^2 - 620,62^2} = 366,0 \text{ кВАр}$$

$$Q_{\text{нк1}} = 188,32 - 366,00 = -177,68 \text{ кВАр}, Q_{\text{нк1}} = 0$$

$$Q_{\text{нк2}} = 188,32 - 0 - 0,15 \cdot 2 \cdot 400 = 68,32 \text{ кВАр}$$

$$Q_{\text{нк}} = 0 + 68,32 = 68,32 \text{ кВАр}$$

Потрібне встановлення низьковольтних конденсаторних батарей потужністю 50 кВАр кожна.

$$Q_{\text{БК}} = Q_{\text{нс.т}} = 188,32 - 100 + 19 = 107,32 \text{ кВАр}$$

Встановлення високовольтних конденсаторних батарей не потрібне.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		16

Для варіанту встановлення трансформаторів потужністю 630 кВА.

$$Q_{\text{макс.т}} = \sqrt{(2 \cdot 0,9 \cdot 630)^2 - 620,62^2} = 949,48 \text{ кВАр}$$

$$Q_{\text{нк1}} = 188,32 - 949,48 = -712,23, \quad Q_{\text{нк1}} = 0$$

$$Q_{\text{нк2}} = 188,32 - 0 - 0,18 \cdot 2 \cdot 1000 = -38,48 \text{ кВАр}, \quad Q_{\text{нк2}} = 0$$

$$Q_{\text{нк}} = 0 + 0 = 0 \text{ кВАр}$$

Встановлювати низьковольтні конденсаторні батареї не потрібно.

Потужність високовольтних конденсаторних батарей

$$Q_{\text{ВБК}} = Q_{\text{нс.т}} = 188,32 - 0 + 23 = 111,32 \text{ кВАр}$$

Встановлювати високовольтні конденсаторні батареї не потрібно.

З метою визначення оптимальної системи компенсації реактивної потужності необхідно передбачити варіант повної компенсації на стороні 0,4 кВ.

Виходячи з розрахункового реактивного навантаження, на шинах 0,4 кВ проектованої підстанції необхідно встановити дві конденсаторні установки номінальною потужністю 50 кВАр, при цьому $Q_{\text{НК}} = 50 + 50 = 100 \text{ кВАр}$.

Далі проводиться техніко-економічне порівняння запропонованих варіантів потужності силових трансформаторів і компенсації реактивної потужності. Слід зауважити, що передбачається встановлення комплектної трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ. В таблиці 2.7 подані вихідні дані для згаданих розрахунків.

Розрахунки виконуються за методом зведених витрат на прикладі першого варіанту.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		17

Таблиця 2.7 – Дані до техніко-економічних розрахунків

	Потужність трансформатора $S_{ном}$, кВа	Тип конденсаторної установки	Ціна конденсаторної установки $C_{КБ}$, тис.грн	Ціна комплектної трансформаторної підстанції $C_{КТП}$, тис.грн
Варіант 1	2х400	2хКРПН-0,4-40-50 У3	13,66	126,31
Варіант 2	2х630	2хКРПН-0,4-40-50 У3	13,66	184,90

Визначаються капіталовкладення для першого варіанту

$$K = 13,66 \cdot 2 + 126,31 \cdot 2 = 279,93 \text{ тис. грн.}$$

Визначаються щорічні амортизаційні відрахування

$$B_a = 0,24 \cdot 279,93 = 67,18 \text{ тис.грн.}$$

Далі визначають втрати електроенергії в силових трансформаторах, згідно [3, формули 5.13]

$$\Delta W = 2 \cdot 1,45 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 5,5 \cdot \frac{861,94^2}{400^2} \cdot 2497,97 = 49171 \text{ тис. кВт/год}$$

Визначаються щорічні витрати на покриття втрат електроенергії в силових трансформаторах (C_e - ціна 1 кВт*год електроенергії для споживачів 2 класу з врахуванням ПДВ, станом на 1 квітня 2026 $C_e = 6,9$ грн.)

$$B_e = 6,9 \cdot 49171 = 339,28 \text{ тис.грн.}$$

Наближено визначаються щорічні експлуатаційні витрати:

$$B = 67,18 + 339,28 = 406,46 \text{ тис.грн.}$$

Зведені витрати по даному варіанту визначаються за формулою

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		18

$$З=0,12 \cdot 279,93 + 406,46 = 440,06 \text{ тис.грн.}$$

Аналогічні розрахунки виконуються для інших варіантів. В таблиці 2.8 проведений розрахунок втрат електричної енергії в силових трансформаторах для двох варіантів.

Таблиця 2.8 – Визначення втрат в силових трансформаторах

Варіант	Сном, кВА	Sp, кВА	n	P _{x,x} , кВт	P _{к,з} , кВт	тм, год	ΔW, кВт·год
1	400	685,79	2,00	1,45	5,50	2497,97	45596
2	630	685,79	2,00	2,27	7,60	2497,97	51018,24

Далі в таблиці 2.9, поданий розрахунок зведених витрат по кожному варіанту.

Таблиця 2.9 – Розрахунок зведених витрат

Варіант	К, тис.грн.	В _а , тис.грн.	В _е , тис.грн.	В, тис.грн.	З, тис.грн.
1	279,93	67,18	339,28	406,46	440,06
2	369,81	88,75	365,77	454,52	498,90

Очевидно, що найдешевшим є перший варіант, але з врахуванням розвитку та розростання підприємства прийнято рішення встановити два силових трансформатори ТМ-630/10, номінальною потужністю 630 кВА. Технічні характеристики вибраних трансформаторів подані в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Характеристики трансформаторів ТМ-630/10

U _{ВН} , кВ	U _{НН} , кВ	S _{ном} , кВА	P _{x,x} , кВт	P _{к,з} , кВт	U _{кз} , %	I _{x,x} , %
10	0,4	630	1,45	5,50	5,5	2,1

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

Перевіряється завантаження даних трансформаторів в нормальному режимі

$$K_3 = \frac{737,13}{2 \cdot 630} = 0,59$$

Отримана величина є оптимальною в плані завантаження силових трансформаторів, тому такий режим допустимий.

В аварійному режимі допускається перевантаження на 40% (усереднене значення). Отже, один трансформатор зможе пропустити потужність

$$S_{\text{дон}} = 1,4 \cdot 630 = 882 \text{ кВАр}$$

Таким чином, в аварійному режимі один трансформатор зможе пропустити майже всю споживану електроприймачами потужність. Частину споживачів 3-ї категорії в аварійному режимі необхідно буде відключати.

2.5. Визначення навантажень на вищих рівнях СЕП

За розрахункове навантаження на шинах низької напруги трансформаторної підстанції приймається середня споживана потужність за найбільш завантажену зміну $S_{\text{сер.зм}}$ з врахуванням компенсації реактивної потужності (Додаток А7)

$$S_{P3} = \sqrt{620,6^2 + (188,32 - 100)^2} = 626,29 \text{ кВА}$$

Розрахункове навантаження на стороні високої напруги трансформаторної підстанції

Отже $\Delta P_T = 12,53 \text{ кВт}$, $\Delta Q_T = 62,63 \text{ кВАр}$.

Оскільки передача реактивної потужності на сторону 0,4 кВ не здійснюється ($Q_e = 0$), то складова реактивної потужності в формулі 2.44 теж буде рівною нулю.

$$S_{P4} = \sqrt{(620,03 + 12,53)^2 + (188,32 + 62,63)^2} = 671,80 \text{ кВА}.$$

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

За цією потужністю здійснюватиметься вибір ліній, що живитимуть трансформаторну підстанцію підприємства.

Комутаційно-захисна апаратура вибиратиметься за потужностями відповідних ієрархічних рівнів СЕП, згідно [4, стор.44].

2.6. Проектування системи зовнішнього електропостачання

Джерелом живлення підприємства є вузлова підстанція 110/10кВ.

Відстань до джерела живлення становить 1,35 км.

За напругу живлення СЕП підприємства приймаємо 10 кВ, оскільки на шинах 10 кВ живлячої підстанції наявний відповідний резерв потужності.

В розрахунок системи зовнішнього електропостачання входять: вибір конструктивного виконання ліній електропередачі, визначення оптимального перерізу провідників живлячих ліній на основі техніко-економічного порівняння варіантів, перевірка провідників ліній за втратою напруги (додаток А8).

$$I_{норм} = \frac{671,8}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 19,39 \text{ А}$$

$$I_{макс} = \frac{671,8}{\sqrt{3} \cdot 10} = 38,79 \text{ А.}$$

Вибір перерізу живлячих ліній здійснюється за економічною густиною струму.

$$j_e = 1,4 \cdot e^{\frac{4100}{17520}} = 1,1 \text{ А / мм}^2$$

$$q_e = \frac{19,39}{1,1} = 17,55 \text{ мм}^2$$

Отже, формуємо вихідні дані для розрахунку варіантів системи зовнішнього електропостачання [5].

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		21

Варіант 1. Живлення трансформаторної підстанції підприємства здійснюється двома кабельними лініями з кабелем АПвЕгаПу-10-3х25 від РП-10 кВ вузлової підстанції 110/10 кВ. В таблиці 2.12 подані характеристики проводу.

Таблиця 2.11 - Характеристики кабелю АПвЕгаПу-10-3х25

Переріз, мм ²	Питомі втрати потуж- ності, кВт/м	Тривало допустиме струмове навантаження, А	Питомий актив- ний опір R _{пит} , Ом/км	Питомий реакти- вний опір X _{пит} , Ом/км	Ціна, тис. грн/км
25	39	120	1,25	0,0662	140,78

Варіант 2. Живлення трансформаторної підстанції підприємства здійснюється повітряними лініями АПвЕгаПу-10-3-35 від РП-10 кВ вузлової підстанції 110/10 кВ. В таблиці 2.13 подані характеристики кабелю.

Таблиця 2.12 - Характеристики проводу АПвЕгаПу-10-3х35

Переріз, мм ²	Питомі втрати потужності, кВт/м	Тривало допустиме струмове навантаження, А	Питомий актив- ний опір R _{пит} , Ом/км	Питомий реактив- ний опір X _{пит} , Ом/км	Ціна, тис. грн/км
35	88	175	0,91	0,385	171,73

Вибрані провідники ліній перевіряються за умовами нагрівання при притіканні струму післяаварійного режиму.

Для першого варіанту

$$120 \geq 38,79 \text{ А}$$

Для другого варіанту

$$175 \geq 38,79 \text{ А}$$

Очевидно, що умови перевірки в обох варіантах виконуються.

Вибрані провідникові матеріали також перевіряються за втратами напруги.

Для першого варіанту

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 38,79 \cdot 1,35 \cdot (1,250 \cdot 0,94 + 0,066 \cdot 0,37) = 108,99 \text{ В}$$

Це складає 1,08% номінальної напруги мережі, що є допустимим.

Для другого варіанту

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 38,79 \cdot 1,35 \cdot (0,910 \cdot 0,94 + 0,385 \cdot 0,37) = 90,75 \text{ В}$$

Це складає 1,22% номінальної напруги мережі, що також є допустимим.

Далі проводиться техніко-економічне порівняння варіантів зовнішнього електропостачання. Визначення зведених витрат виконується на прикладі першого варіанту.

Капітальні вкладення в лінії:

$$K_L = 140,78 \cdot 1,35 \cdot 2 = 380,10 \text{ тис.грн}$$

Амортизаційні відрахування на лінії:

$$B_{A.L.} = 0,08 \cdot 380,10 = 30,41 \text{ тис.грн.}$$

Коефіцієнт завантаження лінії:

$$k_z = \frac{38,78}{120} = 0,32 \text{ А.}$$

Втрати електроенергії в живлячих лініях

$$\Delta W_L = 2 \cdot 39 \cdot 0,4^2 \cdot 1,1 \cdot 2497 = 82949,41 \text{ кВт*год}$$

Вартість річних втрат електроенергії:

$$B_{e.e} = 6,90 \cdot 55,99 \cdot 82949,41 = 386,35 \text{ тис.грн}$$

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		23

Щорічні експлуатаційні витрати:

$$B_e = 30,41 + 386,35 = 416,76 \text{ тис.грн}$$

Щорічні зведені витрати

$$З = 0,12 \cdot 380,10 + 416,76 = 462,37 \text{ тис.грн.}$$

Результати розрахунків для обох варіантів зведені в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 – Визначення зведених витрат

Варіант	КЛ, тис.грн	ВА.Л., тис.грн	кз	$\Delta P_{ном},$ кВт/км	$\Delta WЛ, \text{тис.}$ кВт·год	Вв.е тис.грн	Ве , тис.грн	З, тис.грн
1	380,10	30,41	0,32	39,00	55993,40	386,35	416,76	462,37
2	463,66	37,09	0,22	88,00	89111,26	614,87	651,96	707,60

Результати розрахунків показують, що з економічної точки зору перший варіант є доцільнішим, тому з врахуванням збільшення навантаження в перспективі живлення трансформаторної підстанції підприємства буде здійснюватись двома кабельними лініями з кабелем АПвЕгаПу 10-3х35 від РП-10 кВ вузлової підстанції 110/10 кВ.

2.7. Проектування системи внутрішнього електропостачання

Внутрішньозаводський розподіл електроенергії здійснюється на напрузі 380/220 В за радіально-магістральним принципом. На об'єктах підприємства передбачається встановлення низьковольтних розподільчих пунктів, до яких під'єднуються електроприймачі та освітлювальні щитки. З цією метою застосовуються розподільчі пункти марки ПР11 [6] (додаток А9).

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		24

Обсяг розрахунків мережі внутрішнього електропостачання обмежується ввідними розподільчими пристроями та відповідними лініями. В таблиці 2.14 подана загальна характеристика проектованої низьковольтної мережі підприємства.

Таблиця 2.14 – Характеристики низьковольтної розподільчої мережі

Назва лінії	Довжина, км	Будівля
ТП - ВРП I	0,02	1. Деревообробний цех
ТП - ВРП II	0,03	2. Майстерня
ТП - ВРП III	0,01	3. Склад
ТП - ВРП IV	0,14	4. Офіс
ТП - ВРП V	0,08	5. Котельня
ТП - ВРП VI	0,135	6. Насосна станція

Згідно визначених раніше потужностей (таблиця 2.8) здійснюється розрахунок струмів в лініях, що живлять ввідні пристрої. В таблиці 2.15 подане навантаження проєктованих низьковольтних кабельних ліній (із врахуванням можливого резервування).

Таблиця 2.15 - Навантаження низьковольтних КЛ підприємства

Назва лінії	S_p , кВА	$\cos \phi$	$\sin \phi$
ТП - ВРП I	238,84	0,91	0,42
ТП - ВРП II	67,15	0,60	0,80
ТП - ВРП III	78,44	0,98	0,21
ТП - ВРП IV	112,02	0,99	0,15
ТП - ВРП V	115,28	0,96	0,27
ТП - ВРП VI	125,40	0,98	0,19

Розрахунки проводяться в табличній формі. Результати подані в таблиці 2.16.

[8]

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

Таблиця 2.16 – Вибір перерізу жил низьковольтної мережі

Назва лінії	S_p , кВА	I_p , А	$I_{доп}$, А	q , мм ²	Прийнята марка кабелю
ТП - ВРП І	238,84	345,15	330	240	АВВГ-4х240
ТП - ВРП ІІ	67,15	97,04	112	35	АВВГ-4х35
ТП - ВРП ІІІ	78,44	113,35	137	50	АВВГ-4х50
ТП - ВРП ІV	112,02	161,87	165	70	АВВГ-4х70
ТП - ВРП V	115,28	166,59	197	95	АВВГ-4х95
ТП - ВРП VI	125,40	181,21	197	95	АВВГ-4х95

Необхідні характеристики кабелів приймаються по [2, табл. 3.5], а коефіцієнти навантаження визначаються згідно з таблицею 2.19. Результати розрахунку подані в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Перевірка перерізів жил кабелів за втратою напруги.

Назва лінії	q , мм ²	l , км	r_{num} , Ом/км	$\cos \phi$	x_{num} , Ом/км	$\sin \phi$	ΔU , В	ΔU , %
ТП - ВРП І	240	0,020	0,13	0,91	0,0587	0,42	1,71	0,43
ТП - ВРП ІІ	35	0,030	0,894	0,60	0,0637	0,80	2,96	0,74
ТП - ВРП ІІІ	35	0,010	0,894	0,98	0,0637	0,21	1,74	0,44
ТП - ВРП ІV	70	0,140	0,447	0,99	0,0612	0,15	17,71	4,69
ТП - ВРП V	95	0,080	0,329	0,96	0,0602	0,27	7,69	1,92
ТП - ВРП VI	95	0,135	0,329	0,98	0,0602	0,19	14,17	4,61

Результати розрахунку показують, що втрати напруги в лініях не виходять за межі нормальних допустимих відхилень, згідно ДСТУ EN 50160:2014 ($\pm 5\%$), тому вибрані перерізи жил кабелів залишаються без змін.

Низьковольтні лінії внутрішньозаводської мережі комутуються автоматичними вимикачами, які встановлені в панелях ЩО98. На вводах в розподільчі пункти цехів також встановлені автомати. Лінії до електроприймачів і освітлювальних

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

щитків також комутуються автоматичними вимикачами. Внутрішня електрична принципова схема розподілу підприємства подана на листі 2 графічної частини проекту.

2.8. Розрахунок струмів КЗ

2.8.1. Визначення струмів КЗ на стороні 10 кВ ТП

При розрахунку параметрів схеми заміщення застосовується відносно точне зведення параметрів до базових умов.

Базова напруга приймається рівною напрузі основного рівня, тобто

$$U_B = 10 \text{ кВ}.$$

Базова потужність становить

$$S_B = 10 \text{ МВА}$$

Звідси базовий струм

$$I_o = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 10} = 0,57 \text{ кА}.$$

Згідно з технічними умовами потужність трифазного короткого замикання на шинах 10 кВ живлячої підстанції становить 70 МВА.

Опір системи:

$$X_{*C} = \frac{10}{70} = 0,143$$

Опори живлячої кабельної лінії напругою 10 кВ:

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		27

$$X_{*KL} = 0,0662 \cdot 1,35 \cdot \frac{10}{10^2} = 0,009$$

$$R_{*KL} = 1,25 \cdot 1,35 \cdot \frac{10}{10^2} = 0,169$$

Результуючий індуктивний опір до точки короткого замикання, яка знаходиться на шинах 10 кВ ТП:

$$X_{*K} = 0,143 + 0,0089 = 0,152.$$

Результуючий активний опір до точки:

$$R_{*K} = 0 + 0,169 = 0,169$$

Результуючий повний опір до точки короткого замикання:

$$Z_{*K} = \sqrt{0,152^2 + 0,169^2} = 0,227$$

Струм трифазного короткого замикання:

$$I_{KI}^{(3)} = \frac{0,57}{0,227} = 2,55 \text{ кА.}$$

Визначаються величини, необхідні для вибору та перевірки комутаційно-захисної апаратури.

Постійна часу затухання аперіодичної складової:

$$T_{*a} = \frac{0,187}{0,1} = 0,90$$

По кривій рис. 6.2 [2], $T_{*aKI} = 0,0085\text{с.}$

Ударний коефіцієнт визначається за формулою

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		28

$$k_{yKI} = 1 + e^{\frac{0,01}{0,0085}} = 1,29.$$

Ударний струм:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 2,55 \cdot 1,29 = 4,65 \text{ кА.}$$

2.8.2 Визначення струмів КЗ на стороні 0,4 кВ ТП

При розрахунку струмів короткого замикання розглядаються точки на шинах кожного ввідного розподільчого пункту і враховуються всі опори короткозамкнутого кола (активні та індуктивні). Крім того, враховуються опори всіх перехідних контактів (згідно з [9]).

За базисну напругу приймається 0,4 кВ. Згідно попередніх розрахунків початкове значення періодичної складової перед трансформатором ТП становить 2,55 кА.

За базисну напругу приймається 0,4 кВ. Опір зв'язку трансформатора 10/0,4 кВ з енергосистемою

$$X_1 = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 2550} \cdot \frac{0,4^2 \cdot 10^3}{10,5^2} = 8,64 \text{ мОм.}$$

$$R_1 = 0.$$

Опір трансформатора

$$R_2 = \frac{5,5 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{400^2} = 5,50 \text{ мОм.}$$

$$X_2 = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{7,6}{400}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{400} \cdot 10^6 = 21,30 \text{ мОм.}$$

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		29

Результати розрахунків зведені в таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Визначення параметрів кабельних ліній

Назва лінії	l , км	$r_{\text{нит}}$, Ом/км	$x_{\text{нит}}$, Ом/км	$R_{\text{кл}}$, мОм	$X_{\text{кл}}$, мОм
ТП - ВРП I	0,02	0,13	0,0587	2,60	1,17
ТП - ВРП II	0,03	0,894	0,0637	26,82	1,91
ТП - ВРП III	0,01	0,894	0,0637	8,94	0,64
ТП - ВРП IV	0,14	0,447	0,0612	62,58	8,57
ТП - ВРП V	0,08	0,329	0,0602	26,32	4,82
ТП - ВРП VI	0,135	0,329	0,0602	44,42	8,13

Струм трифазного КЗ для прикладу визначається на шинах 0,4 кВ трансформаторної підстанції. Сумарний активний опір короткозамкнутого кола до вказаної точки визначається з врахуванням $R_{\text{дод}} = 15$ мОм [10].

$$X_{\Sigma K} = 8,64 + 21,30 = 30,73 \text{ мОм.}$$

$$R_{\Sigma K} = 15 + 5,50 = 20,50 \text{ мОм.}$$

Струм трифазного КЗ визначається за формулою:

$$I_K = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{39,940^2 + 20,5^2}} = 6,36 \text{ кА}$$

Постійна часу затухання аперіодичної складової:

$$T_a = \frac{29,94}{314 \cdot 20,5} = 0,0047 \text{ с}$$

Ударний струм:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,01 \cdot 6,36 = 9,09 \text{ кА.}$$

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		30

Тепловий імпульс струму КЗ:

$$B_K = 6,36^2 \cdot (0,16 + 0,0039) = 6,67 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Таблиця 2.19 – Розрахунок струмів КЗ в низьковольтній розподільчій мережі СЕП підприємства

Назва лінії	$R_{доо},$ МОм	$X_{\Sigma},$ МОм	$R_{\Sigma},$ МОм	$I_K,$ кА	$T_a,$ с	k_y	$i_y,$ кА
ТП - ВРП I	15	31,11	38,10	4,70	0,00260	1,02	6,79
ТП - ВРП II	15	31,85	62,32	3,30	0,00163	1,00	4,68
ТП - ВРП III	15	30,57	44,44	4,29	0,00219	1,01	6,13
ТП - ВРП IV	15	38,51	98,08	2,19	0,00125	1,00	3,10
ТП - ВРП V	15	34,75	61,82	3,26	0,00179	1,00	4,63
ТП - ВРП VI	15	38,06	79,92	2,61	0,00152	1,00	3,70

2.9. Вибір високовольтного обладнання

2.9.1. Вибір комплектних пристроїв напругою 10 кВ

Визначені струми нормального і післяаварійного режиму на стороні 10 кВ ТП

$$I_{норм} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 23,09 \text{ А.}$$

$$I_{макс} = 1,4 \cdot I_{норм} = 32,33 \text{ А.}$$

Для підведення живлення до понижувальної підстанції підприємства і встановлення комутаційно-захисної апаратури використовуються комірки КСО-399. Вибір виконується на основі отриманих розрахункових величин та каталожних даних згаданого обладнання [11].

Результати порівняння розрахункових і каталожних величин подані в таблиці 2.22.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		31

Таблиця 2.20 – Вибір комплектних пристроїв для ТП

Розрахункові величини	Каталожні дані КСО-399
$U_{уст}= 10$ кВ	$U_{ном}= 10$ кВ
$I_{ном}= 23,09$ А	$I_{ном}= 400$ А
$I_{макс}= 32,33$ А	
$i_y= 4,65$ кА	$i_{зр.н}= 52$ кА

Очевидно, що умови вибору виконуються, тому остаточно приймаються до встановлення стаціонарні комірки з одностороннім обслуговуванням КСО-399. В таблиці 2.21 подана комплектація вибраних комірок [12].

Таблиця 2.21 – Комплектація комірок КСО-399

Призначення	Обладання	Кількість	Каталожний номер
Ввід	Комірка КСО-399 з роз'єднувачем РВЗ - 10/400 III	2	1
Комутація і захист силових трансформаторів	Комірка КСО-399 з вимикачем навантаження ВН-РА-30П-10-630 УЗ і запобіжником	2	4
Секційна	Комірка КСО-399 з роз'єднувачем РВЗ - 10/400 III	2	14

2.9.2. Вибір і перевірка апаратури напругою 10кВ

В комірках КСО-399 для комутації і захисту силових трансформаторів встановлюються вимикачі навантаження ВН-РА-30П-10-630 УЗ , що комплектуються плавкими запобіжниками серії ПК [13].

Результати порівняння розрахункових і каталожних величин подані в таблиці 2.22.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

Таблиця 2.22 – Вибір вимикачів навантаження

Розрахункові величини	Каталожні дані ВН-РА-30П-10-630 УЗ з запобіжником
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{ном} = 23,09 \text{ А}, I_{макс} = 32,33 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$I_k = 6,36 \text{ кА}$	$I_{в. ном. зап} = 20 \text{ кА}$
$i_y = 4,65 \text{ кА}$	$i_{дин} = 70 \text{ кА}$
$B_k = 1,09 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_k^{ном} = 6^2 \cdot 10 = 360 \text{ кА}^2\text{с}$

З таблиці 2.24 очевидно, що дані вимикачі навантаження із запобіжниками задовольняють умови вибору, тому вони остаточно приймаються до встановлення.

Для підвищення надійності роботи підстанції та створення можливості ремонту високовольтного обладнання встановлюється ремонтна перемичка на напрузі 10 кВ з роз'єднувачами РВЗ - 10 з одним заземлюючим ножем. Ці роз'єднувачі входять в комплект комірок КСО - 399 з відповідним каталожним номером. Роз'єднувачі даного типу встановлюються також у ввідних комірках.

Результати порівняння розрахункових і каталожних величин подані в таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 – Вибір роз'єднувачів

Розрахункові величини	Каталожні дані роз'єднувача РВЗ-10/400 III
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{ном} = 23,09 \text{ А}, I_{макс} = 32,33 \text{ А}$	$I_{ном} = 400 \text{ А}$
$i_y = 4,65 \text{ кА}$	$i_{дин} = 41 \text{ кА}$
$B_k = 1,09 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_k^{ном} = 16^2 \cdot 10 = 360 \text{ кА}^2\text{с}$

Умови вибору та перевірки виконуються, тому у ввідних і секційній комірці КСО - 399 встановлюються роз'єднувачі РВЗ - 10/400 III.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		33

2.10. Проектування внутрішньоцехової мережі

2.10.1. Визначення струмових навантажень та вибір кабелів

Споживачами електроенергії в майстерні є верстати, вентилятори та освітлення. Детальну інформацію відображено в таблиці 2.1 даного проекту. План розташування приймачів в будові механічного цеху пропонується відображений на одному з листів графічної частини проекту.

В цеху пропонується встановити два розподільчих щити ПР11, а також два освітлювальні щитки ОП-6.

Для вибору провідників низьковольтної мережі цеху пропонується спочатку визначаються струмові навантаження електроприймачів, а потім сумарні струми по групах.

Результати розрахунків зведені в таблиці 2.24.

Таблиця 2.24 – Визначення струмових навантажень електроприймачів майстерні.

Назва електроприймача	$P_{ном.}, кВт$	$\cos\varphi$	I_p, A
1	2	3	4
Верстат токарний (4)	10	0,75	19,27
Верстат токарний (4)	10	0,75	19,27
Верстат вертикально-свердильний (5)	4,1	0,7	8,46
Кран-балка (6)	15	0,7	30,97
Фрезерувальний верстат (7)	17,2	0,7	35,51
Фрезерувальний верстат (7)	17,2	0,7	35,51
Вентилятор витяжний (8)	2,3	0,8	4,15
Вентилятор витяжний (8)	2,3	0,8	4,15
Вентилятор витяжний (8)	2,3	0,8	4,15
Вентилятор витяжний (8)	2,3	0,8	4,15
Деревообробний верстат (9)	3,8	0,7	7,84
Деревообробний верстат (9)	3,8	0,7	7,84
Деревообробний верстат (9)	3,8	0,7	7,84
Установка зварювальна (10)	10,5	0,65	23,34

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

Пробовження таблиці 2.24

1	2	3	4
Установка зварювальна (10)	10,5	0,65	23,34
Гільйотина (11)	34	0,75	65,51
Гільйотина (11)	34	0,75	65,51
Зварювальний напівавтомат (12)	5,1	0,7	10,53
Зварювальний напівавтомат (12)	5,1	0,7	10,53
Вентилятор притічний (13)	1,5	0,85	2,55
Вентилятор притічний (13)	1,5	0,85	2,55
Вентилятор притічний (13)	1,5	0,85	2,55
Вентилятор притічний (13)	1,5	0,85	2,55

Примітка. Цифри в дужках відповідають номеру позиції електроприймача на плані цеху, що зображений на чисті 3 графічної частини проекту.

Живлення до розподільчих пунктів подається за допомогою кабелю АВВГ, а до приймачів - кабелем ВВГнгд [14]. Кабельна лінія, яка з'єднує розподільчий пристрій 0,4 кВ трансформаторної підстанції з ввідним розподільчим пунктом цеху прокладається в землі. Магістральна кабельна лінія, яка з'єднує ввідний пункт (РП I) з розподільчим (РП II), прокладається в сталевих трубах відповідного діаметру. Кабеля, які подають живлення до окремих електроприймачів теж прокладаються в лотках під стелею.

Результати вибору провідників до окремих електроприймачів подані в таблиці 2.25.

Таблиця 2.25 – Вибір провідників для живлення електроприймачів

Назва електроприймача	I_p, A	$I_{тр.доп}, A$	$q, мм^2$	Марка проводу
1	2	3	4	5
Верстат токарний (4)	19,27	23	4	ВВГнгд - 4х4
Верстат токарний (4)	19,27	23	4	ВВГнгд - 4х4
Верстат вертикально-свердильний (5)	8,46	19	2,5	ВВГнгд - 4х2,5
Кран-балка (6)	30,97	39	10	ВВГнгд - 4х10
Фрезерувальний верстат (7)	35,51	39	10	ВВГнгд - 4х10
Фрезерувальний верстат (7)	35,51	39	10	ВВГнгд - 4х10
Вентилятор витяжний (8)	4,15	19	2,5	ВВГнгд - 4х2,5
Вентилятор витяжний (8)	4,15	19	2,5	ВВГнгд - 4х2,5

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

Продовження таблиці 2.25

1	2	3	4	5
Вентилятор витяжний (8)	4,15	19	2,5	ВВГнгд - 4х2,5
Вентилятор витяжний (8)	4,15	19	2,5	ВВГнгд - 4х2,5
Деревообробний верстат (9)	7,84	19	2,5	ВВГнгд - 4х2,5
Деревообробний верстат (9)	7,84	19	2,5	ВВГнгд - 4х2,5
Деревообробний верстат (9)	7,84	19	2,5	ВВГнгд - 4х2,5
Установка зварювальна (10)	23,34	30	6	ВВГнгд - 4х6
Установка зварювальна (10)	23,34	30	6	ВВГнгд - 4х6
Гільйотина (11)	65,51	70	25	ВВГнгд - 4х25
Гільйотина (11)	65,51	70	25	ВВГнгд - 4х25
Зварювальний напівавтомат (12)	10,53	19	2,5	ВВГнгд - 4х2,5
Зварювальний напівавтомат (12)	10,53	19	2,5	ВВГнгд - 4х2,5
Вентилятор притічний (13)	2,55	19	2,5	ВВГнгд - 4х2,5
Вентилятор притічний (13)	2,55	19	2,5	ВВГнгд - 4х2,5
Вентилятор притічний (13)	2,55	19	2,5	ВВГнгд - 4х2,5
Вентилятор притічний (13)	2,55	19	2,5	ВВГнгд - 4х2,5

Результати перевірки подані в таблиці 2.26

Таблиця 2.26 – Перевірка проводів за втратою напруги

Назва електроприймача	l , км	r_{num} , Ом/км	$\cos \phi$	x_{num} , Ом/км	$\sin \phi$	ΔU , В	ΔU , %
1	2	3	4	5	6	7	8
Верстат токарний (4)	0,012	7,81	0,75	0,095	0,66	2,37	0,59
Верстат токарний (4)	0,014	7,81	0,75	0,095	0,66	2,84	0,71
Верстат вертикально-свердильний (5)	0,011	12,5	0,70	0,104	0,71	1,40	0,35
Кран-балка (6)	0,016	3,12	0,75	0,073	0,66	2,00	0,50
Фрезерувальний верстат (7)	0,018	3,12	0,75	0,073	0,66	2,64	0,66
Фрезерувальний верстат (7)	0,019	3,12	0,75	0,073	0,66	2,82	0,70
Вентилятор витяжний (8)	0,011	12,5	0,75	0,104	0,66	0,73	0,18
Вентилятор витяжний (8)	0,017	12,5	0,80	0,104	0,60	1,22	0,30
Вентилятор витяжний (8)	0,024	12,5	0,80	0,104	0,60	1,74	0,43
Вентилятор витяжний (8)	0,019	12,5	0,80	0,104	0,60	1,39	0,35
Деревообробний верстат (9)	0,031	12,5	0,70	0,104	0,71	3,74	0,93
Деревообробний верстат (9)	0,067	12,5	0,70	0,104	0,71	8,01	2,00
Деревообробний верстат (9)	0,043	12,5	0,70	0,104	0,71	5,15	1,29
Установка зварювальна (10)	0,053	6,21	0,65	0,09	0,76	8,71	2,18
Установка зварювальна (10)	0,062	6,21	0,65	0,09	0,76	10,30	2,57

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

Продовження табл. 2.26

1	2	3	4	5	6	7	8
Гільйотина (11)	0,072	1,25	0,75	0,0662	0,66	7,97	1,99
Гільйотина (11)	0,012	1,25	0,75	0,0662	0,66	1,33	0,33
Зварювальний напіваавтомат (12)	0,018	12,5	0,70	0,104	0,71	2,89	0,72
Зварювальний напіваавтомат (12)	0,023	12,5	0,70	0,104	0,71	3,66	0,92
Вентилятор притічний (13)	0,024	12,5	0,85	0,104	0,53	1,13	0,28
Вентилятор притічний (13)	0,0288	12,5	0,85	0,104	0,53	1,36	0,34
Вентилятор притічний (13)	0,0132	12,5	0,85	0,104	0,53	0,62	0,16
Вентилятор притічний (13)	0,0192	12,5	0,85	0,104	0,53	0,90	0,23

Очевидно, що коливання напруги знаходиться в допустимих межах, згідно державного стандарту. Тому після даної перевірки змінювати величини перерізів жил проводів не потрібно.

2.10.2. Вибір і перевірка апаратури напругою 0,4 кВ

Розподільчий пристрій напругою 0,4 кВ трансформаторної підстанції виконується за допомогою панелей розподільчих щитів ЩО 98. Для вибору комплектних пристроїв і апаратури визначаються струми нормального та після аварійного режимів на шинах 0,4 кВ трансформаторної підстанції за формулами:

$$I_{\text{норм}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 577,35 \text{ А},$$

$$I_{\text{макс}} = 1,4 \cdot I_{\text{норм}} = 808,29 \text{ А}.$$

В таблиці 2.27 подана детальна характеристика вибраних панелей. Номінальні параметри апаратури вибрані попередньо і будуть уточнюватись в процесі подальших розрахунків [15].

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		37

Таблиця 2.27- Комплектація панелей ЩО-98.

Призначення	Тип панелі	Апаратура	
		Тип	$I_{ном}, A$
Ввідна	ЩО-98-35	Рубильник РПШ-5	1600
		Автомат SIGMA Elektrik 3U160010 1000A 70кА	1600
		Трансформатор струму ТШ-20	1500/5
Розподільча	ЩО-98-14	Рубильник РПШ-5	600
		Автомат SIGMA Elektrik 3U160010 1000A, 70кА	630
		Трансформатор струму ТШ-20	500/5
Секційна з апаратурою АВР	ЩО-98-54	Рубильник РПШ-5	1600
		ВА SIGMA Elektrik 3K400400 400A, 35кА	1600
Панель диспетчерського керування вуличним освітленням	ЩО-98-71	Рубильник Р-100	100
		Запобіжник ПН2-100	100
		Пускач магнітний ПМЛ-4	63
Панель торцева	ЩО-98-95	-	-

Результати порівняння розрахункових і каталожних величин для ввідних і секційних вимикачів подані в таблиці 2.28.

Таблиця 2.28 – Вибір і перевірка ввідних та секційних автоматичних вимикачів

Розрункові величини	Каталожні дані Hager 1000A, 70кА	
	ввідний	секційний
$K_{від}^{III} \cdot I_p = 577,35 A$	$I_{розч.ном} = 1000 A$	$I_{розч.ном} = 1000 A$
$I_K = 6,36 кА$	$I_{ном.викл} = 50 кА$	$I_{ном.викл} = 50 кА$

Для вибору і перевірки автоматичних вимикачів, які комутують і захищають лінії до ввідних розподільчих пунктів використовується інформація, що подана в таблиці 2.28 даного дипломного проекту [16].

В таблиці 2.29 подано результати порівняння розрахункових і каталожних величин для автоматичних вимикачів розподільчих панелей ЩО-98.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		38

Таблиця 2.29– Вибір автоматів для розподільчих панелей

Назва лінії	Розрахункова величина	Каталожні дані Hager 400A, 35кА
1	2	3
ТП - ВРП I	$K_{від}^{III} \cdot I_p = 345,15$	$I_{розч.ном} = 400 \text{ А}$
	$I_K = 4,70 \text{ кА}$	$I_{ном..викл} = 35 \text{ кА}$
ТП - ВРП II	$K_{від}^{III} \cdot I_p = 97,04$	$I_{розч.ном} = 400 \text{ А}$
	$I_K = 3,30 \text{ кА}$	$I_{ном..викл} = 50 \text{ кА}$
ТП - ВРП III	$K_{від}^{III} \cdot I_p = 113,35$	$I_{розч.ном} = 400 \text{ А}$
	$I_K = 4,29 \text{ кА}$	$I_{ном..викл} = 35 \text{ кА}$
ТП - ВРП IV	$K_{від}^{III} \cdot I_p = 161,87$	$I_{розч.ном} = 400 \text{ А}$
	$I_K = 2,19 \text{ кА}$	$I_{ном..викл} = 35 \text{ кА}$
ТП - ВРП V	$K_{від}^{III} \cdot I_p = 166,59$	$I_{розч.ном} = 400 \text{ А}$
	$I_K = 3,26 \text{ кА}$	$I_{ном..викл} = 35 \text{ кА}$
ТП - ВРП VI	$K_{від}^{III} \cdot I_p = 181,21$	$I_{розч.ном} = 400 \text{ А}$
	$I_K = 2,61 \text{ кА}$	$I_{ном..викл} = 35 \text{ кА}$

В результаті порівняння розрахункових і каталожних величин очевидно, що вибрані автоматичні вимикачі можуть застосовуватись за даних розрахункових умов.

2.10.3. Вибір апаратури майстерні

До встановлення в майстерні приймаються силові розподільчі пункти серії ПР11 та освітлювальні пункти ОП-6. Вибір проводиться за інформацією [14, табл. 33]. Їх детальна характеристика подана в таблиці 2.30

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

Таблиця 2.30 - Характеристика вибраних розподільчих пунктів

Тип	Призначення , тип та кількість вбудованих вимикачів			
	ввідних		фідерних	
	тип	кількість	тип	кількість
ПР11-3108	Hager 400A, 35кА	1	Hager 400A, 35кА	12
ОП-6	—	—	АЕ2040, $I_{ном}=63A$	6

Результати вибору автоматичних вимикачів і перевірок подані в таблиці 2.31.

Таблиця 2.31 - Вибір автоматичних вимикачів і перевірка проводів за умовою захищеності від перевантажень

Назва електроприймача	I_p, A	$I_{тр.доп}, A$	$q, мм^2$	$I_{ном}, A$	$I_{розч.ном}, A$	$I_{с.в.}, A$	$K_{від} * I_n$	$I_{відкл.ном}, кА$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Верстат токарний (4)	19,27	23	4	100	10	250	202,31	12,5
Верстат токарний (4)	19,27	23	4	100	25	250	202,31	12,5
Верстат вертально-свердильний (5)	8,46	19	2,5	100	25	250	88,87	12,5
Кран-балка (6)	30,97	39	10	100	25	250	325,14	12,5
Фрезерувальний верстат (7)	35,51	39	10	100	25	250	372,83	12,5
Фрезерувальний верстат (7)	35,51	39	10	100	25	250	372,83	12,5
Вентилятор витяжний (8)	4,15	19	2,5	100	63	630	43,62	12,5
Вентилятор витяжний (8)	4,15	19	2,5	100	25	250	43,62	12,5
Вентилятор витяжний (8)	4,15	19	2,5	100	25	160	43,62	12,5
Вентилятор витяжний (8)	4,15	19	2,5	100	25	63	43,62	12,5
Деревообробний верстат (9)	7,84	19	2,5	100	25	63	82,37	12,5
Деревообробний верстат (9)	7,84	19	2,5	125	25	100	82,37	12,5
Деревообробний верстат (9)	7,84	19	2,5	125	25	25	82,37	12,5
Установка зварювальна (10)	23,34	30	6	125	25	25	245,11	12,5
Установка зварювальна (10)	23,34	30	6	125	25	63	245,11	12,5
Гільйотина (11)	65,51	70	25	125	25	63	687,86	12,5

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Продовження таблиці 2.31

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Гільйотина (11)	65,51	70	25	100	25	100	687,86	12,5
Зварювальний напівавтомат (12)	10,53	19	2,5	100	10	100	110,55	12,5
Зварювальний напівавтомат (12)	10,53	19	2,5	100	10	100	110,55	12,5
Вентилятор притічний (13)	2,55	19	2,5	100	10	100	26,78	12,5
Вентилятор притічний (13)	2,55	19	2,5	100	25	250	26,78	12,5
Вентилятор притічний (13)	2,55	19	2,5	100	25	250	26,78	12,5
Вентилятор притічний (13)	2,55	19	2,5	100	63	630	26,78	12,5

Для низьковольтної мережі цеху проводилась перевірка селективності спрацювання автоматичних вимикачів і запобіжників. Перевірки дали позитивний результат, тобто комутаційно-захисна апаратура буде спрацьовувати вибірково при КЗ на відповідній ділянці мережі.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		41

РОЗДІЛ 3 **РОЗРАХУНОК ДЕРЕВООБРОБНОГО ВЕРСТАТУ**

3.1. Загальні відомості про технологічне обладнання

Таблиця 3.1 – Перелік електрообладнання станка 691С

№ П/П	Найменування	Потужність, кВт	Швидкість обертання, об/хв	Кількість
1	Електродвигун АИР180S2УПУЗ	10	3000	1
2	Електродвигун АИР180М4УПУЗ	12	3000	1
3	Електродвигун АИР100L2УПУЗ	4,4	3000	2
4	Електродвигун АИР80В6УПУЗ	1,2	1000	1
5	Пускач ПМА - 5202			2
6	Пускач ПМА - 3102			1
7	Пускач реверсивний ПМ12- 010600			1

3.2. Попередній вибір електродвигуна привода пилки комбінованого верстата 691С

$$D = 0,2 + \sqrt{0,1 + 2,5d^2}$$

де, d – діаметр колоди, м.

$$D = 0,2 + \sqrt{0,1 + 2,5 \cdot 0,24^2} = 0,634 \text{ м}$$

$$P_{\text{дв}} = 10 \cdot 0,634 \cdot 4 = 27,8 \text{ кВт}$$

Номінальна потужність двигуна:

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Круковець Д.Л.				$P_{\text{н}} = 1,1 \cdot 27,8 = 30,6 \text{ кВт}$ електродвигун станка деревообробного підприємства встановленою потужністю 1370 кВт.. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Романюк М.В.						42	15
Реценз.						ФАБЕ, гр. ЕЕ-41		
Н. Контр.	Ващелюк Ю.І.							
Затверд.	Волинець В.І.							

Вибираємо привідний електродвигун серії АІР 180 М4 з фазним ротором з даними: $P_{2\text{ном}} = 30 \text{ кВт}$; $n_{2\text{ном}} = 1470 \text{ об/хв}$; $U_{1\text{ном}} = 380 \text{ В}$; $I_{1\text{ном}} = 57 \text{ А}$; $\eta_{\text{д}} = 0,92$; $\cos\varphi = 0,87$; $U_{2\text{ном}} = 270 \text{ В}$; $M_{\text{max}} = 449 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $J_{\text{д}} = 0,08 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

3.3. Вибір обладнання силового кола

Вибір автоматичного вимикача.

Виберемо автоматичний вимикач для кола живлення електродвигуна АІР180М4У3 привода розпилювання колоди.

Дані двигуна: $U_{1\text{ном}} = 380 \text{ В}$; $I_{1\text{ном}} = 57,6 \text{ А}$; кратність пускового струму

$$I_{\text{ye}} \geq 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 432$$

$$I_{\text{ye}} \geq 712,8 \text{ А}$$

$$I_{\text{т}} \geq I_{1\text{ном}},$$

де $I_{\text{т}}$ – номінальний струм теплового розчіплювача.

$$I_{\text{yt}} = I_{1\text{ном}} \quad (3.10)$$

де I_{yt} – струм неспрацювання теплового розчіплювача.

Вибираємо автоматичний вимикач фірми Schneider Electric **GV3P26** з даними: $U_{\text{а}} = 660 \text{ В}$; $I_{\text{а}} = 60 \text{ А}$; $I_{\text{а}} = 60 \text{ А}$; $I_{\text{уе}} = 750 \text{ А}$; $I_{\text{т}} = 50 \dots 60 \text{ А}$ з послідовним регулюванням 57,6А. Тип захисної характеристики – D.

Вибір автоматичного вимикача для групи двигунів.

Виберемо спільний автоматичний вимикач для кола живлення електродвигунів комбінованого верстату 691С.

Дані двигуна АІР180М4У3: $U_{1\text{ном}} = 380 \text{ В}$; $I_{1\text{ном}} = 57,6 \text{ А}$; кратність пускового струму $k_{\text{I}} = 7,2$; пусковий струм $I_{\text{n}} = k_{\text{I}} \cdot I_{1\text{ном}} = 7,2 \cdot 57,6 = 432 \text{ А}$.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Дані електродвигуна АИР180S4УЗ, який приводить в дію механізм циліндрування: $U_{1ном} = 380В$; $I_{1ном} = 42,5А$; кратність пускового струму $k_I = 7,5$; пусковий струм $I_n = k_I \cdot I_{1ном} = 7,5 \cdot 42,5 = 318,75 А$.

Дані електродвигуна АИР112L2УЗ, який приводить в дію механізм фрезерування: $U_{1ном} = 380В$; $I_{1ном} = 15 А$; кратність пускового струму $k_I = 7$; пусковий струм $I_n = k_I \cdot I_{1ном} = 7 \cdot 15 = 105 А$.

Дані електродвигуна АИР80В6УЗ, який приводить в дію механізм подачі: $U_{1ном} = 380В$; $I_{1ном} = 3,2 А$; кратність пускового струму $k_I = 4,5$; пусковий струм $I_n = k_I \cdot I_{1ном} = 4,5 \cdot 3,2 = 14,4 А$.

Умови вибору для групи двигунів:

$$I_e \geq \sum_1^n I_{1ном} \quad (3.11)$$

де $\sum_1^n I_{1ном}$ – сума номінальних струмів двигунів.

$$I_e \geq 57,6 + 42,5 + (2 \cdot 15) + 3,2$$

$$I_e \geq 133,3 А$$

$$I_{ye} \cdot k_{зан} \cdot k_p \cdot \left(\sum_1^{n-1} I_{1ном} + k_{pn} \cdot I_{n,маx} \right) \quad (3.12)$$

де $\sum_1^{n-1} I_{1ном}$ – сума номінальних струмів електродвигунів без врахування двигуна з найбільшим пусковим струмом; $I_{n,маx}$ – найбільший пусковий струм.

$$I_{ye} \geq 1,1 \cdot 1,25 \cdot (42,5 + 30 + 3,2 + 1,2 \cdot 57,6)$$

$$I_{ye} \geq 199,1 А$$

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Вибираємо автоматичний вимикач фірми Schneider Electric NS150HMA3 з даними: $U_a = 660\text{В}$; $I_a = 50\text{А}$; $I_e = 50\text{А}$; $I_m = 35 \dots 50\text{А}$; $I_{ye} = 200\text{А}$. Тип захисної характеристики – D.

Вибір електромагнітного контактора.

Виберемо електромагнітний контактор для кола живлення електродвигуна АИР180М4У3 привода розпилювання колоди.

Дані двигуна: $U_{1ном} = 380\text{В}$; $I_{1ном} = 57,6\text{А}$; кратність пускового струму $k_I = 7,2$; пусковий струм $I_n = k_I \cdot I_{1ном} = 7,2 \cdot 57,6 = 432\text{А}$.

Умови вибору:

$$U_{п.ном} \geq U_{1ном} \quad (3.13)$$

де $U_{п.ном}$ – номінальна напруга контактора.

$$I_{п.ном} \geq I_{1ном} \quad (3.14)$$

де $I_{п.ном}$ – номінальний струм контактора.

$$U_{к.ном} = U_{кер} \quad (3.15)$$

де $U_{к.ном}$ – номінальна напруга котушки контактора; $U_{кер}$ – номінальна напруга кола керування.

Вибираємо контактор фірми Schneider Electric LC3-D90M8. Дані контактора: $U_{п.ном} = 660\text{В}$; $I_{п.ном} = 90\text{А}$; $U_{к.ном} = 220\text{В}$.

Перевіримо контактор на пусковий струм: $6 \cdot I_{п.ном} = 6 \cdot 90 = 540\text{А}$.

Умова $6 \cdot I_{п.ном} \geq I_n$ виконується.

Вибір кабелю.

Виберемо провід для живлення шафи керування комбінованого верстату 691С.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Умова вибору:

$$I_{тр.доп} \geq \sum_1^n I_{ном} \quad (3.16)$$

де $I_{тр.доп}$ – тривало допустима сила струму проводу.

$$I_{тр.доп} \geq 133,3A$$

Вибираємо провід **АПВ**, прокладений в трубі, площею поперечного перерізу 25мм^2 , струмом $I_{тр.доп} = 135A$.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 4

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

4.1 Загальні положення автоматизованого проектування

У сучасному виробництві широке поширення одержали системи автоматизованого проектування, які дозволяють проектувати технологічні процеси з меншими витратами часу та засобів, зі збільшенням точності спроектованих процесів і програм обробки, що скорочує витрати матеріалів та час обробки, завдяки тому, що режими обробки також розраховуються та оптимізуються за допомогою ЕОМ.

Технічне забезпечення автоматизованого проектування засновано на використанні обчислювальних мереж і телекомунікаційних технологій, персональних комп'ютерів та робочих станцій.

Математичне забезпечення автоматизованого проектування характеризується різноманітністю методів обчислювальної математики, статистики, математичного програмування, дискретної математики, штучного інтелекту. Програмні комплекси автоматизованого проектування відносяться до числа найбільш складних сучасних програмних систем, заснованих на операційних системах Unix, Windows, мовах програмування C, C++, Java і інших, сучасних CASE технологіях, реляційних і об'єктно-орієнтованих системах керування базами даних, стандартах відкритих систем і обміну даними в комп'ютерних середовищах.

В даній дипломній роботі було розроблено автоматизовану систему розрахунку вибору потужності силового трансформатора в оболонці Microsoft Excel (Додаток В).

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання деревообробного підприємства встановленою потужністю 1370 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Круковець Д.Л.						
Перевір.		Романюк М.В.					48	1
Реценз.						ФАБЕ, гр. ЕЕ-41		
Н. Контр.		Ващелюк Ю.І.						
Затверд.		Волинець В.І.						

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

5.1 Розрахунок заземлення майстерні

Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту, в якому має бути розміщений заземлювач згідно [18]:

$$\rho = 150 \cdot 2 = 300 \text{ Ом м}$$

Визначається опір розтіканню струму природних заземлювачів $R_{\text{ПР}}$:

$$R_{\text{ПР}} = \frac{300}{\sqrt{421}} = 14,1 \text{ Ом}$$

Оскільки $R_{\text{ПР}}$ більше за $R_{\text{Д}}$, то визначається допустимий опір штучного заземлення:

$$R_{\text{ш,д}} = \frac{14,1 \cdot 4}{14,1 - 4} = 5,3$$

Визначається опір одиночного вертикального круглого електрода згідно формули [18, табл. 13] (за умови його розташування біля поверхні ґрунту)

$$R_e = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,5}{0,018} = 120,57 \text{ Ом.}$$

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Круковець			Електропостачання деревообробного підприємства встановленою потужністю 1370 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.
Перевір.		Романюк М.В.					48
Реценз.							3
Н. Контр.		Ващелюк Ю.І.				ФАБЕ, гр.ЕЕ-41	
Затверд.		Волинець В.І.					

Приймається розташування вертикальних електродів в один ряд і співвідношення віддалі між електродами до їх довжини $\frac{\alpha}{l} = 2$.

При $\frac{\alpha}{l} = 2$ визначимо $n=10$.

$$\eta_e \cdot n = \frac{120,6}{5,3} = 20,5$$

При розташуванні електродів в ряд $n = 10$, $\eta_e = 0,52$

Відстань між електродам:

$$\alpha = 2 \cdot l = 2 \cdot 2,5 = 5 \text{ м.}$$

Звідси довжина горизонтальних заземлювачів [18].

$$L = 1,05 \cdot 6 \cdot (10 - 1) = 49,25 \text{ м}$$

Опір горизонтального заземлювача (згідно таблиці 13 [10]):

$$R_z = \frac{300}{\pi \cdot 49,25} \cdot \ln \frac{2 \cdot 49,25}{0,018} = 19,3 \text{ Ом.}$$

Визначається загальний опір штучного заземлення:

$$R_{шт} = \frac{120,6 \cdot 19,14}{120,6 \cdot 0,56 + 19,3 \cdot 2,22 \cdot 10} = 4,89 \text{ Ом.}$$

Очевидно, що $R_{шт}$ більше за $R_{ш.д}$, тому загальний опір заземлення, з врахуванням природного заземлювача визначаємо відповідно до формули [10]:

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$R_z = \frac{14,1 \cdot 4,89}{14,1 + 4,89} = 3,83 \leq 10 \text{ Ом.}$$

Таким чином, головна умова виконується.

Отже, в результаті розрахунку отримали пристрій заземлення, який складається із 10 вертикальних заземлювачів круглого перерізу діаметром 18 мм, довжиною 2,5 м та горизонтальних заземлювачів з такого ж матеріалу. Заземлювачі розташовані в ряд, паралельно довшій стороні будівлі цеху.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Для забезпечення надійності споживачів підприємства було вибрано змішану схему для живлення РП-0,4 кВ.
2. Для забезпечення надійності споживачів II категорії встановлені 2 силові трансформатори ТМ-630/10.
3. Для живлення підприємства було вибрано кабель марки АПвЕгаПу-10-3х35, який прокладено в траншеї.
4. Для покращення показників якості електроенергії на шинах 0,4 кВ встановлені низьковольтні батареї конденсаторів загальною потужністю 50 кВАр.
5. Усе комутаційне та захисне обладнання дозволяє працювати як нормальному так і в післяаварійному режимі.
6. В індивідуальному завдання було розраховано СЕП крану та вибрано двигуни.
7. В розділі «САПР» за допомогою математичного середовища «Mathcad» розраховано потужність силових трансформаторів ТП..
8. В розділі «Електробезпека» було розраховано заземлення ремонтно-механічного цеху.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Давиденко Л.В., Коменда Н.В, Давиденко В.А., Євсюк М.М. Електропостачання промислових об'єктів : практикум : навчальний посібник. Луцьк : ВІП ЛНТУ, 2022. 244с.
2. LIGHT GROUP : Освітлення : промислове освітлення : каталог. URL : <https://www.light-group.com.ua/catalog/promyslove-osvitlennia/>.
3. Трансформатори силові типу ТМ. URL : http://cabex.com.ua/ru/produkcija/transformatori/transformatori_silovie_tipa_tm.html.
4. Електричні системи та мережі : методичні вказівки до виконання курсової роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання ; уклад. І.В. Грицюк, Ю.В. Грицюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2021. 72с.
5. Силові кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену : каталог. URL : <https://amperia.com.ua/ua/g32628816-silovye-kabeli-izolyatsiej>.
6. Пункт розподільний EU-PP11 : каталог. URL : <https://www.enersys.in.ua/vyrobnytstvo/punkt-rozpodilnyi.html>.
7. Ввідно-розподільний пристрій : каталог. URL : <https://www.enersys.in.ua/vyrobnytstvo/vvidno-rozpodilnyi-prystrii.html>.
8. Кабелі силові АВВГ, АВВГнг, АВВГнгд : каталог. URL : <https://europan.ua/ru/produkcija/kabeli-silovi/avvg-avvgng-avvgngd/>.
9. Грицюк Ю.В. Електрична частина станцій і підстанцій. Методичні вказівки до практичних занять. Луцьк : ЛНТУ, 2015. 96 с.
10. Електрична частина станцій і підстанцій : методичні вказівки до виконання курсового проекту ; уклад. Ю.В. Грицюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2014. 84с.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Камери збірні одностороннього обслуговування КСО 399 УЗ : каталог. ТОВ Укрелетрокомплект. URL: <http://uelko.com/kso399.pdf>.

12. Роз'єднувачі РВ, РВО, РВЗ, РВФЗ, РЛВО : каталог. URL: <http://nvacontact.com/category2/razediniteli-10-kv/>.

13. Вимикач навантаження ВН-РА-000 : каталог. ТОВ Укрелетрокомплект URL: <https://uelko.com/vn-ra.pdf>.

14. Кабелі силові ВВГ, ВВГнг, ВВГнгд : каталог. URL : <https://europan.ua/ru/produkcija/kabeli-silovi/vvg3-vvg3ng-vvg3ngd-vvg5-vvg5ng-vvg5ngd/>.

15. Трансформатори струму Т-0,66 : каталог. URL: <http://bek-ltd.com.ua/transformatory-toka-t-0-66>.

16. Вимикачі автоматичні . ІЕК. URL: <https://001.com.ua/uk/iek>

17. Електроприймачі в системах електроспоживання : навчальний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання / уклад. І.В. Грицюк, Ю.В. Грицюк, І.О. Бандура. Луцьк : Луцький НТУ, 2021. 262с.

18. Панченко С.В., Акімов О.І., Бабаєв М.М. та ін. Електробезпека : підручник. Харків : УкрДЗТ, 2018. 295 с.

					ЛНТУ.971018.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53