

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та енергетики

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

Електропостачання підприємства з обробки деревини встановленою потужністю 870 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 ЕЕЗ-41

Байцим Костянтин Степанович

(підпис)

Керівник:

д.т.н., професор

Давиденко Людмила Валеріївна

(підпис)

Кваліфікаційний проєкт

допущено до захисту

«__» _____ 2026 р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

Волинець Владислав Ігорович

(підпис)

Луцьк - 2026

АНОТАЦІЯ

Байцим К.С. Електропостачання підприємства з обробки деревини встановленою потужністю 870 кВт. Рукопис.

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

Кваліфікаційний проєкт бакалавра складається з п'яти розділів, списку використаних джерел, додатків.

У проєкті розроблено систему електропостачання об'єкту проєктування. Проєктування виконане на основі електротехнічних розрахунків: розрахунку силових електричних навантажень з використанням методу впорядкованих діаграм на основі ієрархічного підходу; розрахунку освітлювальних навантажень на основі методу питомої густини освітлювального навантаження; розрахунку техніко-економічних показників прийнятих проєктних рішень.

У результаті роботи отримали систему електропостачання даного об'єкту проєктування з високими показниками економічної обґрунтованості.

Прийняті проєктні рішення дозволяють перейти до їх практичної реалізації й впровадження спроектованої системи електропостачання.

Ключові слова: система електропостачання (СЕП), лінія електропередач, електроприймачі, електричні навантаження, струми короткого замикання, компенсація реактивної потужності, електрична апаратура, електробезпека.

ANNOTATION

Baitsym K.S. Power supply to the wood processing enterprise with an installed capacity of 870 kW. Manuscript.

Qualification project of the bachelor of EP "Electric power, electrical engineering and electromechanics" specialty 141 Electric power, electrical engineering and electromechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

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

The project developed power supply system of the bakery. The design is performed on the basis of electrical calculations: calculation of power electrical loads using the method of ordered diagrams based on a hierarchical approach; calculation of lighting loads based on the method of specific density of lighting load; calculation of technical and economic indicators of design decisions.

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

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

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

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	10
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ	14
2.1. Розрахунок електричних навантажень	14
2.1.1. Розрахунок силових електричних навантажень.	15
2.1.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.	16
2.2. Побудова картограми і визначення теоретичного ЦЕН	17
2.3. Розрахунок навантаження на шинах НН трансформаторів ТП	18
2.4. Вибір числа і потужності трансформаторів ТП і ККУ	19
2.5. Компенсація реактивної потужності на вищих рівнях СЕП.	21
2.6. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП	22
2.7. Проєктування мережі живлення підприємства	23
2.7.1. Вибір джерела та напруги живлення	23
2.7.2. Вибір перерізу КЛ-10 кВ	24
2.8. Розрахунок струму короткого замикання в мережі 10 кВ	25
2.9. Перевірка вибраного перерізу КЛ на термічну стійкість струму КЗ .	27
2.10. Вибір обладнання на напругу 10 кВ	27
2.10.1. Вибір роз'єднувачів	28
2.10.2. Вибір вимикачів навантаження	28
2.10.3. Вибір контрольно-вимірювальних приладів	30
2.10.4. Вибір трансформаторів струму на шинах джерела живлення	30
2.11. Проєктування внутрішньозаводської розподільчої мережі	32
2.11.1. Вибір схеми внутрішньозаводської мережі	32
2.11.2. Вибір ввідних розподільчих пристроїв	32
2.11.3. Вибір перерізу КЛ внутрішньозаводської мережі.	33
2.12. Розрахунок струмів КЗ в мережі до 1 кВ.	34
2.13. Вибір обладнання на напругу 0,4 кВ	37

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання підприємства з обробки деревини встановленою потужністю 870 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Байцим						4	4	
Перевірів	Давиденко								
						ФАБД, гр. ЕЕЗ-41			
Н.контроль	Ващелюк								
Затвердив	Волинець								

2.13.1. Вибір комірок розподільчого пристрою 0,4 кВ ТП	37
2.13.2. Вибір автоматичних вимикачів	37
2.13.3. Вибір рубильників	38
2.13.4. Вибір трансформаторів струму.	39
2.14. Розрахунок цехового електропостачання	41
2.14.1. Вибір схеми цехової мережі	41
2.14.2. Розрахунок цехової мережі живлення	42
2.14.3. Перевірка комутаційної апаратури	43
2.14.4. Розрахунок освітлювальної установки цеху	44
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ	
ДЕРЕВООБРОБНОГО ВЕРСТАТУ	47
3.1. Загальні відомості та вихідні дані	47
3.2. Вибір електродвигуна головного руху	51
3.3. Вибір мережі живлення	52
3.4. Характеристика схеми захисту та керування деревообробного верстату	52
3.5. Вибір апаратури керування та захисту	54
РОЗДІЛ 4 САПР	56
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	58
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	61
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	63
Додатки	65

ВСТУП

Зростання обсягів промислового виробництва та збільшення кількості електроприймачів потребує підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів. Тому під час проєктування та експлуатації промислових електричних мереж високої і низької напруги значну увагу необхідно приділяти питанням зниження втрат електроенергії, оптимізації режимів роботи електричних мереж та підвищення енергоефективності систем електропостачання.

Ефективне використання електроенергії значною мірою залежить від комплексу технічних і організаційних заходів, спрямованих на раціональну побудову систем електропостачання, правильний вибір електрообладнання та зменшення втрат електроенергії під час її передачі та розподілу. Особливо актуальним це питання є для промислових підприємств, де технологічні процеси пов'язані з використанням значної кількості електроприймачів, зокрема, електричного приводу технологічного обладнання, транспортувальних механізмів, вентиляційних систем та допоміжних установок.

Основними завданнями проєктування систем електропостачання промислових підприємств є правильне визначення електричних навантажень, раціональна передача та розподіл електричної енергії, забезпечення необхідної якості електроенергії на затискачах електроприймачів, а також досягнення необхідного рівня надійності електропостачання. При цьому важливим є також забезпечення економічності системи, що передбачає зменшення втрат електроенергії, раціональне використання матеріальних ресурсів та оптимізацію параметрів електричних мереж.

Задача зниження втрат електроенергії є складовою більш широкої проблеми підвищення енергоефективності промислового виробництва та раціонального використання енергетичних ресурсів. Її вирішення базується на оптимізації структури системи електропостачання, правильному виборі перерізів кабельних ліній, силових трансформаторів, комутаційно-захисної апаратури.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вирішення цих завдань базується на застосуванні сучасних методів розрахунку електричних навантажень для визначення навантаження об'єкту на різних рівнях СЕП та прийняття обґрунтованих технічних рішень. Правильний розрахунок навантажень дозволяє обґрунтовано вибрати основні елементи системи електропостачання, зокрема силові трансформатори, кабельні та шинні лінії, розподільчі пристрої, а також комутаційно-захисну апаратуру.

Вирішення питань ефективного електропостачання промислових споживачів шляхом створення раціональної системи електропостачання промислового підприємства, яка забезпечує передачу та розподіл електроенергії до електроприймачів з мінімальними втратами та з дотриманням вимог щодо надійності електропостачання, є актуальним інженерним завданням.

Метою даного кваліфікаційного проекту є розробка раціональної системи електропостачання деревообробного підприємства, яка забезпечує ефективну передачу і розподіл електричної енергії між електроприймачами з мінімальними втратами. Досягнення цієї мети передбачає застосування сучасних методик розрахунку електричних навантажень, вибір оптимальної структури електричних мереж та обґрунтування параметрів основного електротехнічного обладнання системи електропостачання підприємства.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Підприємство з обробки деревини спеціалізується на переробці деревної сировини та виготовленні різноманітних виробів із деревини, які використовуються у будівництві, меблевому виробництві та інших галузях промисловості. Основною діяльністю такого підприємства є механічна обробка деревини, сушіння матеріалу, виготовлення пиломатеріалів, столярних виробів, заготовок, конструкційних елементів для подальшого використання в будівництві, меблевій промисловості тощо. До основних видів продукції підприємства з обробки деревини належать: пиломатеріали (дошки, бруси, рейки); столярні заготовки та вироби; дерев'яні конструкційні елементи для будівництва; меблеві деталі та заготовки; дерев'яні плити, панелі, щити тощо; допоміжна продукція (стружка, тирса, пакувальні матеріали).

Виробничий процес на підприємстві включає комплекс технологічних операцій, пов'язаних з підготовкою деревини, її механічною обробкою, сушінням та виготовленням готової продукції. Технологічний процес деревообробного підприємства складається з кількох основних етапів. Першим етапом є приймання та складування деревної сировини. Колоди або інша деревна сировина надходять на підприємство, де вони сортуються за породами, розмірами та якістю. Наступним етапом є первинна механічна обробка деревини, яка включає розпилювання колод на пиломатеріали за допомогою пилорам або стрічкових пилкових верстатів. Пиломатеріали проходять процес сушіння у спеціальних сушильних камерах, що дозволяє зменшити вологість деревини до нормативних значень, підвищує її міцність та стабільність геометричних розмірів. Вторинна механічна обробка включає стругання, фрезерування, свердління, шліфування та інші операції. Завершальними стадіями технологічного процесу є складання, оздоблення, контроль якості та пакування готової продукції.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Байцим			Електропостачання підприємства з обробки деревини встановленою потужністю 870 кВт. Пояснювальна записка.				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірів		Давиденко									8	4
Н.контроль		Ващелюк			ФАБД, гр. ЕЕЗ-41							
Затвердив		Волинець										

В склад підприємства входять цехи, що відносяться до основного виробництва : цех розпилювання деревини, деревообробний цех, сушильний цех, цех щитових виробів, складально-обробний цех, а також склади та адміністративний корпус.

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

Таблиця 1.1 - Характеристика цехів

Назва об'єкту	P_n , кВт	F , м ²	Характеристика середовища		
			тип	клас П	клас В
1 Цех розпилювання деревини	240	1152	нормальне	П-П-а	В-Па
2 Деревообробний цех	215	1296	нормальне	П-П-а	В-Па
3 Сушильний цех	125	972	нормальне	П-П-а	В-Па
4 Цех щитових виробів	125	288	нормальне	П-П-а	В-Па
5 Складально-обробний цех	115	504	нормальне	П-П-а	В-Па
6 Склади	30	504	нормальне	П-П-а	В-Па
7 Адміністративний корпус	20	432	нормальне	П-П-а	В-Па

Підприємство знаходиться на віддалі 1,2 км від понижувальної підстанції 110/10 кВ, на якій є запас потужності на напругу 10 кВ. Потужність короткого замикання на шинах 10 кВ підстанції складає 105 МВА.

Дозволена енергосистемою до використання в години максимум навантаження реактивна потужність складає 150 кВАр.

Режим роботи підприємства – двозмінний.

Річне число годин використання максимуму електричного навантаження складає 2500 год/рік

Споживачі основного виробництва заводу є споживачами II категорії, а решта споживачів є споживачами III категорії. Споживачами I категорії є пожежна сигналізація.

Основним технологічним обладнанням підприємства є різноманітні деревообробні верстати (круглопильні, стрічкопильні, фрезерні, стругальні,

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рейсмусові, калібрувальні, свердлильні, шліфувальні), сушильні установки та допоміжні механізми (крани, транспортери, вентиляційні установки тощо). Споживачі виробничих приміщень розраховані на напругу 0,4/0,23 кВ.

Перелік та характеристику електроприймачів деревообробного цеху наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристика електроприймачів цеху

Назва електроприймача	К-сть <i>n</i> , шт	Встановлена потужність <i>P_{ном}</i> , кВт	Коефіцієнт використання <i>K_в</i>	Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$
Верстат торцювальний	2	7,5	0,14	0,6
Верстат багатопильний	1	9,5	0,14	0,6
Верстат прирізний	1	9	0,14	0,6
Верстат стругальний чотиристоронній	1	11,5	0,14	0,6
Верстат фрезерний	3	3,5	0,14	0,6
Верстат деревообробний універсальний	1	8,5	0,14	0,6
Верстат шипорізний	1	9,5	0,14	0,6
Транспортер стрічковий	1	4	0,6	0,7
Верстат круглопильний	3	9,5	0,14	0,6
Установка для сортування фрези	1	1,5	0,6	0,7
Транспортер стрічковий	1	2,5	0,6	0,7
Вентиляційна установка	4	2,5	0,75	0,8
Верстат свердлильний	1	2,5	0,2	0,65
Прес гідравлічний	5	6,5	0,14	0,6
Верстат рейсмусовий односторонній	1	7,5	0,14	0,6
Кінцевовирівнювач двопильний	1	4,5	0,2	0,65
Верстат рейсмусовий двосторонній	2	9	0,14	
Кран-балка	2	7,5	0,06	0,6
Верстат шліфувальний трициліндровий	2	7,5	0,14	0,45

Електричне господарство підприємства з обробки деревини характеризується значною кількістю електродвигунів невеликої та середньої потужності, нерівномірністю навантаження та наявністю як тривалих, так і повторно-короткочасних режимів роботи електроприймачів. Електроприймачі деревообробного підприємства працюють у різних режимах залежно від характеру технологічних процесів. Основна частина деревообробних верстатів працює у повторно-короткочасному або змінному режимі, що пов'язано з періодичним виконанням технологічних операцій, зміною заготовок та перервами між обробкою деталей. Допоміжні установки, такі як вентиляційні та аспіраційні системи, що забезпечують постійне видалення пилу та підтримання необхідних санітарно-гігієнічних умов у виробничих приміщеннях, працюють у тривалому режимі. Транспортні механізми та конвеєри можуть працювати у тривалому або повторно-короткочасному режимі, залежно від інтенсивності виробничого процесу.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок електричних навантажень

Розрахунок електричних навантажень виконано з урахуванням номінальної потужності електроприймачів, режимів їх роботи, коефіцієнтів використання та попиту, а також характеру технологічного процесу. Для визначення електричних навантажень у даному проєкті використано загальноприйняті методи розрахунку, що застосовуються під час проєктування систем електропостачання промислових підприємств. Зокрема:

- для розрахунку силових електричних навантажень застосовано метод впорядкованих діаграм, який враховує випадковий характер увімкнення електроприймачів, що забезпечує достатню точність визначення максимальних навантажень для груп електроприймачів;

- для розрахунку освітлювальних навантажень використано метод питомої потужності на одиницю освітлюваної площі, який ґрунтується на встановленні нормативного значення питомої потужності освітлення залежно від типу приміщення, нормованої освітленості та типу джерел світла;

- для визначення електричних навантажень на вищих рівнях системи електропостачання (СЕП) застосовано ієрархічний підхід, який передбачає послідовне підсумовування навантажень окремих електроприймачів, груп обладнання, виробничих ділянок та цехів та забезпечує достовірне визначення навантаження на рівні шин низької напруги трансформаторних підстанцій, а також вищих рівнях СЕП

Порядок розрахунку електричних навантажень згідно [1-3] наведений в додатку А.

					<i>ЛНТУ.971084.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Електропостачання підприємства з обробки деревини встановленою потужністю 870 кВт. Пояснювальна записка.</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Байцим</i>						12	33
<i>Перевірив</i>	<i>Давиденко</i>							
<i>Н.контроль</i>	<i>Ващелюк</i>					<i>ФАБД, гр. ЕЕЗ-41</i>		
<i>Затвердив</i>	<i>Волинець</i>							

2.1.1. Розрахунок силових електричних навантажень

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

Результати розрахунків зведено в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Розрахунок електричних навантажень ремонтного цеху

Назва ЕП	n , шт	$P_{ном}$, кВт	$P_{ном}$, кВт	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	K_{ϵ}	m	$P_{с.зм}$, кВт	$Q_{с.зм}$, кВАр	n_{ef}	K_M	P_M , кВт	Q_M , кВАр	S_M , кВА
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
Група 1														
З змінним графіком електричного навантаження														
Верстат торцювальний	2	7,5	15	0,6	1,33	0,14		2,1	2,80					
Верстат багатошпильний	1	9,5	9,5	0,6	1,33	0,14		1,33	1,77					
Верстат прирізний	1	9	9	0,6	1,33	0,14		1,26	1,68					
Верстат стругальний чотиристоронній	1	11,5	11,5	0,6	1,33	0,14		1,61	2,15					
Верстат фрезерний	3	3,5	10,5	0,6	1,33	0,14		1,47	1,96					
Верстат деревообробний універсальний	1	8,5	8,5	0,6	1,33	0,14		1,19	1,59					
Верстат шипорізний	1	9,5	9,5	0,6	1,33	0,14		1,33	1,77					
Транспортер стрічковий	1	4	4	0,7	1,02	0,6		2,4	2,45					
Верстат круглошпильний	3	9,5	28,5	0,6	1,33	0,14		3,99	5,32					
Установка для сортування фрези	1	1,5	1,5	0,7	1,02	0,6		0,9	0,92					
Транспортер стрічковий	1	2,5	2,5	0,7	1,02	0,6		1,5	1,53					
Разом	16		110			0,17	1,12	19,08	23,94	16	1,71	32,63	23,94	
З постійним графіком електричного навантаження														
Вентиляційна установка	2	2,5	5	0,8	0,75	0,75		3,75	2,81					
Разом	2		5					3,75	2,81			3,75	2,81	
Разом по групі I	18		115					22,83	26,75			36,38	26,75	45,15

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
Група 2														
З змінним графіком електричного навантаження														
Верстат свердлильний	1	2,5	2,5	0,65	1,17	0,2		0,50	0,58					
Прес гідравлічний	5	6,5	32,5	0,6	1,33	0,14		4,55	6,07					
Верстат рейсмусовий односторонній	1	7,5	7,5	0,6	1,33	0,14		1,05	1,40					
Кінцевовирівнювач двопильний	1	4,5	4,5	0,65	1,17	0,2		0,90	1,05					
Разом по групі II	8		47			0,15		7,00	9,10	8	2,31	16,17	10,01	19,2
Група 3														
З змінним графіком електричного навантаження														
Верстат рейсмусовий двосторонній	2	9	18	0,6	1,33	0,14		2,52	3,36					
Кран-балка	2	7,5	15	0,45	1,98	0,06		0,9	1,79					
Верстат шліфувальний трициліндровий	2	7,5	15	0,6	1,33	0,14		2,10	2,80					
Разом	6		48			0,12		5,52	7,95	6	2,90	16,01	8,74	
З постійним графіком електричного навантаження														
Вентиляційна установка	2	2,5	5	0,8	0,75	0,75		3,75	2,81					
Разом	2		5					3,75	2,81			3,75	2,81	
Разом по групі III	8		53					9,27	10,76			19,76	11,55	22,89
Разом по цеху	32		215					35,35	43,80			68,55	45,50	82,28

2.1.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Як джерела освітлення для виробничих приміщень прийнято світильники з світлодіодними лампами.

Результати розрахунку записуємо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.2 - Розрахунок силових електричних навантажень

Назва об'єкту	P_n , кВт	Середнє навантаження за найбільш завантажену зміну	
		$P_{с.зм}$, кВт	$Q_{с.зм}$, кВАр
Цех розпилювання деревини	240	128,3	125,2
Деревообробний цех	215	35,35	43,80
Сушильний цех	125	87,5	82,3
Цех щитових виробів	125	60,1	62,5
Складально-обробний цех	115	45,5	44,3
Склади	30	15,6	12,2
Адміністративний корпус	20	8,5	7,8
Разом	870	380,85	378,1

Таблиця 2.3 - Розрахунок освітлювального навантаження

Назва об'єкта	F , м ²	$P_{нит}$, Вт/м ²	K_n	$P_{н.о}$, Вт	$P_{р.о}$, кВт	$Q_{р.о}$, кВАр
Цех розпилювання деревини	1152	10	0,9	11520	11,40	3,75
Деревообробний цех	1296	10	0,9	12960	12,83	4,22
Сушильний цех	972	11	0,9	10692	10,59	3,48
Цех щитових виробів	288	11	0,9	3168	3,14	1,03
Складально-обробний цех	504	11	0,9	5544	5,49	1,80
Склади	504	8	0,9	4032	3,99	1,31
Адміністративний корпус	432	13	0,85	5616	5,25	1,73
Освітлення території	16500	0,5	1	8250	8,25	2,72
Разом				61782	60,94	20,04

2.2. Побудова картограми і визначення теоретичного ЦЕН

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

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

Результати розрахунку записуємо в таблицю 2.4.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Таблиця 2.4 - Картограма електричних навантажень

Назва об'єкту	$P_{с.зм},$ кВт	$P_{р.о.},$ кВт	$P_p,$ кВт	$x,$ см	$y,$ см	$P_p \cdot x,$ кВт · см	$P_p \cdot y,$ кВт · см	$r,$ см	α
Цех розпилювання деревини	128,3	11,40	139,70	10,7	17,6	1494,8	2458,8	4,72	29,39
Деревообробний цех	35,35	12,83	48,18	26,8	11	1291,2	530,0	2,77	95,87
Сушильний цех	87,5	10,59	98,09	45	11,8	4413,8	1157,4	3,95	38,85
Цех щитових виробів	60,1	3,14	63,24	49,5	30,5	3130,2	1928,7	3,17	17,85
Складально-обробний цех	45,5	5,49	50,99	37,2	30,3	1896,8	1545,0	2,85	38,75
Склади	15,6	3,99	19,59	21	31,5	411,4	617,1	1,77	73,35
Адміністративний корпус	8,5	5,25	13,75	9,5	29	130,6	398,8	1,48	137,47
Разом	380,85	52,69	433,54	10,7	17,6	1494,8	2458,8	4,72	29,39
ЦЕН				29,45	19,92				

2.3. Розрахунок навантаження на шинах НН трансформаторів ТП

Повне розрахункове ЕН на шинах 0,4 кВ ТП визначаємо з урахуванням силових та освітлювальних електричних навантажень корпусів та цехів.

Результати розрахунку записуємо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 - Розрахунок сумарного навантаження

Назва об'єкту	$P_{см},$ кВт	$Q_{см},$ кВАр	$P_{р.о.},$ кВт	$Q_{р.о.},$ кВАр	$P_{\Sigma},$ кВт	$Q_{\Sigma},$ кВАр	$S_{p\Sigma},$ кВА
Цех розпилювання деревини	128,3	125,2	11,40	3,75	139,70	128,95	190,12
Деревообробний цех	35,35	43,80	12,83	4,22	48,18	48,02	68,02
Сушильний цех	87,5	82,3	10,59	3,48	98,09	85,78	130,30
Цех щитових виробів	60,1	62,5	3,14	1,03	63,24	63,53	89,64
Складально-обробний цех	45,5	44,3	5,49	1,80	50,99	46,10	68,74
Склади	15,6	12,2	3,99	1,31	19,59	13,51	23,80
Адміністративний корпус	8,5	7,8	5,25	1,73	13,75	9,53	16,73
Освітлення території			8,25	2,72	8,25	2,72	8,69
Разом	380,85	378,1	60,94	20,04	441,79	398,14	594,72

2.4. Вибір числа і потужності трансформаторів трансформаторних підстанцій і компенсуючих пристроїв

Вибір потужності трансформаторів здійснюється на основі розрахункового електричного навантаження підприємства, отриманого в результаті розрахунку електричних навантажень на різних ієрархічних рівнях системи електропостачання. При цьому враховується коефіцієнт завантаження трансформатора та категорія надійності електроприймачів.

Для підвищення коефіцієнта потужності та зменшення перетоків реактивної потужності в мережі 10 кВ розглядається питання компенсації реактивної потужності в мережі 0,4 кВ та встановлення низьковольтних комплектних конденсаторних установок (ККУ) на шинах 0,4 кВ трансформаторної підстанції. Розміщення конденсаторних установок на стороні низької напруги дозволяє: зменшити переток реактивної потужності через силові трансформатори, а отже вибрати трансформатори меншої номінальної потужності; знизити втрати електроенергії в кабельних лініях; підвищити пропускну здатність електричних мереж; покращити режим напруги у цехових мережах.

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

Приймаємо:

- потужність трансформатора:

$$S_{ном.Т} = 400 \text{ кВА} .$$

- коефіцієнт завантаження трансформаторів:

$$K_z = 0,8.$$

Мінімально необхідна кількість трансформаторів:

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{\min} = \frac{441,49}{0,8 \cdot 400} = 1,38$$

Приймаємо $N_T = 2$ шт.

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

$$Q_{\max T} = \sqrt{(2 \cdot 0,8 \cdot 400)^2 - 441,19^2} = 463,06 \text{ кВАр.}$$

Потужність конденсаторних батарей на напругу до 1 кВ:

$$Q_{нк1} = 398,14 - 441,19 = -64,92 \text{ кВАр.}$$

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

Додаткова потужність НБК для зменшення втрат групи трансформаторів:

$$Q_{нк2} = 398,14 - 0,5 \cdot 2 \cdot 400 = -1,86 \text{ кВАр.}$$

$Q_{нк2} < 0$, тому додаткове встановлення НБК не передбачено.

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

Попередньо вибираємо такі варіанти встановлення трансформаторів ТП:

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

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

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

Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.6.

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

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6 – Вибір потужності трансформаторів

Параметр	I варіант	II варіант	III варіант
S_T , кВА	250	400	630
$N_{\min}$	2,21	1,38	0,88
N_T	3	2	1
$Q_{\max T}$, кВАр	405,98	463,06	242,57
$Q_{нк1}$, кВАр	-7,84	-64,92	155,57
$Q_{нк1}^{кку}$	-	-	ККУ-0,4-170/6-10-21У3
$Q_{нк1\phi}$, кВАр	0	0	170
$Q_{нк2}$, кВАр	15,64	-1,86	-86,86
$Q_{нк2}^{кку}$, кВАр	ККУ-0,4-25/3-5-21У3	-	-
$Q_{нк2\phi}$, кВАр	75	0	0
$Q_{нк\phi}$, кВАр	75	0	170
$K_{зT\phi}$	0,73	0,74	0,79
ΔP_{xx} , кВт	1,05	1,45	2,27
$\Delta P_{xx\Sigma}$, кВт	3,15	2,9	4,54
$\Delta P_{кз}$, кВт	3,7	5,5	7,6
ΔP_m , кВт	5,91	6,08	4,73
B_{eT} , т.грн / рік	111,33	108,91	85
K_T , т.грн	585	530	332
$З_T$, т.грн / рік	298,53	278,5	191,24
$З_{кку}$, т.грн / рік	12,96	0	29,38
$З_\Sigma$, т.грн / рік	311,49	278,51	220,62

2.5. Компенсація реактивної потужності на вищих рівнях СЕП

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

Сумарне реактивне навантаження в години максимуму активного навантаження енергосистеми з урахуванням реактивного навантаження:

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$Q_{M1} = 0,75 \cdot 398,14 = 298,605 \text{ кВАр.}$$

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

Потужність конденсаторних установок:

$$Q_{\kappa 1} = 298,605 - 150 = 148,605 \text{ кВАр.}$$

Нескомпенсована потужність в мережі високої напруги:

$$Q_{nc} = 398,14 + 38 = 436,14 \text{ кВАр.}$$

Розрахункова потужність ВБК [2]:

$$Q_{ВБК} = 298,605 + 38 - 150 = 186,605 \text{ кВАр.}$$

Для забезпечення вимог енергосистеми необхідне додаткове встановлення високовольтних ККУ. Оскільки конструктивне виконання КТП ускладнює встановлення високовольтних ККУ, то передбачаємо встановлення ККУ необхідної потужності на шинах 0,4 кВ. Приймаємо до встановлення дві ККУ типу ККУ-0,4-100/4-10-21У3 [4] (регульовані, мають 4 ступеня регулювання потужності ККУ по 10 кВАр кожен). Керування роботою ККУ здійснюється автоматично за допомогою спеціальних регуляторів коефіцієнта потужності, які вмикають або вимикають окремі ступені залежно від величини навантаження.

2.6. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП

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

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Навантаження на шинах НН ТП:

$$P_{p3} = 441,79 \text{ кВт}; Q_{p3} = 398,14 \text{ кВАр}; S_{p3} = 594,72 \text{ кВА}.$$

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

$$Q_{нкф} = 200 \text{ кВАр}.$$

Дійсний коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$K_{зТ} = \frac{\sqrt{441,79^2 + (398,14 - 200)^2}}{2 \cdot 400} = 0,61.$$

Втрати активної потужності в одному трансформаторі:

$$\Delta P_T = 0,61^2 \cdot 5,5 + 1,45 = 3,465 \text{ кВт}.$$

Розрахункова потужність на шинах 10 кВ трансформаторної підстанції:

$$S_{p4} = \sqrt{(441,79 + 6,93)^2 + 150^2} = \sqrt{448,72^2 + 150^2} = 473,12 \text{ кВА}.$$

2.7. Розрахунок мережі зовнішнього електропостачання

2.7.1. Вибір джерела та напруги живлення

На відстані 1,05 км від підприємства розміщена районна підстанція 110/10 кВ, на якій є запас потужності та резервна комірka на шинах напруги 10 кВ. РПС вибираємо за джерело живлення. За напругу живлення приймаємо напругу 10 кВ. Живлення заводу здійснюється кабельними лініями від шин 10 кВ РПС.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

2.7.2. Вибір перерізу КЛ до підприємства

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

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{473,12}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 10} = 13,01 \text{ А.}$$

Попередньо вибрано кабель марки ААБл-10 перерізом (3х35) мм², для якого $I_{дон} = 115 \text{ А}$.

Приймаємо $k_1 = 1,06$; $k_2 = 0,91$.

Перевірка вибраного перерізу:

- за нагрівом струмом нормального режиму:

$$13,01 \text{ А} < 1,06 \cdot 0,91 \cdot 115 = 110,93 \text{ А.}$$

- за нагрівом струмом післяаварійного режиму:

$$2 \cdot 13,01 = 26,02 \text{ А} < 1,06 \cdot 1,35 \cdot 115 = 164,56 \text{ А.}$$

- за втратою напруги в лінії:

$$\Delta U = \frac{448,72 \cdot 0,89 \cdot 1,05 + 150 \cdot 0,095 \cdot 1,05}{10 \cdot 10^2} = 0,39\% < \Delta U_{дон} = 5\%.$$

Втрати напруги не перевищують допустимого значення.

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

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

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7 - Стандартні перерізи ЛЕП

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

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

Таблиця 2.8 - Вибір економічно доцільного перерізу ЛЕП

$F, \text{мм}^2$	$I_{\text{м.д.}}, \text{А}$	K_z	$r_0, \text{Ом/км}$	$\Delta P_\phi, \text{кВт}$	$B_e, \text{т.грн/рік}$	$K, \text{т.грн/рік}$	$z_\Sigma, \text{т.грн/рік}$
35	110,929	0,12	0,89	0,474	4,778	897,8	202,28
50	135,044	0,10	0,62	0,330	3,328	971,3	217,00
95	154,336	0,08	0,443	0,236	2,378	1102,5	244,93

Приймаємо до встановлення КЛ-10 кВ типу ААБл-10 перерізом (3х35) мм^2 , переріз якого відповідає умовам нагріву струмами нормального та післяаварійного режимів.

2.8. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 10 кВ

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

Розрахункова схема зображена на рисунку 2.1, а схема заміщення зображена на рисунку 2.2.

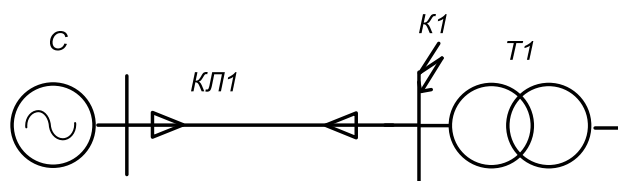


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема короткозамкненого кола

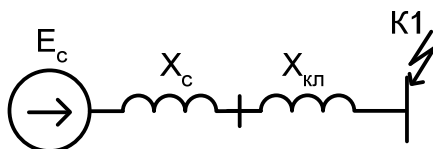


Рисунок 2.2 – Схема заміщення короткозамкненого кола

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

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

Потужність КЗ на шинах джерела живлення $S''_{кз} = 105$ МВА.

ЕРС та реактивний опір системи, зведені до базових умов:

$$\begin{aligned} E_{c*\delta}^0 &= 1 \\ x_{c*\delta}^0 &= \frac{100}{105} = 0,952 \end{aligned}$$

Опір лінії, зведений до базових умов:

$$x_{л*\delta}^0 = 0,095 \cdot 1,05 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,09.$$

Результуючий опір короткозамкненого кола:

$$X_{\Sigma кз*}^0 = x_{c*\delta}^0 + x_{л*\delta}^0 = 0,952 + 0,09 = 1,043.$$

Базисний струм:

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

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Струм короткого замикання на шинах 10 кВ трансформаторної підстанції:

$$I_{\text{кз}}^{(3)} = \frac{1}{1,043} \cdot 5,5 = 3,93 \text{ кА}.$$

Ударний струм:

$$i_y = 1,37 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,93 = 7,61 \text{ кА}.$$

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

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

Приведений час визначається сумуванням аперіодичної і періодичної, складових струму короткого замикання:

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

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

$$F_{\text{min}} = \frac{3930}{90} \sqrt{0,25} = 21,82 \text{ мм}^2.$$

Вибраний переріз КЛ-10 задовольняє умови термічної стійкості.

2.10. Вибір обладнання на напругу 10 кВ

Вибір обладнання виконуємо згідно методики, наведеної в додатку А.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.10.1. Вибір роз'єднувачів

Приймаємо роз'єднувач типу РВЗ – 10/400 УЗ АТ "Електроград" [6], для якого: $U_{ном} = 10$ кВ; $I_{ном} = 400$ А; $i_{дин} = 41$ кА; $I_{терм} = 16$ кА; $t_{терм} = 4$ с.

Номінальна напруга роз'єднувача:

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}.$$

Номінальний струм роз'єднувача:

$$400 \text{ А} > 26,02 \text{ А}.$$

Для забезпечення динамічної стійкості роз'єднувача струмам КЗ:

$$41 \text{ кА} > 7,61 \text{ кА}.$$

Для забезпечення термічної стійкості роз'єднувача струмам КЗ:

$$16^2 \cdot 4 = 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > 3,93^2 \cdot 0,25 = 3,85 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Вибрані роз'єднувачі задовольняють умови перевірки.

Приймаємо до встановлення роз'єднувач РВЗ - 10/400 УЗ.

2.10.2. Вибір вимикачів навантаження для трансформаторів

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

Вимикачі вибираємо за номінальним значенням напруги і струму.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Попередньо приймаємо до встановлення на трансформаторній підстанції вимикачі навантаження типу ВНА-ЕД-П-10/630-20-зп УЗ (АТ "Електроград") [6], для яких: $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$; $I_{ном} = 630 \text{ А}$; $i_{дин} = 50 \text{ кА}$; $I_{терм} = 20 \text{ кА}$; $t_{терм} = 1 \text{ с}$

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

Номінальна напруга вимикача навантаження:

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ}.$$

Номінальний струм вимикача навантаження:

$$630 \text{ А} > 26,02 \text{ А}.$$

Номінальний струм запобіжника:

$$31,5 \text{ А} > 26,02 \text{ А}.$$

Для забезпечення динамічної стійкості вимикача навантаження струмам КЗ:

$$50 \text{ кА} > 7,61 \text{ кА}.$$

Для забезпечення термічної стійкості вимикача навантаження струмам КЗ:

$$20^2 \cdot 1 = 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > 3,93^2 \cdot 0,25 = 3,85 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Номінальний струм вимкнення запобіжника :

$$12,5 \text{ кА} > 3,93 \text{ кА}.$$

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибраний вимикач задовольняє всі умови.

Зі сторони КЛ встановлюємо вимикачі навантаження типу ВНА-ED-П-10/630-20-з УЗ.

2.10.3. Вибір контрольно-вимірювальних приладів

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

Для контролю електроспоживання на кожній секції шин РП джерела живлення передбачено встановлення багатотарифних багатофункціональних лічильників активної та реактивної енергії НІК 2303 АРТ2Т 1100 [7], який призначений для обліку вимірювання активної та реактивної електричної енергії у прямому напрямку або зворотному напрямку за диференційованими у часі тарифами в трифазних мережах змінного струму промислової частоти. Для неперервного контролю величини струму на шинах РП джерела живлення встановлюємо амперметри типу ЦА 20204-3 ПАТ “Уманський завод “Мегомметр” [8]. На кожній секції шин для контролю за якістю електричної енергії встановлено вольтметри класу точності 0,5 типу ЦВ0303-2 [8].

2.10.4. Вибір трансформаторів струму на шинах джерела живлення

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

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

Попередньо в комірці джерела живлення приймаємо трансформатор струму типу ТПЛ-10 УЗ ТОВ ВКФ "Електросервіс" [9], для якого: $U_{ном} = 10$ кВ;

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$I_{1ном} = 50 \text{ А}; I_{2ном} = 5 \text{ А}; i_{дин} = 51 \text{ кА}; I_{терм} = 5,5 \text{ кА}; t_{терм} = 1 \text{ с}; Z_{ном} = 0,4 \text{ Ом}; S_{2ном} = 10 \text{ ВА}.$

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

Таблиця 2.9 – Навантаження вторинного кола трансформатора струму

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

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

Таблиця 2.10 – Вибір трансформаторів струму

Умова вибору	Перевірка виконання умови вибору
$U_n \geq U_{уст}$	10 кВ = 10 кВ.
$I_{1ном} > I_{р. max}$	50 А > 26,02 А.
$i_{дин} > i_{уд}$	51 кА > 7,61 кА.
$(I_{терм})^2 t_{нтерм} > B_k$	$5,5^2 \cdot 1 = 30,25 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > 3,93^2 \cdot 0,25 = 3,85 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$
$S_{2ном} > S_2$	10 ВА > 0,55 ВА

Опір приладів приєднаних до трансформатора струму:

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

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

Величина опору проводу з врахуванням вибраного перерізу:

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Значення номінального навантаження вторинної обмотки трансформатора струму:

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

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

Вибраний трансформатор струму задовольняє всі умови.

2.11. Проектування внутрішньозаводського електропостачання

2.11.1. Вибір схеми низьковольтної мережі

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

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

2.11.2. Вибір ввідних розподільчих пристроїв

Вибір розподільчих пристроїв виконано за розрахунковим струмом корпусу або цеху з урахуванням методики [10], наведеної в додатку А.

Під час вибору розподільчих пристроїв враховуємо розрахунковий струм цеху та необхідну кількість приєднань.

Прийнято до встановлення розподільчі пристрої серії ПР-11 корпорації «АСКОУКРЕМ» [11] з ввідними автоматичними вимикачами та автоматичними вимикачами на лініях, що відходять, серії ВА2004.

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.11.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.11 – Вибір ввідних розподільчих пристроїв

Найменування об'єкту	S_p , кВА	К-сть	$I_{p.n.}$, А	$I_{p.n.max}$, А	Типо-виконання	$I_{ном.п.}$, А	Позначення
Цех розпилювання деревини	190,12	2	137,21	274,41	ПР11-7124А-21У3	400	ПР1,ПР2
Деревообробний цех	68,02	2	49,09	98,18	ПР11-7120-21У3	250	ПР3,ПР4
Сушильний цех	130,30	2	94,04	188,08	ПР11-7124А-21У3	400	ПР5,ПР6
Цех щитових виробів	89,64	2	64,69	129,38	ПР11-7124А-21У3	250	ПР7,ПР8
Складально-обробний цех	68,74	2	49,61	99,22	ПР11-7124А-21У3	250	ПР9,ПР10
Склади	23,80	2	17,18	34,35	ПР11-7124А-21У3	250	ПР11,ПР12
Адміністративний корпус	16,73	2	12,07	24,15	ПР11-7124А-21У3	250	ПР13,ПР14

2.11.3. Вибір перерізу КЛ низьковольтної мережі електропостачання

Переріз кабельних ліній, що живлять розподільчі пункти цехів, вибираємо згідно методики, наведеної в додатку А. Результати розрахунку зведемо в таблицю 2.12. Вибираємо кабель типу ВБбШв-1 з мідними жилами, ізоляцією і зовнішньою оболонкою з полівінілхлоридного пластикату, поясною ізоляцією у вигляді полімерної стрічки, бронею з сталевих оцинкованих стрічок.

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

Лінія	S_p , кВА	I_p , А	F_T , мм ²	$I_{доп}$, А	$I_{т.доп}$, А	$I_{н/ав}$, А	$I_{д.н/ав}$, А	l , км	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	ΔU , %
ТП-ПР1(ПР2)	190,12	137,21	50	225	217,04	274,41	321,98	0,086	0,37	0,0625	3,21
ТП-ПР3(ПР4)	68,02	49,09	16	115	110,93	98,18	164,57	0,033	1,16	0,0675	1,22
ТП-ПР5(ПР6)	130,30	94,04	35	180	173,63	188,08	257,58	0,106	0,53	0,0637	3,81
ТП-ПР7(ПР8)	89,64	64,69	25	150	144,69	129,38	214,65	0,13	0,74	0,0662	4,14
ТП-ПР9(ПР10)	68,74	49,61	16	115	110,93	99,22	164,57	0,077	1,16	0,0675	3,00
ТП-ПР11(ПР12)	23,80	17,18	10	90	86,81	34,35	128,79	0,086	1,84	0,073	1,99
ТП-ПР13(ПР14)	16,73	12,07	10	90	86,81	24,15	128,79	0,133	1,84	0,073	2,16

2.12. Розрахунок струмів КЗ в мережі до 1 кВ

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

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

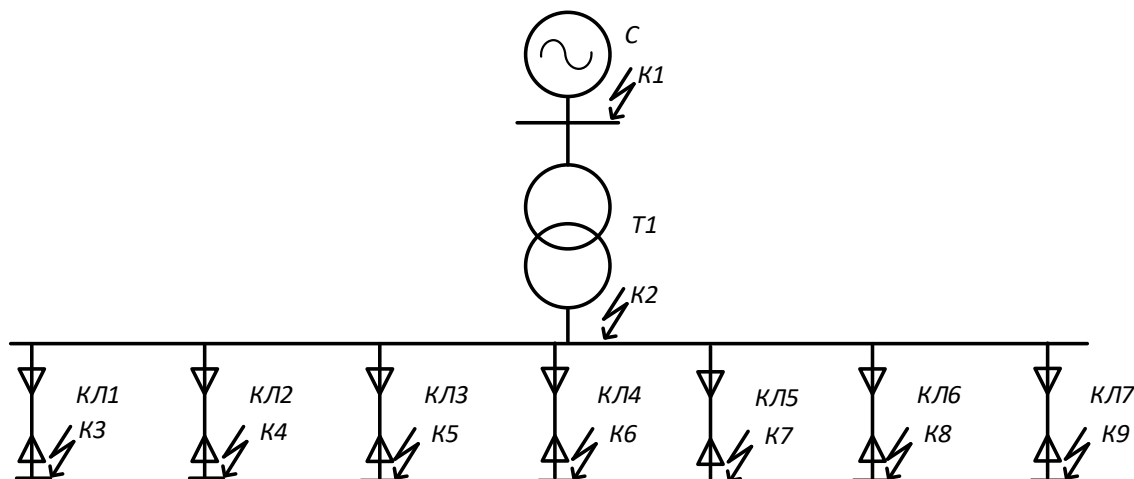


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема короткозамкненого кола

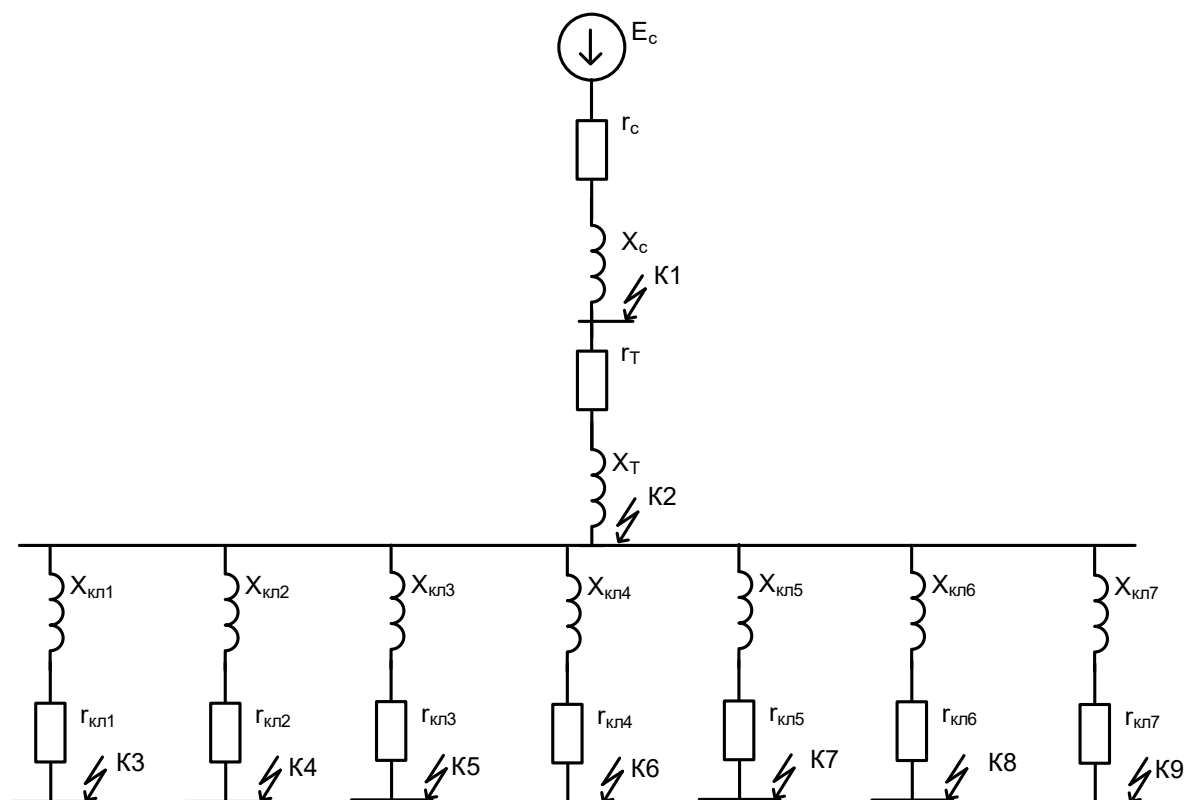


Рисунок 2.4 - Схема заміщення короткозамкненого кола

Для розрахунку струму КЗ в заданих точках параметри елементів короткозамкненого кола зведено до базових умов з використанням наближених коефіцієнтів трансформації.

За базову напругу прийнято середню напругу рівня КЗ: $U_{осн} = 0,4$ кВ.

Опір системи:

$$x_c = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 3,93} = 1,544 \text{ Ом},$$

$$r_c = 0,89 \cdot 1,05 = 0,934 \text{ Ом}$$

Опір системи зведений до базисних умов:

$$x_c^0 = 1,544 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 2,24 \text{ мОм}.$$

$$r_c^0 = 0,934 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 1,356 \text{ мОм}.$$

Активний та реактивний опір трансформатора, зведений до базових умов:

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

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

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

$$x_{рез} = x_c + x_{тр} = 2,24 + 17,14 = 19,38 \text{ мОм};$$

$$r_{рез} = r_c + r_{тр} + r_{доо} = 1,356 + 5,5 + 15 = 21,856 \text{ мОм}.$$

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{pez} = \sqrt{19,38^2 + 21,856^2} = 29,211 \text{ МОм}.$$

Струм короткого замикання:

$$I''_{K3} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 29,211} = 7,906 \text{ кА}.$$

Враховуючи, що $T = \frac{x}{r} = \frac{19,38}{21,211} = 0,88$, приймаємо: $k_y = 1,05$.

Ударний струм :

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,05 \cdot 7,906 = 11,74 \text{ кА}.$$

Розрахунок струму в інших точках виконуємо аналогічно.

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

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

Таблиця 2.13 - Опори ліній, зведені до базових умов

Лінія	l , км	r_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	x_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	r_l^0 , МОм	x_l^0 , МОм
ТП-ПР1(ПР2)	0,086	0,37	0,0625	31,820	5,375
ТП-ПР3(ПР4)	0,033	1,16	0,0675	41,540	4,188
ТП-ПР5(ПР6)	0,106	0,53	0,0637	56,180	6,752
ТП-ПР7(ПР8)	0,13	0,74	0,0662	96,200	8,606
ТП-ПР9(ПР10)	0,077	1,16	0,0675	89,320	5,198
ТП-ПР11(ПР12)	0,086	1,84	0,073	158,240	6,278
ТП-ПР13(ПР14)	0,133	1,84	0,073	244,720	9,709

Результати розрахунку струму КЗ зведено в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Результати розрахунку струму КЗ

Точка КЗ	$x_{рез},$ мОм	$r_{дод},$ мОм	$r_{рез},$ мОм	$Z_{рез},$ мОм	$I''_{кз},$ кА	k_y	$i_y,$ кА
К2	19,38	15	21,856	29,211	7,906	1,05	11,74
К3	24,75	20	58,68	63,68	3,63	1	5,13
К4	23,57	20	68,40	72,34	3,19	1	4,51
К5	26,13	20	83,04	87,05	2,65	1	3,75
К6	27,99	20	123,06	126,20	1,83	1	2,59
К7	24,58	20	116,18	118,75	1,94	1	2,75
К8	25,66	20	185,10	186,87	1,24	1	1,75
К9	29,09	20	271,58	273,13	0,85	1	1,20

2.13. Вибір обладнання на напругу 0,4 кВ

2.13.1. Вибір комірок розподільчого пристрою 0,4 кВ ТП

Приймаємо до встановлення панелі розподільчих щитів типу ЩО-16 ПП «ЕТК» [12] з автоматичними вимикачами серії ВА88 ТМ «УЕК» [13].

Результати вибору зводимо в таблицю 2.15.

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

Назва панелі	$I_p,$ А	Тип панелі	Комутаційний апарат	$I_{ном},$ А	Кількість панелей
Ввідна	698,86	ЩО 16-2126-40	РЕ 19-41 ВА88-43	1000 1000	2
Секційна	349,43	ЩО 16-2206-9	РЕ19-39 ВА88-40	2х630 630	1
Лінійна	274,41 188,08	ЩО 16-2345-19	РЕ19-39 ВА88-37	2х630 4х400	2
Лінійна	129,38 99,22 98,18	ЩО 16-2345-19	РЕ19-39 ВА88-35	2х630 6х250	2

2.13.2. Вибір автоматичних вимикачів

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

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Номінальний струм автоматичного вимикача вибираємо за розрахунковим струмом з урахуванням не спрацювання при короткочасних перевантаженнях.

Результати вибору автоматичних вимикачів ТП зведено в таблицю 2.16.

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

Місце встановлення	$I_{р.утяж}$, А	$1,25 \cdot I_{р.утяж}$, А	I_n , кА	Тип вимикача	$I_{ном}$, А	$I_{ном.розч}$, А	$I_{відкл}$, кА
Ввід до ТП1	698,86	873,58	7,906	ВА88-43	1000	1000	50
ТП-ПР1(ПР2)	274,41	343,02	3,63	ВА88-37	400	400	35
ТП-ПР3(ПР4)	98,18	122,73	3,19	ВА88-35	250	250	35
ТП-ПР5(ПР6)	188,08	235,09	2,65	ВА88-37	400	250	35
ТП-ПР7(ПР8)	129,38	161,73	1,83	ВА88-35	250	200	35
ТП-ПР9(ПР10)	99,22	124,03	1,94	ВА88-35	250	150	35
ТП-ПР11(ПР12)	34,35	42,94	1,24	ВА88-35	250	100	35
ТП-ПР13(ПР14)	24,15	30,18	0,85	ВА88-35	250	100	35

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

Таблиця 2.17 – Вибір автоматичних вимикачів розподільчих пунктів

Місце встановлення	$I_{р.утяж}$, А	$1,25 \cdot I_{р.утяж}$, А	I_n , кА	Тип вимикача	$I_{ном}$, А	$I_{ном.розч}$, А	$I_{відкл}$, кА
ПР1(ПР2)	274,41	343,02	3,63	ВА2004/400	400	400	35
ПР3(ПР4)	98,18	122,73	3,19	ВА2004/250	250	150	35
ПР5(ПР6)	188,08	235,09	2,65	ВА2004/250	400	300	35
ПР7(ПР8)	129,38	161,73	1,83	ВА2004/250	250	200	35
ПР9(ПР10)	99,22	124,03	1,94	ВА2004/250	250	150	35
ПР11(ПР12)	34,35	42,94	1,24	ВА2004/100	100	75	35
ПР13(ПР14)	24,15	30,18	0,85	ВА2004/100	100	75	35

2.13.3. Вибір рубильників

В панелях ТП прийнято до встановлення рубильник серії РЕ19. Перевірка вибраних рубильників на дотримання технічних умов зведена в таблицю 2.18.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.18 – Вибір рубильників

Тип	$U_n \geq U_{уст}$	$I_{ном} > I_{p. max}$	$i_{дин} \geq i_y$
РЕ 19-41	10 кВ = 10 кВ	1000А > 698,86 А	100 кА > 11,74 кА
РЕ 19-39	10 кВ = 10 кВ	630А > 274,41+188,08 = 462,49 А	32 кА > 5,13 кА

2.13.4. Вибір трансформаторів струму

Для організації комерційного обліку електричної енергії на вводі в розподільчий пристрій 0,4 кВ в і технічного обліку – на кожному фідері, що відходить від розподільчого пристрою 0,4 кВ трансформаторної підстанції встановлюємо трансформатори струму.

У вторинному колі трансформатора струму встановлені амперметр типу ЦА 20204-3 Уманського заводу вимірювальних приладів «Мегомметр» [8], лічильники активної та реактивної енергії типу НІК 2303 АРК2Т 1100 [7] з прямим підключенням по напрузі і трансформаторним підключенням по струму до кіл навантаження, які призначені для вимірювання активної та реактивної енергії в прямому і зворотному напрямках, повної потужності, коефіцієнта потужності, середньоквадратичного значення напруги і сили струму.

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

Розрахунок навантаження вторинного кола ТС зведено в таблицю 2.19.

Таблиця 2.19 – Навантаження вторинного кола трансформатора струму

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

Попередньо приймаємо трансформатори струму ПАТ “Уманський завод “Мегомметр” [8]:

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

- на вводі в РП-0,4 кВ - ТС типу Т-066-1, для якого: $U_{ном} = 660$ В;
 $I_{1ном} = 800$ А; $I_{2ном} = 5$ А; $Z_{2ном} = 0,4$ Ом; $S_{2ном} = 10$ ВА; $i_{дин} = 51$ кА;
 $I_{терм} = 10$ кА; $t_{терм} = 1$ с;

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

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

Таблиця 2.20 –Вибір трансформаторів струму

Розрахункові дані			Каталожні дані		
Параметр	для ТС в ввідній комірці	для ТС в комірці фідерів	Параметр	для ТС в ввідній комірці	для ТС в комірці фідерів
$U_{уст}$, кВ	0,4	0,4	$U_{ном}$, кВ	0,66	0,66
$I_{утяж}$, А	698,86	274,41	$I_{1ном}$, А	800	300
			$I_{2ном}$, А	5	5
$I_{п.0}$, кА	7,906	3,63			
$i_{уд}$, кА	11,74	5,13	$i_{дин}$, кА	51	40
B_k , $кА^2 \cdot с$	15,62	3,29	$I_{терм}^2 \cdot t_{нтерм}$, $кА^2 \cdot с$	$10^2 \cdot 1 = 100$	$10^2 \cdot 1 = 100$
S_2 , ВА	0,55	0,55	$S_{2ном}$, ВА	10	10

Опір приладів приєднаних до трансформатора струму:

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

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

Опір проводу:

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

Значення номінального навантаження вторинної обмотки ТС:

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

$$0,4 \text{ Ом} > 0,132 \text{ Ом}$$

Вибраний трансформатор струму задовольняє всі умови.

2.14. Розрахунок цехового електропостачання

2.14.1. Вибір схеми цехової мережі

Споживачами електроенергії є деревообробні верстати, транспортери, преси, кран-балки та вентиляційні установки, розраховані на змінний трифазний струм промислової частоти 50 Гц на напругу 400 В.

Живлення низьковольтних споживачів деревообробного цеху виконуємо від двох ввідних розподільчих пристроїв ПРЗ, ПР4 типу ПР11-7120-21УЗ з ввідним вимикачем ВА2004/250 і шістьма лінійними вимикачами ВА2004/100.

Ввідні розподільчі пункти заживлено від шин 0,4 кВ трансформаторної підстанції за допомогою кабельних ліній типу ВВБШв-1 перерізом (4х16) мм².

Споживачі цеху заживлено по радіальній схемі від цехових розподільчих пристроїв, що встановлені для кожної групи електроприймачів, кабелем типу ВВГ-1 з мідними жилами, ізоляцією та оболонкою з полівінілхлоридного пластикату. Цехові розподільчі пристрої заживлено від ввідних розподільчих пристроїв кабелем типу ВВГ-1 з мідними жилами.

Кабель прокладено в підлозі в металорукавах.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.14.2. Розрахунок цехової мережі живлення

Вибір цехових розподільчих пристроїв виконуємо з урахуванням максимального силового навантаження електроприймачів групи.

Результат вибору цехових розподільчих пристроїв зводимо в таблицю 2.21.

Таблиця 2.21 – Вибір цехових розподільчих пристроїв

Назва групи	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА	$I_{p.n.}$, А	$I_{n.утяж.}$, А	Тип пункту	Кількість	Позначення
I група	36,38	26,75	45,16	32,59	65,18	ПР11-7124-21У3 з ввідним і лінійними вимикачами серії ВА2004 N=10	2	ЦПР1, ЦПР2
II група	16,17	10,01	19,02	27,45	27,45	ПР11-7124-21У3 з ввідним і лінійними вимикачами серії ВА2004 N=10	1	ЦПР3
III група	19,76	11,55	22,89	33,04	33,04	ПР11-7124-21У3 з ввідним і лінійними вимикачами серії ВА2004 N=10	1	ЦПР4
освітлення	14,11	4,64	14,85	21,44	21,44	ЩО-12	1	ЩО

Результати вибору перерізів ліній до цехових розподільчих пунктів зводимо в таблицю 2.22.

Таблиця 2.22 – Вибір перерізів кабелів

Назва групи	I_p , А	I_{max} , А	Переріз КЛ, мм ²	$I_{дон}$, А	$I_{т.дон}$, А
I група	32,59	65,18	4x10	55	53,05
II група	27,45	27,45	4x6	42	40,51
III група	33,04	33,04	4x6	42	40,51
Освітлення	21,44	21,44	4x4	35	33,76

Переріз кабеля до електроприймачів цеху вибрано на основі розрахункового струму навантаження, який визначено за встановленою потужністю електроприймача.

Результати вибору перерізів кабелів до електроприймачів цеху наведено в таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 - Вибір перерізів ліній живлення електроприймачів

Назва споживача	$P_{ном}$, кВт	$\cos \varphi$	I_p , А	F , мм ²	$I_{доп}$, А
Верстат торцювальний	7,5	0,6	18,04	4x2,5	25
Верстат багатопильний	9,5	0,6	22,85	4x2,5	25
Верстат прирізний	9	0,6	21,65	4x2,5	25
Верстат стругальний чотиристоронній	11,5	0,6	27,66	4x4	35
Верстат фрезерний	3,5	0,6	8,42	4x2,5	25
Верстат деревообробний універсальний	8,5	0,6	20,45	4x4	35
Верстат шипорізний	9,5	0,6	22,85	4x2,5	25
Транспортер стрічковий	4	0,7	8,25	4x2,5	25
Верстат круглопильний	9,5	0,6	22,85	4x2,5	25
Установка для сортування фрези	1,5	0,7	3,09	4x2,5	25
Транспортер стрічковий	2,5	0,7	5,15	4x2,5	25
Вентиляційна установка	2,5	0,8	4,51	4x2,5	25
Верстат свердлильний	2,5	0,65	5,55	4x2,5	25
Прес гідравлічний	6,5	0,6	15,64	4x2,5	25
Верстат рейсмусовий односторонній	7,5	0,6	18,04	4x2,5	25
Кінцевовирівнювач двопильний	4,5	0,65	9,99	4x2,5	25
Верстат рейсмусовий двосторонній	9	0,6	21,65	4x2,5	25
Кран-балка	7,5	0,45	24,06	4x4	35
Верстат шліфувальний трициліндровий	7,5	0,6	18,04	4x2,5	25

2.14.3 Перевірка комутаційної апаратури

Результати перевірки комутаційної апаратури, встановленої в цехових розподільчих пристроях, зведено в таблицю 2.24.

Таблиця 2.24 – Перевірка автоматичних вимикачів цехових РП

Місце встановлення	$I_{p.утяж}$, А	$1,25 \cdot I_{p.утяж}$, А	I_n , кА	Тип вимикача	$I_{ном}$, А	$I_{ном.розч}$, А	$I_{відкл}$, кА
ЦПР1 (ЦПР2)	65,18	81,47	3,63	ВА2004/100	100	100	35
ЦПР3	27,45	34,31	3,63	ВА2004/100	100	75	35
ЦПР4	33,04	41,29	3,63	ВА2004/100	100	75	35
Верстат торцювальний	18,04	22,55	3,63	ВА2004/30	30	30	18
Верстат багатопильний	22,85	28,57	3,63	ВА2004/30	30	30	18
Верстат прирізний	21,65	27,06	3,63	ВА2004/30	30	30	18
Верстат стругальний чотиристоронній	27,66	34,58	3,63	ВА2004/50	50	40	18
Верстат фрезерний	8,42	10,52	3,63	ВА2004/30	30	20	18
Верстат деревобробний універсальний	20,45	25,56	3,63	ВА2004/30	30	30	18
Верстат шипорізний	22,85	28,57	3,63	ВА2004/50	50	40	18
Транспортер стрічковий	8,25	10,31	3,63	ВА2004/30	30	20	18
Верстат круглопильний	22,85	28,57	3,63	ВА2004/50	50	40	18
Установка для сортування фрези	3,09	3,87	3,63	ВА2004/30	30	20	18
Транспортер стрічковий	5,15	6,44	3,63	ВА2004/30	30	20	18
Вентиляційна установка	4,51	5,64	3,63	ВА2004/30	30	20	18
Верстат свердлильний	5,55	6,94	3,63	ВА2004/30	30	20	18
Прес гідравлічний	15,64	19,55	3,63	ВА2004/30	30	30	18
Верстат рейсмусовий односторонній	18,04	22,55	3,63	ВА2004/30	30	30	18
Кінцевовирівнювач двопильний	9,99	12,49	3,63	ВА2004/30	30	20	18
Верстат рейсмусовий двосторонній	21,65	27,06	3,63	ВА2004/30	30	30	18
Кран-балка	24,06	30,07	3,63	ВА2004/50	50	40	18
Верстат шліфувальний трициліндровий	18,04	22,55	3,63	ВА2004/30	30	30	18

2.14.4 Розрахунок освітлювальної установки цеху

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

Нормована освітленість $E_{min} = 200$ лк. Висота приміщення $h = 6$ м. Висота розрахункової поверхні над підлогою $h_p = 0,8$ м. Висота підвісу світильника $h_c = 0,2$ м. Коефіцієнти відбиття: стін - $\rho_{cm} = 50\%$, стелі - $\rho_c = 70\%$, підлоги - $\rho_n = 30\%$. Результати розрахунку освітлювальної установки зведено в таблицю 2.25.

Таблиця 2.25 – Результати розрахунку освітлювальної установки

Параметр	Значення параметру
H_p , м	5
i	3,32
η	0,71
K_z	1,5
Φ_p , лм	629746,48
Тип світильника	Ватра ДСП17В
Φ_l , лм	9000
$P_{вст}$, Вт	60
КСС	Г
N , шт.	70
L/h	$0,8 \div 1,2$
L , м	$4 \div 6$
$L_{прийн}$, м	4,5
l , м	$1,35 \div 2,25$
$l_{прийн}$, м	2,25
n_A , шт.	12
n_B , рядів	6
L_A , м	4,5
L_B , м	3,9
N_ϕ , шт.	72
$\Phi_{р.л}$, лм	8746,48
E_ϕ , лк	205,8
E , %	2,9

Прийнято до встановлення 6 рядів світильників по 12 світильників в ряду.

Попередньо вибрані тип лампи та їх кількість забезпечують необхідний світловий потік, що дозволяє забезпечити нормовану освітленість приміщення.

Живлення освітлення здійснюється від освітлювального щитка ЩО-12. Щитки освітлювальні типу ЩО призначені для розподілу електроенергії, а також для захисту від перевантажень і струмів короткого замикання в освітлювальних групових лініях, в мережах із заземленою нейтраллю напругою до 400 В.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

ДЕРЕВООБРОБНОГО ВЕРСТАТУ

3.1. Загальні відомості та вихідні дані

Універсальний деревообробний верстат призначений для виконання комплексу технологічних операцій з обробки деревини. Основним призначенням верстата є обробка заготовок із деревини з метою надання їм необхідних геометричних розмірів, форми та якості поверхні. Основною перевагою універсального деревообробного верстата є можливість виконання декількох технологічних операцій в різних поєднаннях на одному робочому місці, що зменшує потребу у використанні окремого спеціалізованого обладнання. Основними технологічними операціями є поздовжнє стругання, пиляння, фрезерування, свердління, пазування та шліфування. Залежно від встановленого різального інструменту та режиму роботи верстат може виконувати розкрій деревини, формування профілів, виготовлення пазів, шипів та інших конструктивних елементів деталей. Комбінований деревообробний верстат дозволяє виконувати декілька основних технологічних операцій:

1. Поздовжнє стругання (фугування). Застосовується для вирівнювання поверхні заготовок, зняття нерівностей і отримання рівної базової площини. Після стругання заготовка має рівну поверхню, що забезпечує точність подальшої обробки.

2. Пиляння. Операція розпилювання використовується для розкрою пиломатеріалів на деталі необхідної ширини або довжини. Для цього застосовується дискова пила діаметром приблизно 250–400 мм, яка забезпечує точний та швидкий розкрій матеріалу.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Байцим				Електропостачання підприємства з обробки деревини встановленою потужністю 870 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірів	Давиденко							45	9
						ФАБД, гр. ЕЕЗ-41			
Н.контроль	Ващелюк								
Затвердив	Волинець								

3. Фрезерування. Фрезерування дозволяє формувати складні профілі, пази, шипи та інші елементи з'єднань у деталях. Для цього використовуються різні типи фрез, які встановлюються на фрезерному шпинделі.

4. Свердління. Операція свердління використовується для отримання отворів у деревині різного діаметра і глибини.

5. Пазування. Пазування призначене для формування пазів і канавок у заготовках, які використовуються під час виготовлення столярних з'єднань.

6. Шліфування поверхонь. Ця операція забезпечує остаточну обробку поверхні деталі та підготовку її до фарбування або лакування.

Основним несучим елементом верстата є станина, яка має суцільнолитую чавунну конструкцію. Вона забезпечує необхідну жорсткість і стійкість обладнання під час роботи. До станини кріпляться основні та допоміжні вузли верстата, механізми приводу, органи керування та допоміжне обладнання. Станина складається з двох стійок, з'єднаних між собою стяжкою, та робочого столу коробчастої форми, який призначений для розміщення та підтримування оброблюваних деталей під час їх переміщення через зону різання. У середині станини розміщені: електродвигун приводу пильного вала; електродвигун механізму подачі; редуктор; пильний вал; передній та задній подавальні вальці; пристрої для відсмоктування тирси. Передня та задня частини станини закриті захисними кришками. На верхній поверхні робочого столу встановлюється верхній подавальний механізм разом із захисним огороженням та напрямними пристроями.

До основних вузлів верстата належать:

- механізм різання, який складається з пильного валу та електрифікованої дискової пили, що приводиться в рух електродвигуном через клиноремінну передачу. Положення пилки регулюється за допомогою маховика та гвинтової передачі, після чого воно фіксується контрмаховиком. Пильний вал встановлений на двох опорах у жорсткому корпусі, який закріплений з внутрішнього боку столу. На одному кінці валу знаходиться шків ремінної передачі, а на іншому встановлюється пильний диск;

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- механізм подачі, який забезпечує переміщення заготовки через зону різання. Подача матеріалу здійснюється нижніми приводними вальцями та верхнім подавальним механізмом. Механізм подачі складається з одношвидкісного електродвигуна; плоскопасової передачі; механічного варіатора; одно- та триступінчастих циліндричних редукторів; ланцюгових передач; подавальних вальців, гусеничного конвеєра. Система подачі забезпечує шість швидкостей подачі матеріалу, що дозволяє підбирати оптимальний режим обробки залежно від породи деревини та характеру операції;

- притискний механізм. Для притиску заготовки застосовується супорт з притискними роликами, положення яких регулюється по вертикалі залежно від товщини оброблюваного матеріалу. Ролики підпружинені, а сила притиску регулюється гайками.

Для захисту обладнання від перевантажень застосовується зрізний штифт, який руйнується у разі перевищення допустимого навантаження.

Для забезпечення безпеки роботи верстат оснащений: розклинюючим ножом, який запобігає заклинюванню пилки; кігтевими завісами, що перешкоджають зворотному викиду матеріалу; захисними огороженнями передач, заблокованими з пусковим пристроєм; блокуванням пуску при відкритих кришках; захисними щитками.

Для видалення тирси та стружки передбачено систему відсмоктування, яка підключається до централізованої аспіраційної системи цеху.

Пуск верстата неможливий при відкритих захисних огороженнях або дверцятах передач, що підвищує рівень безпеки під час експлуатації.

Електропривод деревообробного верстата забезпечує обертальний рух робочих органів, зокрема, приведення в рух різальних інструментів, механізму подачі та допоміжних механізмів. Привод основних робочих вузлів здійснюється за допомогою асинхронних електродвигунів змінного струму з короткозамкненим ротором серії 4А, які відзначаються простотою конструкції, надійністю та невибагливістю в експлуатації.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Привод пильного вала здійснюється від асинхронного електродвигуна через клиноремінну передачу, що дозволяє зменшити ударні навантаження та забезпечити плавну передачу крутного моменту. Натяг ременів регулюється переміщенням плити, на якій встановлений електродвигун, по пазах.

Привод механізму подачі реалізується за допомогою електродвигуна з редуктором і системою ланцюгових передач. Редуктор зменшує частоту обертання та передає крутний момент через систему ланцюгових передач до подавальних валків. З метою захисту механізму від перевантажень у приводі передбачено зрізний штифт, який руйнується у випадку аварійного перевантаження, запобігаючи пошкодженню обладнання. Зміна швидкості подачі здійснюється перемиканням обмоток електродвигуна або перестановкою ланцюга на інші зірочки редуктора, що дозволяє змінювати режим обробки матеріалу.

Ножовий вал, пильний та фрезерний шпинделі приводяться в рух окремими асинхронними двигунами, що забезпечує незалежне регулювання режимів роботи.

Електроприводи деревообробних верстатів працюють у тривалому режимі роботи (S1), оскільки обробка матеріалу здійснюється безперервно протягом робочої зміни. Загалом електропривод деревообробного верстата характеризується відносно рівномірним навантаженням. Основні вимоги до електроприводу верстата: достатній пусковий момент; стабільна частота обертання; можливість регулювання швидкості подачі залежно від технологічних умов; висока надійність; захист від перевантажень; наявність блокувань і аварійного вимкнення.

Керування верстатом здійснюється за допомогою пульта керування, на якому розміщені: кнопки пуску та зупинки; перемикачі режимів; індикатори роботи; органи аварійного вимкнення.

Крім того, верстат оснащений місцевим освітленням.

Вихідні дані параметрів верстату (виходячи з умови найбільшого завантаження двигуна) наведено в таблиці 3.1

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 - Вихідні дані

Параметр		Значення параметру
Глибина шліфування	t , мм	0,3
Подача (переміщення різця за один оберт)	s , мм/об	0,3
Швидкість руху деталі	V_o , мм/хв	300
Діаметр шліфування	d , мм	115

3.2. Вибір електродвигуна головного руху

Розрахунок потужності та вибір двигуна головного руху проводимо відповідно до методики, наведеної в додатку Б.

Результати розрахунку наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Розрахунок потужності двигуна головного руху

Параметр		Значення параметру
Потужність різання при шліфуванні	P_p , кВт	$0,27 \cdot 300^{0,5} \cdot 0,3^{0,4} \cdot 0,3^{0,4} \cdot 115^{0,3} = 7,41$
Коефіцієнт корисної дії	η_v	0,75
Потужність двигуна:	P_d , кВт	$\frac{7,41}{0,75} = 9,88$
Втрати в верстаті:	$\Delta P_{втр.ном}$, кВт	$\frac{7,41}{0,75} - 7,41 = 2,47$
Потужність двигуна під час пауз (втрати неробочого ходу)	$P_{п.д}$, кВт	$0,6 \cdot 2,47 = 1,48$
Розрахункова потужність двигуна	$P_{ном}$, кВт	$\sqrt{\frac{9,88^2 \cdot 10 + 1,48^2 \cdot 3}{10 + 3}} = 2,82$
Частота обертання ротора двигуна	$n_{ном}$, об/хв	$\frac{60 \cdot 15}{\pi \cdot 0,115} = 2492$

Вибираємо асинхронний двигун з короткозамкненим ротором 4A90L2Y3 [17], для якого: $P_{д.ном} = 3$ кВт ; частота обертання $n_{д.ном} = 2880$ об/хв .

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

3.3. Вибір мережі живлення

Живлення верстату здійснюється від цехового розподільчого пункту типу ПР-11-2124-21 УЗ (з ввідним вимикачем ВА2004 $I_{ном}=100$ А і лінійними вимикачами ВА2004 $I_{ном}=60$ А) кабелем марки ВВГ-1, що прокладено в підлозі в металорукавах.

Вибір перерізу провідників для живлення верстату та його двигунів здійснюємо за розрахунковим струмом.

Результати розрахунку зводимо в таблицю 3.3

Таблиця 3.3 – Вибір провідників

Лінія	Тип двигуна	$P_{д.ном}$, кВт	$\eta_{д.ном}$, %	$\cos \varphi$	I_p , А	F , мм ²	$I_{доп}$, А
ЦПР1 - Електрична шафа верстату	-	8,5	-	0,6	20,45	4x4	35
Електрична шафа верстату – ЕД головного руху	4A90L2Y3	3	84,5	0,88	6,14	2,5	25
Електрична шафа верстату – ЕД пильної головки	4A80B2Y3	2,5	83	0,87	5,26	2,5	25
Електрична шафа верстату – ЕД фрезерної головки	4A71B2Y3	1,5	77,5	0,87	3,49	2,5	25
Електрична шафа верстату – ЕД приводу подачі	4A80A4Y3	1,5	77	0,83	3,57	2,5	25

3.4. Характеристика схеми захисту та керування деревообробного верстату

Система керування деревообробного верстата призначена для забезпечення надійного пуску, зупинки, регулювання та захисту електроприводів, що входять до складу обладнання. До складу схеми керування входять комутаційні апарати, апарати керування та пристрої захисту, які забезпечують безпечну та стабільну роботу верстата, а також захищають електрообладнання від перевантажень, коротких замикань та інших аварійних режимів.

Комутаційні апарати призначені для вмикання, вимикання та перемикаання електричних кіл у нормальних режимах роботи. Використання автоматичних вимикачів, контакторів, теплових реле, кінцевих вимикачів і блокувальних пристроїв дозволяє підвищити надійність роботи верстата, запобігти пошкодженню електродвигунів та забезпечити безпечні умови праці для обслуговуючого персоналу.

Автоматичні вимикачі виконують функцію головного комутаційного апарата живлення верстата. Автоматичний вимикач встановлюється на вводі живлення та підключення верстата до електричної мережі; відключення обладнання у разі короткого замикання; захисту електричних кіл від перевантаження.

Для керування електродвигунами верстата застосовуються магнітні пускачі або контактори, які забезпечують вмикання і вимикання електроприводів. Контактори виконують пуск електродвигуна; зупинку електродвигуна; керування роботою механізмів верстата; реалізацію електричних блокувань. Контактори працюють у схемі керування разом із кнопковими постами або перемикачами. Після подачі напруги на котушку контактора його контакти замикаються, і електродвигун підключається до мережі.

Для забезпечення надійної роботи електрообладнання та запобігання аваріям схема керування містить різні пристрої електричного захисту.

Захист електричної мережі верстата від коротких замикань здійснюється за допомогою автоматичних вимикачів, який забезпечує швидке відключення верстату від мережі при виникненні аварійного режиму.

Для захисту електродвигунів від тривалих перевантажень застосовуються теплові реле, які встановлюються разом із магнітними пускачами. Теплове реле контролює струм, що протікає через обмотки електродвигуна. Якщо струм перевищує допустиме значення протягом певного часу, реле розмикає коло керування контактора, що призводить до відключення електродвигуна. Такий захист запобігає перегріву обмоток, пошкодженню ізоляції, виходу двигуна з ладу.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У схемах керування використовується нульовий захист, який запобігає самовільному пуску верстата після відновлення напруги в мережі. У разі зникнення напруги контактор відключається, і для повторного запуску обладнання необхідно знову натиснути кнопку «Пуск».

Для підвищення безпеки роботи верстат оснащується електричними блокуваннями, які не дозволяють запустити обладнання у небезпечних умовах. Пуск верстата неможливий, якщо: відкриті захисні кришки передач; зняті огороження; відчинені дверцята електрошафи. Блокування реалізуються за допомогою кінцевих вимикачів, які розмикають коло керування.

Комутаційні та захисні апарати розміщуються, як правило, у спеціальній ніші станини або в окремій шафі керування, що забезпечує зручність обслуговування та захист обладнання від механічних пошкоджень і впливу пилу.

3.5. Вибір комутаційних апаратів, елементів захисту

Вибір електричних апаратів проводимо за напругою, струмом апарата та струмом теплового реле уставки.

Вибір магнітних пускачів зводимо в таблицю 3.4. Вибір теплових реле, встановлених в деревообробному верстаті, зводимо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.4 – Вибір магнітних пускачів

Тип двигуна	Каталожні дані двигуна				Магнітний пускач	
	$P_{Д.ном},$ кВт	$\eta_{Д.ном},$ %	$\cos \varphi$	$I_{Д.ном},$ А	Тип	$I_{ном.а.},$ А
4А90L2У3 головного приводу	3	84,5	0,88	6,14	ПМЕ111У3	10,6
4А80В2У3 пильної головки	2,5	83	0,87	5,26	ПМЕ111У3	10,6
4А71В2У3 фрезерної головки	1,5	77,5	0,87	3,49	ПМЕ111У3	10,6
4А80А4У3 приводу подачі	1,5	77	0,83	3,57	ПМЕ111У3	10,6

Таблиця 3.5 – Вибір теплових реле

Тип двигуна	Дані двигуна		Теплове реле		
	$P_{д.ном.}$ кВт	$I_{д.ном.}$ А	Тип	$I_{ном.а.}$ А	$I_{уст.}$ А
4А90L2У3 головного приводу	3	6,14	ТРН10	6,5	6,5
4А80В2У3 пильної головки	2,5	5,26	ТРН10	5,5	5,5
4А71В2У3 фрезерної головки	1,5	3,49	ТРН10	3,5	3,5
4А80А4У3 приводу подачі	1,5	3,57	ТРН10	4	4

Сумарний розрахунковий струм верстату:

$$I_p = 6,14 + 5,26 + 3,49 + 3,57 = 18,46 \text{ А.}$$

Піковий струм:

$$I_{нік} = 6,5 \cdot 6,14 + 6,5 \cdot 5,26 + 3,49 + 3,57 = 81,16 \text{ А.}$$

Результати вибору автоматичного вимикача, встановленого на верстаті зводимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Вибір автоматичного вимикача

Розрахункові дані	Каталожні дані вимикача
$U_m = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{ном.а.} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_p = 18,46 \text{ А}$	$I_{ном.а.} = 30 \text{ А}$
	$I_{ном.розч.} = 20 \text{ А}$
$I_{нік} = 81,16 \text{ А}$	$I_{спр.} = 7 \cdot 20 = 140 \text{ А}$

РОЗДІЛ 4

САПР

Система автоматизованого проєктування (САПР) — це комплекс взаємопов'язаних технічних, програмних та інформаційних засобів, а також методичного забезпечення, призначений для автоматизації процесу проєктування різноманітних об'єктів, технічних систем або технологічних процесів.

Застосування САПР у процесі інженерного проєктування має ряд важливих переваг. Передусім воно дозволяє значно прискорити процес розроблення проєктної документації, оскільки більшість розрахункових і графічних операцій виконується автоматично за допомогою комп'ютерної техніки. Застосування систем автоматизованого проєктування також покращує і зменшує вартість проєктування; зменшує можливість помилок при розрахунку складних систем; дозволяє швидко виконувати кілька варіантів розрахунків при зміні постановки задачі, критеріїв, технічних засобів та оптимізувати процес вибору технічних рішень; дає можливість отримати детальну документацію для будь-яких стадій проєктування за допомогою організації бази знань і бібліотеки, що містить необхідні дані

Застосування принципів автоматизації процесів проєктування продемонстровано на прикладі розрахунку та перевірки перерізу кабельних ліній внутрішньозаводського електропостачання.

Постановка задачі:

- визначити розрахункове навантаження лінії;
- вибрати переріз КЛ за розрахунковим струмом;
- виконати перевірку відповідності перерізу КЛ технічним умовам;
- виконати перевірку вибраного перерізу КЛ за втратою напруги.

Розрахунок та перевірку перерізу лінії виконано згідно методики, наведеної в Додатку А.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Байцим			Електропостачання підприємства з обробки деревини встановленою потужністю 870 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.		Аркуш	Аркушів
Перевірів		Давиденко						54	2
						ФАБД, гр. ЕЕЗ-41			
Н.контроль		Ващелюк							
Затвердив		Волинець							

Вихідними даними є:

- розрахункове навантаження цехів;
- кількість ввідних силових пунктів, встановлених в цеху;
- схема живлення.

Результатом розрахунку (рис. 4.1) є визначення розрахункового навантаження лінії, вибір перерізу, який відповідає умовам вибору.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Вибір перерізу КЛ														
2			Ррозр кл	Qрозркл	Sрозр КЛ	Iрозр КЛ	Fт.кл	ІдопТ	Ід	Іп/авкл	Ідоп/ав	l	г0	х0	дельтаU
3	Цех розпилювання деревини	ТП-ПР1(ПР2)	139,70	128,95	190,12	137,21	50	225	217,04	274,41	321,98	0,086	0,37	0,0625	3,21
4	Деревообробний цех	ТП-ПР3(ПР4)	48,18	48,02	68,02	49,09	16	115	110,93	98,18	164,57	0,033	1,16	0,0675	1,22
5	Сушильний цех	ТП-ПР5(ПР6)	98,09	85,78	130,30	94,04	35	180	173,63	188,08	257,58	0,106	0,53	0,0637	3,81
6	Цех шитових виробів	ТП-ПР7(ПР8)	63,24	63,53	89,64	64,69	25	150	144,69	129,38	214,65	0,13	0,74	0,0662	4,14
7	Складально-обробний цех	ТП-ПР9(ПР10)	50,99	46,10	68,74	49,61	16	115	110,93	99,22	164,57	0,077	1,16	0,0675	3,00
8	Склади	ТП-ПР11(ПР12)	19,59	13,51	23,80	17,18	10	90	86,81	34,35	128,79	0,086	1,84	0,073	1,99
9	Адміністративний корпус	ТП-ПР13(ПР14)	13,75	9,53	16,73	12,07	10	90	86,81	24,15	128,79	0,133	1,84	0,073	2,16

Рисунок 4.1 – Результати розрахунку та перевірки перерізу кабельних ліній в Excel

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Одним із важливих заходів електробезпеки на промислових підприємствах є захисне заземлення електроустановок. Його основним призначенням є захист людей від ураження електричним струмом у випадку пошкодження ізоляції електрообладнання або виникнення замикання струмоведучих частин на металеві корпуси. Призначення захисного заземлення полягає в тому, щоб створити надійне електричне з'єднання між металевими неструмоведучими частинами електрообладнання та землею, яке має достатньо малий електричний опір. Завдяки цьому у разі пробоя ізоляції або замикання фази на корпус електрообладнання напруга на корпусі зменшується до безпечного значення. Це дозволяє знизити напругу дотику до рівня, що не становить небезпеки для людини, а також забезпечує спрацювання захисної апаратури (автоматичних вимикачів або запобіжників).

Для реалізації захисного заземлення всі потенційно небезпечні металеві частини електроустановок, які в нормальному режимі не перебувають під напругою, але можуть опинитися під нею у разі пошкодження ізоляції, надійно приєднуються до заземлювального пристрою. До таких частин належать: металеві корпуси електричних машин та апаратів; шафи керування та розподільчі щити; металеві оболонки кабелів; корпуси трансформаторів; металеві конструкції електрообладнання; корпуси верстатів та іншого технологічного обладнання.

Конструктивно заземлювальний пристрій складається з заземлювачів і заземлювальних провідників. Заземлювачі — це металеві електроди, які безпосередньо контактують із землею і забезпечують відведення струму в ґрунт. Вони є вертикальними (металеві стрижні, труби або кутики, забиті в землю) та горизонтальними (металеві смуги або дроти, прокладені у ґрунті).

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Байцим			Електропостачання підприємства з обробки деревини встановленою потужністю 870 кВт. Пояснювальна записка.			Літ.	Аркуш	Аркушів		
Перевірів		Давиденко								56	3	
								ФАБД, гр. ЕЕЗ-41				
Н.контроль		Ващелюк										
Затвердив		Волинець										

Для улаштування контуру заземлення застосовують комбіновані заземлювальні пристрої, які складаються з кількох вертикальних електродів, з'єднаних між собою горизонтальною сталевією смугою. Така конструкція дозволяє зменшити опір заземлення та забезпечити більш ефективне відведення струму.

Заземлювальні провідники служать для з'єднання електрообладнання із заземлювачами. Вони виконуються зі сталевих смуг, круглої сталі або мідних провідників.

Заземлювальні провідники прокладають по стінах, будівельних конструкціях та надійно приєднують до корпусів електрообладнання за допомогою болтових або зварних з'єднань.

На території підприємств застосовується контур заземлення, до цього контуру під'єднуються всі заземлювальні провідники електрообладнання, що забезпечує рівномірний розподіл потенціалів і підвищує ефективність системи заземлення.

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

Кліматична зона – II.

Грунт суглинок.

Питомий опір ґрунту 100 Ом·м, при нормальній вологості.

Заземлюючий пристрій цеху виконується з замкнутим контуром.

В якості вертикальних електродів, що забиваються в землю, використовуємо кутник зі стороною $b = 0,04$ м, $l = 2$ м.

Кінці вертикальних електродів розміщуються на глибині 0,7 м від поверхні землі.

Горизонтальні електроди виконуємо з полосової сталі 40х4 мм.

Результати розрахунку наведено в таблиці 5.1

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку

Параметр	Значення параметру
$K_{c.B}$	1,4
$K_{c.Г}$	2
$\rho_{p.B}$, Ом · м	140
$\rho_{p.Г}$, Ом · м	200
t , м	1,7
$R_{o.e.e}$, Ом	53
a / l	1
N , шт N , шт.	78
l , м	156
$R_{Г}$, Ом	2,43
$K_{e.B}$	0,55
$K_{e.Г}$	0,23
$R_{ш}$, Ом	0,91

На підставі результатів розрахунку приймаємо 78 вертикальних заземлювачів, які вбиваються по периметру на відстані 2 м один від одного і з'єднуються горизонтальним електродом зварюванням.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційному проєкті вирішено комплекс завдань, пов'язаних із проєктуванням раціональної системи електропостачання промислового підприємства, яка забезпечує надійне та економічно доцільне постачання електричної енергії до електроприймачів із мінімальними втратами. Розроблена система електропостачання відповідає сучасним вимогам щодо енергоефективності, надійності та безпеки експлуатації електроустановок.

Для забезпечення ефективного електропостачання споживачів підприємства на етапі проєктування було вирішено низку важливих інженерних завдань. Зокрема виконано розрахунок електричних навантажень на різних ієрархічних рівнях системи електропостачання, що дозволило визначити розрахункові параметри електричної мережі та обґрунтовано вибрати основні елементи системи. Також було розроблено схему розподілу електричної енергії в мережах підприємства, визначено параметри кабельних ліній, трансформаторних підстанцій та розподільчих пристроїв, а також передбачено заходи щодо захисту елементів системи електропостачання.

Розрахунок електричних навантажень виконано з урахуванням встановленої потужності електроприймачів, режимів їх роботи, коефіцієнтів використання та попиту, а також особливостей технологічного процесу підприємства. Для визначення навантажень використано загальноприйняті методи розрахунку, що застосовуються під час проєктування систем електропостачання промислових підприємств. Застосування цих методів дозволило отримати достовірні результати та забезпечити достатню точність визначення розрахункових параметрів електричних мереж.

Отримані результати розрахунків стали основою для вибору кількості та потужності силових трансформаторів трансформаторної підстанції, а також для визначення необхідної потужності компенсуючих пристроїв реактивної потужності. Використання засобів компенсації реактивної потужності сприяє підвищенню коефіцієнта потужності підприємства, зменшенню втрат електричної

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергії в мережі та більш раціональному використанню встановленого електрообладнання.

У процесі проєктування було виконано оптимізацію параметрів системи електропостачання шляхом правильного вибору схем розподілу електричної енергії, типів і перерізів кабельних ліній, комутаційної та захисної апаратури, а також конструктивного виконання електричних мереж. Вибір обладнання здійснювався з урахуванням технічних, економічних та експлуатаційних вимог, що забезпечує ефективну та надійну роботу системи електропостачання.

Крім того, виконано розрахунок струмів короткого замикання в електричних мережах підприємства, що дозволило перевірити термічну та електродинамічну стійкість електрообладнання, а також обґрунтувати правильність вибору комутаційно-захисної апаратури та провідників електричних мереж. Результати розрахунків підтвердили відповідність прийнятих технічних рішень вимогам надійності та безпеки.

Таким чином, розроблена система електропостачання підприємства забезпечує необхідний рівень надійності електропостачання, раціональний розподіл електричної енергії між споживачами, зниження втрат електроенергії та безпечну експлуатацію електроустановок. Реалізація запропонованих технічних рішень створює необхідні умови для ефективного функціонування підприємства та дозволяє перейти до практичного етапу будівництва і впровадження запроектованої системи електропостачання.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бурбело М.Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання. Вінниця : ВНТУ, 2017. 122 с.
2. Давиденко Л. В., Коменда Н.В., Давиденко В.А., Євсюк М.М. Електропостачання промислових об'єктів. Луцьк: ВІП ЛНТУ, 2022. 244с.
3. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіонбуд, 2018. 137 с.
4. Конденсаторні установки. ТОВ «Бутон». URL: <https://tovbuton.com.ua/>
5. Правила улаштування електроустановок. Харків: «Індустрія», 2014.
6. Комутаційне обладнання до 35 кВ. Каталог. АТ "Електроград". URL: <https://electrograd.com.ua/>
7. Лічильники електроенергії НІК. Каталог. НІК. Режим доступу: <https://nik.net.ua/product-category/oblik-elektroenergii/lichylnyky-elektroenergiyi-2>
8. Каталог продукції. Уманський завод вимірювальних приладів "Мегомметр". Режим доступу: <https://www.megommetr.com/index.php/produksiya>
9. Трансформатори струму. Rfnfkju. URL: <http://elektroservice.com.ua>
10. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування. Суми: ВТД «Університетська книга», 2007.
11. Каталог продукції АСКО-УКРЕМ. URL: <https://www.acko.ua/og/>
12. Каталог продукції. ПП «ЕТК». URL: <https://www.etk.ua/>
13. Силові автоматичні вимикачі. Каталог. ТД Укрелектрокомплект. URL: <https://uek.com.ua/product-category/sylovi-avtomatychni-vymykachi/>
14. Каталог освітлювальних приладів. Корпорація «Ватра», 2022. 190 с. URL: <http://vatra.ua>.
15. Шульга А.А., Полупан І. І., Ткаченко А.А. Автоматизований електропривод верстатів : навч. пос. Краматорськ: ДДМА, 2010. 124 с.
16. Леві Л.І. Електропривод та автоматизація верстатів-автоматів : навч. пос. Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2023. 106 с.

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

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

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

					ЛНТУ.971084.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

