

Луцький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та енергетики
(повне найменування факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повне найменування кафедри)

ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (шифр і назва спеціальності)
освітня програма	«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (назва освітньої програми)

(підпис)

(підпис)

Луцьк – 2026 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	архітектури, будівництва та енергетики
Кафедра	електричної інженерії
Ступінь вищої освіти	бакалавр
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність:	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

« ____ » _____ 202__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Чухрію Владиславу Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційного проекту: Розробка системи електропостачання
деревообробного підприємства встановленою потужністю 1115 кВт

Керівник проекту: канд. техн. наук, доцент Грицюк Ірина Василівна

затверджені наказом ВНЗ від « 31 » грудня 2025 р. № 971/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційного проекту 15 травня 2026 р.

3. Вихідні дані до проекту Генеральний план підприємства, план
розташування обладнання, відомості про електроприймачі підприємства

(номінальні параметри, режими роботи, категорія по надійності
електропостачання), класи пожежонебезпечних і вибухонебезпечних зон об'єктів,
умови компенсації реактивної потужності, час споживання максимальної
потужності, інформація про джерело живлення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

1. Коротка характеристика об'єкту проектування.

2. Основні проектні рішення.

3. Розрахунок механізму підйому вантажного візка.

4. САПР.

5. Електробезпека.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Генеральний план підприємства.

2. Однолінійна схема електропостачання.

3. План розміщення обладнання.

4. Схема керування двигунами вантажного візка.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Коротка характеристика об'єкту проектування	Грицюк І.В.		
2. Основні проектні рішення	Грицюк І.В.		
3. Розрахунок механізму підйому вантажного візка	Грицюк І.В.		
4. САПР	Грицюк І.В.		
5. Електробезпека	Грицюк І.В.		

7. Дата видачі завдання 3 січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційного проекту бакалавра	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Коротка характеристика об'єкту проектування	03.02.2026	
2	Основні проектні рішення	03.03.2026	
3	Розрахунок механізму підйому вантажного візка	17.03.2026	
4	САПР	24.03.2026	
5	Електробезпека	07.04.2026	
6	Оформлення пояснювальної записки	21.04.2026	
7	Оформлення графічного матеріалу	10.05.2026	
8	Перевірка на плагіат кваліфікаційного проекту	15.05.2026	

8. Затвердження відповідності графічного матеріалу вимогам нормативних документів

№ з/п	Назва креслення	Підпис	Дата
1	Генеральний план підприємства		
2	Однолінійна схема електропостачання		
3	План розміщення електрообладнання		
4	Схема керування двигунами вантажного візка		

Здобувач вищої освіти

(підпис)

(Чухрій В.І.)

(прізвище, ініціали)

Керівник

кваліфікаційного проекту

(підпис)

(Грицюк І.В.)

(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Чухрій В.І. Розробка системи електропостачання деревообробного підприємства встановленою потужністю 1115 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 (запропоновано) систему електропостачання промислового підприємства. 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 на основі методу приведених затрат.

У результаті розрахунків отримали систему електропостачання даного підприємства 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

V. Chukhriy. Development of a power supply system for a woodworking enterprise with an installed capacity of 1115 kW. Manuscript.

Bachelor's qualification project of OP "Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics" specialty 141 Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

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

The project developed (proposed) the power supply system of an industrial enterprise. The design is made on the basis of electrical engineering 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 adopted project decisions based on the method of reduced costs.

As a result of the calculations, we received the electricity supply system of this enterprise with high indicators of economic validity.

Adopted design decisions allow to proceed to their practical implementation and implementation of the designed power supply system.

Key words: power supply system (SEP), power line, power receivers, electrical loads, short-circuit currents, reactive power compensation, electrical equipment, electrical safety.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	9
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ.....	11
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень.....	11
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.....	12
2.3. Визначення результуючих навантажень.....	13
2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень.....	14
2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП з врахуванням компенсації реактивної потужності.....	15
2.6. Компенсація реактивної потужності.....	16
2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях.....	17
2.8. Проектування мережі живлення підприємства.....	17
2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі.....	18
2.10. Розрахунок струмів короткого замикання.....	19
2.11. Вибір обладнання.....	21
2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв.....	21
2.11.2. Вибір роз’єднувачів.....	22
2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників.....	23
2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху.....	23
2.12.1. Вибір схеми електропостачання.....	24
2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ.....	25
2.12.3. Вибір трансформаторів струму.....	28

					ЛНТУ.971081.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Чухрій В.І.			Розробка системи електропостачання деревообробного підприємства встановленою потужністю 1115 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Грицюк І.В.					6	72
						ФАБЕ, гр.ЕЕ-43		
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.						
Затверд.		Волинець В.І.						

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів.....	29
2.12.5. Вибір рубильників.....	30
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ ВАНТАЖНОГО ВІЗКА.....	31
РОЗДІЛ 4 САПР.....	35
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	38
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	39
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	40
ДОДАТОК 1 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ.....	43
ДОДАТОК 2 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ ВАНТАЖНОГО ВІЗКА.....	64
ДОДАТОК 3 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.....	71

ВСТУП

Від прийнятих технічних рішень під час створення проєкту системи електропостачання промислового підприємства залежить пропускна здатність електричних мереж, їх надійність, забезпечення споживачів якісною електроенергією, економічна доцільність.

Приймачі підприємств деревообробної галузі належать переважно до II категорії надійності електропостачання. Це означає необхідність у резервуванні елементів схеми електропостачання, від яких відбувається живлення даних електроприймачів. Резервування виконують як на рівні високої, так і на рівні низької напруги.

На показники якості електричної енергії негативно впливає зростання втрат, яке може бути викликане:

- неправильним розташуванням джерела живлення;
- недостатньою пропускною здатністю мереж в нормальному та післяаварійному режимі роботи;
- відсутністю засобів регулювання параметрів режиму (напруги);
- порушення умов експлуатації електрообладнання та електричних мереж;
- відсутність компенсації реактивної потужності як засобу зменшення втрат та регулювання напруги.

Крім того, проєктовані мережі повинні мати оптимальне співвідношення капітальних вкладень та експлуатаційних витрат, тобто приведені затрати. Тому в процесі проєктування доцільно виконувати порівняння кількох варіантів виконання електричної мережі.

Для забезпечення моніторингу параметрів режиму система електропостачання повинна бути оснащена належною кількістю засобів вимірювання, контролю та обліку електричної енергії; для надійності та довговічності роботи обладнання – апаратами захисту від струмів короткого замикання, перенапруг та перевантажень.

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Проектоване підприємство спеціалізується на переробці деревини, виготовленні погонажних виробів та деревостружкової плити.

Структуру підприємства та функціональне призначення окремих цехів наведено на рисунку 1.1.

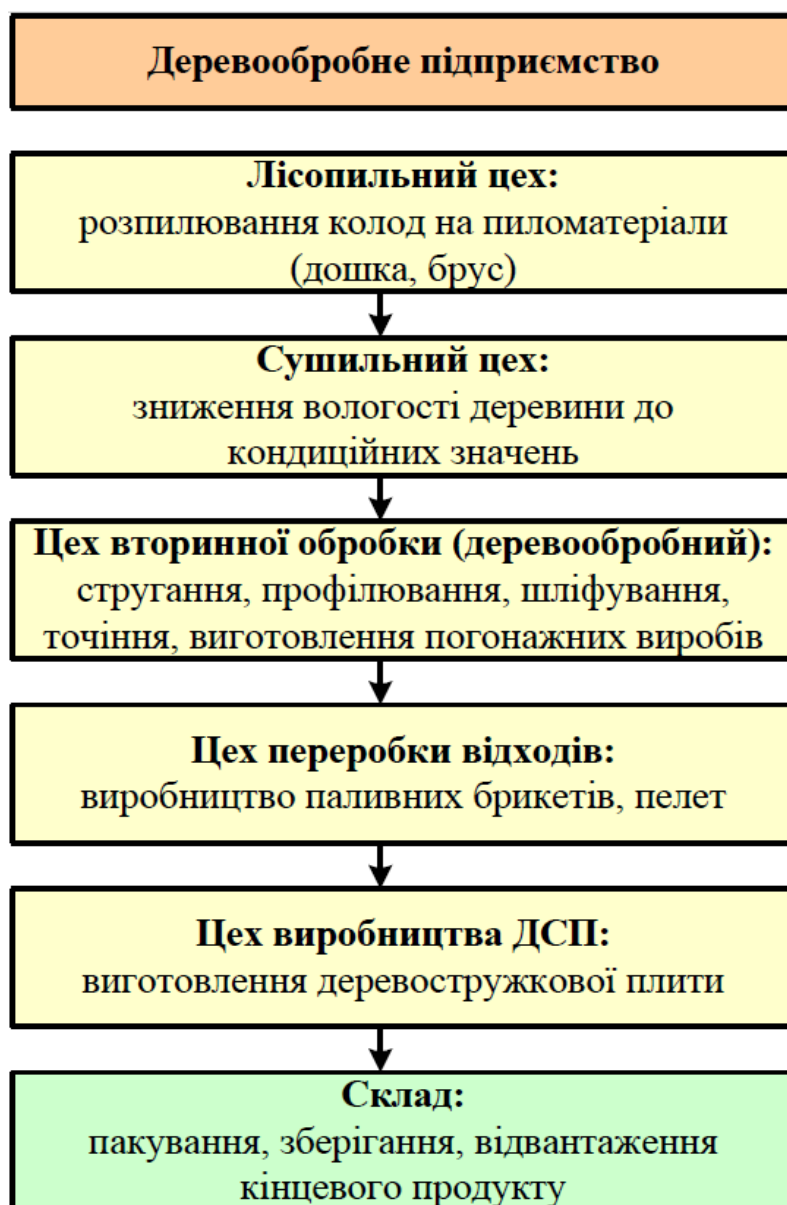


Рисунок 1.1 – Структура деревообробного підприємства

					ЛНТУ.971081.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи електропостачання деревообробного підприємства встановленою потужністю 1115 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Чухрій В.І.						
Перевір.		Грицюк І.В.					9	2
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.				ФАБЕ, гр.ЕЕ-43		
Затверд.		Волинець В.І.						

Площі та встановлені потужності цехів, інформацію про джерело живлення, надійність споживачів, графік роботи підприємства та умови компенсації наведено в таблицях 1.1, 1.2.

Таблиця 1.1 – Характеристики цехів заводу

Назва об'єкту	Розміри будівлі			Встановлена потужність, кВт
	Довжина, м	Ширина, м	Площа будівлі, м ²	
1. Цех лісопильний	60	36	2160	290
2. Цех сушильний	48	36	1728	210
3. Цех вторинної обробки	48	48	2304	255
4. Цех переробки відходів	36	60	2160	120
5. Цех виробництва ДСП	36	72	2592	150
6. Склад	24	48	1152	90
Всього			12096	1115

Таблиця 1.2 – Вихідні дані

Назва параметру	Одиниці вимірювання	Значення
Кількість змін	–	2
Тривалість роботи електрообладнання в рік τ	год.	4320
Час використання максимального навантаження T_{max}	год.	2310
Джерело живлення	–	РП-10 кВ
Відстань до джерела l	км	4,5
Потужність короткого замикання на шинах джерела живлення $S_{кз}$	МВА	66
Вхідна реактивна потужність $Q_{e max}$	кВАр	183
Загальна територія підприємства	м ²	34416
Категорія надійності споживачів:		
I (пристрої пожежної сигналізації, евакуаційне освітлення)	%	0,4
II (приймачі основних виробничих цехів)	%	69,5
III (приймачі складу, приймачі, що виконують допоміжні функції)	%	30,1

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

Даний розділ присвячений основним рішенням щодо вибору та формування схеми електропостачання деревообробного підприємства, перевірки її елементів в нормальному та післяаварійному режимах, тощо. Розрахунки виконуватимемо на основі методик, наведених в додатку [Д.1].

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень

До складу цеху вторинної обробки (позиція 3 в табл.1.1) входять деревообробна дільниця та дільниця погонажних виробів. Розрахуємо навантаження силових приймачів деревообробної дільниці [1, 2], приймачі якої отримують живлення від розподільного щита низької напруги РПЗ.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок силових навантажень РП1.1

Назва електроприймача	P _н , кВт	n	P _н , кВт	K _{внк}	tgφ	m	η _{ед}	K _{max}	Розрахункові навантаження				
									P _{ср.зм.} , кВт	Q _{ср.зм.} , квар	P _{р.} , кВт	Q _{р.} , квар	
	РПЗ.1												
	Приймачі із змінним графіком навантаження												
Верстат багато-функціональний	7,5	4	30	0,25	1,01	3,3	23	1,35	7,50	7,58	37,67	27,94	
Пилка стрічкова	5	4	20	0,4	0,98				8,00	7,84			
Верстат токарний	8	4	32	0,2	1,01				6,40	6,46			
Верстат шліфувальний	9	2	18	0,2	1,01				3,60	3,64			
Верстат кромко-облицювальний	12	1	12	0,2	1,01				2,40	2,42			
Верстат фугувально-рейсмусовий	10	2	20	0,25	1,01				5,00	5,05			
Візок вантажний	3,6	1	3,6	0,15	1,1				0,54	0,59			
	Приймачі із постійним графіком навантаження												
Шафа витяжна	4	2	8	0,65	0,75				5,20	3,90	5,20	3,90	
Всього РПЗ.1		20	143,6						38,64	37,48	42,87	31,84	

					ЛНТУ.971081.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи електропостачання деревообробного підприємства встановленою потужністю 1115 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.		Арк.	Аркушів		
Розроб.		Чухрій В.І.						11	20		
Перевір.		Грицюк І.В.				ФАБЕ, гр.ЕЕ–43					
Н. контр.		Вашелюк Ю.І.									
Затверд.		Волинець В.І.									

Таблиця 2.2 – Розрахунок навантажень силових приймачів підприємства

Номер цеху	P_n , кВт	Середні навантаження за найбільш завантажену зміну			Розрахункові навантаження		
		$P_{ср.зм}$, кВт	$Q_{ср.зм}$, кВАр	$S_{ср.зм}$, кВА	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА
1	139,20	140,59	197,85	180,96	154,65	238,04	139,20
2	100,80	108,61	148,19	122,32	119,47	171,01	100,80
РП2.1	55,44	60,98	82,42	66,53	67,08	94,48	55,44
РП2.2	45,36	47,63	65,77	55,79	52,39	76,54	45,36
3	114,75	137,70	179,25	160,65	151,47	220,80	114,75
РП3.1	38,64	37,48	53,83	42,87	31,84	53,40	38,64
РП3.2	76,11	100,22	125,41	117,79	119,63	167,40	76,11
4	48,00	57,60	74,98	67,20	63,36	92,36	48,00
5	67,50	50,63	84,38	97,88	55,69	112,61	67,50
6	27,00	21,60	34,58	62,10	23,76	66,49	27,00
Всього	497,25	516,73	719,21	691,11	568,40	901,31	497,25

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Статистично близько 10% усіх навантажень підприємств споживаються освітлювальними установками.

Розряд зорової роботи в цехах підприємства – V_a , в приміщенні складу – VIIIб. Вибрані джерела світла повинні забезпечувати рівень освітленості (300 лк в цехах, 75 лк в приміщенні складу), відповідно до розряду зорової роботи.

Таблиця 2.3 – Вибір джерел світла

Номер цеху	Розряд зорової роботи	$E_{норм}$, лк	Тип світильника	F, лм	P, кВт
1	V_a	300	НВ-УС-Е-150W	15000	150
2	V_a	300	НВ-УС-Е-150W	15000	150
3	V_a	300	НВ-УС-Е-150W	15000	150
4	V_a	300	НВ-УС-Е-150W	15000	150
5	V_a	301	НВ-УС-Е-150W	15000	150
6	VIIIб	75	Biom 75W 6000K IP20 LN-4-75-1200-6 23410b	7200	75

Таблиця 2.4 – Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Номер цеху	F, м ²	h, м	P _{пит} , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	P _о , кВт	K _{пра}	K _п	tgφ	P _{р.о} , кВт	Q _{р.о} , квар
1	2160	8	4,25	9,18	1,2	0,9	0,33	9,91	3,27
2	1728	8	4,25	7,34	1,2	0,9	0,33	7,93	2,62
3	2304	8	4,25	9,79	1,2	0,9	0,33	10,58	3,49
4	2160	8	4,25	9,18	1,2	0,9	0,33	9,91	3,27
5	2592	8	4,25	11,02	1,2	0,9	0,33	11,90	3,93
6	1152	5	3,95	4,55	1,2	0,9	0,33	4,91	1,62
Всього	12096			51,06				55,15	18,20

Для вуличного освітлення приймаємо з [4] джерела світла Євросвітло 30 Вт 6400KST – 30 – 08 IP65:

$$\sum \varepsilon = \frac{10^3 \cdot 2,5 \cdot 0,85 \cdot 12}{2700} = 9,44 \text{ лк};$$

$$\frac{L}{h} = 10; L = 10 \cdot 12 = 120 \text{ м};$$

$$L_{\Sigma} = 2880 \text{ м}; N = \frac{2880}{120} = 24,0 \Rightarrow N_{\text{прийн}} = 24;$$

$$P_{\text{вст.зовн}} = 24 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,72 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{розр.зовн}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 0,72 = 0,78 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{розр.зовн}} = 0,78 \cdot 0,33 = 0,26 \text{ кВАр}.$$

2.3. Визначення результуючих навантажень

Середні та розрахункові сумарні електричні навантаження цехів та деревообробного підприємства в цілому розраховують для вибору силових трансформаторів, низьковольтних пристроїв компенсації реактивної потужності, комутаційно-захисної та вимірювальної апаратури, встановленої у ввідних та секційних розподільних панелях низької напруги трансформаторної підстанції.

Таблиця 2.5 – Розрахунок результуючих навантажень

Номер цеху	$P_{вст\Sigma}$, кВт	$P_{ср.3м\Sigma}$, кВт	$Q_{ср.3м\Sigma}$, квар	$S_{ср.3м\Sigma}$, кВА	$P_{p\Sigma}$, кВт	$Q_{p\Sigma}$, квар	$S_{p\Sigma}$, кВА
1	299,18	149,11	143,86	207,20	190,87	157,92	247,74
2	217,34	108,73	111,23	155,66	130,25	122,09	178,66
РП2.1	115,50	55,44	60,98	82,42	66,53	67,08	94,48
РП2.2	101,84	53,29	50,25	73,24	63,72	55,01	84,18
3	264,79	125,33	141,19	189,00	171,23	154,96	231,26
РП3.1	143,60	38,64	37,48	53,83	42,87	31,84	53,40
РП3.2	121,19	86,69	103,71	135,16	128,36	123,12	177,86
4	129,18	57,91	60,87	84,02	77,11	66,63	101,91
5	161,02	79,40	54,55	96,33	109,77	59,61	124,91
6	94,55	31,91	23,22	39,47	67,01	25,38	71,66
Освітлення території	0,72	0,78	0,26	0,82	0,78	0,26	0,82
Всього	1166,78	553,17	535,18	772,50	747,03	586,86	956,96

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Невдалий вибір місця розташування трансформаторної підстанції на території деревообробного підприємства може призвести до збільшення втрат потужності та вартості ліній напругою 0,4 кВ, які проєктуються. Найбільш вигідним є розміщення підстанції в центрі електричних навантажень, координати якого розраховуємо в таблиці 2.6.

Крім того, на генеральному плані підприємства зобразимо картограму навантажень, завдяки чому можна буде наглядно оцінити величини силових та освітлювальних навантажень кожного цеху. Для розрахунку використовуємо повні електричні навантаження $S_{p\Sigma}$, розраховані в таблиці 2.5.

Таблиця 2.6 – Визначення центру електричних навантажень

№ цеху	x, м	y, м	$P_{\text{PE}} \cdot x$	$P_{\text{PE}} \cdot y$	$Q_{\text{PE}} \cdot x$	$Q_{\text{PE}} \cdot y$	r	α
1	42	30	8017	5726	6633	4738	40	19
2	36	138	4689	17975	4395	16849	34	22
3	156	36	26711	6164	24174	5579	38	22
4	198	42	15269	3239	13193	2799	25	46
5	144	150	15807	16466	8584	8942	28	39
6	120	96	8042	6433	3046	2437	21	26
Всього			78535	56003	60025	41342		
$X_{\text{ц}}$	104							
$Y_{\text{ц}}$	73							

2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП з врахуванням компенсації реактивної потужності

Потужність трансформаторів підстанції вибираємо за навантаженнями $P_{\text{ср.змс}}$, $Q_{\text{ср.змс}}$, розрахованими в таблиці 2.5, за питомою густиною навантаження. Розраховуємо оптимальну кількість трансформаторів та реактивну потужність, яку доцільно через них передавати. Розглядаємо два можливих варіанти виконання.

Таблиця 2.7 – Вибір трансформаторів

Варіант встановлення	$\sigma, \frac{\text{кВА}}{\text{м}^2}$	$S_{\text{T}}, \text{кВА}$	N	N_{min}	m	$N_{\text{опт}}$	$Q_{\text{max T}}, \text{кВАр}$
I	0,06	400	1,98	2	0	2	87,16
II		630	1,25	2	0	2	686,97

Розраховуємо основну та додаткову потужність низьковольтних пристроїв компенсації. У випадках, де значення додатне, обираємо ці пристрої.

Таблиця 2.7 – Вибір низьковольтних батарей конденсаторів

Варіант встановлення	$Q_{\text{НБК1}}, \text{кВАр}$	k_{p1}	k_{p2}	γ	$Q_{\text{НБК2}}, \text{кВАр}$	$Q_{\text{НБК}}, \text{кВАр}$	Потужність НБК
I	448,02	12	17	0,35	0	448,02	250
II	0	12	27	0,3	157,184	157,18	80

Визначаємо приведені витрати на встановлення та експлуатацію для кожного з варіантів. Обираємо мінімум.

Таблиця 2.9 – Техніко-економічне порівняння можливих варіантів встановлення

Варіант встановлення	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	τ , год	W , тис.кВт·год	C_e , тис.грн	K , тис.грн	$З$, тис.грн
I	0,95	5,6	1104	9,72266	73,9894	842,16	179,26
II	1,18	8,5	1104	12,4942	95,081	908,00	208,58

Вибираємо $2 \times TM - 400 / 10$; $2 \times KKY - 0,4 - 250 - 10 - 21Y3$.

$$1,4 \cdot 400 = 560 \text{ кВА} > \frac{2 \cdot (1 - 0,3301) \cdot 772,5}{2} = 539,98 \text{ кВА}.$$

2.6. Компенсація реактивної потужності

Застосування обраних в п. 2.5 конденсаторних батарей може виявитись недостатнім для забезпечення вимог оператора розподілу, а саме забезпечення вхідної реактивної потужності в період максимуму активного навантаження на межі балансової належності підприємства (табл.1.2).

Таблиця 2.10 – Розрахунок компенсації реактивної потужності

Показник	Од.вимір.	Значення
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$	кВАр	535,18
$Q_{\text{еmax}}$	кВАр	183
$Q_{\text{НБК ф}}$	кВАр	500
ΔQ_T	кВАр	20
$K_{\text{НС}}$	–	0,80
Q_{M1}	кВАр	428,15
Q_{K1}	кВАр	245,60
$Q_{\text{НС T}}$	кВАр	75,18
$Q_{\text{ВБК}}$	кВАр	-214,40

$Q_{\text{ВБК}} < 0$, тобто обрані в п.2.5 $2 \times KKY - 0,4 - 250 - 10 - 21Y3$ мають достатню потужність.

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях

Навантаження на рівні 10 кВ системи електропостачання деревообробного підприємства розрахуємо з врахуванням скомпенсованої реактивної потужності на рівні 0,4 кВ підстанції та втрат в силових трансформаторах (табл.2.11).

Таблиця 2.11 – Розрахунок навантажень на рівні 10 кВ

Розрахункове навантаження	Одиниці вимірювання	Значення
P_{p3}	кВт	553,17
Q_{p2}	кВАр	535,18
$Q_{НБК}$	кВАр	500
P_{p3}	кВт	553,17
Q_{p3}	кВАр	35,18
S_{p3}	кВА	554,29
ΔP_T	кВт	11,09
ΔQ_T	кВАр	55,43
P_{p4}	кВт	564,26
Q_{p4}	кВАр	90,61
S_{p4}	кВА	571,49

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

Кабельні лінії мережі живлення підприємства прокладені від лінійних комірок існуючого розподільного пункту 10 кВ до проєктованої трансформаторної підстанції (кожен трансформатор отримує живлення від окремого кабелю). Схема трансформаторної підстанції передбачає наявність перемичок: ремонтної – на стороні 10 кВ; секційної – на стороні 0,4 кВ.

З [7] обираємо тип кабелів АПвВ – 10. Перерізи вибираємо за економічною густиною струму [6] та перевіряємо за втратами напруги.

$$I_{\text{норм}} = \frac{571,49}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 16,5 \text{ А}; I_{\text{П АВ}} = \frac{571,49}{\sqrt{3} \cdot 10} = 33,0 \text{ А};$$

$$F_e = \frac{16,5}{1,9} = 17,37 \text{ мм}^2; \text{ розглядаємо перерізи від } 35 \text{ мм}^2 \text{ включно.}$$

Таблиця 2.12 – Вибір кабельних ліній високої напруги

F, мм ²	I _{доп} , А	I' _{доп} , А	r ₀ , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	x ₀ , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	ΔU _{норм} , В	ΔU _{норм} , %	ΔU _{П АВ} , %
35	143	147,29	0,641	0,09	72,88	0,73	1,46
50	169	174,1	0,58	0,086	66,30	0,66	1,33
70	211	217,3	0,45	0,084	52,77	0,53	1,06
95	260	267,8	0,31	0,083	38,29	0,38	0,77

Таблиця 2.13 – Техніко-економічне порівняння кабелів різного перерізу

F, мм ²	K _{зл}	ΔP _н , кВт	ΔP _д , кВт	C _е , тис. грн.	K, тис. грн.	З, тис. грн.
35	0,112	135,17	1,696	14,246	4347	557,621
50	0,095	170,82	1,534	12,891	5328	678,891
70	0,076	206,59	1,190	10,001	5544	703,001
95	0,062	216,10	0,820	6,890	6471	815,765

$$Z_{\text{min}} \Rightarrow 2 \times \text{АПВВ} - 10 - 3 \times 35.$$

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Розподіл потужності від шин 0,4 кВ трансформаторної підстанції виконано за радіально-магістральною схемою кабелями АВВГ – 0,4. До розподільних пристроїв цехів кабельні лінії 0,4 кВ виконані дволанковими, до РП складу – одним кабелем. Переріз кабелів вибираємо з [10] за струмами нормального та післяаварійного навантаження, а також перевіряємо за втратами напруги (табл.2.15).

Вибір типу розподільних пристроїв виконуємо за струмом навантаження (табл.2.14).

Таблиця 2.14 – Вибір розподільних пристроїв 0,4 кВ

Назва РП	$S_{p\Sigma}$, кВА	$I_{п.ав}$, А	Тип розподільного пристрою	$I_{доп.РП}$, А	$n_{прийм}$	$n_{мод}$
ВРП1	247,74	376,39	ЕУ-ВРП2-1-400-1-1-11-2-21-У4	400	4	4
РП2.1	94,48	143,54	ПР11-3051-21У3	250	20	24
РП2.2	84,18	127,90	ПР11-3051-21У3	250	18	24
ВРП3	231,26	351,36	ЕУ-ВРП2-1-400-1-1-11-2-21-У4	400	2	4
РП3.1	53,40	81,13	ПР11-3045-21У3	100	18	24
РП3.2	177,86	270,23	ПР11- 3087-21 У3	400	21	24
ВРП4	101,91	154,84	ЕУ-ВРП2-1-250-1-1-11-2-21-У4	250	3	3
ВРП5	196,57	298,66	ЕУ-ВРП2-1-400-1-1-11-2-21-У4	400	4	4
РП6	71,66	108,88	ПР11-3051-21У3	250	19	24

Таблиця 2.15 – Вибір кабелів 0,4 кВ

Назва КЛ	n	$S_{p\Sigma}$, кВА	$I_{норм}$, А	$I_{п.ав}$, А	Переріз кабелю	$I_{доп}$, А	$I'_{доп}$, А	$I''_{доп}$, А	l , км	r_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	x_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{норм}$, %	$\Delta U_{п.ав}$, %
ТП – ВРП1	2	247,74	188,20	376,39	4×240	401	413	433	0,080	0,125	0,059	0,93	1,86
ТП – РП2.1	2	94,48	71,77	143,54	4×240	401	413	433	0,090	0,125	0,059	0,40	0,80
ТП – РП2.2	2	84,18	63,95	127,90	4×50	110	113	119	0,102	0,67	0,06	1,70	3,40
ТП – ВРП3	2	231,26	175,68	351,36	4×95	165	170	178	0,075	0,35	0,06	1,90	3,81
ТП – РП3.1	2	53,40	40,56	81,13	4×35	95	98	103	0,040	0,95	0,06	0,59	1,18
ТП – РП3.2	2	177,86	135,12	270,23	4×185	260	268	281	0,032	0,18	0,06	0,35	0,71
ТП – ВРП4	2	101,91	77,42	154,84	4×95	165	170	178	0,092	0,35	0,06	1,03	2,05
ТП – ВРП5	2	196,57	149,33	298,66	4×240	401	413	433	0,064	0,125	0,059	0,59	1,18
РП5 – РП6	1	71,66	108,88	108,88	4×50	110	113	119	0,020	0,67	0,06	0,58	0,58

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

Причини коротких замикань: пошкодження ізоляції; виробничі дефекти; несправність обладнання; неправильний монтаж, тощо. Протікання струмів коротких замикань може призвести до перегрівання та розплавлення

струмовідних частин обладнання, пожеж, пошкоджень електроприладів та електричної системи в цілому.

Тому перерізи обраних кабелів 10 кВ повинні пройти перевірку за стійкістю до струмів КЗ, а схема електропостачання повинна містити захисну апаратуру, яка забезпечуватиме відключення ділянок мережі та захист обладнання від цих струмів.

Тип зведення – відносне наближене.

Базові умови: $S_6 = 100 \text{ МВА}$; $U_6 = 10,5 \text{ кВ}$.

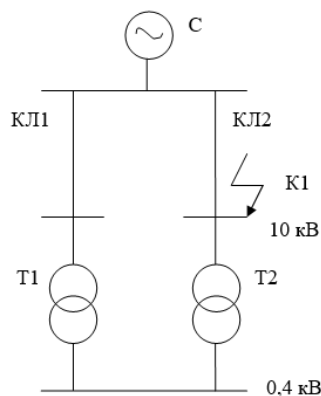


Рисунок 2.1 – Електрична схема короткозамкненого кола

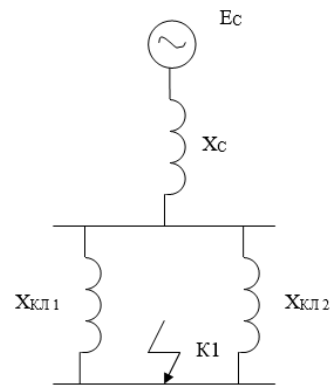


Рисунок 2.2 – Заступна схема короткозамкненого кола

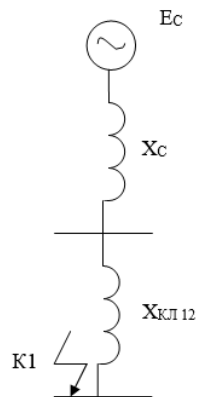


Рисунок 2.3 – Схема короткозамкненого кола після об'єднання паралельних ліній

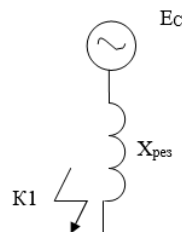


Рисунок 2.4 – Спрощена схема короткозамкненого кола

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.16 – Розрахунок струмів КЗ. Перевірка вибраних КЛ за термічною стійкістю

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
S_{K3}	МВА	66
$\dot{X}_{C*}$	—	1,515
$\dot{R}_{KЛ1*}, \dot{R}_{KЛ2*}$	—	2,616
$\dot{X}_{KЛ1*}, \dot{X}_{KЛ2*}$	—	0,367
$\dot{R}_{KЛ12*}$	—	1,308
$\dot{X}_{KЛ12*}$	—	0,184
$\dot{R}_{рез*}$	—	1,308
$\dot{X}_{рез*}$	—	1,699
$\dot{Z}_{рез*}$	—	2,144
I_6	кА	5,50
I_{n0}	кА	2,564
k_y	—	1,42
i_y	кА	5,150
K_T	$\frac{A \cdot c^{1/2}}{мм^2}$	125
t_n	с	0,25
F_{min}	мм ²	10,3
Тип та переріз кабелю з п.2.8	—	АПвВ – 10 – 3 × 35
B_K	кА ² · с	1,64

2.11. Вибір обладнання

Для встановлення високовольного та низьковольного обладнання трансформаторної підстанції вибираємо з [13, 14] відповідно комірки та розподільні панелі.

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

Характеристики комірок наведено в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Технічні характеристики комірок КСО399

Призначення	Обладнання	Кількість	Каталожний номер
Комірки КСО 399 10 кВ			
Ввідні	Комірка КСО 399-03106 УЗ з вимикачем навантаження ВН-РА 030-10-630 УЗ	2	03
Комутація і захист силових трансформаторів	Комірка КСО 399-04061 УЗ з вимикачем навантаження ВН-РА 03П-10-630 УЗ і запобіжником	2	04
Секційна	Комірка КСО 399-01106 УЗ роз'єднувачами РВ030-10-630 УЗ	1	01
Розподільчі панелі ЩО 99 0,4 кВ			
Ввідні	ЩО 99-2101 УЗ	2	–
Лінійні	ЩО 99-2308 УЗ	4	–
Секційна	ЩО 99-2208 УЗ	1	–

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$16,5 < 630 \text{ А};$$

$$33,0 < 630 \text{ А};$$

$$5,15 < 51 \text{ кА};$$

$$1,64 < 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Роз'єднувачі обираємо з [15] та встановлюємо в секційних комірках трансформаторної підстанції для можливості комутацій ремонтної перемички з метою резервування кабельних ліній напругою 10 кВ:

$$\text{РВ030} - 10 - 630$$

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$16,5 < 630 \text{ А};$$

$$33,0 < 630 \text{ А};$$

$$5,15 < 41 \text{ кА};$$

$$1,64 < 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Вимикачі навантаження [16] з запобіжниками [17] встановлюємо в трансформаторних комірках підстанції для комутації струмів навантаження та захисту від струмів КЗ. Вимикачі навантаження без запобіжників встановлюємо у ввідних комірках підстанції для комутації струмів навантаження.

Ввідні комірки	Трансформаторні комірки
ВН – РА 030 – 10 – 630 УЗ:	ВН – РА 03П – 10 – 630 УЗ:
10 = 10 кВ;	10 = 10 кВ;
16,5 < 630 А;	16,5 < 630 А;
33,0 < 630 А;	33,0 < 630 А;
2,564 < 31,5 кА;	2,564 < 31,5 кА;
5,15 < 80 кА;	5,15 < 80 кА;
1,64 < 992,3 кА ² · с;	1,64 < 992,3 кА ² · с;
ПКТ – 10 – 40 – 12,5 УЗ:	
33,0 < 63 А;	
5,15 < 12,5 кА;	
44,42 < 217 кА,	
$S'' = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 5,15 = 44,42 \text{ МВА.}$	

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

В приміщенні деревообробної ділянки цеху вторинної обробки розміщено 20 силових струмоприймачів та джерела світла. Силові приймачі отримують живлення від розподільного щита 3.1.

До щитів живлення виконане кабелями з алюмінієвими жилами, до приймачів – мідними кабелями.

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Для забезпечення належного рівня надійності прийнято радіальну схему живлення.

Таблиця 2.18 – Вибір кабелів внутрішньоцехової мережі

Назва електроприймача	P_n , кВт	$\cos \varphi$	I , А	F , мм ²	$I_{тр.доп}$, А	Кабель
РПЗ.1						
Верстат багатофункціональний	7,5	0,70	16,20	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Пилка стрічкова	5	0,71	10,64	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Верстат токарний	8	0,70	17,28	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Верстат шліфувальний	9	0,70	19,44	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Верстат кромкооблицювальний	12	0,70	25,91	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Верстат фугувально-рейсмусовий	10	0,70	21,59	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Візок вантажний	3,6	0,67	8,13	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Шафа витяжна	4	0,80	7,60	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5

Таблиця 2.19 – Перевірка кабелів за втратами напруги

Назва електроприймача	n	r_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	x_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	l , км	$\Delta U\%$	Кабель
РПЗ.1						
Верстат багатофункціональний	4	8	0,09	0,012	0,504	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,01	0,420	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,012	0,504	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,018	0,756	ВВГнгд-5×2,5
Пилка стрічкова	4	8	0,09	0,02	0,560	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,018	0,504	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,02	0,560	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,026	0,728	ВВГнгд-5×2,5
Верстат токарний	4	8	0,09	0,027	1,210	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,025	1,121	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,031	1,390	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,032	1,434	ВВГнгд-5×2,5
Верстат шліфувальний	2	8	0,09	0,034	1,715	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,031	1,563	ВВГнгд-5×2,5
Верстат кромкооблицювальний	1	8	0,09	0,054	3,631	ВВГнгд-5×2,5
Верстат фугувально-рейсмусовий	2	8	0,09	0,05	2,802	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,046	2,577	ВВГнгд-5×2,5
Візок вантажний	1	8	0,09	0,022	0,444	ВВГнгд-5×2,5
Шафа витяжна	2	8	0,09	0,027	0,603	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,048	1,079	ВВГнгд-5×2,5

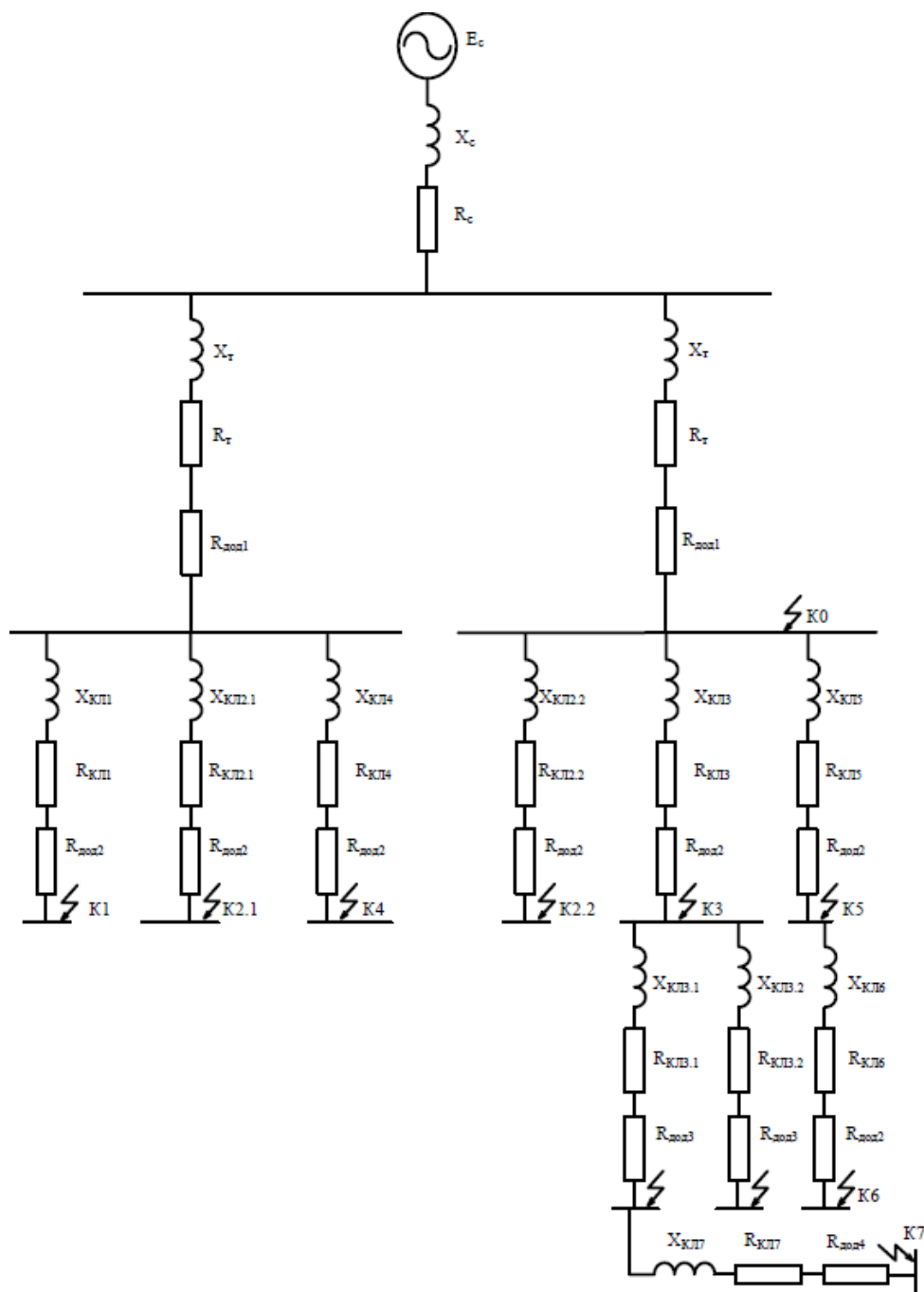


Рисунок 2.7 – Заступна схема НВ мережі

Таблиця 2.20 – Вихідні дані для розрахунку струмів $K3$ в мережі 0,4 кВ

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
U_6	кВ	0,4
$I_{к10}$	кА	2,564
$U_{с10}$	кВ	10,5
$S_{ном.Т}$	кВА	400
ΔP_k	кВт	5,6
u_k	%	6

Таблиця 2.21 – Визначення струмів КЗ в точці К0

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
R_c	Ом	1,442
X_c	Ом	2,364
$\dot{R}_c$	МОм	2,093
$\dot{X}_c$	МОм	3,431
$\dot{R}_T$	МОм	2,800
$\dot{X}_T$	МОм	12,000
$\dot{R}_{рез0}$	МОм	19,893
$\dot{X}_{рез0}$	МОм	15,431
$Z_{рез0}$	МОм	25,176
I_K	кА	9,173
k_y	–	1,05
i_y	кА	13,621

Таблиця 2.22 – Визначення опорів кабельних ліній

Назва кабельної лінії	l, км	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	R, МОм	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	X, МОм
ТП – ВРП1	0,080	0,125	10,000	0,059	4,720
ТП – РП2.1	0,090	0,125	11,250	0,059	5,310
ТП – РП2.2	0,102	0,67	68,340	0,06	6,120
ТП – ВРП3	0,075	0,35	26,320	0,06	4,512
ТП – РП3.1	0,040	0,95	38,000	0,06	2,400
ТП – РП3.2	0,032	0,18	5,760	0,06	1,920
ТП – ВРП4	0,092	0,35	32,200	0,06	5,520
ТП – ВРП5	0,064	0,125	8,000	0,059	3,776
РП5 – РП6	0,020	0,67	13,668	0,06	1,224
РП3.1 – Рmax	0,054	8	432	0,09	4,860

Таблиця 2.23 – Визначення струмів КЗ в НВ мережі

Точка КЗ	$R_{дод}, \text{МОм}$	$\dot{R}_{рез}, \text{МОм}$	$\dot{X}_{рез}, \text{МОм}$	$\dot{Z}_{рез}, \text{МОм}$	$I_K, \text{кА}$	k_y	$i_y, \text{кА}$	$F_{min}, \text{мм}^2$	Вибраний переріз
К1	20	34,89	20,15	40,29	5,731	1	8,105	21,2	4×240
К2.1	20	36,14	20,74	41,67	5,542	1	7,838	20,5	4×240
К2.1	20	93,23	21,55	95,69	2,413	1	3,413	8,9	4×50
К3	20	51,21	19,94	54,96	4,202	1	5,943	15,6	4×95
К3.1	25	94,21	22,34	96,83	2,385	1	3,373	8,8	4×35
К3.2	25	61,97	21,86	65,72	3,514	1	4,970	13,0	4×185
К4	20	57,09	20,95	60,82	3,797	1	5,370	14,1	4×95
К5	20	32,89	19,21	38,09	6,063	1	8,574	22,5	4×240
К6	20	46,56	20,43	50,85	4,542	1	6,423	16,8	4×50
К7	30	531,21	27,20	531,91	0,434	1	0,614	1,6	5×2,5

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Вибираємо з [20] трансформатори струму, до яких підключені такі прилади:

лічильники електричної енергії комерційного та технічного обліку НІК 2307 АПЗТ, вибрані з [19];

амперметри АСКО – УКРЕМ 2500А.

$$I_{\text{норм}} = \frac{956,96}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 726,98 \text{ А};$$

$$I_{\text{max}} = \frac{956,96}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1453,95 \text{ А}.$$

Вторинне навантаження трансформаторів струму :

$$r_k = 0,05 \text{ Ом}; \text{ тоді згідно з [10];}$$

$$S_{\text{прил}} = 10 \text{ ВА};$$

$$r_{\text{прил}} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{пр}} = \frac{0,0283 \cdot 4}{2,5} = 0,045 \text{ Ом};$$

$$z_2 \approx r_2 = 0,4 + 0,045 + 0,05 = 0,495 \text{ Ом}.$$

Комерційний облік :

$$TШ - 0,66 \text{ 1500 / 5}$$

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$726,98 < 1500 \text{ А};$$

$$1453,95 < 1500 \text{ А};$$

$$13,621 < 51 \text{ кА};$$

$$21,04 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом}.$$

Технічний облік :

$$T - 0,66 \text{ 400 / 5}$$

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$376,39 < 400 \text{ А};$$

$$5,37 < 51 \text{ кА};$$

$$3,61 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом}.$$

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Автоматичні вимикачі вибрано з [21] відповідно до нумерації, наведеної на рисунку 2.6.

Таблиця 2.24 – Вибір автоматичних вимикачів

Номер вимикача	Тип вимикача	Каталожні дані			Розрахункові дані			
		$U_{\text{ном}}, \text{кВ}$	$I_{\text{ном розщ}}, \text{А}$	$I_{\text{гр вимк}}, \text{кА}$	$U_{\text{уст}}, \text{кВ}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$I_{\text{п.ав}}, \text{А}$	$I_{\text{к}}, \text{А}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF1	e.industrial.acb.1600D.1600	0,4	1600	80	0,4	726,98	1453,95	9,173
QF2	e.industrial.acb.1600D.1600	0,4	1600	80	0,4	726,98	1453,95	9,173
QF3	e.industrial.acb.1600D.1600	0,4	1600	80	0,4	726,98	1453,95	9,173
QF4	BA 88 – 37	0,4	400	35	0,4	188,20	376,39	5,731
QF5	BA 88 – 37	0,4	400	35	0,4	188,20	376,39	5,731
QF6	BA 88 – 33	0,4	160	35	0,4	71,77	143,54	5,542
QF7	BA 88 – 33	0,4	160	35	0,4	71,77	143,54	5,542
QF8	BA 88 – 33	0,4	160	35	0,4	63,95	127,90	2,413
QF9	BA 88 – 33	0,4	160	35	0,4	63,95	127,90	2,413
QF10	BA 88 – 37	0,4	400	35	0,4	175,68	351,36	4,202
QF11	BA 88 – 37	0,4	400	35	0,4	175,68	351,36	4,202
QF12	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	40,56	81,13	2,385
QF13	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	40,56	81,13	2,385
QF14	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	135,12	270,23	3,514
QF15	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	135,12	270,23	3,514
QF16	BA 88 – 33	0,4	160	35	0,4	77,42	154,84	3,797
QF17	BA 88 – 33	0,4	160	35	0,4	77,42	154,84	3,797
QF18	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	149,33	298,66	6,063
QF19	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	149,33	298,66	6,063

Продовження таблиці 2.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF20	BA 88 – 33	0,4	125	35	0,4	108,88	108,88	4,542
QF21	BA 88 – 33	0,4	125	35	0,4	108,88	108,88	4,542
QF22	BA 88 – 32	0,4	32	25	0,4	25,91	25,91	0,434

2.12.5. Вибір рубильників

Рубильники вибрані з [22]:

PE 19 – 43; 1600 A;

$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$

$726,98 < 1600 \text{ A};$

$1453,95 < 1600 \text{ A};$

$13,621 < 50 \text{ кА};$

$21,04 < 900 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ ВАНТАЖНОГО ВІЗКА

У приміщенні деревообробної ділянки цеху вторинної обробки встановлено вантажний візок для переміщення вантажів вагою не більше 5000 кг. Візок має два приводних механізми: підйому та переміщення візка.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані

m , т	0,125
m_0 , т	0,1
v , $\frac{m}{c}$	0,125
$\eta\%$	81
h , м	8
Режим роботи	C
ТВ%	25
Двигун механізму пересування візка	MTF011-6 $P_{вст} = 1,4$ кВт

Виконаємо розрахунок механізму підйому за методикою [Д.2]. Вибір конструктивних елементів візка виконуємо з [23].

Таблиця 3.2 – Вибір підйомного канату

z	2
u_n	2
$\eta_{бл}$	0,98
η_n	0,99
F_0 , Н	3344,32
k	5,5
F , Н	18393,8
d , мм	8,3
F_k , Н	34800
k_ϕ	10,4

Вибираємо тип та параметри підвіски, підйомного барабану; виконуємо перевірку за допустимим напруженням.

					ЛНТУ.971081.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи електропостачання деревообробного підприємства встановленою потужністю 1115 кВт. Пояснювальна записка.				Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.	Чухрій В.І.										31	4	
Перевір.	Грицюк І.В.								ФАБЕ, гр.ЕЕ–43				
Н. контр.	Вашелюк Ю.І.												
Затверд.	Волинець В.І.												

Таблиця 3.3 – Вибір барабану

e	25
D , мм	207,5
D_6 , мм	250
—	I
$m_{\text{підв}}$, т	3,2
$D_{\text{підв}}$, мм	320
$b_{\text{підв}}$, мм	200
L_k , м	19,938
t , мм	10
L_6 , м	0,246
L , м	0,692
$D_{6.ф}$, мм	241,7
δ_{min} , м	0,011
δ , мм	11
$[\sigma_{\text{стиск}}]$, МПа	130
$[\sigma_{\text{стиск}}]_ф$, МПа	30,869

Потужність двигуна розраховуємо за статичною потужністю механізму.

Таблиця 3.4 – Вибір двигуна

P_c , кВт	2,04
—	MTF 012-6
$P_{\text{дв}}$, кВт	2,2
$n_{\text{дв}}$, хв^{-1} .	810
$I_{\text{дв}}$, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$	0,029
M_{max} , $\text{Н} \cdot \text{м}$	57
ψ_{max}	3,2
ψ_{min}	1,25
n_6 , хв^{-1} .	19,764
u	40,983
$M_{\text{дв}}^{\text{ном}}$, $\text{Н} \cdot \text{м}$	25,938
$M_{\text{ср.пуск}}$, $\text{Н} \cdot \text{м}$	57,713

При виборі редуктора особливу увагу звертаємо на значення передаточного числа механізму і обираємо редуктор з найближчим u_p .

Таблиця 3.5 – Вибір редуктора

k_p	1
$P_{\text{розр.р}}, \text{кВт}$	2,04
—	Ц2-250
$P_p, \text{кВт}$	6,95
u_p	41,34

Таблиця 3.6 – Вибір муфти

$M_C, \text{Н} \cdot \text{м}$	46,225
$M_M^{\text{НОМ}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	46,225
k_1	1,3
k_2	1,2
$M_M, \text{Н} \cdot \text{м}$	72,110
$D_M, \text{мм}$	140
$M_M, \text{Н} \cdot \text{м}$	250
$I_M, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	0,129
$I, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	0,158

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

$n_\phi^\phi, \text{хв}^{-1}$	19,59
$v_\phi^\phi, \text{м} / \text{с}$	0,128
$v_{\text{станд}}, \text{м} / \text{с}$	0,125
$\Delta v, \%$	-2,5
$\Delta v_{\text{доп}}, \%$	10
δ	1,2
$t_{\text{пуск}}, \text{с}$	1,43
$t_{\text{пуск.доп}}, \text{с}$	1...4
$a_\phi^\phi, \text{м} / \text{с}^2$	0,09

Номінальне завантаження механізму становить 125 кг. Дійсне завантаження відображене на графіках [23] і залежить від режиму роботи та типу механізму.

За графіками визначаємо вагові коефіцієнти роботи механізму підйому з різним значенням завантаження: $w_1 = 1$; $w_2 = 5$; $w_3 = 1$; $w_4 = 3$. При цьому коригуємо значення коефіцієнта корисної дії.

Таблиця 3.8 – Перевірка двигуна за нагріванням

Позначення	Одиниці вимірювання	Результати розрахунку при масі вантажу, т			
		1350	675	270	67,5
η	–	0,81	0,71	0,55	0,3
F_0	Н	3344,318	1672,159	668,86	167,22
M_C	Н · м	46,22	23,11	9,24	2,31
$t_{\text{пуск}}$	с	1,43	0,47	0,33	0,29
F'_0	Н	3277,766	1638,88	655,55	163,89
M'_C	Н · м	33,08	16,54	6,62	1,65
$t'_{\text{пуск}}$	с	0,18	0,22	0,25	0,27

Таблиця 3.9 – Визначення середньоквадратичної потужності

$H_{\text{ср}}, \text{ м}$	6,4
$t_{\text{вст}}, \text{ с}$	49,932
$\Sigma t_{\text{пуск}}, \text{ с}$	7,340
$\Sigma t, \text{ с}$	1005,98
$M_{\text{ср.кв}}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$	19,82
$P_{\text{ср.кв}}, \text{ кВт}$	1,68

За значенням середньоквадратичної потужності оцінюємо стійкість вибраного двигуна до нагрівання ($1,68 < 2,2 \text{ кВт}$) та вибираємо гальмівні пристрої з [23].

Таблиця 3.8 – Вибір гальмівних пристроїв

$M_r, \text{ Н} \cdot \text{ м}$	31,578
k_r	2
–	ТКГ-160
$D_r, \text{ мм}$	160
$M_{\text{необх}}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$	63,156
$t_r, \text{ с}$	0,52
$s, \text{ м}$	0,075
$t_r^{\text{max}}, \text{ с}$	1,18
$a_r, \text{ м} / \text{ с}^2$	0,25

Сумарна потужність двигунів вантажного візка:

$$P_B = 2,2 + 1,4 = 3,6 \text{ кВт.}$$

РОЗДІЛ 4

САПР

Розрахунки механізму підйому вантажного візка, наведені в розд.3, виконувались автоматизовано в середовищі Microsoft Excel 2003.

Поетапний розрахунок наведено на рисунках 4.1 – 4.5.

Розрахунок механізму підйому вантажного візка												
2	Вихідні дані:											
3	m=	1,25	т									
4	m0=	0,1	т									
5	режим Т											
7	v.в=	2,5	м/с	a.в=	0,22	м/с3	Iв=	0,112	кг*м3	η.в=	0,82	
8	v.п=	0,125	м/с	a.п=	0,3	м/с4	Iп=	0,112	кг*м4	η.п=	0,81	
9	H=	8	м				ТВ	25	%			
10	Механізм пересування MTF011-6 1,4 кВт											
11	1. Вибір підйомного канату											
12	Кількість поліспастів											
13	Кратність поліспасту											
14	ККД блоку											
15	ККД поліспасту											
16	Зусилля в канаті											
17	Коеф. міцності											
18	Розривне зусилля											
19	Діаметр											
20	Розривне зусилля канату											
21	Факт коеф запасу міцн.											

Рисунок 4.1 – Вихідні дані та вибір підйомного канату

Вибір барабану												
29	2. Вибір барабану											
30	Коефіцієнт											
31	Доп.діаметр барабану											
32	Діам.вибраного барабану											
33	Тип підвіски											
34	Вантажопідйомність підв.											
35	Діаметр блоків підв.											
36	Відстань між блоками											
37	Довжина канату											
38	Крок витка											
39	Роб.довжина барабану											
40	Повна довжина барабану											
41	Факт.діаметр барабану											
42	Мін.товщина стінки											
43	Факт.товщина стінки											
44	Доп.напруження стиск.											
45	Факт.напруження стиск.											

Рисунок 4.2 – Вибір барабану

					ЛНТУ.971081.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Чухрій В.І.			Розробка системи електропостачання деревообробного підприємства встановленою потужністю 1115 кВт. Пояснювальна записка.				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Грицюк І.В.									35	4	
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.							ФАБЕ, гр.ЕЕ–43				
Затверд.		Волинець В.І.											

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы хотите сделать? Заставить уфер обмена Шрифт Выравнивание Число Стили															
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
3.1. Вибір двигуна							Тип електродвигуна	Потужність на валу, кВт, при				Частота обертання, хв. ⁻¹	Максимальний момент, Н·м	Момент інерції ротора, кг·м ²	
Статична потужність			Pc		2,04	кВт		TB=15%	TB=25%	TB=40%	TB=60%				
Тип двигуна			-		MTF 012-6			2				800			
Потужність двигуна			Pдв		2,2	кВт	MTF 011-6		1,7			850	40	0,021	
Частота обертання			n.дв		810	1/хв				1,4		885			
Момент інерції			Iдв		0,029	кг·м ²					2	910			
Макс.момент			Mдв		57	Н·м	MTF 012-6	3,1				785	57	0,029	
Макс.кратн.пуск.моменту			ψ.макс		3,2				2,7			840			
Мін.кратн.пуск.моменту			ψ.мін		1,25					2,2		890			
Частота барабану			n.б		19,764	1/хв					1,7	920			
Передат.число приводу			и		40,983		MTF 111-6	4,5				850	87	0,048	
Ном.момент двигуна			Mном.дв		25,938	Н·м			4,1			870			
Сер.пуск.момент			Mср.пуск		57,713	Н·м				3,5		895			
											2,8	920			
3.2. Вибір редуктора							Назва механізму	k ₁	k ₂ при режимах						
Коеф.редуктора			k.p		1				Л	С	Т	ДТ			
Розр.потужн.редуктора			Pрозр		2,04	кВт	Підйому	1,3	1,1	1,2	1,3	1,5			
Тип редуктора			-		Ц2-250		Пересування	1,2	1,1	1,2	1,3	1,5			
Потужність редуктора			Pp		6,95	кВт									
Передат.число редуктора			и.p		41,34										

Рисунок 4.3 – Вибір двигуна та редуктора

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы хотите сделать? Заставить уфер обмена Шрифт Выравнивание Число Стили

Рисунок 4.4 – Вибір муфти. Перевірка за швидкістю, прискоренням та часом пуску

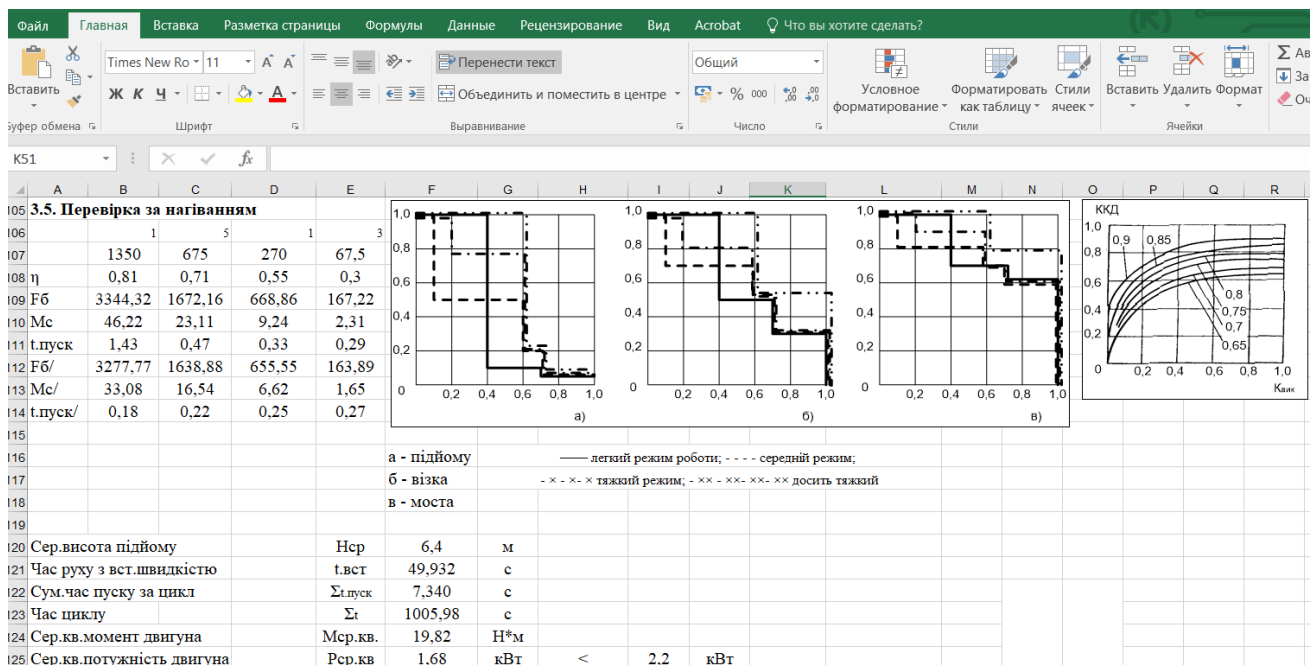


Рисунок 4.5 – Перевірка двигуна за нагріванням

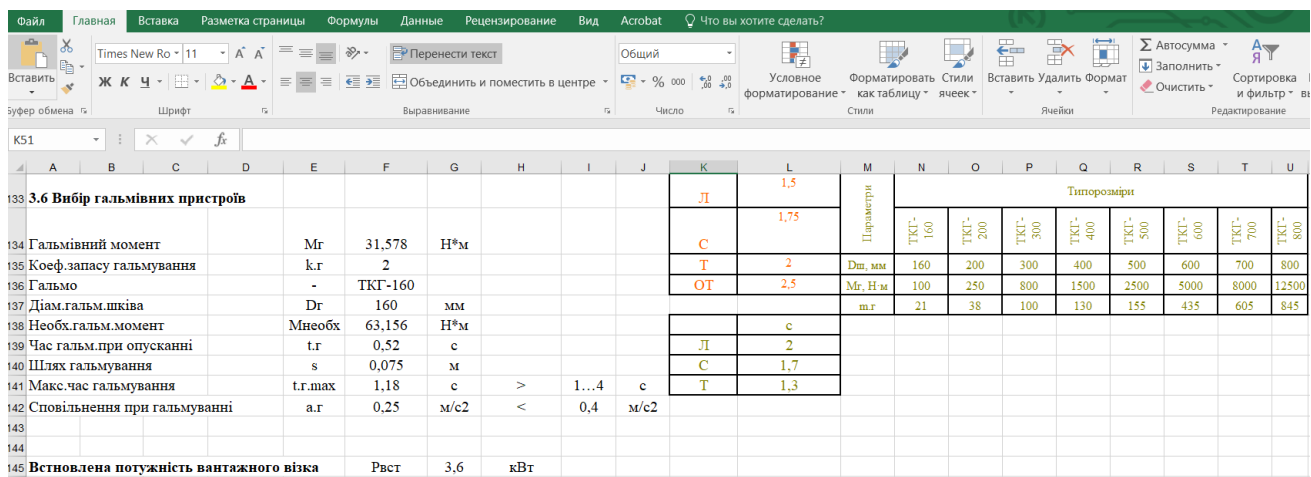


Рисунок 4.6 – Вибір гальмівних пристроїв

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Система охорони праці включає в себе засоби безпечної експлуатації електрообладнання деревообробного заводу. До їх складу входить влаштування контуру захисного заземлення для захисту від випадкового дотику до неструмопровідних частин, які виявились під напругою.

Використовуємо методику [Д.3] та довідникові дані з [24]:

$$l = (48 + 48) \cdot 2 = 192 \text{ м};$$

$$R_{\Gamma} = \frac{180}{2 \cdot 3,14 \cdot 192} \cdot \ln \frac{192^2}{0,4 \cdot 0,04} = 2,3 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{H}} = 10 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{B}} = \frac{2,3 \cdot 10}{2,3 + 10} = 1,86 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{BO}} = \frac{120}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,016} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 0,7 + 1}{4 \cdot 0,7 - 1} \right) = 55 \text{ Ом};$$

$$\eta_{\text{B}} = 0,65; \eta_{\Gamma} = 0,3;$$

$$n_{\text{B}} = \frac{55}{1,86 \cdot 0,62} = 45,3 \text{ шт} \Rightarrow n_{\text{B}} = 46 \text{ шт};$$

$$R_{\text{шт}} = \frac{55 \cdot 2,3}{0,3 \cdot 55 + 0,65 \cdot 46 \cdot 2,3} = 1,48 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

					ЛНТУ.971081.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи електропостачання деревообробного підприємства встановленою потужністю 1115 кВт. Пояснювальна записка.		
Розроб.	Чухрій В.І.						
Перевір.	Грицюк І.В.						
Н. контр.	Ващелок Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						38	1
					ФАБЕ, гр.ЕЕ-43		

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Система електропостачання деревообробного підприємства, розроблена в проєкті, характеризується достатнім ступенем надійності та економічності роботи та забезпечує споживачів електроенергією належної якості.

Надійність забезпечується такими технічними рішеннями:

застосування двотрансформаторної підстанції, кожен з трансформаторів якої отримує живлення від окремої лінії напругою 10 кВ;

оснащення підстанції двома перемичками, що сполучають секції шин на рівні напруги 10 кВ і 0,4 кВ (ремонтна перемичка 10 кВ забезпечує резервування ліній живлення; секційна 0,4 кВ – резервування силових трансформаторів);

післяаварійне перевантаження трансформаторів не перевищує 40% від їх номінальної потужності, що забезпечить їх нормальну роботу в післяаварійному режимі протягом 5 діб по 6 годин на добу;

нейтраль мережі 10 кВ ізольована, що дозволяє не відключати мережу в режимі однофазного замикання;

кабельні лінії низької напруги також виконані дволанковими; між розподільними щитами низької напруги передбачено лінії, що знаходяться в «холодному» резерві.

Система електропостачання передбачає можливість регулювання напруги на рівні 10 кВ за допомогою пристроїв перемикачів без збудження силових трансформаторів та на рівні 0,4 кВ за допомогою перемикачів секцій конденсаторних батарей.

Технічні рішення щодо вибору найбільш дороговартісного обладнання схеми електропостачання є економічно обґрунтованими.

Виконані проєктні розрахунки мають належний рівень автоматизації.

Для безпечної експлуатації обладнання запропоновано до впровадження заходи з електробезпеки.

					ЛНТУ.971081.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Правила улаштування електроустановок : видання офіційне. Київ : Міненерговугілля України, 2017. 620 с.
2. Давиденко Л.В., Коменда Н.В, Давиденко В.А., Євсюк М.М. Електропостачання промислових об'єктів : практикум : навчальний посібник. Луцьк : ВІП ЛНТУ, 2022. 244с.
3. Промислові LED світильники : каталог. URL : https://ledmir.com.ua/industrial_led_lights
4. Трансформатори силові типу ТМ. URL : http://cabex.com.ua/ru/produkcija/transformatori/transformatori_silovie_tipa_tm.html
5. Установки компенсації реактивної потужності ККУ-0,4. URL : <https://avelectric.com.ua/ua/g77561771-ustanovki-kompensatsii-reaktivnoj>
6. 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.
7. Силові кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену : каталог. URL : <https://amperia.com.ua/ua/g32628816-silovye-kabeli-izolyatsiej>.
8. Пункт розподільний ЕУ-ПП11 : каталог. URL : <https://www.enersys.in.ua/vyrobnytstvo/punkt-rozpodilnyi.html>.
9. Ввідно-розподільний пристрій : каталог. URL : <https://www.enersys.in.ua/vyrobnytstvo/vvidno-rozpodilnyi-prystrii.html>.

- 10.Кабелі силові АВВГ, АВВГнг, АВВГнгд : каталог. URL : <https://europan.ua/ru/produkcija/kabeli-silovi/avvg-avvgng-avvgngd/>.
- 11.Грицюк Ю.В. Електрична частина станцій і підстанцій. Методичні вказівки до практичних занять. – Луцьк: ЛНТУ, 2015. – 96 с.
12. Електрична частина станцій і підстанцій : методичні вказівки до виконання курсового проекту ; уклад. Ю.В. Грицюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2014. 84с.
13. Камери збірні одностороннього обслуговування КСО 399 УЗ : каталог. ООО Укрелетрокомплект. URL: <http://uelko.com/kso399.pdf>.
14. Панелі розподільних щитів ЩО 99 УЗ : каталог. ООО Укрелетрокомплект. URL: <https://uelko.com/so99.pdf>.
15. Роз'єднувачі РВ, РВО, РВЗ, РВФЗ, РЛВО : каталог. URL: <http://nvacontact.com/category2/razediniteli-10-kv/>.
16. Вимикач навантаження типу ВН-РА-000 : каталог. ООО Укрелетрокомплект URL: <https://uelko.com/vn-ra.pdf>.
17. Високовольтні запобіжники : каталог. URL: https://www.websor.ru/vjsokovoltnje_predohraniteli.html.
18. Кабелі силові ВВГ, ВВГнг, ВВГнгд : каталог. URL : <https://europan.ua/ru/produkcija/kabeli-silovi/vvg3-vvg3ng-vvg3ngd-vvg5-vvg5ng-vvg5ngd/>.
19. Лічильники електричної енергії НІК2303 : настанова з експлуатації. Київ, 2016. URL: http://www.nik.net.ua/uploads/RE_2303LE.pdf.
20. Трансформатори струму ТШ-0,66 : каталог. URL: <http://bek-ltd.com.ua/transformatory-toka-t-0-66>.
21. Вимикачі автоматичні серії ВА88 : інструкція з експлуатації. ІЕК. URL: https://www.iek.ru/partners/infobaza/files/docs/passp_re/bc4722f58a17e3fcaaa9ec94fab2307f.pdf

22. Роз'єднувач РЕ-19 : каталог продукції : Промелектросервіс. URL:
<http://www.elektro-portal.com/series/show/razedinitel-re19>.
23. 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.
24. Панченко С.В., Акімов О.І., Бабаєв М.М. та ін. Електробезпека : підручник. Харків : УкрДЗТ, 2018. 295 с.