

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

Романишину Ярославу Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційного проекту: Електропостачання заводу будівельних матеріалів встановленою потужністю 1340 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 пересування 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 двигуном горизонтального пересування 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 пересування 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 пересування 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 обладнання		
4	Схема керування двигуном горизонтального пересування вантажного візка		

Здобувач вищої освіти

(підпис)

(Романишин Я.М.)

(прізвище, ініціали)

Керівник

кваліфікаційного проекту

(підпис)

(Грицюк І.В.)

(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Романишин Я.М. Електропостачання заводу будівельних матеріалів встановленою потужністю 1340 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

Y. Romanyshyn. Power supply to a building materials plant with an installed capacity of 1340 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.....	13
2.3. Визначення результуючих навантажень.....	14
2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень.....	15
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.....	18
2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі.....	19
2.10. Розрахунок струмів короткого замикання.....	20
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.....	29

					ЛНТУ.971079.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання заводу будівельних матеріалів встановленою потужністю 1340 кВт. Пояснювальна записка.			Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.		Романишин Я.М.								6	70	
Перевір.		Грицюк І.В.						ФАБЕ, гр.ЕЕ–43				
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.										
Затверд.		Волинець В.І.										

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів.....	30
2.12.5. Вибір рубильників.....	31
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ	
ВАНТАЖНОГО ВІЗКА.....	32
РОЗДІЛ 4 САПР.....	35
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	37
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	38
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	39
ДОДАТОК 1 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ.....	42
ДОДАТОК 2 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ	
ВАНТАЖНОГО ВІЗКА.....	63
ДОДАТОК 3 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.....	69

ВСТУП

Метою даного проєкту є розрахунок системи електропостачання заводу будівельних матеріалів, яка відповідала б таким вимогам: надійність електропостачання; якість електричної енергії; економічність; безпека експлуатації.

В [1, 2] наведено рекомендації, яких необхідно дотримуватись в процесі проєктування.

Згідно з технічним завданням до проєкту електрична система заводу будівельних матеріалів складається з розподільних електричних мереж високої та низької напруги та споживачів електричної енергії.

До складу мереж високої напруги входять лінії електропередавання ЛЕП-10 кВ та трансформаторна підстанція. До складу мереж низької напруги – ЛЕП-0,4 кВ, розподільні (РП) та ввідно-розподільні (ВРП) пристрої низької напруги.

До складу споживачів підприємства входять електроустановки, встановлені у виробничих цехах та допоміжних будівлях, які переважно належать до II категорії надійності електропостачання.

Пріоритетною для мереж напругою 10 кВ є вимога безперебійності електропостачання, тому згідно з [3] їх виконують з ізолюваною нейтраллю. Крім того, при нарузі 10 кВ та нижче фактор вартості ізоляції не є визначним. Тому ізоляцію таких мереж розраховують на лінійні значення напруги.

Для мереж 0,4/0,23 кВ пріоритетом є безпека експлуатації. Тому такі мережі рекомендовано виконувати з глухозаземленою нейтраллю [3]. Копуси електрообладнання заводу повинні мати металічний зв'язок із заземленою нейтраллю установки, який здійснюється через нульовий провід. Тоді замикання на корпус будь-якої фази призведе до короткого замикання з достатньо великим струмом, і пошкоджена фаза буде відключена.

					ЛНТУ.971079.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

На будівництві використовують природні та штучні будівельні матеріали. До природних належать камінь, глина, пісок, дерево.

Спектр будівельних матеріалів, що виготовляються у штучний спосіб є доволі широким (рис.1.1).



Рисунок 1.1 – Галузі виробництва будівельних матеріалів

Перелік штучних будівельних матеріалів, на виробництві яких спеціалізується проєктований завод, наведено на схемі (рис.1.2).

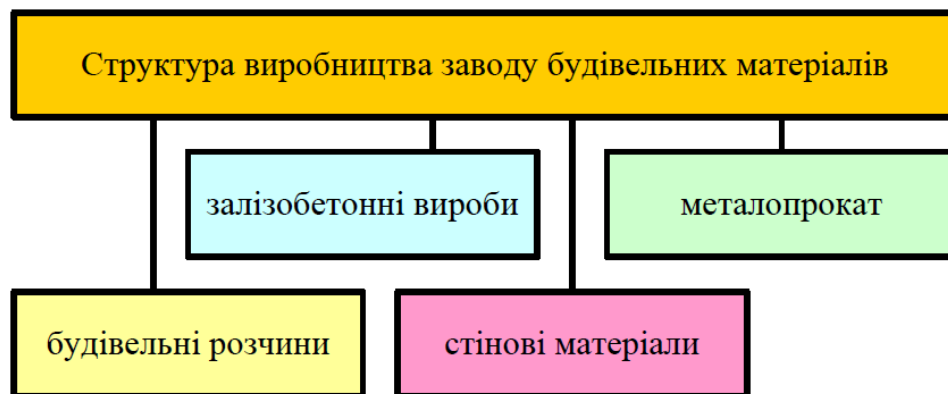


Рисунок 1.2 – Структура виробництва заводу будівельних матеріалів

					ЛНТУ.971079.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Романишин Я.М.			Електропостачання заводу будівельних матеріалів встановленою потужністю 1340 кВт. Пояснювальна записка.			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Грицюк І.В.								9	2
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.						ФАБЕ, гр.ЕЕ-43			
Затверд.		Волинець В.І.									

В технічному завданні до кваліфікаційного проєкту дано також інформацію про склад та характеристики приймачів електричної енергії, встановлених у кожному цеху, генеральний план заводу з прив'язкою до місцевості, план розташування обладнання в цеху будівельних розчинів та інші вихідні дані (табл.1.1, 1.2).

Таблиця 1.1 – Характеристики цехів заводу

Назва об'єкту	Ширина, м	Довжина, м	Площа будівлі, м ²	Встановлена потужність, кВт
1. Цех будівельних розчинів	74	71,9	5321	290
2. Цех залізобетонних виробів	24	60	1440	270
3. Цех стінових матеріалів	60	48	2880	285
4. Цех металопрокату	96	48	4608	300
5. Каналізаційно-насосна станція	24	24	576	150
6. Склад	48	36	1728	45
Разом			16553	1340

Таблиця 1.2 – Вихідні дані

Назва параметру	Одиниці вимірювання	Значення
Кількість змін	—	3
Тривалість роботи електрообладнання в рік τ	год.	5990
Час використання максимального навантаження T_{max}	год.	3100
Джерело живлення	—	РП-10 кВ
Відстань до джерела l	км	1,5
Потужність короткого замикання на шинах джерела живлення $S_{кз}$	МВА	45
Вхідна реактивна потужність $Q_{e max}$	кВАр	257
Загальна територія підприємства	м ²	40320
Категорія надійності споживачів:		
I	%	0,6
II	%	75,5
III	%	23,9

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень

В таблиці 2.1 розраховані силові навантаження кожного цеху та заводу будматеріалів в цілому. Окремо визначено середні навантаження за найбільш завантажену зміну для вибору трансформаторів підстанції та розрахункові навантаження для вибору кабельних ЛЕП низької напруги, що живитимуть розподільні пристрої окремих цехів, та самих розподільних пристроїв.

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантажень силових приймачів підприємства

Номер цеху	P_H , 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	290	156,98	156,09	221,37	192,94	154,45	247,15
1.1	116	64,03	63,57	90,22	75,62	62,91	98,37
1.2	86	46,69	45,83	65,42	60,50	45,17	75,51
1.3	89	46,27	46,70	65,74	56,82	46,37	73,34
2	270	121,50	122,72	172,69	133,65	134,99	189,96
3	285	142,50	171,00	222,59	171,00	188,10	254,21
4	300	165,00	161,70	231,02	199,65	177,87	267,39
5	150	73,50	74,24	104,47	91,88	81,66	122,92
6	45	31,50	23,63	39,38	40,95	25,99	48,50
Всього	1340	690,98	709,37	991,52	830,07	763,05	1130,13

В таблиці 2.2 наведено розрахунок навантажень, створюваних силовими приймачами, що отримують живлення від трьох розподільних пунктів, встановлених в цеху будівельних розчинів РП1.1-1.3 (див. креслення 3).

Для розрахунку в таблицях 2.1, 2.2 застосовано метод впорядкованих діаграм, рекомендований в [1, 2].

					ЛНТУ.971079.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання заводу будівельних матеріалів встановленою потужністю 1340 кВт. Пояснювальна записка.		
Розроб.	Романишин Я.М.						
Перевір.	Грицюк І.В.						
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						11	21
					ФАБЕ, гр.ЕЕ-43		

Таблиця 2.2 – Розрахунок силових навантажень цеху будівельних розчинів

Назва електро- приймача	P _н , кВт	n	P _н , кВт	K _{вик}	tgφ	m	P _{сн}	K _{сн}	Розрахункові навантаження			
									P _{сн} , кВт	Q _{сн} , квар	P _{лн} , кВт	Q _{лн} , квар
	Щит 1											
	Електроприймачі із змінним графіком навантаження											
Бункер поворотний БП-1,5	10	2	20	0,55	0,98	17,50	12	1,21	11,00	10,78	71,66	59,82
Бетонозмішувач примусової дії СБ-78	13	5	65	0,56	1,02				36,40	37,13		
Дозатор будівельних сумішей	1	5	5	0,3	0,99				1,50	1,49		
Конвеєр стрічковий	17,5	1	17,5	0,59	1,01				10,33	10,43		
	Електроприймачі з постійним графіком навантаження											
Шафа витяжна	4	2	8	0,6	0,78				4,80	3,74	3,96	3,09
Всього по щиту 1		15	115,5						64,03	63,57	75,62	62,91
	Щит 2											
	Електроприймачі із змінним графіком навантаження											
Бункер поворотний БП-1,0	6	2	12	0,55	0,98	17,50	9	1,35	6,60	6,47	56,54	42,08
Віброзмішувач ВБ-75	11	4	44	0,54	1,01				23,76	24,00		
Дозатор будівельних сумішей	1	4	4	0,3	0,99				1,20	1,19		
Конвеєр стрічковий	17,5	1	17,5	0,59	1,01				10,33	10,43		
	Електроприймачі з постійним графіком навантаження											
Шафа витяжна	4	2	8	0,6	0,78				4,80	3,74	3,96	3,09
Всього по щиту 2		13	85,5						46,69	45,83	60,50	45,17
	Щит 3											
	Електроприймачі із змінним графіком навантаження											
Бункер поворотний БП-1,5	10	1	10	0,55	0,98	13,00	13	1,25	5,50	5,39	54,84	44,83
Бетонозмішувач примусової дії СБ-138	13	4	52	0,56	1,02				29,12	29,70		
Установка нагрівальна	8	2	16	0,45	1,03				7,20	7,42		
Дозатор будівельних сумішей	1	4	4	0,3	0,99				1,20	1,19		
Візок вантажний	3,4	1	3,4	0,25	1,33				0,85	1,13		
	Електроприймачі з постійним графіком навантаження											
Шафа витяжна	4	1	4	0,6	0,78				2,40	1,87	1,98	1,54
Всього по щиту 3		13	89,4						46,27	46,70	56,82	46,37
ВСЬОГО		41	290,4						156,98	156,09	192,94	154,45

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Окрім силових цехи заводу будівельних матеріалів споживають також освітлювальні навантаження, створювані енергозберігаючими джерелами світла, вибраними з [4]. Тип джерел світла обираємо для кожного цеху відповідно до критеріїв, наведених в таблиці 2.3. Освітлювальні навантаження цехів розраховуємо за питомим навантаженням відповідних джерел світла (табл.2.4); навантаження вуличного освітлення – точковим методом [2] залежно від сумарної довжини доріг, включаючи під'їзні шляхи та периметр заводу.

Таблиця 2.3 – Вибір джерел світла

Назва об'єкта	Розряд зорової роботи	$E_{\text{норм}}, \text{лк}$	Тип лампи
1	Va	300	VELMAX V-LHB, 150W, LED, 13500Lm
2	Va	300	VELMAX V-LHB, 150W, LED, 13500Lm
3	Va	300	VELMAX V-LHB, 150W, LED, 13500Lm
4	Va	300	VELMAX V-LHB, 150W, LED, 13500Lm
5	Va	300	VELMAX V-LHB, 150W, LED, 13500Lm
6	VIIIб	75	GreenPerform Highbay Elite, 73W 10000Lm

Таблиця 2.4 – Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Номер цеху	F, м ²	h, м	$P_{\text{пит}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	$P_o, \text{кВт}$	$K_{\text{пра}}$	$K_{\text{п}}$	tgφ	$P_{\text{р.о}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{р.о}}, \text{квар}$
1	5320,6	8	4,81	25,59	1,2	0,9	0,33	27,64	9,12
2	1440	8	4,81	6,93	1,2	0,9	0,33	7,48	2,47
3	2880	8	4,81	13,85	1,2	0,9	0,33	14,96	4,94
4	4608	8	4,81	22,16	1,2	0,9	0,33	23,94	7,90
5	576	8	4,81	2,77	1,2	0,9	0,33	2,99	0,99
6	1728	5	4,44	7,67	1,2	0,9	0,33	8,29	2,73
Всього	16552,6			78,98				85,30	28,15

Світильники вуличного освітлення розташовані на опорах по обидва боки проїжджої частини в шаховому порядку.

Для вуличного освітлення приймаємо з [4] джерела світла VIDEX, 50W, 5000Lm:

$$\sum \varepsilon = \frac{10^3 \cdot 2,6 \cdot 0,85 \cdot 10}{5000} = 4,42 \text{ лк};$$

$$\frac{L}{h} = 14; L = 14 \cdot 10 = 140 \text{ м};$$

$$L_{\Sigma} = 3264 \text{ м}; N = \frac{3264}{140} = 23,3 \Rightarrow N_{\text{прийн}} = 24;$$

$$P_{\text{вст.зовн}} = 24 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 1,2 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{розр.зовн}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,2 = 1,3 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{розр.зовн}} = 1,3 \cdot 0,33 = 0,43 \text{ кВАр.}$$

2.3. Визначення результуючих навантажень

Сумарні силові та освітлювальні навантаження кожного цеху окремо та заводу в цілому розраховано в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок результуючих навантажень

Номер цеху	$P_{\text{вст}\Sigma},$ кВт	$P_{\text{ср.зм}\Sigma},$ кВт	$Q_{\text{ср.зм}\Sigma},$ квар	$S_{\text{ср.зм}\Sigma},$ кВА	$P_{\text{р}\Sigma},$ кВт	$Q_{\text{р}\Sigma},$ квар	$S_{\text{р}\Sigma},$ кВА
1	315,59	184,62	165,21	247,75	220,58	163,57	274,62
1.1	115,50	64,03	63,57	90,22	75,62	62,91	98,37
1.2	85,50	46,69	45,83	65,42	60,50	45,17	75,51
1.3	89,40	46,27	46,70	65,74	56,82	46,37	73,34
2	276,93	128,98	125,18	179,74	141,13	137,46	197,01
3	298,85	157,46	175,94	236,11	185,96	193,04	268,04
4	322,16	188,94	169,60	253,89	223,59	185,77	290,69
5	152,77	76,49	75,22	107,28	94,87	82,65	125,82
6	52,67	39,79	26,36	47,73	49,24	28,72	57,00
Освітлення території	1,20	1,30	0,43	1,36	1,30	0,43	1,36
Всього	1420,18	777,57	737,94	1073,86	916,66	791,63	1214,54

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Розраховуємо картограму електричних навантажень та наносимо її на герельний план заводу будівельних матеріалів (див. креслення 1).

Таблиця 2.6 – Визначення центру електричних навантажень

№ цеху	х, м	у, м	$P_{p\Sigma} \cdot x$	$P_{p\Sigma} \cdot y$	$Q_{p\Sigma} \cdot x$	$Q_{p\Sigma} \cdot y$	г	α
1	42	102	9265	22500	6870	16684	30	45
2	183	153	25827	21593	25154	21031	25	19
3	42	156	7810	29010	8108	30114	29	29
4	192	60	42929	13415	35668	11146	30	39
5	72	36	6830	3415	5951	2975	20	11
6	33	30	1625	1477	948	862	13	61
Всього			94286	91410	82698	82812		
$X_{\text{ц}}$	104							
$Y_{\text{ц}}$	102							

Трансформаторну підстанцію розташовуємо в центрі електричних навантажень (див. креслення 1), що забезпечує скорочення довжин кабельних ЛЕП низької напруги до мінімально можливих.

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

При виборі силових трансформаторів підстанції враховуємо:

кількість трансформаторів (мінімум два для можливості виведення одного з них в ремонт без переривання електропостачання приймачів заводу);

потребу у встановленні низьковольтних пристроїв компенсації (визначаємо на основі максимальної реактивної потужності, яку здатні передавати вибрані трансформатори);

два можливих варіанти встановлення трансформаторів різної потужності з їх техніко-економічним порівнянням.

Марка трансформаторів – ТМ – 10 / 0,4 з [5]; марка конденсаторних батарей – ККУ – 0,4 з [6].

Таблиця 2.7 – Вибір трансформаторів

Варіант встановлення	$\sigma, \frac{\text{кВА}}{\text{м}^2}$	$S_T, \text{кВА}$	N	$N_{\min}$	m	$N_{\text{опт}}$	$Q_{\max T}, \text{кВАр}$
I	0,06	1000	1,11	2	0	2	1164,21
II		630	1,76	2	0	2	416,30

Таблиця 2.8 – 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	0,00	11	27	0,29	157,94	157,94	80
II	321,64	11	27	0,29	50,9	372,54	200

Таблиця 2.9 – Техніко-економічне порівняння можливих варіантів встановлення

Варіант встановлення	$\Delta P_X, \text{кВт}$	$\Delta P_K, \text{кВт}$	$\tau, \text{год}$	$W, \text{тис.кВт} \cdot \text{год}$	$C_e, \text{тис.грн}$	$K, \text{тис.грн}$	$Z, \text{тис.грн}$
I	1,7	12,2	1650	25,30	196,058	1128,00	337,06
II	1,18	8,5	1650	17,5725	136,187	987,44	259,62

Вибираємо $2 \times \text{ТМ} - 630 / 10; 2 \times \text{ККУ} - 0,4 - 200 - 10 - 21\text{УЗ}$.

$$1,4 \cdot 630 = 882 \text{кВА} > \frac{2 \cdot (1 - 0,239) \cdot 1073,86}{2} = 817,2 \text{кВА}.$$

2.6. Компенсація реактивної потужності

Компенсацію реактивної потужності (індуктивної складової струму) в мережах змінного струму виконують з метою часткового розвантаження електричних мереж, покращення показників якості електроенергії та забезпечення значення дозволеної реактивної потужності на межі балансової належності заводу.

Розрахуємо доцільність застосування високовольтної компенсації реактивної потужності (табл.2.10).

Таблиця 2.10 – Розрахунок компенсації реактивної потужності

Показник	Од.вимір.	Значення
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$	кВАр	737,94
$Q_{\text{еmax}}$	кВАр	257
$Q_{\text{НБК } \phi}$	кВАр	400
ΔQ_T	кВАр	20
$K_{\text{НС}}$	–	0,75
Q_{M1}	кВАр	553,46
Q_{K1}	кВАр	296,86
$Q_{\text{НС T}}$	кВАр	377,94
$Q_{\text{ВБК}}$	кВАр	-63,14

$Q_{\text{ВБК}} < 0$, отже, достатнім є застосування централізованої компенсації реактивної потужності на шинах напругою 400 В трансформаторної підстанції за допомогою конденсаторних батарей:

$$2 \times \text{ККУ} - 0,4 - 200 - 10 - 21\text{УЗ}.$$

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях

Таблиця 2.11 – Розрахунок навантажень на рівні 10 кВ

Розрахункове навантаження	Одиниці вимірювання	Значення
P_{p3}	кВт	777,57
Q_{p2}	кВАр	737,94
$Q_{\text{НБК}}$	кВАр	400
P_{p3}	кВт	777,57
Q_{p3}	кВАр	337,94
S_{p3}	кВА	847,83
ΔP_T	кВт	16,96
ΔQ_T	кВАр	84,78
P_{p4}	кВт	794,53
Q_{p4}	кВАр	422,72
S_{p4}	кВА	899,99

Де навантаження з індексом 4 – це навантаження на рівні високої напруги 10 кВ трансформаторної підстанції.

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

При виборі кабелів, якими виконано ЛЕП зовнішнього живлення враховуємо:

кількість паралельних кабелів (мінімум два для можливості виведення одного з них в ремонт без переривання електропостачання приймачів заводу);

значення економічної густини струму [7] для вибору перерізу, найбільш доцільного з економічної точки зору;

чотири можливих варіанти перерізів кабелів з їх техніко-економічним порівнянням.

Марка кабелів – АПвВ – 10 з [8].

$$\text{з [7]} \quad j_e = 1,7 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2};$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{899,99}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 25,98 \text{ А}; I_{\text{П АВ}} = \frac{899,99}{\sqrt{3} \cdot 10} = 51,96 \text{ А};$$

$$F_e = \frac{25,98}{1,7} = 30,57 \text{ мм}^2; \text{ розглядаємо перерізи від } 35 \text{ мм}^2 \text{ включно.}$$

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 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}$, В	$\Delta U_{\text{норм}}$, %	$\Delta U_{\text{П АВ}}$, %
35	143	147,29	0,641	0,09	38,26	0,38	0,77
50	169	174,1	0,58	0,086	34,80	0,35	0,70
70	211	217,3	0,45	0,084	27,70	0,28	0,55
95	260	267,8	0,31	0,083	20,10	0,20	0,40

Таблиця 2.13 – Техніко-економічне порівняння кабелів різного перерізу

F, мм ²	K _{зл}	ΔP_H , кВт	ΔP_D , кВт	C _e , тис. грн.	K, тис. грн.	З, тис. грн.
35	0,176	135,17	4,205	53,777	1449	234,902
50	0,149	170,82	3,805	48,660	1776	270,660
70	0,120	206,59	2,952	37,753	1848	268,753
95	0,097	216,10	2,034	26,008	2157	295,633

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

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Внутрішню розподільну мережу заводу будівельних матеріалів виконано за такою схемою: кабельні лінії від підстанції до цехів (АВВГ – 0,4 [11]); ввідно-розподільні пристрої [9]; розподільні пункти (щити) [10].

Схему обираємо змішану: радіально виконано живлення цехів та каналізаційно-насосної станції, магістрально – живлення складу.

Таблиця 2.14 – Вибір розподільних пристроїв 0,4 кВ

Назва РП	S _{рз} , кВА	I _{п.ав} , А	Тип розподільного пристрою	I _{доп.РП} , А	n _{прийм}	n _{мод}
ВРП1	274,62	417,23	ЕУ – ВРП2 – 1 – 630 У4	630	3	4
РП1.1	98,37	149,46	ПР11 – 3051 – 21 У3	250	15	16
РП1.2	75,51	114,72	ПР11 – 3051 – 21 У3	250	13	16
РП1.3	73,34	111,43	ПР11 – 3051 – 21 У3	250	13	16
ВРП2	197,01	299,32	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	3	4
ВРП3	268,04	407,24	ЕУ – ВРП2 – 1 – 630 У4	630	4	4
ВРП4	290,69	441,66	ЕУ – ВРП2 – 1 – 630 У4	630	3	4
РП5	182,82	277,76	ЕУ – ВРП2 – 1 – 250 У4	250	3	4
РП6	57,00	86,60	ПР11 – 3087 – 21 У3	400	11	12

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	3	274,62	139,08	278,16	4×185	260	268	281	0,019	0,18	0,06	0,22	0,66
ВРП1 – РП1.1	2	98,37	74,73	149,46	5×70	140	144	151	0,005	0,48	0,06	0,07	0,15
ВРП1 – РП1.2	2	75,51	57,36	114,72	5×50	110	113	119	0,018	0,67	0,06	0,27	0,54
ВРП1 – РП1.3	2	73,34	55,71	111,43	5×70	140	144	151	0,004	0,48	0,06	0,05	0,09
ТП – ВРП2	3	197,01	99,77	199,55	4×120	200	206	216	0,102	0,28	0,06	1,21	3,63
ТП – ВРП3	3	268,04	135,75	271,50	4×185	260	268	281	0,078	0,18	0,06	0,87	2,62
ТП – ВРП4	3	290,69	147,22	294,44	4×240	401	413	433	0,065	0,125	0,059	0,59	1,78
ТП – РП5	2	182,82	138,88	277,76	4×185	260	268	281	0,076	0,18	0,06	0,87	1,73
РП5 – РП6	1	57,00	86,60	86,60	5×35	95	98	103	0,024	0,95	0,06	0,75	0,75

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

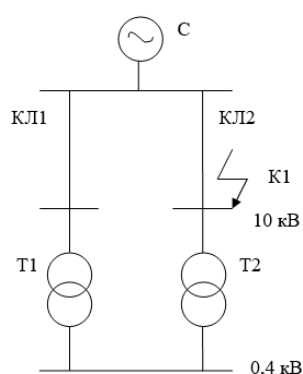


Рисунок 2.1 – Електрична схема короткозамкненого кола

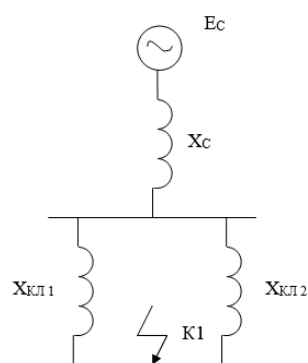


Рисунок 2.2 – Заступна схема короткозамкненого кола

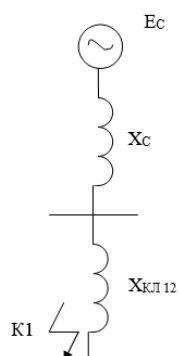


Рисунок 2.3 – Схема короткозамкненого кола після об'єднання паралельних ліній

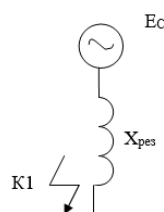


Рисунок 2.4 – Спрощена схема короткозамкненого кола

Застосовуємо відносне наближене зведення :

$$S_{\text{г}} = 100 \text{ МВА}; U_{\text{г}} = 10,5 \text{ кВ}.$$

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

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
$S_{\text{КЗ}}$	МВА	45
$\dot{X}_{\text{С}^*}$	—	2,222
$\dot{R}_{\text{КЛ1}^*}, \dot{R}_{\text{КЛ2}^*}$	—	0,872
$\dot{X}_{\text{КЛ1}^*}, \dot{X}_{\text{КЛ2}^*}$	—	0,122
$\dot{R}_{\text{КЛ12}^*}$	—	0,436
$\dot{X}_{\text{КЛ12}^*}$	—	0,061
$\dot{R}_{\text{рез}^*}$	—	0,436
$\dot{X}_{\text{рез}^*}$	—	2,283
$\dot{Z}_{\text{рез}^*}$	—	2,325
$I_{\text{г}}$	кА	5,50
$I_{\text{н0}}$	кА	2,365
k_y	—	1,42
i_y	кА	4,750
K_T	$\frac{\text{А} \cdot \text{с}^{1/2}}{\text{мм}^2}$	125
t_n	с	0,25
F_{min}	мм ²	9,5
Тип та переріз кабелю з п.2.8	—	АПВВ – 10 – 3 × 35
B_K	кА ² · с	1,4

2.11. Вибір обладнання

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

Прийом та розподіл змінного струму напругою 10 кВ виконується за допомогою комірок КСО – 399 [14]; напругою 0,4 кВ – за допомогою розподільних панелей ЩО – 99 [15]. Види та характеристики розподільних

пристроїв, а також номери відповідних до [14, 15] схем електричних з'єднань, наведені в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Технічні характеристики комплектних розподільних пристроїв трансформаторної підстанції

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 ЦО 99 0,4 кВ			
Ввідні	ЦО 99-2101 УЗ	2	–
Лінійні	ЦО 99-2308 УЗ	4	–
Секційна	ЦО 99-2208 УЗ	1	–

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$25,98 < 630 \text{ А};$$

$$51,96 < 630 \text{ А};$$

$$4,75 < 51 \text{ кА};$$

$$1,4 < 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Секційні комірки розподільного пристрою 10 кВ обладнані роз'єднувачами внутрішнього встановлення із заземлюючими ножами [16]:

РВ030 – 10 – 630

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$25,98 < 630 \text{ А};$$

$$51,96 < 630 \text{ А};$$

$$4,75 < 41 \text{ кА};$$

$$1,4 < 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Ввідні та трансформаторні комірки розподільного пристрою 10 кВ обладнані відповідно вимикачами навантаження із заземлюючими ножами [17] та вимикачами навантаження із заземлюючими ножами та запобіжниками [18]:

Ввідні комірки
ВН – РА 030 – 10 – 630 УЗ:

Трансформаторні комірки
ВН – РА 03П – 10 – 630 УЗ:

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$25,98 < 630 \text{ А};$$

$$25,98 < 630 \text{ А};$$

$$51,96 < 630 \text{ А};$$

$$51,96 < 630 \text{ А};$$

$$2,365 < 31,5 \text{ кА};$$

$$2,365 < 31,5 \text{ кА};$$

$$4,75 < 80 \text{ кА};$$

$$4,75 < 80 \text{ кА};$$

$$1,4 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$1,4 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

ПКТ – 10 – 63 – 12,5 УЗ:

$$51,96 < 63 \text{ А};$$

$$2,365 < 12,5 \text{ кА};$$

$$40,97 < 217 \text{ кА},$$

$$S'' = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2,365 = 40,97 \text{ МВА.}$$

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

Низьковольтну розподільну мережу цеху будівельних розчинів виконано за радіальною схемою: ввідно-розподільний пристрій ЕУ – ВРП2 – 1 – 630 У4 (табл.2.1); три силових розподільних щити ПР11 – 3051 – 21 У3 (табл.2.14); кабелі живлення АВВГ – 0,4, АВВГнгд – 0,4 (табл.2.15); кабелі живлення електрообладнання цеху [19].

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Таблиця 2.18 – Вибір кабелів внутрішньоцехової мережі

Назва електроприймача	P_n , кВт	$\cos \varphi$	I , А	F , мм ²	$I_{тр.доп}$, А	Кабель
Щит 1						
Бункер поворотний БП-1,5	10	0,71	21,27	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Бетонозмішувач примусової дії СБ-78	13	0,70	28,21	4	34	ВВГнгд-5× 4
Дозатор будівельних сумішей	1	0,71	2,14	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Конвеєр стрічковий	17,5	0,70	37,79	6	45	ВВГнгд-5× 6
Шафа витяжна	4	0,79	7,71	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Щит 2						
Бункер поворотний БП-1,0	6	0,71	12,76	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Віброзмішувач ВБ-75	11	0,70	23,75	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Дозатор будівельних сумішей	1	0,71	2,14	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Конвеєр стрічковий	17,5	0,70	37,79	6	45	ВВГнгд-5× 6
Шафа витяжна	4	0,79	7,71	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Щит 3						
Бункер поворотний БП-1,5	10	0,71	21,27	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Бетонозмішувач примусової дії СБ-138	13	0,70	28,21	4	34	ВВГнгд-5× 4
Установка нагрівальна	8	0,70	17,45	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Дозатор будівельних сумішей	1	0,71	2,14	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Візок вантажний	3,4	0,60	8,60	2,5	26	ВВГнгд-5× 2,5
Шафа витяжна	4	0,79	7,71	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
1	2	3	4	5	6	7
Щит 1						
Бункер поворотний БП-1,5	2	8	0,09	0,004	0,224	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,007	0,392	ВВГнгд-5× 2,5
Бетонозмішувач примусової дії СБ-78	5	5	0,09	0,01	0,458	ВВГнгд-5× 4
		5	0,09	0,024	1,100	ВВГнгд-5× 4
		5	0,09	0,034	1,559	ВВГнгд-5× 4
		5	0,09	0,048	2,200	ВВГнгд-5× 4
		5	0,09	0,058	2,659	ВВГнгд-5× 4
		5	0,09	0,062	0,347	ВВГнгд-5× 2,5
Дозатор будівельних сумішей	5	8	0,09	0,014	0,078	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,028	0,157	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,038	0,213	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,052	0,291	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,062	0,347	ВВГнгд-5× 2,5
Конвеєр стрічковий	1	3,33	0,09	0,012	0,497	ВВГнгд-5× 4
Шафа витяжна	2	8	0,09	0,01	0,224	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,072	1,610	ВВГнгд-5× 2,5

Продовження таблиці 2.19

1	2	3	4	5	6	7
	Щит 2					
Бункер поворотний БП-1,5	2	8	0,09	0,004	0,134	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,007	0,235	ВВГнгд-5× 2,5
Вібромішувач ВБ-75	4	8	0,09	0,012	0,740	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,028	1,726	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,034	2,096	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,05	3,082	ВВГнгд-5× 2,5
Дозатор будівельних сумішей	4	8	0,09	0,018	0,101	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,034	0,190	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,04	0,224	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,056	0,314	ВВГнгд-5× 2,5
конвеєр стрічковий	1	3,33	0,09	0,014	0,580	ВВГнгд-5× 4
Шафа витяжна	2	8	0,09	0,036	0,805	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,036	0,805	ВВГнгд-5× 2,5
	Щит 3					
Бункер поворотний БП-1,5	1	8	0,09	0,038	2,128	ВВГнгд-5× 2,5
Бетономішувач примусової дії СБ-138	4	5	0,09	0,016	0,733	ВВГнгд-5× 4
		5	0,09	0,026	1,192	ВВГнгд-5× 4
		5	0,09	0,036	1,650	ВВГнгд-5× 4
		5	0,09	0,047	2,154	ВВГнгд-5× 4
Установка нагрівальна	2	8	0,09	0,02	0,897	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,024	1,076	ВВГнгд-5× 2,5
Дозатор будівельних сумішей	4	8	0,09	0,016	0,090	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,021	0,118	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,031	0,174	ВВГнгд-5× 2,5
		8	0,09	0,042	0,235	ВВГнгд-5× 2,5
Вантажний візок	1	8	0,09	0,018	0,344	ВВГнгд-5× 2,5
Шафа витяжна	1	8	0,09	0,011	0,246	ВВГнгд-5× 2,5

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

Застосовуємо абсолютне наближене зведення :

$$U_6 = 0,4 \text{ кВ}; U_{c10} = 10,5 \text{ кВ}.$$

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

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
U_6	кВ	0,4
$I_{к10}$	кА	2,365
U_{c10}	кВ	10,5
$S_{ном.Т}$	кВА	630
ΔP_k	кВт	8,5
u_k	%	6



ЛНТУ.971079.000 ПЗ

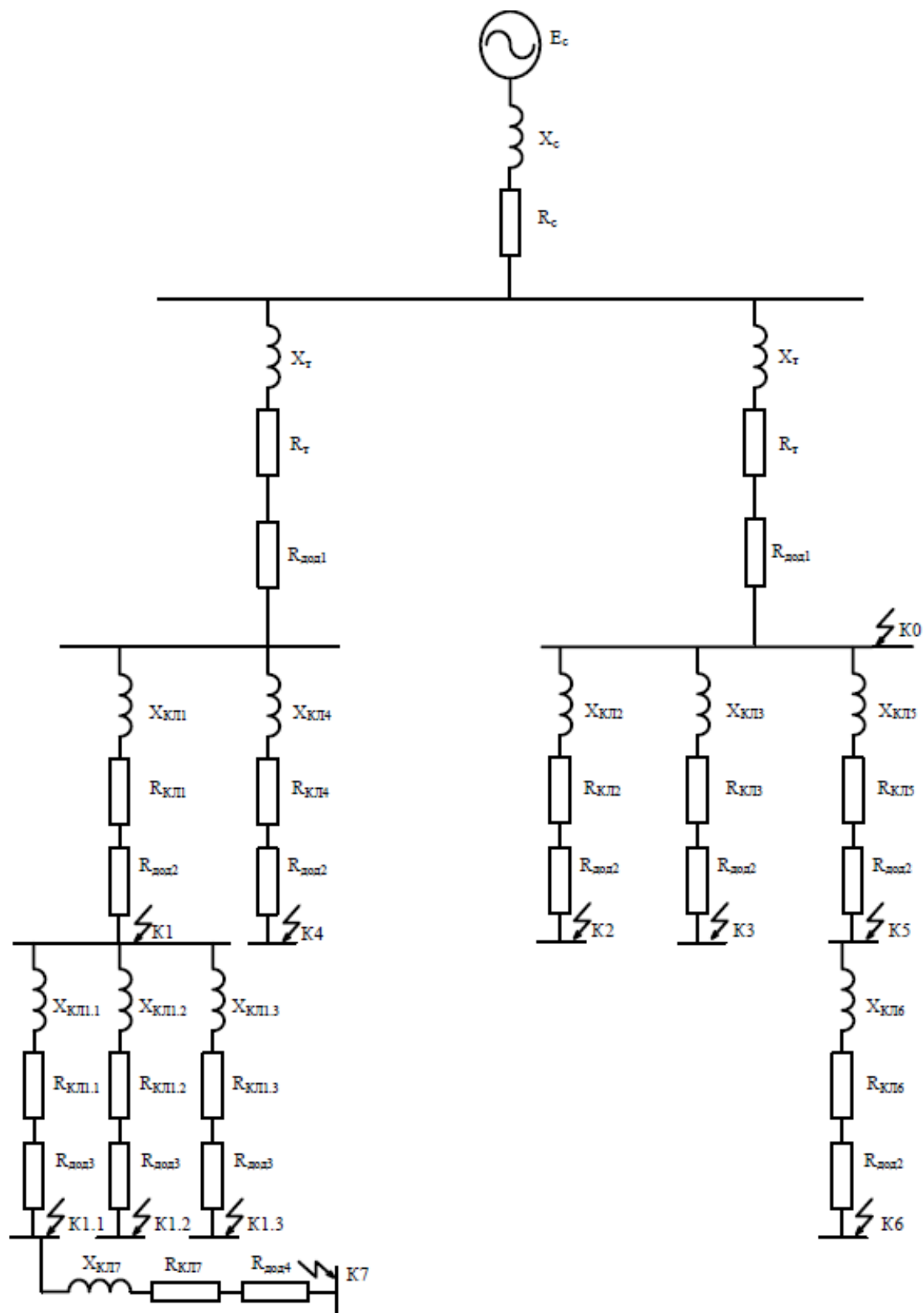


Рисунок 2.6 – Заступна схема НВ мережі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛНТУ.971079.000 ПЗ

Арк.

27

Таблиця 2.21 – Визначення струмів КЗ в точці К0

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
R_c	Ом	0,481
X_c	Ом	2,563
$\dot{R}_c$	МОм	0,698
$\dot{X}_c$	МОм	3,720
$\dot{R}_T$	МОм	1,713
$\dot{X}_T$	МОм	7,619
$\dot{R}_{рез0}$	МОм	17,411
$\dot{X}_{рез0}$	МОм	11,339
$Z_{рез0}$	МОм	20,778
I_K	кА	11,115
k_y	–	1,05
i_y	кА	16,505

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	0,019	0,18	3,456	0,06	1,152
ВРП1 – РП1.1	0,005	0,48	2,496	0,06	0,312
ВРП1 – РП1.2	0,018	0,67	12,060	0,06	1,080
ВРП1 – РП1.3	0,004	0,48	2,112	0,06	0,264
ТП – ВРП2	0,102	0,28	28,672	0,06	6,144
ТП – ВРП3	0,078	0,18	14,112	0,06	4,704
ТП – ВРП4	0,065	0,125	8,150	0,059	3,847
ТП – РП5	0,076	0,18	13,680	0,06	4,560
РП5 – РП6	0,024	0,95	22,800	0,06	1,440
ТП – ВРП1	0,012	3,33	39,960	0,09	1,080
РП1.1 – Рmax	0,019	0,18	3,456	0,06	1,152

Таблиця 2.23 – Визначення струмів КЗ в НВ мережі

Точка КЗ	$R_{дод}$, МОм	$\dot{R}_{рез}$, МОм	$\dot{X}_{рез}$, МОм	$\dot{Z}_{рез}$, МОм	I_K , кА	k_y	i_y , кА	F_{min} , мм ²	Вибраний переріз
К1	20	25,87	12,49	28,72	8,040	1	11,370	29,8	4×185
К1.1	25	33,36	12,80	35,74	6,463	1	9,139	23,9	5×70
К1.2	25	42,93	13,57	45,02	5,130	1	7,254	19,0	5×50
К1.3	25	32,98	12,75	35,36	6,531	1	9,237	24,2	5×70
К2	20	51,08	17,48	53,99	4,277	1	6,049	15,8	4×120
К3	20	36,52	16,04	39,89	5,789	1	8,187	21,4	4×185
К4	20	30,56	15,19	34,13	6,767	1	9,570	25,1	4×240
К5	20	36,09	15,90	39,44	5,856	1	8,281	21,7	4×185
К6	20	58,89	17,34	61,39	3,762	1	5,320	13,9	5×35
К7	30	78,32	13,88	79,54	2,903	1	4,106	10,8	5×6

Приймаємо для КЛ7 кабель ВВГнгд – 5×16 .

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

У ввідних розподільних панелях напругою 0,4 кВ встановлено трансформатори струму [21], до яких підключено:

лічильники електричної енергії комерційного та технічного обліку НІК 2307 АПЗТ, вибрані з [20];

амперметри АСКО – УКРЕМ 2000А.

$$I_{\text{норм}} = \frac{1214,54}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 922,65 \text{ А}; I_{\text{max}} = \frac{1214,54}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1845,3 \text{ А}.$$

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:

$$TШ - 0,66 \text{ 2000 / 5}$$

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$922,65 < 2000 \text{ А};$$

$$1845,3 < 2000 \text{ А};$$

$$16,505 < 51 \text{ кА};$$

$$30,89 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом}.$$

Технічний облік:

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

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$294,44 < 300 \text{ А};$$

					ЛНТУ.971079.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$11,37 < 51 \text{ кА};$$

$$16,16 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом}.$$

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Вибираємо з [22] автоматичні вимикачі.

Таблиця 2.24 – Вибір автоматичних вимикачів

Номер вимикача	Тип вимикача	Каталожні дані			Розрахункові дані			
		U _{ном} , кВ	I _{ном розщ} , А	I _{гр вимк} , кА	U _{уст} , кВ	I _{ном} , А	I _{п.ав} , А	I _к , А
QF1	Chint NA1-2000-2000M / 3	0,4	2000	40	0,4	922,65	1845,30	11,115
QF2	Chint NA1-2000-2000M / 3	0,4	2000	40	0,4	922,65	1845,30	11,115
QF3	Chint NA1-2000-2000M / 3	0,4	2000	40	0,4	922,65	1845,30	11,115
QF4	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	139,08	278,16	8,040
QF5	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	139,08	278,16	8,040
QF6	BA 88 – 35	0,4	160	35	0,4	74,73	149,46	6,463
QF7	BA 88 – 35	0,4	160	35	0,4	74,73	149,46	6,46
QF8	BA 88 – 33	0,4	125	35	0,4	57,36	114,72	5,130
QF9	BA 88 – 33	0,4	125	35	0,4	57,36	114,72	5,13
QF10	BA 88 – 35	0,4	160	35	0,4	55,71	111,43	6,531
QF11	BA 88 – 35	0,4	160	35	0,4	55,71	111,43	6,53
QF12	BA 88 – 35	0,4	200	35	0,4	99,77	199,55	4,277
QF13	BA 88 – 35	0,4	200	35	0,4	99,77	199,55	4,277
QF14	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	135,75	271,50	5,789
QF15	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	135,75	271,50	5,789
QF16	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	147,22	294,44	6,767
QF17	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	147,22	294,44	6,77
QF18	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	138,88	277,76	5,856
QF19	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	138,88	277,76	5,856
QF20	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	86,60	86,60	3,762
QF21	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	86,60	86,60	3,762
QF22	BA 88 – 32	0,4	40	25	0,4	37,79	37,79	2,903

2.12.5. Вибір рубильників

Вибираємо з [23] рубильники:

РЕ 19 – 44; 2000 А;

$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$

$922,65 < 2000 \text{ А};$

$1845,3 < 2000 \text{ А};$

$16,505 < 50 \text{ кА};$

$30,89 < 900 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$

					ЛНТУ.971079.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ ВАНТАЖНОГО ВІЗКА

Технологічний процес виробництва будівельних розчинів пов'язаний із переміщенням великої кількості важких вантажів. Для полегшення виконання навантажувально-розвантажувальних робіт в цеху передбачено два стрічкові конвеєри та підвісний вантажний електровізок, що отримує живлення від силового щита РП1.3.

Вантажний візок призначений для переміщення штучних вантажів та оснащений гаковою підвіскою. До складу візка входять два механізми, що мають електропривод: механізм підйому та механізм горизонтального пересування.

Вихідні дані для розрахунку механізму пересування вантажного візка:

$$m = 5 \text{ т}; m_0 = 0,5 \text{ т}; v = 1,25 \frac{\text{м}}{\text{с}}; a = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; I = 0,025 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$\eta = 81\%; b = 15 \text{ м}; \text{режим роботи} - \text{тяжкий}; \text{ТВ} = 40\%;$$

$$\text{механізм підйому: МТФ011} - 6; P_{\text{дв}} = 5 \text{ кВт}.$$

Розрахунки виконуємо відповідно до методики, наведеної в [22].

3.1. Визначення опору руху

$$D_k = 250 \text{ мм}; f = 0,02; \mu = 0,0003; d_k = 0,2 \cdot 250 = 50 \text{ мм};$$

$$k_p = 2,6;$$

$$F_{\text{тертя}} = 2,6 \cdot (5 + 0,5) \cdot 9,81 \cdot \frac{0,02 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,003}{0,25} = 897,8 \text{ Н};$$

$$\alpha = 0,002^\circ;$$

$$F_{\text{нахил}} = (5 + 0,5) \cdot 9,81 \cdot \sin 0,002^\circ = 1,9 \text{ Н};$$

$$F_{\text{руху}} = 897,8 + 1,9 + 0 = 899,7 \text{ Н}.$$

					ЛНТУ.971079.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Романишин Я.М.			Електропостачання заводу будівельних матеріалів встановленою потужністю 1340 кВт. Пояснювальна записка.			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Грицюк І.В.								32	3
								ФАБЕ, гр.ЕЕ-43			
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.									
Затверд.		Волинець В.І.									

3.2. Вибір електроприводу

3.2.1. Вибір двигуна

$$P_c = \frac{899,7 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3}}{0,81} = 1,39 \text{ кВт};$$

$$k_t = 1,1$$

$$P_{\text{необх}} = \frac{1,39}{1,1} = 1,26 \text{ кВт};$$

$$\text{МТФ011} - 6: P_{\text{дв}} = 1,4 \text{ кВт}; n_{\text{дв}} = 885 \text{ об}^{-1}; I_{\text{дв}} = 0,021 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$M_{\text{дв}}^{\text{ном}} = 40 \text{ Н} \cdot \text{м}; \text{ТВ}_{\text{дв}} = 40\%.$$

3.2.2. Перевірка двигуна методом еквівалентного ККД

$$k_{\text{екв}} = 0,6; k_z = 1; \eta_{\text{екв.б}} = 0,81; k_n = 1; \text{ТВ}_{\text{р.б}} = 0,05;$$

$$\text{ТВ}_p = 0,1; k_p = 0,94; \alpha = 1,05; k_{\text{дин}} = 1,25; Z = 300 \frac{\text{ВКЛ}}{\text{ГОД}};$$

$$Z' = 548 \frac{\text{ВКЛ}}{\text{ГОД}}; \eta_{\text{екв}} = 0,88;$$

$$P_{\text{доп}} = \frac{0,6 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1,39 \cdot \sqrt{\frac{40}{40}}}{0,94 \cdot 1,05 \cdot [0,81 - 1,25 \cdot (0,81 - 0,88)]} = 0,6 \text{ кВт} < 1,4 \text{ кВт}.$$

$$M_{\text{ст max}} = \frac{9550 \cdot 1,39}{885} = 14,98 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_d = \frac{0,025 + 0,021}{38,2} \cdot \frac{885}{1,25} \cdot 0,25 = 0,21 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$k_{z.m} = 1,15; 1,15 \cdot (14,98 + 0,21) = 17,47 < 40 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

3.3. Електропостачання двигунів кранових механізмів

Вздовж підкранового шляху прокладено тролєї (сталеві кутники) для передавання електроенергії через струмозйомники від мережі щита РП1.3 до електроприводів та електроапаратів вантажного візка:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$I_{\text{дв.п}} = \frac{2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 3,9 \text{ A};$$

$$I_{\text{дв.в}} = \frac{1,4}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 2,7 \text{ A};$$

$$I_{\text{п}} = 5,5 \cdot 3,9 + 2,7 = 23,99 \text{ A};$$

$$K = \frac{1 \cdot 10^3}{23,99 \cdot 15} = 0,278 \Rightarrow \text{тролеї } 75 \times 75 \times 10.$$

					ЛНТУ.971079.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

РОЗДІЛ 4

САПР

Розрахунок розділу 3 виконаний автоматично за допомогою середовища Microsoft Excel 2003.

Розрахунок механізму пересування вантажного візка										
Вихідні дані:										
m=	5	т								
m0=	0,5	т								
режим	Т									
b=	15	м								
механізм підйому:			Рдв.п=	2	кВт					
v.в=	1,25	м/с	a.в=	0,25	м/с ²	Iв=	0,025	кг*м ²	η.в=	0,81
H=	8	м				ТВ	40	%		
4.1 Визначення опору руху								m+m0	Дк.в	Дк.м
Діаметр ходових коліс			Дк	0,25	м			5	250	500
Коеф.тертя коліс по рейках			μ	0,0003				10	360	630
Коеф.тертя в підшипниках			f.коч	0,02				15	360	710
Діаметр валу колеса			d.к	0,05	м					
Коеф.дод.опорів			k.p	2,6				Дк, мм	мю	
Опір тертя			Fтер	897,8	Н			250	0,0003	
Кут нахилу шляху			α	0,002				500	0,0005	
Опір від нахилу шляху			Fнахил	1,9	Н			630	0,0006	
Опір руху моста			Fруху	899,7	Н			710	0,0008	

Рисунок 4.1 – Визначення опору руху

4.2 Вибір двигуна															
Статична потужність				Рс	1,39	кВт		Л	С	Т					
Тепловий коефіцієнт				к.т	1,10			1,50	1,30	1,10					
Необхідна потужність двигуна				Рнеобх	1,26	кВт									
Тип двигуна				-	MTF 011-6			Потужність на валу, кВт, при				Частота обертання, хв. ⁻¹	Максимальний момент, Н*м	Момент інерції ротора, кг*м ²	
Потужність двигуна				Рдв	1,4	кВт		ТВ=15%	ТВ=25%	ТВ=40%	ТВ=60%				
Частота двигуна				п.дв	885	об/хв		2				800			
Момент інерції двигуна				Iдв	0,021	кг*м			1,7			850			
Ном.момент двигуна				Мном	40	Н*м				1,4		885			
Тривалість ввімк.двигуна				ТВдв	40	%					2	910			

Рисунок 4.2 – Вибір двигуна

					ЛНТУ.971079.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Романишин Я.М.			Електропостачання заводу будівельних матеріалів встановленою потужністю 1340 кВт. Пояснювальна записка.			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Грицюк І.В.								35	2
								ФАБЕ, гр.ЕЕ-43			
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.									
Затверд.		Волинець В.І.									

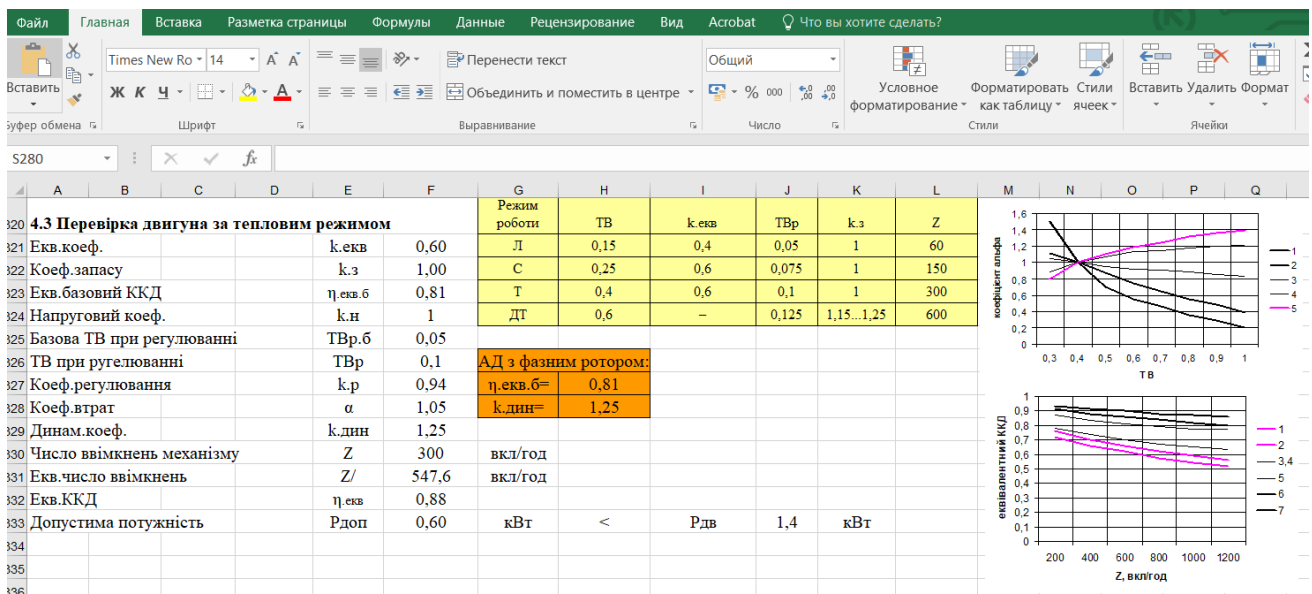


Рисунок 4.3 – Перевірка двигуна за методом еквівалентного ККД (перевірка за тепловим режимом)

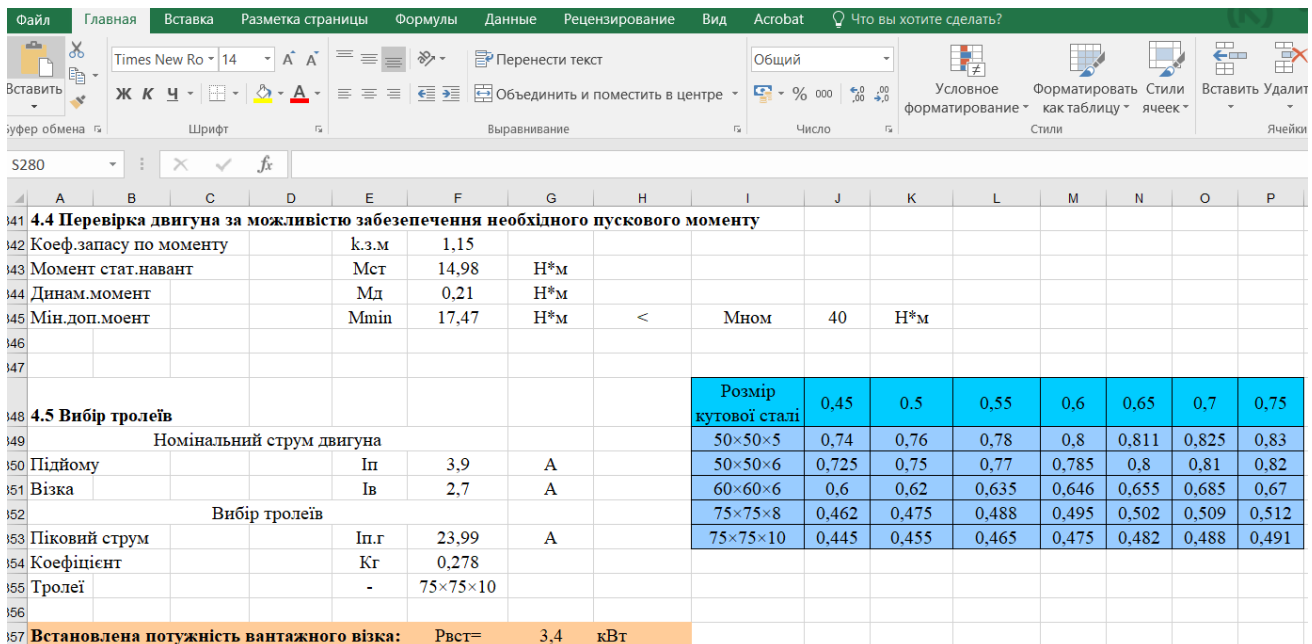


Рисунок 4.4 – Перевірка двигуна за методом еквівалентного ККД (перевірка за можливістю забезпечення необхідного пускового моменту);
вибір тролей

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Захист працівників цеху будівельних розчинів від ураження електричним струмом забезпечено застосуванням контуру заземлення, до якого приєднані неструмовідні частини електрообладнання [25]:

$$l = (74 + 71,9) \cdot 2 = 291,8 \text{ м};$$

$$R_{\Gamma} = \frac{180}{2 \cdot 3,14 \cdot 291,8} \cdot \ln \frac{291,8^2}{0,4 \cdot 0,04} = 1,6 \text{ Ом};$$

$$R_H = 10 \text{ Ом};$$

$$R_B = \frac{1,6 \cdot 10}{1,6 + 10} = 1,37 \text{ Ом};$$

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

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

$$n_B = \frac{55}{1,37 \cdot 0,65} = 61,6 \text{ шт} \Rightarrow n_B = 62 \text{ шт};$$

$$R_{шт} = \frac{55 \cdot 1,6}{0,3 \cdot 55 + 0,65 \cdot 62 \cdot 1,6} = 1,08 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

					ЛНТУ.971079.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання заводу будівельних матеріалів встановленою потужністю 1340 кВт. Пояснювальна записка.		
Розроб.	Романишин Я.М.						
Перевір.	Грицюк І.В.						
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						37	1
					ФАБЕ, гр.ЕЕ-43		

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Для забезпечення ефективної роботи елементів електричної системи заводу будівельних матеріалів в проєкті прийнято технічні рішення, перелічені нижче.

Кабельні ЛЕП зовнішнього живлення:

Застосовано дві паралельні лінії, кожна з яких розрахована на струм післяаварійного навантаження. Таким чином, при виведенні в ремонт однієї з паралельних ліній можливе перемикання живлення на іншу лінію за допомогою ремонтної перемички трансформаторної підстанції.

Для вибору перерізу кабелів виконане порівняння різних варіантів та обрано найбільш економічний з них.

Трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ:

Застосовано два паралельних трансформатора, завантаження кожного з яких в нормальному режимі роботи не перевищує 70% від його номінальної потужності. Отже є можливість виведення в ремонт одного з трансформаторів та передавання електричної енергії через інший з його допустимим перевантаженням в межах 40%.

Перемикання живлення виконується експлуатаційним електротехнічним персоналом заводу вручну за допомогою автоматичного вимикача, встановленого в секційній перемичці.

Підстанцію встановлено безпосередньо в центрі навантажень заводу, що забезпечило мінімізацію втрат в кабелях низької напруги.

На шинах 0,4 кВ встановлено конденсаторні батареї, які забезпечують розвантаження мережі та мінімальні втрати напруги.

Кабельні ЛЕП внутрішньозаводського електропостачання:

Лінії, що живлять виробничі цехи та каналізаційно-насосну станцію є радіальними та дволанковими. Усі кабелі перевірено за перевантаженням та втратами напруги в післяаварійному режимі роботи.

					ЛНТУ.971079.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Мілих В.І., Павленко Т.П. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей : Харків : ФОП Панов А. М., 2016. 272 с.
2. Правила улаштування електроустановок : видання офіційне. Київ : Міненерговугілля України, 2017. 620 с.
3. Давиденко Л.В., Коменда Н.В, Давиденко В.А., Євсюк М.М. Електропостачання промислових об'єктів : практикум : навчальний посібник. Луцьк : ВІП ЛНТУ, 2022. 244с.
4. Промислові LED світильники : каталог. URL : https://ledmir.com.ua/industrial_led_lights
5. Трансформатори силові типу ТМ. URL : http://cabex.com.ua/ru/produkcija/transformatori/transformatori_silovie_tipa_tm.html
6. Установки компенсації реактивної потужності ККУ-0,4. URL : <https://avelectric.com.ua/ua/g77561771-ustanovki-kompensatsii-reaktivnoj>
7. 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.
8. Силові кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену : каталог. URL : <https://amperia.com.ua/ua/g32628816-silovye-kabeli-izolyatsiej>.
9. Пункт розподільний ЕУ-ПР11 : каталог. URL : <https://www.enersys.in.ua/vyrobnystvo/punkt-rozpodilnyi.html>.

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

https://www.iek.ru/partners/infobaza/files/docs/passp_re/bc4722f58a17e3fcaaa9ec94fab2307f.pdf

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

					ЛНТУ.971079.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		