

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

Кузьмичу Артему Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційного проекту: Розробка СЕП заводу молокопродуктів
встановленою потужністю 1280 кВт

Керівник проекту: асистент Вітер Дмитро Володимирович
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 стрічкового конвеєра.

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 електроприводом конвеєрів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Коротка характеристика об'єкту проектування	Вітер Д.В.		
2. Основні проектні рішення	Вітер Д.В.		
3. Розрахунок стрічкового конвеєра	Вітер Д.В.		
4. САПР	Вітер Д.В.		
5. Електробезпека	Вітер Д.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 стрічкового конвеєра	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 електроприводом конвеєрів		

Здобувач вищої освіти

(підпис)

(Кузьмич А.В.)
(прізвище, ініціали)

Керівник

кваліфікаційного проекту

(підпис)

(Вітер Д.В.)
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кузьмич А.В. Розробка СЕП заводу молокопродуктів встановленою потужністю 1280 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

A. Kuzmich. Development of a power plant of a milk products plant with an installed capacity of 1280 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.....	14
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.....	23
2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ.....	25
2.12.3. Вибір трансформаторів струму.....	28

					ЛНТУ.971019.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Кузьмич А.В.				Розробка СЕП заводу молокопродуктів встановленою потужністю 1280 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.
Перевір.	Вітер Д.В.						6
						ФАБЕ, гр.ЕЕ-41	
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						68
Затверд.	Волинець В.І.						

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів.....	29
2.12.5. Вибір рубильників.....	30
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА.....	31
РОЗДІЛ 4 САПР.....	34
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	36
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	37
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	38
ДОДАТОК 1 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ.....	41
ДОДАТОК 2 РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА	61
ДОДАТОК 3 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.....	67

ВСТУП

Особливості систем електропостачання заводів з виробництва молочних продуктів зумовлені вимогами до якості продукції та специфічними технологічними процесами виробництва, зокрема:

виробничий процес включає низку енерговитратних процесів, до складу яких входять пастеризація, сепарування, гомогенізація молочних продуктів; проєктовані електричні мережі повинні забезпечувати належний рівень пропускнуої здатності, для чого необхідний точний розрахунок електричних навантажень на кожному рівні системи електропостачання;

переривання електропостачання цехів заводу може призвести до псування сировини та готових продуктів; виробничі цехи заводу належать до II категорії надійності електропостачання;

для підвищення ефективності виробництва та полегшення умов роботи персоналу технологічні процеси автоматизовані, застосовуються в достатній кількості підйомно-транспортні установки, зокрема стрічкові конвеєри, підйомні вантажні електричні візки;

енергоємність обладнання підприємства передбачає застосування власної трансформаторної підстанції, мереж високої та низької напруги;

необхідність контролю відхилення та несиметрії напруги для забезпечення якості електричної енергії; зменшення відхилення напруги можливе шляхом зниження рівня її втрат з використанням засобів компенсації реактивної потужності;

наявність підвищеної вологості та агресивного середовища в цехах заводу повинні враховуватись при виборі обладнання та розробленні заходів безпечної експлуатації електрообладнання;

необхідність вибору ефективних та економічних джерел світла з достатнім світловим потоком та мінімальним енергоспоживанням.

					ЛНТУ.971019.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

До складу молочної продукції, що виробляє проєктований завод, окрім питного молока, належать вершкове масло, тверді та кисломолочні сири, морозиво. До асортименту кисломолочних сирів заводу молокопродуктів належать класичні та знежирені сири.

Розрахунок внутрішньоцехової мережі виконуватимемо для ділянки класичних сирів цеху кисломолочних сирів. Етапи технологічного процесу їх виготовлення наведено на рисунку 1.1.

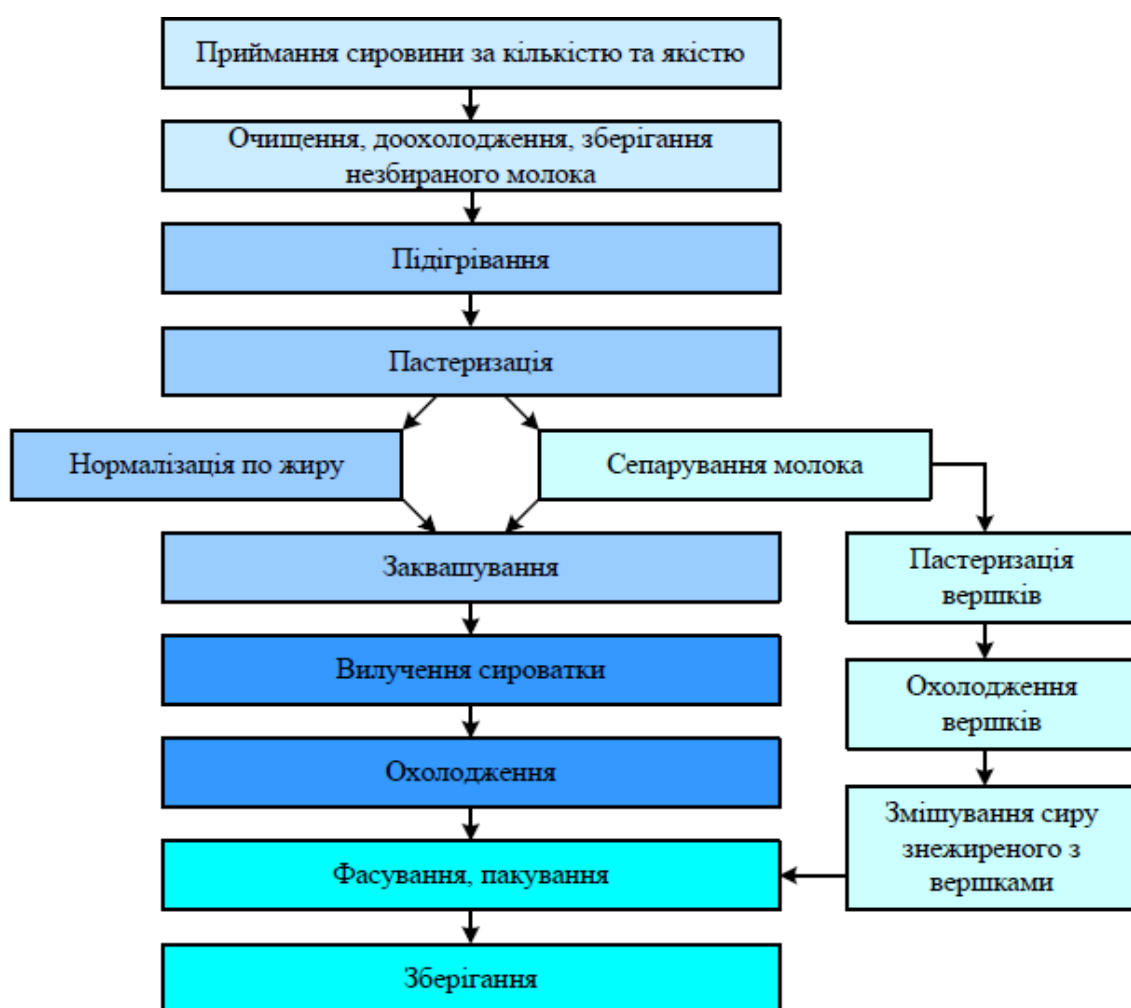


Рисунок 1.1 – Етапи виготовлення сиру кисломолочного

Перелік цехів та невиробничих будівель заводу наведено на рисунку 1.2.

					ЛНТУ.971019.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Кузьмич А.В.				Розробка СЕП заводу молокопродуктів встановленою потужністю 1280 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.
Перевір.	Вітер Д.В.						9
						Аркушів	2
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.					ФАБЕ, гр.ЕЕ-41	
Затверд.	Волинець В.І.						

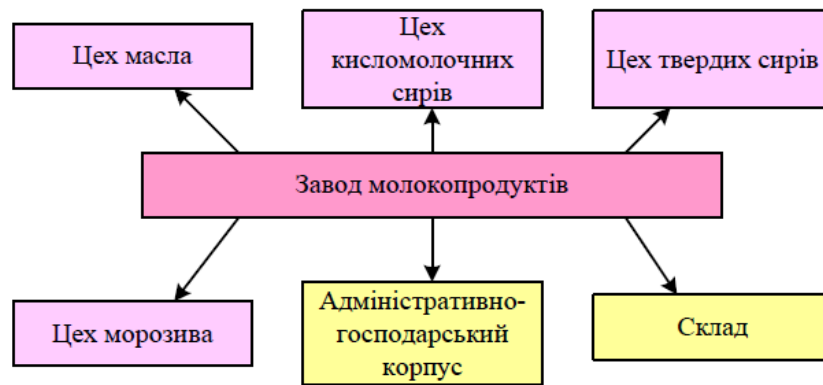


Рисунок 1.2 – Структура заводу молокопродуктів

Таблиця 1.1 – Вихідні дані

Назва параметру	Одиниці вимірювання	Значення
Кількість змін	–	2
Тривалість роботи електрообладнання в рік τ	год.	4210
Час використання максимального навантаження $T_{\max}$	год.	2160
Джерело живлення	–	РП-10 кВ
Відстань до джерела l	км	3,1
Потужність короткого замикання на шинах джерела живлення $S_{\text{кз}}$	МВА	53
Вхідна реактивна потужність $Q_{\text{е max}}$	кВАр	180
Загальна територія підприємства	м ²	30672
Категорія надійності споживачів:		
I (пристрої пожежної сигналізації, евакуаційне освітлення)	%	0,4
II (приймачі основних виробничих цехів)	%	76,4
III (приймачі адміністративно-господарського корпусу, складу, приймачі, що виконують допоміжні функції)	%	23,2

Таблиця 1.2 – Характеристики цехів заводу

Назва об'єкту	Розміри будівлі			Встановлена потужність, кВт
	Довжина, м	Ширина, м	Площа будівлі, м ²	
1. Цех масла	60	36	2160	285
2. Цех кисломолочних сирів	60	48	2880	310
3. Цех твердих сирів	90	48	4320	390
4. Цех морозива	48	48	2304	195
5. Адміністративно-господарський корпус	36	48	1728	38
6. Склад	60	36	2160	62
Разом			15552	1280

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень

Виробничий процес дільниці класичних кисломолочних сирів включає такі технологічні операції: підігрівання молока, пастеризація, сепарування молока, нормалізація по жиру, заквашування, змішування.

Транспотрування продукції здійснюється за допомогою двох горизонтальних стрічкових конвеєрів. Вентилювання приміщення виконане чотирма радіальними вентиляційним установками.

Таблиця 2.1 – 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	285	99,75	109,73	148,29	134,66	109,73	173,71
2	310	121,74	116,74	168,67	150,13	119,74	192,03
2.1	86	33,91	33,74	47,83	43,92	36,73	57,26
2.2	124	51,83	47,72	70,46	63,00	47,72	79,04
2.3	100	36,00	35,28	50,41	43,20	35,28	55,78
3	390	140,40	168,48	219,31	196,56	168,48	258,88
4	195	66,30	72,93	98,56	84,86	72,93	111,90
5	38	7,60	8,36	11,30	11,02	8,36	13,83
6	62	15,50	15,35	21,81	20,15	15,35	25,33
Всього	1280	451,29	491,58	667,94	597,38	494,58	775,67

					ЛНТУ.971019.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка СЕП заводу молокопродуктів встановленою потужністю 1280 кВт. Пояснювальна записка.		
Розроб.	Кузьмич А.В.						
Перевір.	Вітер Д.В.						
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						11	20
					ФАБЕ, гр.ЕЕ–41		

Таблиця 2.2 – Розрахунок силових навантажень ділянки класичних кисломолочних сирів

Назва електроприймача	P_{H1} кВт	n	P_{H2} кВт	К _{Вик}	tgφ	m	η_{ef}	K _{max}	Розрахункові навантаження			
									$P_{р,зм}$ кВт	$Q_{р,зм}$ квар	$P_{р}$ кВт	$Q_{р}$ квар
	РП2.1											
	Приймачі із змінним графіком навантаження											
Стерилізатор	10,5	3	31,5	0,35	0,96	2,6	10	1,35	11,03	10,58	38,64	32,93
Установка пластинчаста для молока	7,5	3	22,5	0,32	1,2				7,20	8,64		
Установка насосна	4	2	8	0,4	1,03				3,20	3,30		
Охолоджувач пластинчастий	8	2	16	0,45	1,03				7,20	7,42		
	Приймачі із постійним графіком навантаження											
Установка вентиляційна	4	2	8	0,66	0,72				5,28	3,80	5,28	3,80
Всього для РП2.1		12	86						33,91	33,74	43,92	36,73
	РП2.2											
	Приймачі із змінним графіком навантаження											
Сепаратор	10	2	20	0,45	1,08	4,0	13	1,24	9,00	9,72	57,72	43,92
Установка насосна	4,5	2	9	0,4	1,03				3,60	3,71		
Установка пластинчаста для кисломолочних продуктів	9	2	18	0,5	0,59				9,00	5,31		
Установка підігрівальна	8	2	16	0,32	1,2				5,12	6,14		
Агрегат для виготовлення сиру	10	2	20	0,3	1,02				6,00	6,12		
Конвеєр стрічковий	15	1	15	0,25	1,08				3,75	4,05		
Конвеєр стрічковий	18	1	18	0,56	0,88				10,08	8,87		
	Приймачі із постійним графіком навантаження											
Установка вентиляційна	4	2	8	0,66	0,72				5,28	3,80	5,28	3,80
Всього для РП2.2		14	124						51,83	47,72	63,00	47,72
Всього для цеху		26	210						85,74	81,46	106,93	84,46

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Для освітлення цехів, адміністративних та складських приміщень обираємо з [4] ефективні та економічні джерела світла з достатнім світловим потоком та мінімальним енергоспоживанням.

Для уникнення несиметрії електричних навантажень розподіляємо однофазні світильними рівномірно по фазах та заживлюємо від щита освітлення.

Таблиця 2.3 – Вибір джерел світла

Номер цеху	Розряд зорової роботи	$E_{\text{норм}}^*$ ЛК	Тип світильника	F, лм	P, кВт
1	Va	300	EVROLIGHT 6400K EB-200-06	20000	200
2	Va	300	EVROLIGHT 6400K EB-200-06	20000	200
3	Va	300	EVROLIGHT 6400K EB-200-06	20000	200
4	Va	300	EVROLIGHT 6400K EB-200-06	20000	200
5	V6	400	Sign-30 30Вт 4200K	2700	30
6	VIII6	75	MAXUS LED TROFFER 40W 4000 Lm	4000	40

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	2160	8	3,46	7,47	1,2	0,9	0,33	8,07	2,66
2	2880	8	3,46	9,96	1,2	0,9	0,33	10,76	3,55
3	4320	8	3,46	14,95	1,2	0,9	0,33	16,14	5,33
4	2304	8	3,46	7,97	1,2	0,9	0,33	8,61	2,84
5	1728	4	2,85	4,92	1,2	0,9	0,33	5,32	1,76
6	2160	5	3,11	6,72	1,2	0,9	0,33	7,26	2,39
Всього	15552			52,00				56,16	18,53

Для вуличного освітлення приймаємо з [4] джерела світла ORION 02 100W COB 10000Lm 6500K:

$$\sum \varepsilon = \frac{10^3 \cdot 2,75 \cdot 0,85 \cdot 11}{10000} = 2,57 \text{ лк};$$

$$\frac{L}{h} = 12; L = 12 \cdot 11 = 132 \text{ м};$$

$$L_{\Sigma} = 3240 \text{ м}; N = \frac{3240}{132} = 24,5 \Rightarrow N_{\text{прийн}} = 25;$$

$$P_{\text{вст.зовн}} = 25 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 2,5 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{розр.зовн}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,5 = 2,7 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{розр.зовн}} = 2,7 \cdot 0,33 = 0,89 \text{ кВАр}.$$

2.3. Визначення результуючих навантажень

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	292,47	107,82	112,39	155,75	142,73	112,39	181,67
2	319,96	132,50	120,29	178,96	160,89	123,29	202,69
2.1	86,00	33,91	33,74	47,83	43,92	36,73	57,26
2.2	124,00	51,83	47,72	70,46	63,00	47,72	79,04
2.3	100,00	36,00	35,28	50,41	43,20	35,28	55,78
3	404,95	156,54	173,81	233,91	212,70	173,81	274,68
4	202,97	74,91	75,77	106,55	93,47	75,77	120,33
5	42,92	12,92	10,12	16,41	16,34	10,12	19,22
6	68,72	22,76	17,74	28,85	27,41	17,74	32,65
Освітлення території	2,50	2,70	0,89	2,84	2,70	0,89	2,84
Всього	1334,50	510,14	511,01	723,27	656,24	514,00	834,08

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Елементами картограми електричних навантажень є кола, радіуси яких відповідають повним навантаженням будівель, а центри суміщені з геомтеричними центрами цих будівель.

Також до розрахунку картограми входить розрахунок координат центру навантажень для визначення місця встановлення трансформаторної підстанції. Таке рішення дозволить забезпечити мінімально можливі довжини кабельних ліній внутрішньої розподільної мережі.

Таблиця 2.6 – Визначення центру електричних навантажень

№ цеху	x, м	y, м	$P_{\text{PΣ}} \cdot x$	$P_{\text{PΣ}} \cdot y$	$Q_{\text{PΣ}} \cdot x$	$Q_{\text{PΣ}} \cdot y$	r	α
1	42	150	5995	21410	4720	16858	34	20
2	186	36	29925	5792	22931	4438	36	24
3	171	120	36372	25524	29721	20857	42	27
4	132	36	12339	3365	10002	2728	28	33
5	54	36	882	588	546	364	11	117
6	42	114	1151	3124	745	2022	14	95
Всього			86664	59804	68666	47268		
$X_{\text{ц}}$	133							
$Y_{\text{ц}}$	92							

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

Згідно з [1] рекомендовано при значенні питомої густини навантаження до 0,1 кВА/м² обирати силові трансформатори потужністю до 1000 кВА. Отже, розглядаємо два варіанти виконання з трансформаторами потужністю 400 та 630 кВА, обраними з [5], та розраховуємо приведені затрати для кожного варіанту.

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	0,05	400	1,82	2	0	2	230,98
II		630	1,16	2	0	2	719,50

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	280,02	12	17	0,36	0,00	280,02	160
II	0,00	12	27	0,31	120,41	120,41	60

Для компенсації реактивної потужності на шинах 400 В силових трансформаторів приймаємо конденсаторні батареї, вибрані з [6].

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	Z , тис.грн
I	0,95	5,6	1013	9,38836	72,1965	772,08	168,71
II	1,18	8,5	1013	12,0445	92,622	890,96	203,99

Вибираємо $2 \times TM - 400 / 10$; $2 \times KKY - 0,4 - 160 - 10 - 21Y3$.

Перевіряємо вибрані трансформатори за перевантажувальною здатністю :

$$1,4 \cdot 400 = 560 \text{ кВА} > \frac{2 \cdot (1 - 0,232) \cdot 723,27}{2} = 555,47 \text{ кВА}.$$

2.6. Компенсація реактивної потужності

В розділі 1 наведено значення реактивної потужності, яку з технічних міркувань доцільно передавати з мереж енергосистеми в розподільну мережу заводу молокопродуктів. Розрахуємо відносно цієї потужності параметри високовольтних компенсувальних пристроїв.

Таблиця 2.10 – Розрахунок компенсації реактивної потужності

Показник	Од.вимір.	Значення
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$	кВАр	511,01
$Q_{\text{еmax}}$	кВАр	180
$Q_{\text{НБК ф}}$	кВАр	320
ΔQ_T	кВАр	20
$K_{\text{НС}}$	–	0,90
Q_{M1}	кВАр	459,90
Q_{K1}	кВАр	279,90
$Q_{\text{НС T}}$	кВАр	231,01
$Q_{\text{ВБК}}$	кВАр	-0,10

Потреби у встановленні компенсувальних пристроїв на шинах 10 кВ пістанції немає.

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	510,14
Q_{p2}	кВАр	511,01
$Q_{НБК}$	кВАр	320
P_{p3}	кВт	510,14
Q_{p3}	кВАр	191,01
S_{p3}	кВА	544,73
ΔP_T	кВт	10,89
ΔQ_T	кВАр	54,47
P_{p4}	кВт	521,04
Q_{p4}	кВАр	245,48
S_{p4}	кВА	575,97

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

Передавання електричної енергії від шин розподільного пункту 10 кВ до шин 10 кВ трансформаторної підстанції відбуватиметься за допомогою двох високовольтних кабелів, тип та характеристики яких обрано з [8] за методом економічної густини струму [7].

$$j_e = 1,9 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2};$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{575,97}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 16,63 \text{ А}; I_{\text{п ав}} = \frac{575,97}{\sqrt{3} \cdot 10} = 33,25 \text{ А};$$

$$F_e = \frac{16,63}{1,9} = 8,75 \text{ мм}^2; \text{ розглядаємо перерізи від } 35 \text{ мм}^2 \text{ включно.}$$

Розглядаємо кілька варіантів виконання кабельних ліній та розраховуємо приведені затрати для кожного варіанту.

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	50,60	0,51	1,01
50	169	174,1	0,58	0,086	46,03	0,46	0,92
70	211	217,3	0,45	0,084	36,64	0,37	0,73
95	260	267,8	0,31	0,083	26,59	0,27	0,53

Таблиця 2.13 – Техніко-економічне порівняння кабелів різного перерізу

F, мм ²	K _{з л}	$\Delta P_{\text{н}}$, кВт	$\Delta P_{\text{д}}$, кВт	C _е , тис. грн.	K, тис. грн.	З, тис. грн.
35	0,113	135,17	1,722	13,413	2994,6	387,738
50	0,096	170,82	1,559	12,137	3670,4	470,937
70	0,077	206,59	1,209	9,416	3819,2	486,816
95	0,062	216,10	0,833	6,487	4457,8	563,712

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

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Передавання електричної енергії від шин 0,4 кВ трансформаторної підстанції до розподільних пристроїв низької напруги цехів відбуватиметься за допомогою низьковольтних кабелів, тип та характеристики яких обрано з [11].

Розподільні пристрої обрано з [9, 10].

Таблиця 2.14 – Вибір розподільних пристроїв 0,4 кВ

Назва РП	$S_{p\sum}$, кВА	$I_{п.ав}$, А	Тип розподільного пристрою	$I_{доп.РП}$, А	$n_{прийм}$	$n_{мод}$
ВРП1	214,32	325,62	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
ВРП2	202,69	307,96	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	14	18
РП2.1	57,26	86,99	ПР11 – 3034 – 21 У3	100	12	12
РП2.2	79,04	120,08	ПР11 – 3079 – 51 У3	250	14	14
РП2.3	55,78	84,74	ПР11 – 3034 – 21 У3	100	12	12
ВРП3	274,68	417,34	ЕУ – ВРП2 – 1 – 630 У4	630	4	4
ВРП4	139,54	212,01	ЕУ – ВРП2 – 1 – 250 У4	250	3	4
РП5	19,22	29,20	ПР11 – 3034 – 21 У3	100	12	12
РП6	32,65	49,60	ПР11 – 3034 – 21 У3	100	10	12

Таблиця 2.15 – Вибір кабелів 0,4 кВ

Назва КЛ	n	$S_{p\sum}$, кВА	$I_{норм}$, А	$I_{п.ав}$, А	Переріз кабелю	$I_{доп}$, А	$I'_{доп}$, А	$I''_{доп}$, А	l , км	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	$\Delta U_{норм}$, %	$\Delta U_{п.ав}$, %
ТП – ВРП1	2	214,32	162,81	325,62	4×240	490	505	529	0,097	0,125	0,047	0,92	1,84
ТП – ВРП2	2	202,69	153,98	307,96	4×240	490	505	529	0,077	0,125	0,047	0,69	1,39
ВРП2 – РП2.1	2	57,26	43,50	86,99	5×35	95	98	103	0,016	0,95	0,06	0,25	0,49
ВРП2 – РП2.2	2	79,04	60,04	120,08	5×70	140	144	151	0,028	0,48	0,06	0,32	0,63
ВРП2 – РП2.3	2	55,78	42,37	84,74	5×35	95	98	103	0,046	0,95	0,06	0,71	1,43
ТП – ВРП3	2	274,68	208,67	417,34	4×240	490	505	529	0,046	0,125	0,047	0,56	1,12
ТП – ВРП4	2	139,54	106,01	212,01	4×120	200	206	216	0,033	0,125	0,047	0,20	0,41
ВРП4 – РП5	1	19,22	29,20	29,20	4×16	60	62	65	0,060	2,08	0,07	1,36	1,36
ВРП1 – РП6	1	32,65	49,60	49,60	4×16	60	62	65	0,022	2,08	0,07	0,83	0,83

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

Наслідками режиму короткого замикання в мережі високої напруги є: виділення великої кількості тепла, а отже, пошкодження ізоляції та пожежі; електродинамічна дія струмів короткого замикання може призвести до деформування шин, руйнування обмоток; спад напруги. Для вибору

пристроїв захисту від струмів КЗ та перевірки обраних струмопроводів розрахуємо ці струми.

Застосовуємо відносне наближене зведення :

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

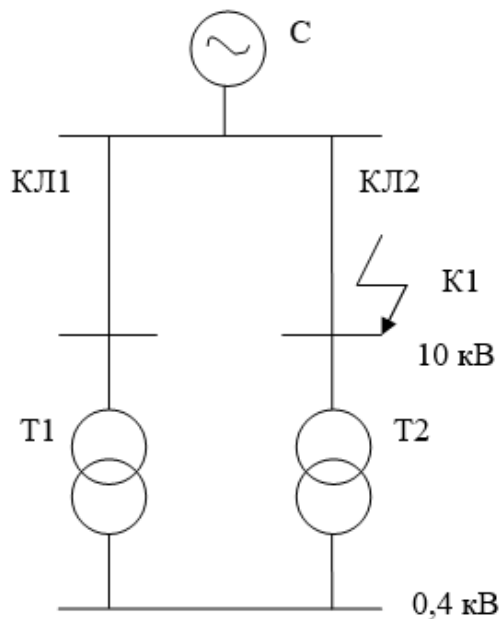


Рисунок 2.1 – Електрична схема короткозамкненого кола

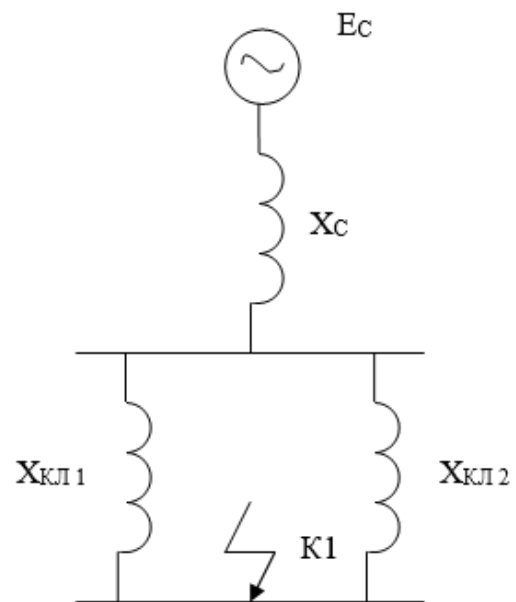


Рисунок 2.2 – Заступна схема короткозамкненого кола

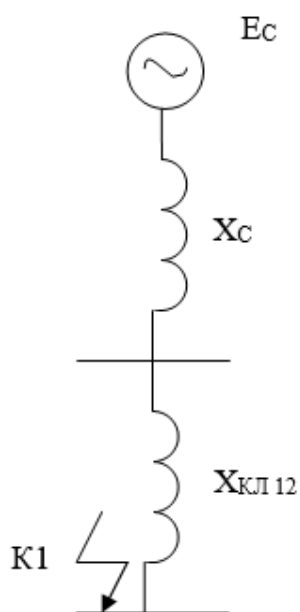


Рисунок 2.3 – Схема короткозамкненого кола після об'єднання паралельних ліній

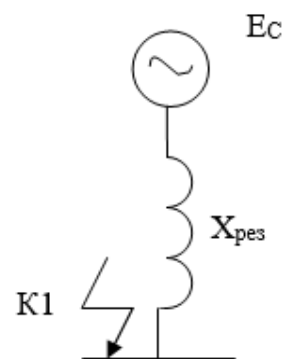


Рисунок 2.4 – Спрощена схема короткозамкненого кола

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

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
S_{K3}	МВА	53
$\dot{X}_{C*}$	—	1,887
$\dot{R}_{KЛ1*}, \dot{R}_{KЛ2*}$	—	1,802
$\dot{X}_{KЛ1*}, \dot{X}_{KЛ2*}$	—	0,253
$\dot{R}_{KЛ12*}$	—	0,901
$\dot{X}_{KЛ12*}$	—	0,127
$\dot{R}_{рез*}$	—	0,901
$\dot{X}_{рез*}$	—	2,013
$\dot{Z}_{рез*}$	—	2,206
I_{ϕ}	кА	5,50
I_{n0}	кА	2,493
k_y	—	1,42
i_y	кА	5,006
K_T	$\frac{A \cdot c^{1/2}}{мм^2}$	125
t_n	с	0,25
F_{min}	мм ²	10,0
Тип та переріз кабелю з п.2.8	—	АПВВ – 10 – 3 × 35
B_K	кА ² · с	1,55

2.11. Вибір обладнання

До високовольтного обладнання, встановленого в будівлі трансформаторної підстанції, належать роз'єднувачі, вимикачі навантаження, плавкі запобіжники.

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

Перелічені комутаційні та захисні апарати встановлено в комплектних розподільних пристроях високої напруги [14] (табл.2.17); низьковольтні апарати (автоматичні вимикачі, рубильники) – в розподільних панелях [15].

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

$10 = 10 \text{ кВ};$

$16,63 < 630 \text{ А};$

$33,25 < 630 \text{ А};$

$5,006 < 51 \text{ кА};$

$1,55 < 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Роз'єднувачі обрано з [16]:

РВ030 – 10 – 630

$10 = 10 \text{ кВ};$

$16,63 < 630 \text{ А};$

$33,25 < 630 \text{ А};$

$5,006 < 41 \text{ кА};$

$1,55 < 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Вимикачі навантаження та запобіжники обрано з [17, 18].

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

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$16,63 < 630 \text{ А};$$

$$33,25 < 630 \text{ А};$$

$$2,493 < 31,5 \text{ кА};$$

$$5,006 < 80 \text{ кА};$$

$$1,55 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

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

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$16,63 < 630 \text{ А};$$

$$33,25 < 630 \text{ А};$$

$$2,493 < 31,5 \text{ кА};$$

$$5,006 < 80 \text{ кА};$$

$$1,55 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

ПКТ – 10 – 40 – 12,5 УЗ:

$$33,25 < 40 \text{ А};$$

$$2,493 < 12,5 \text{ кА};$$

$$43,18 < 217 \text{ кА},$$

$$S'' = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2,493 = 43,18 \text{ МВА}.$$

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Система внутрішньоцехового електропостачання ділянки класичних кисломолочних сирів являє собою комплекс пристроїв для розподілення електроенергії від ввідно-розподільного пристрою до силових щитів та окремих струмоприймачів, виконаний за радіальною схемою.

Передавання електроенергії до електроустановок ділянки забезпечується кабелями, тип та характеристики яких вибрані з [19].

Таблиця 2.18 – Вибір кабелів внутрішньоцехової мережі

Назва електроприймача	P_n , кВт	$\cos \varphi$	I , А	F , мм ²	$I_{тр.доп.}$, А	Кабель
РП2.1						
Стерилізатор	10,5	0,72	22,11	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка пластинчаста для молока	7,5	0,64	17,80	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка насосна	4	0,70	8,72	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Охолоджувач пластинчастий	8	0,70	17,45	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка вентиляційна	4	0,81	7,49	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
РП2.2						
Сепаратор	10	0,68	22,36	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка насосна	4,5	0,70	9,82	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка пластинчаста для кисломолочних продуктів	9	0,86	15,88	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка підігрівальна	8	0,64	18,99	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Агрегат для виготовлення сиру	10	0,70	21,70	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Конвеєр стрічковий	15	0,68	33,54	4	34	ВВГнгд-5×4
Конвеєр стрічковий	18	0,75	36,43	6	45	ВВГнгд-5×6
Установка вентиляційна	4	0,81	7,49	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
	РП2.1					
Стерилізатор	3	8	0,09	0,012	0,706	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,024	1,411	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,036	2,117	ВВГнгд-5×2,5
Установка пластинчаста для молока	3	8	0,09	0,008	0,337	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,022	0,926	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,034	1,432	ВВГнгд-5×2,5
Установка насосна	2	8	0,09	0,012	0,269	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,026	0,583	ВВГнгд-5×2,5
Охолоджувач пластинчастий	2	8	0,09	0,003	0,135	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,015	0,673	ВВГнгд-5×2,5
Установка вентиляційна	2	8	0,09	0,009	0,201	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,029	0,648	ВВГнгд-5×2,5
	РП1.2					
Сепаратор	2	8	0,09	0,006	0,336	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,012	0,673	ВВГнгд-5×2,5
Установка насосна	2	8	0,09	0,004	0,101	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,013	0,328	ВВГнгд-5×2,5
Установка пластинчаста для кисломолочних продуктів	2	8	0,09	0,024	1,205	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,022	1,104	ВВГнгд-5×2,5
Установка підігрівальна	2	8	0,09	0,027	1,213	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,024	1,078	ВВГнгд-5×2,5
Агрегат для виготовлення сиру	2	8	0,09	0,034	1,905	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,03	1,681	ВВГнгд-5×2,5
Конвеєр стрічковий	1	5	0,09	0,048	2,542	ВВГнгд-5×4
Конвеєр стрічковий	1	3,33	0,09	0,003	0,127	ВВГнгд-5×6
Установка вентиляційна	2	8	0,09	0,026	0,581	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,018	0,402	ВВГнгд-5×2,5

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

Застосовуємо абсолютне наближене зведення :

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

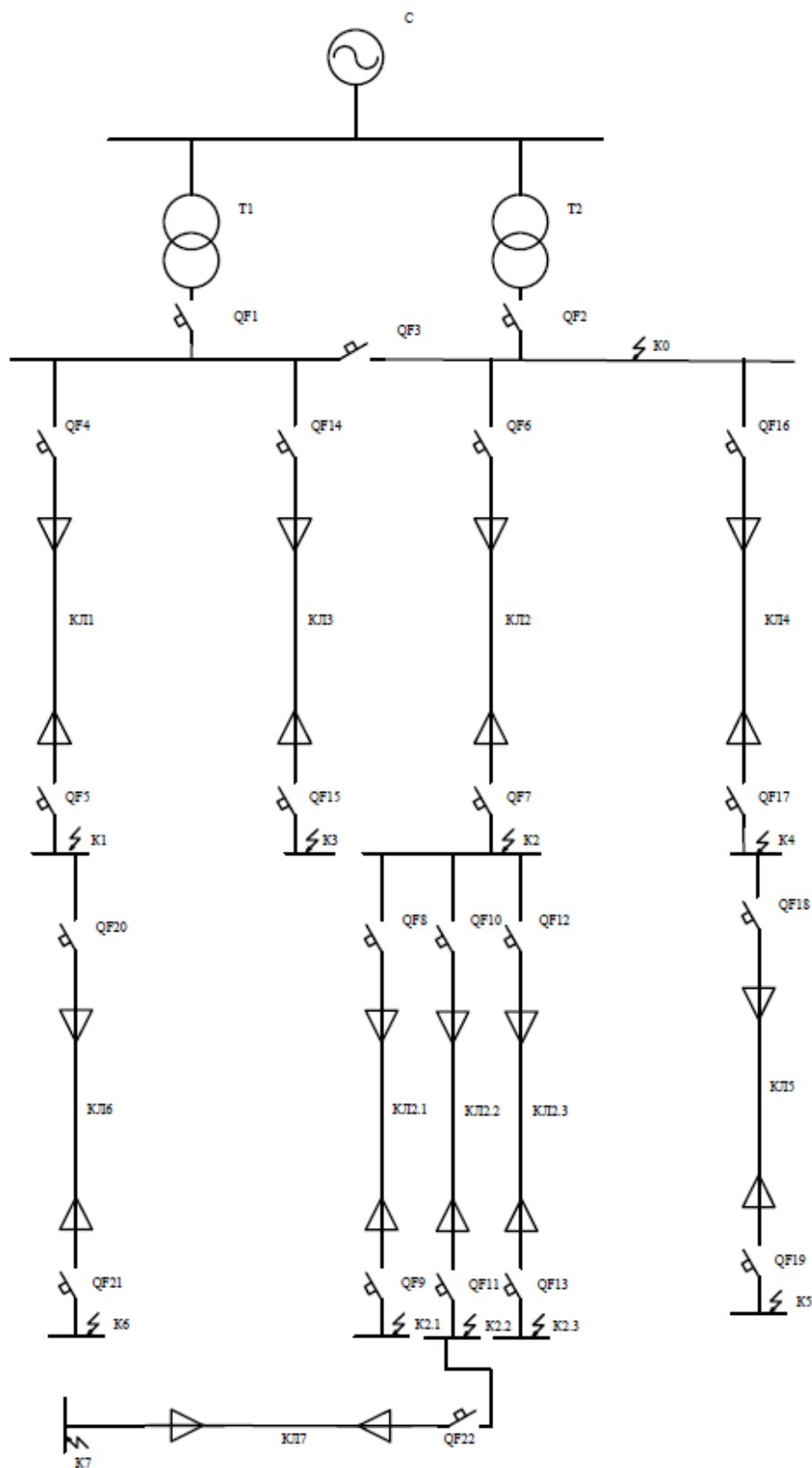


Рисунок 2.5 – Схема короткозамкнутого кола НВ мережі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛНТУ.971019.000 ПЗ

Арк.

25

Таблиця 2.21 – Визначення струмів КЗ в точці К0

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
R_c	Ом	0,994
X_c	Ом	2,432
$\dot{R}_c$	МОм	1,442
$\dot{X}_c$	МОм	3,529
$\dot{R}_T$	МОм	2,800
$\dot{X}_T$	МОм	12,000
$\dot{R}_{рез0}$	МОм	19,242
$\dot{X}_{рез0}$	МОм	15,529
$Z_{рез0}$	МОм	24,727
I_K	кА	9,340
k_y	–	1,05
i_y	кА	13,869

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	0,097	0,125	12,100	0,047	4,550
ТП – ВРП2	0,077	0,125	9,650	0,047	3,628
ВРП2 – РП2.1	0,016	0,95	14,820	0,06	0,936
ВРП2 – РП2.2	0,028	0,48	13,248	0,06	1,656
ВРП2 – РП2.3	0,046	0,95	44,080	0,06	2,784
ТП – ВРП3	0,046	0,125	5,750	0,047	2,162
ТП – ВРП4	0,033	0,125	4,100	0,047	1,542
ВРП4 – РП5	0,060	2,08	124,800	0,07	4,200
ВРП1 – РП6	0,022	2,08	44,928	0,07	1,512
РП2.2 – Рmax	0,003	3,33	9,990	0,09	0,270

Таблиця 2.23 – Визначення струмів КЗ в НВ мережі

Точка КЗ	$R_{\text{дод}},$ мОм	$\dot{R}_{\text{рез}},$ мОм	$\dot{X}_{\text{рез}},$ мОм	$\dot{Z}_{\text{рез}},$ мОм	$I_{\text{к}},$ кА	k_y	$i_y,$ кА	$F_{\text{min}},$ мм ²	Вибраний переріз
К1	20	36,34	20,08	41,52	5,562	1	7,866	20,6	4×240
К2	20	33,89	19,16	38,93	5,932	1	8,389	22,0	4×240
К2.1	25	53,71	20,09	57,35	4,027	1	5,695	14,9	5×35
К2.2	25	52,14	48,73	71,36	3,236	1	4,577	12,0	5×70
К2.3	25	82,97	21,94	85,82	2,691	1	3,805	10,0	5×35
К3	20	29,99	17,69	34,82	6,632	1	9,379	24,6	4×240
К4	20	28,34	17,07	33,09	6,980	1	9,871	25,9	4×120
К5	25	158,14	21,27	159,57	1,447	1	2,047	5,4	4×16
К6	25	86,27	21,59	88,93	2,597	1	3,673	9,6	4×16
К7	30	67,13	21,08	70,36	3,282	1	4,642	12,2	5×6

Для КЛ7 приймаємо кабель ВВГнгд – 5 × 16. Решта перевірок виконуються.

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Трансформатори струму, обрані з [21], мають таке вторинне навантаження:

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

амперметри АСКО – УКРЕМ 500А.

$$I_{\text{норм}} = \frac{834,08}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 633,63 \text{ А}; \quad I_{\text{max}} = \frac{834,08}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1267,25 \text{ А}.$$

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:

$$T-0,66 \text{ 1500/5A } 0,5$$

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$633,63 < 1500 \text{ A};$$

$$1267,25 < 1500 \text{ A};$$

$$13,869 < 51 \text{ кА};$$

$$21,81 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом}.$$

Технічний облік :

$$T - 0,66 \text{ 600 / 5}$$

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$417,34 < 600 \text{ A};$$

$$9,379 < 51 \text{ кА};$$

$$11,0 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом}.$$

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Автоматичні вимикачі вибрано з [22].

Таблиця 2.24 – Вибір автоматичних вимикачів

Номер вимикача	Тип вимикача	Каталожні дані			Розрахункові дані			
		$U_{\text{ном}}$, кВ	$I_{\text{ном розщ}}$, А	$I_{\text{гр вимк}}$, кА	$U_{\text{уст}}$, кВ	$I_{\text{ном}}$, А	$I_{\text{п.ав}}$, А	$I_{\text{к}}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF1	ВА 88 – 43	0,4	1600	40	0,4	633,63	1267,25	9,340
QF2	ВА 88 – 43	0,4	1600	40	0,4	633,63	1267,25	9,340
QF3	ВА 88 – 43	0,4	1600	40	0,4	633,63	1267,25	9,340
QF4	ВА 88 – 40	0,4	400	35	0,4	162,81	325,62	5,562
QF5	ВА 88 – 40	0,4	400	35	0,4	162,81	325,62	5,562
QF6	ВА 88 – 37	0,4	315	35	0,4	153,98	307,96	5,932
QF7	ВА 88 – 37	0,4	315	35	0,4	153,98	307,96	5,932
QF8	ВА 88 – 33	0,4	100	35	0,4	43,50	86,99	4,027
QF9	ВА 88 – 33	0,4	100	35	0,4	43,50	86,99	4,03
QF10	ВА 88 – 33	0,4	125	35	0,4	60,04	120,08	3,236

Продовження таблиці 2.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF11	BA 88 – 33	0,4	125	35	0,4	60,04	120,08	3,24
QF12	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	42,37	84,74	2,691
QF13	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	42,37	84,74	2,69
QF14	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	208,67	417,34	6,632
QF15	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	208,67	417,34	6,632
QF16	BA 88 – 35	0,4	250	35	0,4	106,01	212,01	6,980
QF17	BA 88 – 35	0,4	250	35	0,4	106,01	212,01	6,980
QF18	BA 88 – 33	0,4	32	35	0,4	29,20	29,20	1,447
QF19	BA 88 – 33	0,4	32	35	0,4	29,20	29,20	1,447
QF20	BA 88 – 33	0,4	50	35	0,4	49,60	49,60	2,597
QF21	BA 88 – 33	0,4	50	35	0,4	49,60	49,60	2,597
QF22	BA 88 – 32	0,4	40	25	0,4	36,43	36,43	3,282

2.12.5. Вибір рубильників

Рубильники обрано з [23]:

PE 19 – 43; 1600 A;

$0,38 < 0,66$ кВ;

$633,63 < 1600$ A;

$1267,25 < 1600$ A;

$13,869 < 50$ кА;

$21,81 < 900$ кА² · с.

					ЛНТУ.971019.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

Для безперервного транспортування штучних вантажів у горизонтальній площині в приміщенні дільниці класичних кисломолочних сирів встановлено два стрічкових конвеєри. Застосування конвеєрів дозволяє прискорити та спростити виробничі процеси.

Вихідні дані:

$$Q = 400 \frac{\text{Т}}{\text{ГОД}}; L = 41,8 \text{ м}; L_5 = 2; L_{\text{КЛ}} = 3,3 \text{ м}.$$

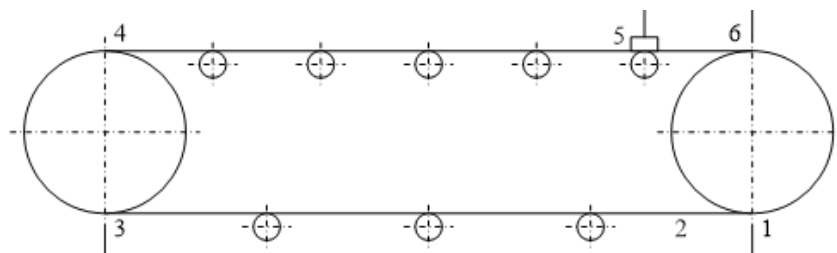


Рисунок 3.1 – Розбивка конвеєрної траси для визначення тягового зусилля

Основними конструктивними елементами стрічкового конвеєра є нескінченна конвеєрна стрічка, приводний та натяжний барабани, система роликпопор, електропривод.

Згідно з [24] після вибору основних складових конвеєра виконують розрахунок необхідної потужності електроприводу. Для цього здійснюють тяговий розрахунок, суть якого полягає у методі обходу конвеєрної траси (рис.3.1). Визначають натяг в характерних точках траси 1 – 6 та тягове зусилля на прямолінійних та криволінійних ділянках.

Найменший натяг матиме місце в точці збігання стрічки з натяжного барабану 1, найбільший – в точці набігання на барабан 6.

					ЛНТУ.971019.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Кузьмич А.В.				Розробка СЕП заводу молокопродуктів встановленою потужністю 1280 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.
Перевір.	Вітер Д.В.						31
							3
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.					ФАБЕ, гр.ЕЕ-41	
Затверд.	Волинець В.І.						

Таблиця 3.1 – Вибір конструктивних елементів конвеєра

Параметр, одиниці вимірювання	Значення
$v, \frac{м}{с}$	0,4
$\rho, \frac{т}{м^3}$	0,7
k	535
k_{β}	1
$B, м$	1,852
$B_{прийн}, м$	2
z	5
$\delta_p, мм$	3
$\delta_n, мм$	1
$B_{доп}, м$	1,2
$\delta_t, мм$	1,6
$\delta, мм$	12
$\rho_c, \frac{т}{м^3}$	1110
$q_c, \frac{кг}{м}$	26,64
$q_p^p, \frac{кг}{м}$	132,5
$q_p^x, \frac{кг}{м}$	52,5
$q_k, \frac{кг}{м}$	238,28
ω	0,02
$A, мм^2$	0,560
$q, \frac{кг}{м}$	392

Максимальний натяг конвеєрної стрічки забезпечує роботу конвеєра без пробуксовування. Тягову силу конвеєра визначають як різницю між величинами найбільшого та найменшого натягів стрічки. За значенням тягової сили розраховують необхідну потужність конвеєра та вибирають його електропривод.

Таблиця 3.2 – Перевірка стрічки, вибір барабану

Параметр, одиниці вимірювання	Значення
$F_{розв}, Н$	23520
$F'_0, Н$	28689,03
f	0,2
$\alpha, рад.$	2,5
k_s	2,541
$F_{max}, Н$	72912,99
k_p	3,5
z_{min}	10,42
k	140
$D_{пб}^{min}, мм$	700
$D_{пб}, мм$	700

Таблиця 3.3 – Визначення тягового зусилля конвеєра

Параметр, одиниці вимірювання	Значення
$F_{2-3}, Н$	2384,733
$L_{розв}, м$	39,8
$F_{4-5}, Н$	4303,72
$F_{5-6}, Н$	23520

Таблиця 3.4 – Вибір електроприводу

Параметр, одиниці вимірювання	Значення
$F_{зб}, Н$	18760,00
$F_{наб}, Н$	46910,00
$F_0, Н$	28150,00
$P_0, кВт$	11,26
k_3	1,3
η	0,85
$P, кВт$	17,22
Тип двигуна	4A180M6Y3
$P_{дв}, кВт$	18
$n_{дв}, хв.^{-1}$	975
Ψ_{max}	2
Ψ_{min}	1
$I_{дв}, кг \cdot м^2$	0,22

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы хотите сделать?																											
Заставить			Times New Ro 14 A A			≡ ≡ ≡ ✂ -			Перенести текст			Общий			Условное форматирование			Форматировать как таблицу									
буфер обмена			Шрифт			Выравнивание			Число			Стили															
L51																											
Таблица 4.4 - Вибір електроприводу																											
Двигуни серії 4А (синхронна частота обертання 1000 об ⁻¹ . Технічна характеристика)																											
Fзб=		18760.00	H	Типорозмір двигуна		Потужність, кВт		Частота обертання, об ⁻¹		$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$		$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$		Момент інерції ротора, кг·м ²		Типорозмір двигуна		Потужність, кВт		та оберт об ⁻¹		$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$		$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$		нт інерції ротора,	
Fнаб=		46910.00	H	4AA63AY3		0,18		885		1,2		2,2		0,00173		4A132M6Y3		7,5		870		1,6		2,2		0,058	
Fo=		28150.00	H	4AA63BY3		0,25		890		1,2		2,2		0,00215		4A160S6Y3		11		975		1		2		0,137	
kз=		1,3		4A71A6Y3		0,37		910		1,6		2,2		0,00167		4A160M6Y3		15		975		1		2		0,182	
η=		0,85		4A71B6Y3		0,55		900		1,6		2,2		0,00202		4A180M6Y3		18		975		1		2		0,22	
P=		17,22	кВт	4A80A6Y3		0,75		915		1,6		2,2		4,62E-05		4A200M6Y3		22		975		1		2		0,4	
Тип		4A180M6Y3		4A80B6Y3		1,1		920		1,6		2,2		4,59E-05		4A200L6Y3		30		980		1		2		0,45	
Pдв=		18	кВт	4A90L6Y3		1,5		935		1,6		2,2		0,00735		4A225M6Y3		37		980		1		2		0,735	
n.дв=		975	хв-1	4A100L6Y3		2,2		950		1,6		2,2		0,0131		4A250S6Y3		45		985		1		2		1,16	
ψmax=		2		4A112MA6Y3		3		955		1,6		2,2		0,0175		4A250M6Y3		55		985		1		2		1,25	
ψmin=		1		4A112MB6Y3		4		950		1,6		2,2		0,002		4A280S6Y3		75		985		1		1,9		2,92	
Idв=		0,22	кг*М2	4A132S6Y3		5,5		965		1,6		2,2		0,04		4A280M6Y3		90		985		1		1,9		3,33	

Рисунок 4.3 – Вибір електроприводу

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Для безпечної експлуатації електроустановок цеху кисломолочних сирів застосовано такі заходи: обрано кабелі з подвійною ізоляцією; наявні пристрої захисного вимкнення при появі струмів витоку; застосовано засоби розпізнавання, попереджувальні плакати, блокування безпеки; згідно з методикою [25] розраховано контур захисного заземлення:

$$l = (60 + 48) \cdot 2 = 216 \text{ м};$$

$$R_{\Gamma} = \frac{180}{2 \cdot 3,14 \cdot 216} \cdot \ln \frac{216^2}{0,4 \cdot 0,04} = 2,1 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{H}} = 10 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{B}} = \frac{2,1 \cdot 10}{2,1 + 10} = 1,71 \text{ Ом};$$

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

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

$$n_{\text{B}} = \frac{55}{1,71 \cdot 0,65} = 49,3 \text{ шт} \Rightarrow n_{\text{B}} = 50 \text{ шт};$$

$$R_{\text{шт}} = \frac{55 \cdot 2,1}{0,3 \cdot 55 + 0,65 \cdot 50 \cdot 2,1} = 1,36 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

					ЛНТУ.971019.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка СЕП заводу молокопродуктів встановленою потужністю 1280 кВт. Пояснювальна записка.		
Розроб.	Кузьмич А.В.						
Перевір.	Вітер Д.В.						
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.				Літ. Арк. Аркушів 36 1 ФАБЕ, гр.ЕЕ-41		

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Систему електропостачання заводу молокопродуктів розроблено з врахуванням специфіки технологічних процесів та вимог до якості продукції, що випускається.

Електричні навантаження розраховані послідовно на кожному рівні електропостачання електричної мережі заводу за ієрархічним принципом. Це дало можливість оцінити реальні навантаження та вибрати елементи електричної мережі з достатньою пропускну здатністю.

Рівень надійності електропостачання, що відповідає вимогам до II категорії, забезпечений застосуванням двох незалежних джерел живлення (силових трансформаторів та кабелів). Виведення в ремонт одного з джерел та перемикання живлення на інше джерело відбувається вручну автоматичним вимикачем, встановленим у секційній перемичці на рівні напруги 0,4 кВ, або одним з двох роз'єднувачів ремонтної перемички на рівні напруги 10 кВ.

Електричні мережі заводу частково розвантажені від передавання реактивної складової потужності завдяки застосуванню засобів компенсації реактивної потужності. Компенсацію здійснюють дві низьковольтні конденсаторні батареї, секціоновані та оснащені автоматичними регуляторами реактивної потужності. Окрім компенсації, батареї можна використовувати для регулювання напруги в мережі 10 кВ.

Електричну систему оснащено засобами контролю параметрів режиму та обліку електричної енергії. Комерційний облік призначений для розрахунку з оператором розподілу за спожиту активну електроенергію та оплати за реактивні перетікання. Технічний облік дозволяє оцінити обсяг генерованої конденсаторними батареями реактивної енергії.

Усі розрахунки автоматизовано.

Розроблено заходи щодо безпечної експлуатації установок заводу.

					ЛНТУ.971019.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Правила улаштування електроустановок : видання офіційне. Київ : Міненерговугілля України, 2017. 620 с.
2. Мілих В.І., Павленко Т.П. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей : Харків : ФОП Панов А. М., 2016. 272 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/vyrobnytstvo/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.971019.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		