

Луцький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та енергетики
(повне найменування факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повне найменування кафедри)

**«Проектирования СЕП консервного заводу встановленою
потужністю 1410 кВт»**

освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(назва освітньої програми)

(підпис)

(підпис)

Луцьк – 2026 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

« ____ » _____ 202__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Ковалю Володимирі Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційного проекту: Проектування СЕП консервного заводу
встановленою потужністю 1410 кВт

Керівник проекту: канд. техн. наук, доцент Грицюк Юрій Віталійович
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. Електропостачання вентиляційної установки.

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 розподільних щитів 0,4 кВ.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Коротка характеристика об'єкту проектування	Грицюк Ю.В.		
2. Основні проектні рішення	Грицюк Ю.В.		
3. Електропостачання вентиляційної установки	Грицюк Ю.В.		
4. САПР	Грицюк Ю.В.		
5. Електробезпека	Грицюк Ю.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	Електропостачання вентиляційної установки	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 розподільних щитів 0,4 кВ		

Здобувач вищої освіти

(підпис)

(Коваль В.С.)
(прізвище, ініціали)

Керівник
кваліфікаційного проекту

(підпис)

(Грицюк Ю.В.)
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Коваль В.С. Проектування СЕП консервного заводу встановленою потужністю 1410 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. Проектування виконане на основі електротехнічних розрахунків: розрахунку силових електричних навантажень з використанням методу впорядкованих діаграм на основі ієрархічного підходу; розрахунку освітлювальних навантажень на основі методу питомої густини освітлювального навантаження; розрахунку техніко-економічних показників прийнятих проєктних рішень на основі методу приведених затрат.

У результаті розрахунків отримали систему електропостачання даного підприємства з високими показниками економічної обґрунтованості.

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

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

ANNOTATION

V. Koval. Design of the power plant of the cannery with an installed capacity of 1410 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.....	12
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень.....	12
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.....	13
2.3. Визначення результуючих навантажень.....	15
2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень.....	15
2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП з врахуванням компенсації реактивної потужності.....	16
2.6. Компенсація реактивної потужності.....	17
2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях.....	18
2.8. Проектування мережі живлення підприємства.....	18
2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі.....	19
2.10. Розрахунок струмів короткого замикання.....	21
2.11. Вибір обладнання.....	22
2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв.....	23
2.11.2. Вибір роз'єднувачів.....	23
2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників.....	24
2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху.....	24
2.12.1. Вибір схеми електропостачання.....	24
2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ.....	26
2.12.3. Вибір трансформаторів струму.....	29

					ЛНТУ.971014.000 ПЗ									
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування СЕП консервного заводу встановленою потужністю 1410 кВт. Пояснювальна записка.					Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.		Коваль В.С.										6	67	
Перевір.		Грицюк Ю.В.								ФАБЕ, гр.ЕЕ–41				
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.												
Затверд.		Волинець В.І.												

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів.....	30
2.12.5. Вибір рубильників.....	31
РОЗДІЛ 3 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ.	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 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ.....	62
ДОДАТОК 3 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.....	66

ВСТУП

Проектована електрична система консервного заводу належить до розподільних мереж напругою до 35 кВ включно. До її складу входять електричні мережі класу напруги 10 та 0,4 кВ, трансформаторна підстанція та споживачі електричної енергії.

Для отримання оптимальних з технічної та економічної точки зору показників проєктованих мереж слід враховувати такі їх особливості [1, 2]:

1. Категорія надійності електропостачання споживачів електричної енергії.

Для живлення споживачів I, II категорії застосовують два незалежних джерела. В такому випадку уникнути переривання живлення можна шляхом перемикання між джерелами за допомогою перемичок трансформаторної підстанції. Для I категорії перемикання виконується пристроєм автоматичного введення резерву.

2. Економічність.

Переріз високовольтних кабелів доцільно обирати з врахуванням економічної густини струму [3, 5] – це дозволяє суттєво зменшити експлуатаційні витрати. Для виконання ліній високої напруги також доцільно розглядати декілька варіантів перерізів; для трансформаторної підстанції – декілька варіантів потужності трансформаторів. Серед розглянутих варіантів визначають найбільш економічно доцільний шляхом техніко-економічного порівняння.

3. Рівень якості електричної енергії.

При виборі елементів електричних мереж усіх напруг обов'язковою є перевірка за втратами напруги. У разі відхилення напруги за межі допустимих значень застосовують засоби її регулювання: пристрої перемикання кількості витків обмоток силових трансформаторів; конденсаторні батареї.

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Консервний завод спеціалізується на виробництві фруктових напоїв, а також овочевих консервів, приправ та соусів. Структуру виробництва та перелік видів продукції, що випускається заводом, наведено на рисунку 1.1.

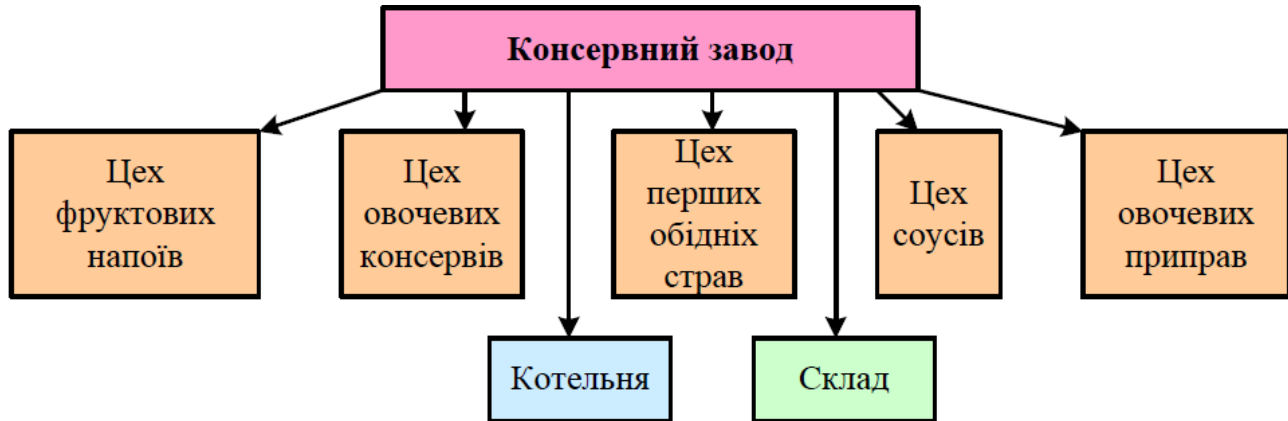


Рисунок 1.1 – Структура виробництва консервного заводу

До асортименту фруктових напоїв належать натуральні соки, соковмісні напої та нектари. Основні етапи їх виготовлення наведено на рисунку 1.2.

Технічне завдання до проєкту включає (табл.1.1, 1.2):

інформацію про характеристики струмоприймачів кожного цеху, їх категорії надійності та режим роботи;

генеральний план заводу;

інформацію про джерело живлення (місце розташування; потужність короткого замикання на шинах джерела);

умови компенсації реактивної потужності;

докладну інформацію про приймачі електроенергії, встановлені в цеху фруктових напоїв;

план розміщення обладнання в цеху фруктових напоїв.

					ЛНТУ.971014.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування СЕП консервного заводу встановленою потужністю 1410 кВт. Пояснювальна записка.					Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Коваль В.С.										
Перевір.		Грицюк Ю.В.									9	3
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.								ФАБЕ, гр.ЕЕ-41		
Затверд.		Волинець В.І.										



Рисунок 1.2 – Основні етапи виробництва фруктових напоїв

Таблиця 1.1 – Характеристики цехів заводу

Назва об'єкту	Розміри будівлі			Встановлена потужність, кВт
	Довжина, м	Ширина, м	Площа будівлі, м ²	
1. Цех фруктових напоїв:	48	60	2880	210
Щит 1.1	–	–	–	55
Щит 1.2	–	–	–	41
Щит 1.3	–	–	–	53
Щит 1.4	–	–	–	63
2. Цех овочевих консервів	60	42	2520	225
3. Цех перших обідніх страв	60	30	1800	205
4. Цех соусів	54	48	2592	250
5. Цех овочевих приправ	48	60	2880	195
6. Котельня	24	42	1008	270
7. Склад	30	48	1440	55
Всього			13680	1410

Таблиця 1.2 – Вихідні дані

Назва параметру	Одиниці вимірювання	Значення
Кількість змін	–	1
Тривалість роботи електрообладнання в рік τ	год.	2500
Час використання максимального навантаження T_{max}	год.	1350
Джерело живлення	–	РП-10 кВ
Відстань до джерела l	км	5,2
Потужність короткого замикання на шинах джерела живлення $S_{\text{кз}}$	МВА	56
Вхідна реактивна потужність $Q_{\text{е max}}$	кВАр	200
Загальна територія підприємства	м ²	31248
Категорія надійності споживачів:		
I (пристрої пожежної сигналізації, евакуаційне освітлення)	%	0,3
II (приймачі основних виробничих цехів)	%	68,9
III (приймачі складу, приймачі, що виконують допоміжні функції)	%	30,8

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень

Характеристики приймачів, встановлених в цеху фруктових напоїв, наведено в завданні до проєкту. Розрахуємо силові навантаження, які будуть споживатись приймачами, приєднаними до щитів 1.1, 1.2 даного цеху, та силові навантаження решти цехів за методикою [Д.1.1].

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	210	93,61	92,87	131,86	124,13	102,01	160,67
1.1	55	24,50	24,22	34,45	36,26	26,57	44,96
1.2	41	17,36	16,94	24,26	22,28	18,56	29,00
1.3	53	23,63	23,86	33,58	30,71	26,25	40,40
1.4	63	28,13	27,84	39,58	34,88	30,63	46,41
2	225	103,50	104,54	147,10	134,55	114,99	176,99
3	205	94,30	113,16	147,30	132,02	124,48	181,45
4	250	117,50	118,68	167,00	150,40	130,54	199,15
5	195	91,65	90,73	128,97	132,89	99,81	166,20
6	270	189,00	141,75	236,25	434,70	155,93	461,82
7	55	13,75	14,03	19,64	30,25	15,43	33,96
Всього	1410	703,31	675,75	978,13	1138,94	743,18	1380,23

					ЛНТУ.971014.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проєктування СЕП консервного заводу встановленою потужністю 1410 кВт. Пояснювальна записка.		
Розроб.	Коваль В.С.						
Перевір.	Грицюк Ю.В.						
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						12	20
					ФАБЕ, гр.ЕЕ-41		

Таблиця 2.2 – Розрахунок силових навантажень цеху фруктових напоїв

Назва електроприймача	P _н , кВт	n	P _н , кВт	К _{вик}	tgφ	m	η _{еф}	K _{max}	Розрахункові навантаження			
									P _{ср.зм.} , кВт	Q _{ср.зм.} , квар	P _{р.} , кВт	Q _{р.} , квар
	Щит 1.1											
	Приймачі із змінним графіком навантаження											
Сито	2,5	1	2,5	0,49	0,97	12	6	1,5	1,23	1,19	35,29	25,84
Центрифуга	6	1	6	0,46	0,99				2,76	2,73		
Сепаратор	5	1	5	0,41	0,98				2,05	2,01		
Установка ферментувальна	3,5	1	3,5	0,33	1,01				1,16	1,17		
Установка нагрівальна	4	1	4	0,41	0,97				1,64	1,59		
Вакуум-фільтр барабанний	7,5	1	7,5	0,39	0,97				2,93	2,84		
Установка стерилізаційна	5	1	5	0,41	1,01				2,05	2,07		
Машина етикетувальна	1,5	1	1,5	0,36	0,99				0,54	0,53		
Конвеєр стрічковий	18	1	18	0,51	1,02				9,18	9,36		
	Приймачі із постійним графіком навантаження											
Установка вентиляційна	1,5	1	1,5	0,65	0,75				0,98	0,73	0,98	0,73
Всього 1.1		10	54,5						24,50	24,22	36,26	26,57
	Щит 1.2											
	Приймачі із змінним графіком навантаження											
Сито	2,5	1	2,5	0,49	0,97	5	10	1,3	1,23	1,19	21,30	17,83
Центрифуга	6	1	6	0,46	0,99				2,76	2,73		
Сепаратор	5	1	5	0,41	0,98				2,05	2,01		
Установка ферментувальна	3,5	1	3,5	0,33	1,01				1,16	1,17		
Установка нагрівальна	4	1	4	0,41	0,97				1,64	1,59		
Вакуум-фільтр барабанний	7,5	1	7,5	0,39	0,97				2,93	2,84		
Установка стерилізаційна	5	1	5	0,41	1,01				2,05	2,07		
Машина етикетувальна	1,5	1	1,5	0,36	0,99				0,54	0,53		
Візок вантажний	4	1	4	0,51	1,02				2,04	2,08		
	Приймачі із постійним графіком навантаження											
Установка вентиляційна	1,5	1	1,5	0,65	0,75				0,975	0,73	0,975	0,7313
Всього 1.2		10	40,5						17,36	16,94	22,28	18,56
ВСЬОГО		20	95						41,86	41,17	58,54	45,14

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Розрахуємо навантаження, що споживаються освітлювальними приймачами кожного цеху, вибраними згідно з методикою [Д.1.2], та навантаження зовнішніх світильників.

Таблиця 2.3 – Вибір джерел світла

Номер цеху	Розряд зорової роботи	$E_{\text{норм}}, \text{лк}$	Тип світильника	F, лм	P, кВт
1	Va	300	Biom 100W 7500Lm	7500	100
2	Va	300	Biom 100W 7500Lm	7500	100
3	Va	300	Biom 100W 7500Lm	7500	100
4	Va	300	Biom 100W 7500Lm	7500	100
5	Va	300	Biom 100W 7500Lm	7500	100
6	VIII6	75	MAXUS LED TROFFER 40W 4000 Lm	4000	40
7	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	2880	8	3,25	9,36	1,2	0,9	0,33	10,11	3,34
2	2520	8	3,25	8,19	1,2	0,9	0,33	8,85	2,92
3	1800	8	3,25	5,85	1,2	0,9	0,33	6,32	2,08
4	2592	8	3,25	8,42	1,2	0,9	0,33	9,10	3,00
5	2880	8	3,25	9,36	1,2	0,9	0,33	10,11	3,34
6	1008	5	2,98	3,00	1,2	0,9	0,33	3,24	1,07
7	1440	5	2,98	4,29	1,2	0,9	0,33	4,63	1,53
Всього	13680			48,48				52,36	17,28

Для вуличного освітлення приймаємо з [4] джерела світла Horoz Electric 074-005-0050-010 Orlando-50, 50 Вт, 50 лм:

$$\sum \varepsilon = \frac{10^3 \cdot 2,75 \cdot 0,85 \cdot 11}{4953} = 5,19 \text{ лк};$$

$$\frac{L}{h} = 9,5; L = 9,5 \cdot 11 = 104,5 \text{ м};$$

$$L_{\Sigma} = 2880 \text{ м}; N = \frac{2880}{104,5} = 27,6 \Rightarrow N_{\text{прийн}} = 28;$$

$$P_{\text{вст.зовн}} = 28 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 1,51 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{розр.зовн}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,4 = 1,51 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{розр.зовн}} = 1,51 \cdot 0,33 = 0,5 \text{ кВАр}.$$

2.3. Визначення результуючих навантажень

Розрахунки виконуємо за методикою, наведеною в [Д.1.3].

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	219,36	103,72	96,21	141,47	134,23	105,35	170,64
1.1	54,50	24,50	24,22	34,45	36,26	26,57	44,96
1.2	40,50	17,36	16,94	24,26	22,28	18,56	29,00
1.3	52,50	23,63	23,86	33,58	30,71	26,25	40,40
1.4	62,50	28,13	27,84	39,58	34,88	30,63	46,41
2	233,19	112,35	107,45	155,46	143,40	117,91	185,65
3	210,85	100,62	115,24	152,99	138,34	126,56	187,50
4	258,42	126,60	121,68	175,59	159,50	133,54	208,02
5	204,36	101,76	94,07	138,58	143,00	103,14	176,32
6	273,00	192,24	142,82	239,49	437,94	157,00	465,23
7	59,29	18,38	15,55	24,08	34,88	16,96	38,79
Освітлення території	1,40	1,51	0,50	1,59	1,51	0,50	1,59
Всього	1459,88	757,18	693,53	1029,25	1192,81	760,95	1433,73

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Картограму навантажень наносять на генеральний план підприємства для візуалізації розрахунків, виконаних в п.2.3. Крім того, розрахуємо координати теоретичного центру електричних навантажень для розміщення в цій точці трансформаторної підстанції.

Використовуємо методику [Д.1.4].

Таблиця 2.6 – Визначення центру електричних навантажень

№ цеху	х, м	у, м	$P_{\Sigma} \cdot x$	$P_{\Sigma} \cdot y$	$Q_{\Sigma} \cdot x$	$Q_{\Sigma} \cdot y$	г	α
1	54	36	7249	4832	5689	3793	23	27
2	54	162	7743	23230	6367	19101	24	22
3	138	162	19091	22411	17465	20503	24	16
4	192	162	30624	25839	25641	21634	26	21
5	204	126	29172	18018	21041	12996	24	25
6	21	84	9197	36787	3297	13188	38	3
7	150	92	5233	3209	2544	1560	11	48
Всього			108308	134327	82043	92774		
X_{Σ}	99							
Y_{Σ}	117							

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

69,2% струмоприймачів консервного заводу належать до I та II категорій надійності, тому трансформаторну підстанцію укомплектовано двома силовими трансформаторами, вибраними з [5], кожен з яких завантажений не більше, ніж на 70%.

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	0,08	1000	1,08	2	0	2	1177,57
II		630	1,72	2	0	2	452,33

Пропускна здатність за реактивною потужністю трансформаторів другого варіанту виконання є недостатньою. Тому до шин 0,4 кВ підключено батареї конденсаторів, вибрані з [6].

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	24	27	0,64	0	0,00	0
II	241,19	24	27	0,64	0	241,19	160

Визначаємо приведені затрати на влаштування підстанцій для обох варіантів виконання.

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	1,7	12,2	588	10,2564	74,3591	1020,00	201,86
II	1,18	8,5	588	7,12374	51,647	972,08	173,16

Вибираємо $2 \times TM - 630 / 10$; $2 \times KKY - 0,4 - 160 - 10 - 21Y3$.

Перевіряємо вибрані трансформатори за перевантажувальною здатністю :

$$1,4 \cdot 630 = 882 \text{ кВА} > \frac{2 \cdot (1 - 0,308) \cdot 1029,25}{2} = 712,24 \text{ кВА}.$$

2.6. Компенсація реактивної потужності

Розрахуємо необхідну потужність батарей конденсаторів, встановлених на шинах 10 кВ підстанції, з врахуванням вимог енергосистеми щодо реактивного споживання консервного заводу.

Таблиця 2.10 – Розрахунок компенсації реактивної потужності

Показник	Од.вимір.	Значення
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$	кВАр	693,53
$Q_{\text{еmax}}$	кВАр	200
$Q_{\text{НБК ф}}$	кВАр	320
ΔQ_T	кВАр	33
$K_{\text{НС}}$	—	0,90
Q_{M1}	кВАр	624,17
Q_{K1}	кВАр	424,17
$Q_{\text{НС Т}}$	кВАр	439,53
$Q_{\text{ВБК}}$	кВАр	170,17

$Q_{\text{ВБК}} = 170,17$ кВт, що є недостатньо для компенсації на боці високої напруги. Тому збільшуємо потужність вже встановлених батарей 0,4 кВ до значення:

$$Q_{\text{НБК,рез}} = 320 + 170,17 = 490,17 \text{ кВт} \Rightarrow 2 \times \text{ККУ} - 0,4 - 250 - 10 - 21 \text{ УЗ}.$$

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях

До сумарних навантажень консервного заводу, розрахованих в таблиці 2.5 додаємо втрати в трансформаторах та віднімаємо реактивну потужність, яку компенсуватимуть вибрані в п.2.6 конденсаторні батареї. Отримуємо навантаження на стороні високої напруги трансформаторної підстанції.

Таблиця 2.11 – Розрахунок навантажень на рівні 10 кВ

Розрахункове навантаження	Одиниці вимірювання	Значення
P_{p3}	кВт	757,18
Q_{p2}	кВАр	693,53
$Q_{\text{НБК}}$	кВАр	500
P_{p3}	кВт	757,18
Q_{p3}	кВАр	193,53
S_{p3}	кВА	781,52
ΔP_T	кВт	15,63
ΔQ_T	кВАр	78,15
P_{p4}	кВт	772,81
Q_{p4}	кВАр	271,68
S_{p4}	кВА	819,17

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

Характеристики кабелів живлення трансформаторної підстанції, вибраних з [8]: жили – алюмінієві, ізоляція – із зшитого поліетилену, оболонка – з полівінілхлоридного пластикату. Застосовано два паралельних кабелі.

Перерізи кабелів обираємо за струмом навантаження нормального режиму та економічною густиною струму [7] $j_e = 1,9 \frac{A}{mm^2}$.

$$I_{\text{норм}} = \frac{819,17}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 23,65 \text{ A}; I_{\text{П АВ}} = \frac{819,17}{\sqrt{3} \cdot 10} = 47,29 \text{ A};$$

$$F_e = \frac{23,65}{1,9} = 12,45 \text{ мм}^2; \text{ розглядаємо перерізи від } 35 \text{ мм}^2 \text{ включно.}$$

Таблиця 2.12 – Вибір кабельних ліній високої напруги

F, мм ²	I _{доп} , А	I' _{доп} , А	r ₀ , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	X ₀ , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	ΔU _{норм} , В	ΔU _{норм} , %	ΔU _{П АВ} , %
35	143	147,29	0,641	0,09	120,72	1,21	2,41
50	169	174,1	0,58	0,086	109,82	1,10	2,20
70	211	217,3	0,45	0,084	87,41	0,87	1,75
95	260	267,8	0,31	0,083	63,43	0,63	1,27

Таблиця 2.13 – Техніко-економічне порівняння кабелів різного перерізу

F, мм ²	K _{зл}	ΔP _н , кВт	ΔP _д , кВт	C _е , тис. грн.	K, тис. грн.	З, тис. грн.
35	0,161	135,17	3,484	14,843	5023,2	642,743
50	0,136	170,82	3,153	13,431	6156,8	783,031
70	0,109	206,59	2,446	10,421	6406,4	811,221
95	0,088	216,10	1,685	7,179	7477,6	941,879

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

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Внутрішню розподільну мережу консервного заводу виконано за такою схемою:

живлення цехів та котельні: ТП-10/0,4 – ВРП – розподільні щити 0,4 кВ;

живлення складу: ТП-10/0,4 –ВРП4 цеху соусів – розподільний щит 0,4 кВ.

ВРП та щити обрано відповідно з [8, 9], кабелі живлення щитів та ВРП АВВГ – 0,4, АВВГнгд – 0,4 – з [11].

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	170,64	259,26	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
РП1.1	44,96	68,30	ПР11 – 1034 – 21 У3	100	10	12
РП1.2	29,00	44,05	ПР11 – 1034 – 21 У3	100	10	12
РП1.3	40,40	61,38	ПР11 – 1034 – 21 У3	100	10	12
РП1.4	46,41	70,52	ПР11 – 1034 – 21 У3	100	11	12
ВРП2	185,65	282,06	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
ВРП3	187,50	284,87	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
ВРП4	246,81	374,99	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
ВРП5	176,32	267,89	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
ВРП6	465,23	706,85	ВРП – 800	800	4	2
РП7	38,79	58,93	ПР11 – 1034 – 21 У3	100	11	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	170,64	129,63	259,26	4×185	260	268	281	0,062	0,18	0,06	0,66	1,32
ВРП1 – РП1.1	2	44,96	34,15	68,30	5×25	75	77	81	0,041	1,33	0,07	0,71	1,42
ВРП1 – РП1.2	2	29,00	22,03	44,05	5×16	60	62	65	0,028	2,08	0,07	0,47	0,95
ВРП1 – РП1.3	2	40,40	30,69	61,38	5×16	60	62	65	0,034	2,08	0,07	0,81	1,62
ВРП1 – РП1.4	2	46,41	35,26	70,52	5×25	75	77	81	0,039	1,33	0,07	0,70	1,39
ТП – ВРП2	2	185,65	141,03	282,06	4×240	490	505	529	0,067	0,125	0,047	0,55	1,10
ТП – ВРП3	2	187,50	142,44	284,87	4×240	490	505	529	0,100	0,125	0,047	0,83	1,66
ТП – ВРП4	2	246,81	187,50	374,99	4×240	490	505	529	0,036	0,125	0,047	0,39	0,79
ТП – ВРП5	2	176,32	133,94	267,89	4×185	260	268	281	0,117	0,18	0,06	1,29	2,58
ТП – ВРП6	2	465,23	235,62	471,23	4×240	490	505	529	0,031	0,125	0,047	0,43	1,29
ВРП4 – РП7	1	38,79	58,93	58,93	5×16	60	62	65	0,052	2,08	0,07	2,38	2,38

					ЛНТУ.971014.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		200

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

Точку короткого замикання в мережі високої напруги розташовано на шинах 10 кВ трансформаторної підстанції.

Застосовуємо відносно наближене зведення :

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

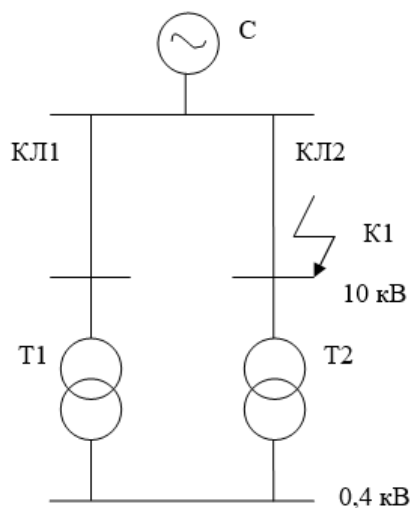


Рисунок 2.1 – Електрична схема короткозамкненого кола

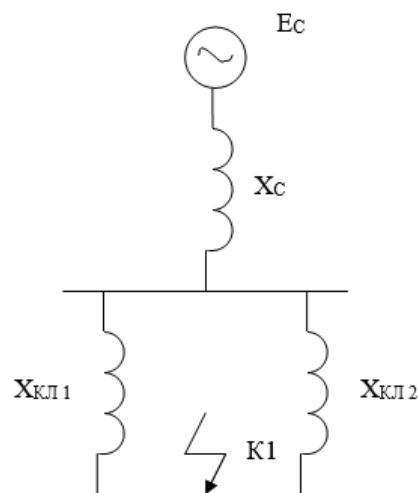


Рисунок 2.2 – Заступна схема короткозамкненого кола

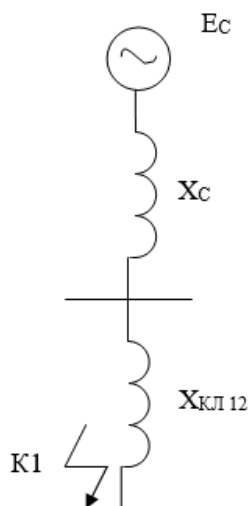


Рисунок 2.3 – Схема короткозамкненого кола після об'єднання паралельних ліній

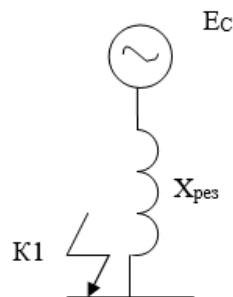


Рисунок 2.4 – Спрощена схема короткозамкненого кола

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

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
S_{K3}	МВА	56
$\dot{X}_{C*}$	—	1,786
$\dot{R}_{KЛ1*}, \dot{R}_{KЛ2*}$	—	3,023
$\dot{X}_{KЛ1*}, \dot{X}_{KЛ2*}$	—	0,424
$\dot{R}_{KЛ12*}$	—	1,512
$\dot{X}_{KЛ12*}$	—	0,212
$\dot{R}_{рез*}$	—	1,512
$\dot{X}_{рез*}$	—	1,998
$\dot{Z}_{рез*}$	—	2,505
I_{ϕ}	кА	5,50
I_{n0}	кА	2,195
k_y	—	1,42
i_y	кА	4,407
K_T	$\frac{A \cdot c^{1/2}}{mm^2}$	125
t_n	с	0,25
F_{min}	mm^2	8,8
Тип та переріз кабелю з п.2.8	—	АПвВ – 10 – 3 × 35
B_K	$кА^2 \cdot c$	1,2

2.11. Вибір обладнання

В будівлі закритої трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ знаходяться такі приміщення:

приміщення розподільного пристрою 10 кВ, укомплектоване комірками типу КСО – 399 [14];

дві трансформаторні камери з трансформаторами ТМ-630/10;

приміщення розподільного пристрою 0,4 кВ, укомплектоване панелями типу ЩО – 99 [15].

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

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	–

$10 = 10 \text{ кВ};$

$23,65 < 630 \text{ А};$

$47,29 < 630 \text{ А};$

$4,407 < 51 \text{ кА};$

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

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Секційні комірки РП-10 кВ укомплектовано роз'єднувачами [16]:

РВ030 – 10 – 630

$10 = 10 \text{ кВ};$

$23,65 < 630 \text{ А};$

$47,29 < 630 \text{ А};$

$4,407 < 41 \text{ кА};$

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

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Ввідні та трансформаторні комірки РП-10 кВ укомплектовано вимикачами навантаження [17]:

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

$10 = 10 \text{ кВ};$
 $23,65 < 630 \text{ А};$
 $47,29 < 630 \text{ А};$
 $2,195 < 31,5 \text{ кА};$
 $4,407 < 80 \text{ кА};$
 $1,2 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$

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

$10 = 10 \text{ кВ};$
 $23,65 < 630 \text{ А};$
 $47,29 < 630 \text{ А};$
 $2,195 < 31,5 \text{ кА};$
 $4,407 < 80 \text{ кА};$
 $1,2 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$

Вимикачі навантаження, встановлені в трансформаторних комірках, мають вбудовані запобіжники [18]:

ПКТ – 10 – 50 – 12,5 УЗ:

$47,29 < 63 \text{ А};$
 $2,195 < 12,5 \text{ кА};$
 $38,01 < 217 \text{ кА},$

$$S'' = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2,195 = 38,01 \text{ МВА}.$$

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Електропостачання струмоприймачів цеху фрктових напоїв виконане радіально за схемою:

ТП-10/0,4 – кабелі $2 \times \text{АВВГ}-4 \times 185$ (вибрані в табл.2.15) – ВРП
ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4 (табл.2.14) – кабелі $2 \times \text{АВВГнгд}-5 \times 25$ та
 $2 \times \text{АВВГнгд}-5 \times 25$ (табл.2.14) – розподільні щити ПР11 – 1034 – 21 У3

(табл.2.14) – кабелі ВВГнгд [19] відповідного перерізу, вибрані та перевірені в таблицях 2.18, 2.19.

Таблиця 2.18 – Вибір кабелів внутрішньоцехової мережі

Назва електроприймача	P_n , кВт	$\cos \varphi$	I , А	F , мм ²	$I_{тр.доп}$, А	Кабель
Щит 1.1						
Сито	2,5	0,72	5,29	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Центрифуга	6	0,71	12,83	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Сепаратор	5	0,71	10,64	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка ферментувальна	3,5	0,70	7,56	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка нагрівальна	4	0,72	8,47	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Вакуум-фільтр барабанний	7,5	0,72	15,88	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка стерилізаційна	5	0,70	10,80	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Машина етикетувальна	1,5	0,71	3,21	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Конвеєр стрічковий	18	0,70	39,06	6	45	ВВГнгд-5×6
Установка вентиляційна	1,5	0,80	2,85	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Щит 1.2						
Сито	2,5	0,72	5,29	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Центрифуга	6	0,71	12,83	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Сепаратор	5	0,71	10,64	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка ферментувальна	3,5	0,70	7,56	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка нагрівальна	4	0,72	8,47	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Вакуум-фільтр барабанний	7,5	0,72	15,88	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка стерилізаційна	5	0,70	10,80	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Машина етикетувальна	1,5	0,71	3,21	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Візок вантажний	4	0,70	8,68	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка вентиляційна	1,5	0,80	2,85	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5

Таблиця 2.19 – Перевірка кабелів за втратами напруги

Назва електроприймача	n	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	l, км	$\Delta U\%$	Кабель
Щит 1.1						
Сито	1	8	0,09	0,006	0,084	ВВГнгд-5×2,5
Центрифуга	1	8	0,09	0,01	0,336	ВВГнгд-5×2,5
Сепаратор	1	8	0,09	0,012	0,336	ВВГнгд-5×2,5
Установка ферментувальна	1	8	0,09	0,022	0,431	ВВГнгд-5×2,5
Установка нагрівальна	1	8	0,09	0,026	0,582	ВВГнгд-5×2,5
Вакуум-фільтр барабанний	1	8	0,09	0,03	1,260	ВВГнгд-5×2,5
Установка стерилізаційна	1	8	0,09	0,039	1,093	ВВГнгд-5×2,5
Машина етикетувальна	1	8	0,09	0,044	0,370	ВВГнгд-5×2,5
Конвеєр стрічковий	1	3,33	0,09	0,002	0,085	ВВГнгд-5×6
Установка вентиляційна	1	8	0,09	0,005	0,042	ВВГнгд-5×2,5
Щит 1.2						
Сито	1	8	0,09	0,006	0,084	ВВГнгд-5×2,5
Центрифуга	1	8	0,09	0,01	0,336	ВВГнгд-5×2,5
Сепаратор	1	8	0,09	0,012	0,336	ВВГнгд-5×2,5
Установка ферментувальна	1	8	0,09	0,022	0,431	ВВГнгд-5×2,5
Установка нагрівальна	1	8	0,09	0,026	0,582	ВВГнгд-5×2,5
Вакуум-фільтр барабанний	1	8	0,09	0,03	1,260	ВВГнгд-5×2,5
Установка стерилізаційна	1	8	0,09	0,039	1,093	ВВГнгд-5×2,5
Машина етикетувальна	1	8	0,09	0,044	0,370	ВВГнгд-5×2,5
Візок вантажний	1	8	0,09	0,002	0,045	ВВГнгд-5×2,5
Установка вентиляційна	1	8	0,09	0,005	0,042	ВВГнгд-5×2,5

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

Точки короткого замикання в мережі низької напруги розташовано на шинах 0,4 кВ трансформаторної підстанції; на шинах ВРП/РП кожного цеху; на затискачах найбільш потужного струмоприймача.

Застосовуємо абсолютне наближене зведення :

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

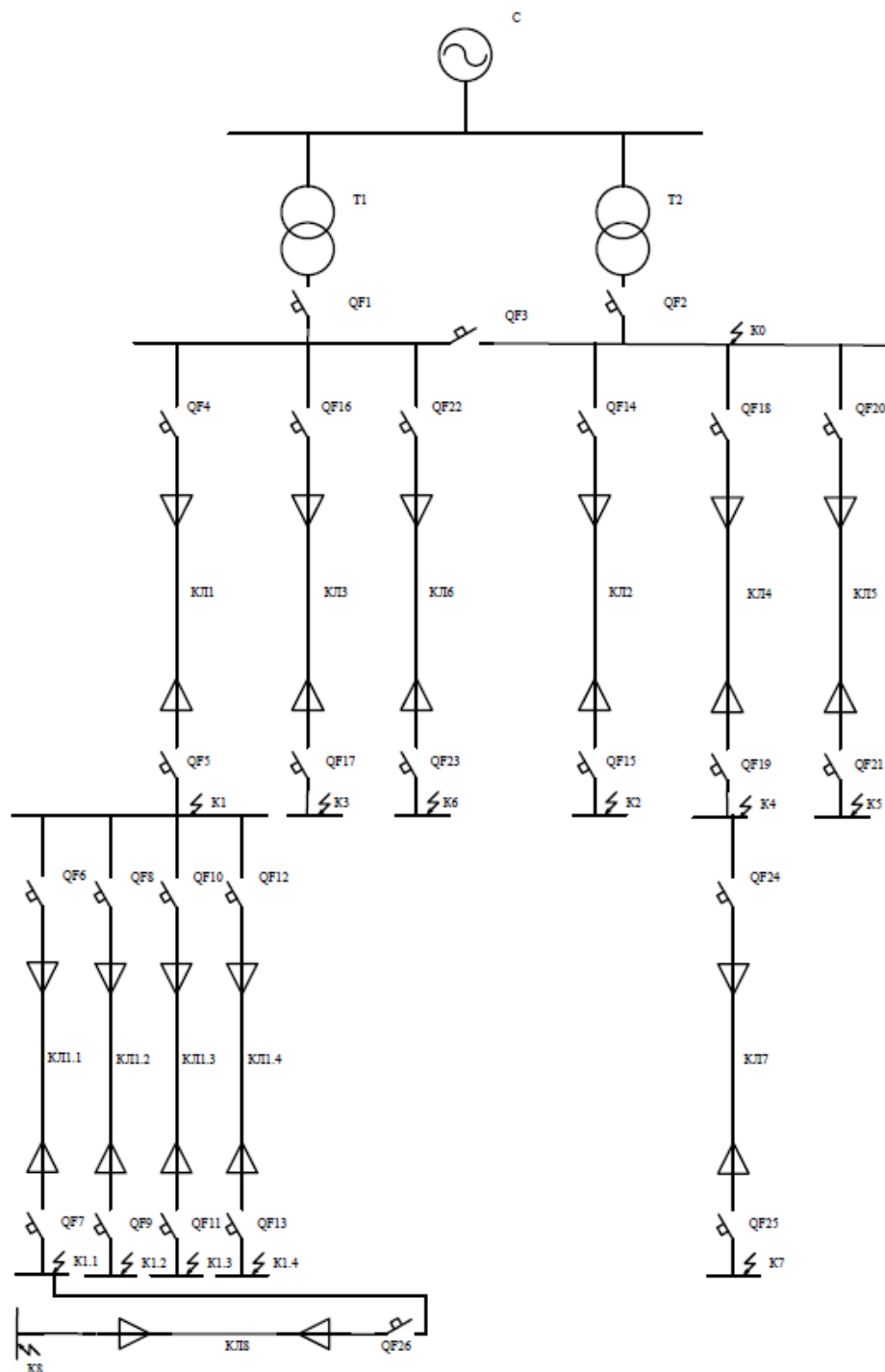


Рисунок 2.5 – Схема короткозамкненого кола НВ мережі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.21 – Визначення струмів КЗ в точці К0

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
R_c	Ом	1,667
X_c	Ом	2,762
$\dot{R}_c$	МОм	2,419
$\dot{X}_c$	МОм	4,009
$\dot{R}_T$	МОм	1,713
$\dot{X}_T$	МОм	7,619
$\dot{R}_{рез0}$	МОм	19,132
$\dot{X}_{рез0}$	МОм	11,628
$Z_{рез0}$	МОм	22,388
I_K	кА	10,315
k_y	–	1,05
i_y	кА	15,317

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	0,062	0,18	11,160	0,06	3,720
ВРП1 – РП1.1	0,041	1,33	54,796	0,07	2,884
ВРП1 – РП1.2	0,028	2,08	57,408	0,07	1,932
ВРП1 – РП1.3	0,034	2,08	70,720	0,07	2,380
ВРП1 – РП1.4	0,039	1,33	52,136	0,07	2,744
ТП – ВРП2	0,067	0,125	8,350	0,047	3,140
ТП – ВРП3	0,100	0,125	12,500	0,047	4,700
ТП – ВРП4	0,036	0,125	4,500	0,047	1,692
ТП – ВРП5	0,117	0,18	21,096	0,06	7,032
ТП – ВРП6	0,031	0,125	3,900	0,047	1,466
ВРП4 – РП7	0,052	2,08	108,160	0,07	3,640
РП1.1 – Рmax	0,002	3,33	6,660	0,09	0,180

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	35,29	15,35	38,48	6,001	1	8,486	22,2	4×185
К1.1	25	95,09	18,23	96,82	2,385	1	3,373	8,8	5×25
К1.2	25	97,70	17,28	99,22	2,328	1	3,292	8,6	5×16
К1.3	25	111,01	17,73	112,42	2,054	1	2,905	7,6	5×16
К1.4	25	92,43	18,09	94,18	2,452	1	3,468	9,1	5×25
К2	20	32,48	14,77	35,68	6,472	1	9,153	24,0	4×240
К3	20	36,63	16,33	40,11	5,758	1	8,143	21,3	4×240
К4	20	28,63	13,32	31,58	7,313	1	10,342	27,1	4×240
К5	20	45,23	18,66	48,93	4,720	1	6,675	17,5	4×185
К6	20	28,03	13,09	30,94	7,464	1	10,556	27,6	4×240
К7	20	136,79	16,96	137,84	1,675	1	2,369	6,2	5×16
К8	30	106,75	18,41	108,32	2,132	1	3,015	7,9	5×6

Приймаємо для КЛ8 кабель ВВГнгд – 5 × 10.

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Ввідні та лінійні панелі РП-0,4 укомплектовано трансформаторами струму [21] для підключення таких приладів обліку та вимірювання:

лічильники електричної енергії комерційного та технічного обліку

НІК 2307 АПЗТ, вибрані з [20];

амперметри АСКО – УКРЕМ 600А.

$$I_{\text{норм}} = \frac{1433,73}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 1089,17 \text{ А}; I_{\text{max}} = \frac{1433,73}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2178,33 \text{ А}.$$

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 :

CHINT ВН-0.66 120 I 2500/5А

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$1089,17 < 2500 \text{ А};$$

$$2178,33 < 2500 \text{ А};$$

$$15,317 < 51 \text{ кА};$$

$$26,6 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом}.$$

Технічний облік :

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

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$471,23 < 600 \text{ А};$$

$$10,342 < 51 \text{ кА};$$

$$13,37 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом}.$$

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Одну з секційних, ввідні та лінійні панелі РП-0,4 укомплектовано автоматичними вимиками [22].

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 _{норм} , А	I _{п.ав} , А	I _к , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF1	Chint NA1-3200-2500M	0,4	2500	40	0,4	1089,17	2178,33	10,315
QF2	Chint NA1-3200-2500M	0,4	2500	40	0,4	1089,17	2178,33	10,315
QF3	Chint NA1-3200-2500M	0,4	2500	40	0,4	1089,17	2178,33	10,315
QF4	ВА 88 – 37	0,4	315	35	0,4	129,63	259,26	6,001
QF5	ВА 88 – 37	0,4	315	35	0,4	129,63	259,26	6,001
QF6	ВА 88 – 33	0,4	80	35	0,4	34,15	68,30	2,385
QF7	ВА 88 – 33	0,4	80	35	0,4	34,15	68,30	2,385
QF8	ВА 88 – 33	0,4	50	35	0,4	22,03	44,05	2,328

Продовження таблиці 2.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF9	BA 88 – 33	0,4	50	35	0,4	22,03	44,05	2,328
QF10	BA 88 – 33	0,4	63	35	0,4	30,69	61,38	2,054
QF11	BA 88 – 33	0,4	63	35	0,4	30,69	61,38	2,054
QF12	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	35,26	70,52	2,452
QF13	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	35,26	70,52	2,452
QF14	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	141,03	282,06	6,472
QF15	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	141,03	282,06	6,472
QF16	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	142,44	284,87	5,758
QF17	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	142,44	284,87	5,758
QF18	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	187,50	374,99	7,313
QF19	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	187,50	374,99	7,313
QF20	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	133,94	267,89	4,720
QF21	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	133,94	267,89	4,720
QF22	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	235,62	471,23	7,464
QF23	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	235,62	471,23	7,464
QF24	BA 88 – 33	0,4	63	35	0,4	58,93	58,93	1,675
QF25	BA 88 – 33	0,4	63	35	0,4	58,93	58,93	1,68
QF26	BA 88 – 32	0,4	40	25	0,4	39,06	39,06	2,132

2.12.5. Вибір рубильників

Обидві секційні панелі РП-0,4 укомплектовані рубильниками [23]:

 $PE\ 19 - 45; 2500\ A;$ $0,38 < 0,66\ kV;$ $1089,17 < 2500\ A;$ $2178,33 < 2500\ A;$ $15,317 < 50\ kA;$ $26,6 < 900\ kA^2 \cdot c.$

					ЛНТУ.971014.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Для створення нормального мікроклімату в приміщенні цеху фруктових напоїв передбачено систему повітрообміну забезпечено примусовим вентиляванням приміщення. Для цього передбачено дві вентиляційні установки (позиція 11 на плані розміщення обладнання) з вентиляторами радіального типу.

Електропривод вентиляторів виконано за допомогою асинхронних двигунів малої потужності. Живлення кожної з них виконане від розподільних щитів 1.1, 1.2.

$$L = 0,35 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}; p = 1300 \text{ Па}; \omega = 300 \text{ с}^{-1}; p_m = 1500 - 1,78 \cdot 10^{-5} \cdot L^2.$$

Таблиця 3.1 – Розрахунок аеродинамічної схеми

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
$n_{\text{пит}}$	—	43
D_0	м	0,178
D_1	м	0,178
D_2	м	0,245
B	м	0,157
b	м	0,053
A	м	0,118
Z	шт.	19,6
$Z_{\text{прийн}}$	шт.	20
β_1	—	50
β_2	—	145
a	м	0,03

Вибираємо з [23] вентилятор ЦЗ-11 №4: $p_b = 1550 - 4,5 \cdot 10^{-5} \cdot L^2$.

					ЛНТУ.971014.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування СЕП консервного заводу встановленою потужністю 1410 кВт. Пояснювальна записка.				Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Коваль В.С.									
Перевір.		Грицюк Ю.В.								32	3
									ФАБЕ, гр.ЕЕ–41		
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.									
Затверд.		Волинець В.І.									

Таблиця 3.2 – Побудова характеристик мережі та вентилятора

$L, \frac{m^3}{год.}$	$p_m, Па$	$p_n, Па$
0	1500	1550
500	1495,55	1538,75
1000	1482,2	1505
1500	1459,95	1448,75
2000	1428,8	1370
2500	1388,75	1268,75

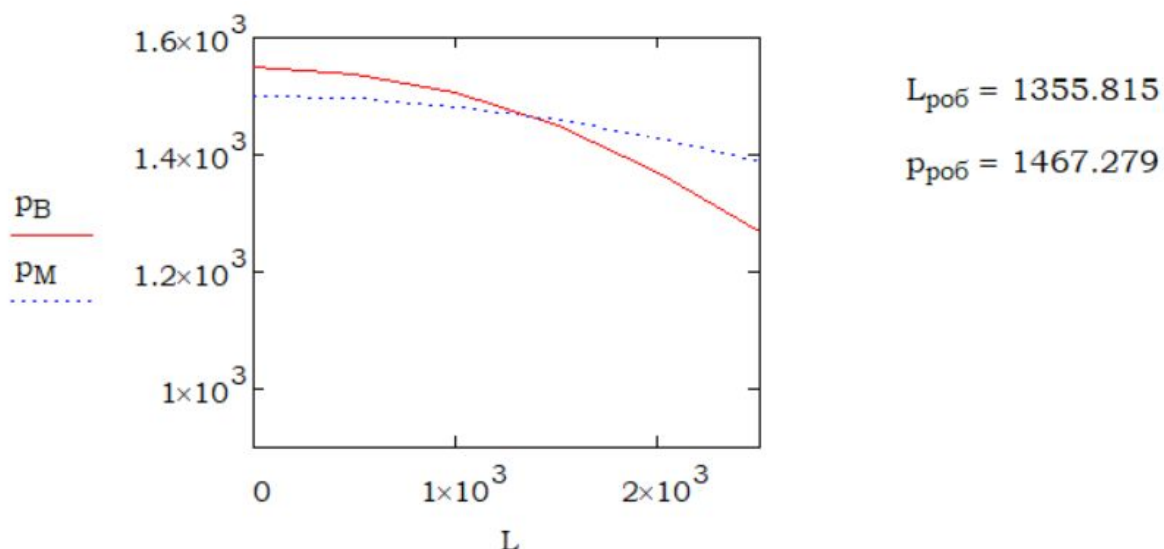


Рисунок 3.1 – Визначення робочої точки вентилятора

Таблиця 3.3 – Вибір електроприводу вентилятора

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
k_z	—	1,3
η	—	0,7
P_B	кВт	1,03
Тип двигуна	—	A2
$P_{дв}$	кВт	1,5
n	об/хв	3000
$\eta_{дв}$	—	0,805
$\cos \varphi_{дв}$	—	0,88

Таблиця 3.4 – Вибір мережі живлення вентилятора

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
$I_{\text{дв}}$	А	3,28
Тип кабелю	–	ВВГнгд-4×2,5
r_0	Ом/км	8
x_0	Ом/км	0,09
l	км	0,005
$\Delta U_{\text{ЛЗ}}$	%	0,05
$\Delta U_{\text{Л2}}$	%	1,42
$\Delta U_{\text{Л1}}$	%	1,32
$\Delta U_{\text{ТР}}$	%	3,21
ΔU	%	4,58
$\Delta U_{\text{доп}}$	%	10

РОЗДІЛ 4

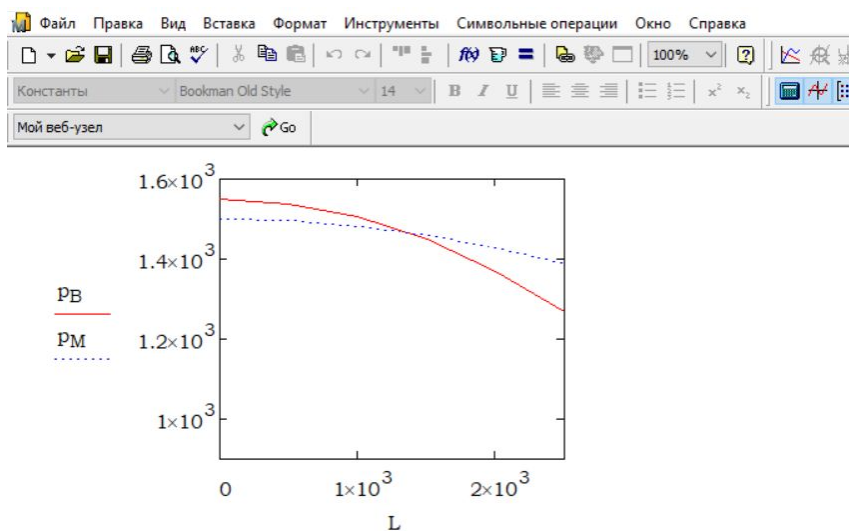
САПР

Приклад автоматизованого проектування в середовищах Microsoft Excel 2003 та Mathcad 15 наведено для розрахунку системи електропостачання вентиляційної установки (розд.3).

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы хотите сделать?										
Вставить Ж К Ч Шрифт Выравнивание Число Стили										
J21										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Вихідні дані									
2	L, м3/с	0,35								
3	L, м3/год	1260								
4	p, Па	1300								
5	ω, об/хв	300								
6										
7	Побудова аеродинамічної схеми		Вибрані коефіцієнти							
8	n _{тит}	43		n.пит	k1	k2	k3	k4	β1	β2
9	D ₀	0,178		20...55	1,65	60	1,2	90	60	150
10	D ₁	0,178		40...80	1,75	105	2	125		
11	D ₂	0,245								
12	B	0,157								
13	b	0,053								
14	A	0,118								
15	Z	19,6								
16	Z _{прин}	20								
17	β ₁	50								
18	β ₂	145								
19	a	0,03								

Рисунок 4.1 – Розрахунок аеродинамічної схеми

					ЛНТУ.971014.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування СЕП консервного заводу встановленою потужністю 1410 кВт. Пояснювальна записка.		
Розроб.	Коваль В.С.						
Перевір.	Грицюк Ю.В.						
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						35	2
					ФАБЕ, гр.ЕЕ-41		



Координати робочої точки:

$$\begin{aligned}
 L_{\text{роб}} &= 1355.815 & |L_{\text{роб}}| &= 1355.815 \\
 P_{\text{роб}} &= 1467.279 & |P_{\text{роб}}| &= 1467.279
 \end{aligned}$$

Перевіримо вірність вибору насосів за умовами:

$$\begin{aligned}
 \text{Умова1} &:= \begin{cases} 1 & \text{if } L_{\text{роб}} \geq L_{\text{з1}} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} & \text{Умова2} &:= \begin{cases} 1 & \text{if } P_{\text{роб}} \geq p \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\
 \text{Умова1} &= 1 & \text{Умова2} &= 1
 \end{aligned}$$

Рисунок 4.2 – Визначення робочої точки вентилятора

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы хотите сделать?									
Вставить Шрифт Выравнивание Число Форматирование как таб Стили									
J21									
27	Вибір двигуна		Двигуни асинхронні серії А2						
28	k_3	1,3	Рдв, кВт	$\eta_{\text{дв}}$	$\cos \phi_{\text{дв}}$				
29	η	0,7	1,5	0,805	0,88				
30	$P_{\text{в}}$	1,03	2	0,825	0,83				
31	Тип двигуна	A2	3	0,835	0,84				
32	$P_{\text{дв}}$	1,5	4	0,86	0,85				
33	n	3000	5,5	0,87	0,86				
34	$\eta_{\text{дв}}$	0,805	7,5	0,885	0,87				
35	$\cos \phi_{\text{дв}}$	0,88	10	0,885	0,87				
36			13	0,885	0,89				
37	Вибір живлячої лінії		Параметри кабелю ВВГнгд-0,4				Вибрані трансформатори		
38	$I_{\text{дв}}$	3,28	Переріз	Ітр.доп	r_0	x_0	Тип	ТМ-630	
39	Тип кабелю	ВВГнгд-4×2,5	2,5	19	8	0,09	St	630	
40	r_0	8	4	27	5	0,09	Pк	8,5	
41	x_0	0,09	6	32	3,33	0,09	uk	6	
42	I	0,005	10	42	2	0,07	ит.а	1,349	
43	$\Delta U_{\text{л3}}$	0,05	16	60	1,25	0,07	ит.р	5,846	
44	$\Delta U_{\text{л2}}$	1,42	25	75	0,8	0,07			
45	$\Delta U_{\text{л1}}$	1,32							
46	$\Delta U_{\text{тр}}$	3,21							
47	ΔU	4,58							
48	$\Delta U_{\text{доп}}$	10							

Рисунок 4.3 – Вибір електроприводу та мережі живлення

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Для захисту персоналу консервного заводу від ураження струмом застосовано контури захисного заземлення, до яких приєднано неструмовідні частини електричного обладнання [25]:

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

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

$$R_H = 10 \text{ Ом};$$

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

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

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

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

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

					ЛНТУ.971014.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування СЕП консервного заводу встановленою потужністю 1410 кВт. Пояснювальна записка.			Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Коваль В.С.									
Перевір.		Грицюк Ю.В.							37	1	
								ФАБЕ, гр.ЕЕ–41			
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.									
Затверд.		Волинець В.І.									

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Аналіз системи електропостачання консервного заводу показав її відповідність усім вимогам до сучасних електричних систем, зазначеним в [1 – 3]:

- завдяки застосуванню двотрансформаторної підстанції та дволанкових ліній система має рівень надійності, що відповідає I та II категоріям;
- електричні апарати високої та низької напруги перевірено в нормальному та післяаварійному режимах, а також за стійкістю до струмів аварійних режимів (короткі замикання);
- схема електропостачання оснащена достатньою кількістю сучасних захисних апаратів для захисту елементів (силові трансформатори, конденсаторні батареї, кабельні лінії напругою 10 та 0,4 кВ) від струмів аварійних режимів;
- передбачено систему обліку електричної енергії та вимірювання параметрів режиму електричної системи;
- забезпечено мінімізацію втрат електричної енергії за рахунок таких заходів:
 - розташування трансформаторної підстанції в центрі навантажень заводу;
 - застосування компенсації реактивної потужності з одночасним покращенням показників якості електричної енергії;
- схему оснащено засобами регулювання напруги;
- робота виробничого персоналу та персоналу з обслуговування електричних мереж заводу є безпечною завдяки застосуванню групових та індивідуальних засобів захисту;
- проєктні розрахунки є точними завдяки їх автоматизації.

					ЛНТУ.971014.000 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.971014.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		