

Луцький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та енергетики
(повне найменування факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повне найменування кафедри)

**«Електропостачання м'ясомолочного комбінату встановленою
потужністю 1510 кВт»**

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

Карабану Дмитру Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційного проекту: Електропостачання м'ясопродуктового комбінату встановленою потужністю 1510 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)

(Карабан Д.О.)
(прізвище, ініціали)

Керівник

кваліфікаційного проекту

_____ (підпис)

(Грицюк Ю.В.)
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Карабан Д.О. Електропостачання м'ясомолочного комбінату встановленою потужністю 1510 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

D. Karaban. Power supply of the meat and dairy plant with an installed capacity of 1510 kW. Manuscript.

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

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

The project developed (proposed) the power supply system of an industrial enterprise. The design is made on the basis of electrical engineering calculations: calculation of power electrical loads using the method of ordered diagrams based on a hierarchical approach; calculation of lighting loads based on the method of specific density of lighting load; calculation of technical and economic indicators of adopted project decisions based on the method of reduced costs.

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

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

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

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	9
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ.....	11
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень.....	11
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.....	13
2.3. Визначення результуючих навантажень.....	14
2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень.....	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.....	19
2.10. Розрахунок струмів короткого замикання.....	20
2.11. Вибір обладнання.....	21
2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв.....	21
2.11.2. Вибір роз'єднувачів.....	22
2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників.....	23
2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху.....	23
2.12.1. Вибір схеми електропостачання.....	24
2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ.....	25
2.12.3. Вибір трансформаторів струму.....	28

					ЛНТУ.971068.000 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання м'ясомолочного комбінату встановленою потужністю 1510 кВт. Пояснювальна записка.					
Розроб.		Карабан Д.О.								
Перевір.		Грицюк Ю.В.								
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.								
Затверд.		Волинець В.І.			Літ. Арк. Аркушів 6 67 ФАБЕ, гр.ЕЕ-43					

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів.....	29
2.12.5. Вибір рубильників.....	30
РОЗДІЛ 3 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ.	31
РОЗДІЛ 4 САПР.....	34
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

Для ефективного та безперебійного забезпечення споживачів м'ясомолочного комбінату електричної енергією проєктована електрична система повинна відповідати ряду вимог, наведених в [1 – 3, 5].

Надійність на кожному ієрархічному рівні системи електропостачання повинна забезпечуватись за рахунок наявності резервних джерел живлення. Причому для споживачів I категорії надійності резервне живлення повинне вмикатись автоматично, а для II – вручну діями електротехнічного експлуатаційного персоналу підприємства.

Наявність резервування електричних мереж передбачає їх перевірку в нормальному та післяаварійному режимах роботи за завантаженням та втратами напруги.

Для забезпечення економічності електричних мереж виконують порівняння кількох можливих варіантів встановлення та обирають найбільш економічно доцільний. Крім того, вибір оптимального місця розташування джерела живлення (для м'ясомолочного комбінату – трансформаторна підстанція) дозволяє скоротити мережі внутрішньозаводського електропостачання.

В процесі експлуатації електричних мереж через зростання навантаження або зміни в схемі можливе відхилення напруги від номінального значення. В зв'язку з цим схема повинна передбачати засоби регулювання напруги та покращення якості електричної енергії.

Для надійності та довговічності мереж кожен елемент схеми повинен бути захищений від струмів ненормальних режимів відповідними електричними апаратами. На боці високої напруги з цією метою використовують запобіжники, вакуумні або елегазові вимикачі; на боці низької напруги – автоматичні вимикачі.

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Проектоване підприємство займається виготовленням деяких видів молочної продукції, м'ясних та ковбасних виробів та консервів. Детально структуру комбінату наведено на схемі (рис.1.1).

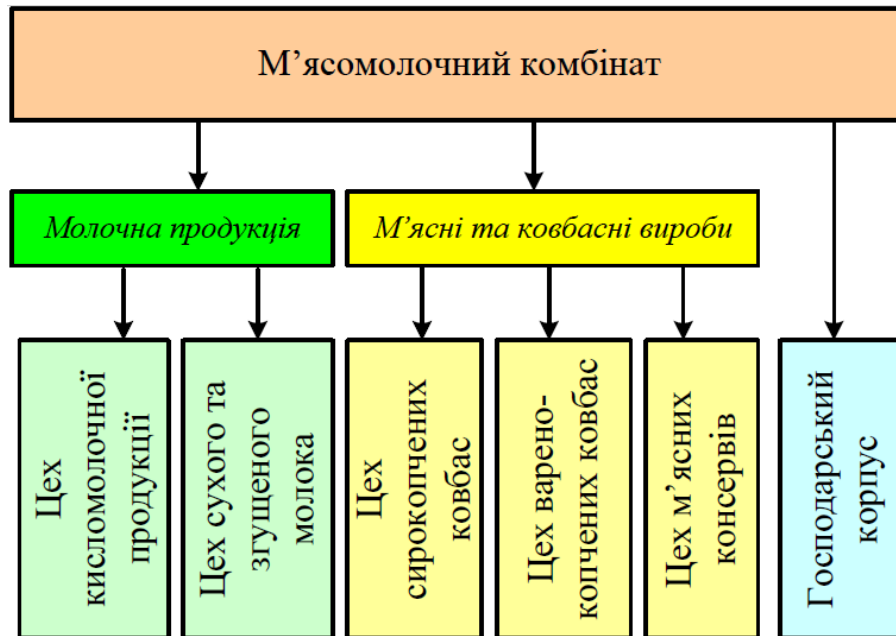


Рисунок 1.1 – Структура м'ясомолочного комбінату

Короткий технологічний цикл виготовлення варено-копчених ковбас наведено на схемі (рис.1.2).



Рисунок 1.2 – Технологічний цикл виготовлення варено-копчених ковбас

					ЛНТУ.971068.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Карабан Д.О.			Електропостачання м'ясомолочного комбінату встановленою потужністю 1510 кВт. Пояснювальна записка.			Літ.		Арк.		Аркушів	
Перевір.		Грицюк Ю.В.								9		2	
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.											
Затверд.		Волинець В.І.											

Таблиця 1.1 – Характеристики цехів заводу

Назва об'єкту	Розміри будівлі			Встановлена потужність, кВт
	Довжина, м	Ширина, м	Площа будівлі, м ²	
1. Цех молочно-кислої продукції	36	48	1728	310
2. Цех сухого та згущеного молока	42	60	2520	240
3. Цех сиркопчених ковбас	48	48	2304	275
4. Цех варено-копчених ковбас	42	90	3780	340
РП4.1				54
РП4.2				54
РП4.3				112
РП4.4				120
5. Цех м'ясних консервів	36	48	1728	300
6. Господарський корпус	36	48	1728	45
Разом			13788	1510

Таблиця 1.2 – Вихідні дані

Назва параметру	Одиниці вимірювання	Значення
Кількість змін	–	2
Тривалість роботи електрообладнання в рік τ	год.	4190
Час використання максимального навантаження T_{max}	год.	2210
Джерело живлення	–	РП-10 кВ
Відстань до джерела l	км	2,55
Потужність короткого замикання на шинах джерела живлення $S_{\text{кз}}$	МВА	77
Вхідна реактивна потужність $Q_{\text{е max}}$	кВАр	274
Загальна територія підприємства	м ²	28944
Категорія надійності споживачів:		
I (пристрої пожежної сигналізації, евакуаційне освітлення)	%	0,3
II (приймачі основних виробничих цехів)	%	73,4
III (приймачі господарського корпусу, приймачі, що виконують допоміжні функції)	%	26,3

В додатках до проєкту [Д.1 – 3] зведено методики, які будуть використовуватись в розрахунках. Методики сформовано відповідно до [1, 3, 7, 12, 13, 24, 25].

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень

Розрахунок силових навантажень виконуємо окремо для силових щитів 4.1, 4.2, встановлених в цеху варено-копчених ковбас, та для кожного цеху (будівлі) м'ясомолочного комбінату.

Для розрахунку використовуємо метод впорядкованих діаграм [1], рекомендований для промислових підприємств з великою кількістю силових електроприймачів.

В таблиці 2.1 також розраховані сумрані навантаження усіх цехів, приєднаних до шин низької напруги трансформаторної підстанції.

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	310	161,20	159,59	226,83	201,50	175,55	267,24
2	240	124,80	126,05	177,38	162,24	138,65	213,42
3	275	145,75	174,90	227,67	204,05	192,39	280,45
4	340	170,99	174,67	244,43	203,14	187,48	276,43
4.1	54	24,02	23,27	33,44	34,94	23,27	41,98
4.2	54	24,02	23,27	33,44	34,94	23,27	41,98
4.3	112	59,47	58,28	83,26	66,60	64,10	92,44
4.4	120	63,49	69,84	94,39	66,67	76,83	101,72
5	300	150,00	148,50	211,07	217,50	163,35	272,01
6	45	13,50	10,80	17,29	31,05	11,88	33,25
Всього	1510	766,24	794,50	1104,67	1019,48	869,30	1342,80

					ЛНТУ.971068.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання м'ясомолочного комбінату встановленою потужністю 1510 кВт. Пояснювальна записка.		
Розроб.	Карабан Д.О.						
Перевір.	Грицюк Ю.В.						
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						11	20
					ФАБЕ, гр.ЕЕ-43		

Таблиця 2.2 – Розрахунок силових навантажень цеху варено-компчених ковбас

Назва електроприймача	P _н , кВт	n	P _н , кВт	К _{вик}	tgφ	m	cosφ	K _{кор}	Розрахункові навантаження			
									P _{сум} , кВт	Q _{сум} , квар	P _р , кВт	Q _р , квар
	Щит 4.1											
	Приймачі із змінним графіком навантаження											
Подрібнювач	5	1	5	0,49	0,97	4,8	8	1,51	2,45	2,38	32,34	21,32
Ін'єктор	2,5	1	2,5	0,46	0,99				1,15	1,14		
Установка осаджувальна	4	1	4	0,41	0,98				1,64	1,61		
Установка первинного коптіння	6,5	1	6,5	0,33	1,01				2,15	2,17		
Установка пароварочна	4	1	4	0,41	0,97				1,64	1,59		
Установка повторного коптіння	7	1	7	0,39	0,97				2,73	2,65		
Шафа сушильна	6	1	6	0,41	1,01				2,46	2,48		
Установка пакувальна	3	1	3	0,36	0,99				1,08	1,07		
Конвеєр стрічковий	12	1	12	0,51	1,02				6,12	6,24		
	Приймачі із постійним графіком навантаження											
Установка вентиляційна	4	1	4	0,65	0,75				2,60	1,95	2,60	1,95
Всього 4.1		10	54						24,02	23,27	34,94	23,27
	Щит 4.2											
	Приймачі із змінним графіком навантаження											
Подрібнювач	5	1	5	0,49	0,97	4,8	8	1,51	2,45	2,38	32,34	21,32
Ін'єктор	2,5	1	2,5	0,46	0,99				1,15	1,14		
Установка осаджувальна	4	1	4	0,41	0,98				1,64	1,61		
Установка первинного коптіння	6,5	1	6,5	0,33	1,01				2,15	2,17		
Установка пароварочна	4	1	4	0,41	0,97				1,64	1,59		
Установка повторного коптіння	7	1	7	0,39	0,97				2,73	2,65		
Шафа сушильна	6	1	6	0,41	1,01				2,46	2,48		
Установка пакувальна	3	1	3	0,36	0,99				1,08	1,07		
Конвеєр стрічковий	12	1	12	0,51	1,02				6,12	6,24		
	Приймачі із постійним графіком навантаження											
Установка вентиляційна	4	1	4	0,65	0,75				2,6	1,95	2,6	1,95
Всього 4.2		10	54						24,02	23,27	34,94	23,27
ВСЬОГО		20	108						48,03	46,55	69,87	46,55

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Для живлення освітлення в кожній будівлі підприємства встановлено освітлювальний щит. Джерела світла, вибрані з [4], поділені на однофазні групи. Їх навантаження розраховані для кожного цеху в таблиці 2.4.

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	VELMAX V-LHB, 150W, LED, 13500Lm	13500	150
2	Va	300	VELMAX V-LHB, 150W, LED, 13500Lm	13500	150
3	Va	300	VELMAX V-LHB, 150W, LED, 13500Lm	13500	150
4	Va	300	VELMAX V-LHB, 150W, LED, 13500Lm	13500	150
5	Va	300	VELMAX V-LHB, 150W, LED, 13500Lm	13500	150
6	VIIIб	75	CORELINE HIGH-BAY GEN 4 69W 10000Lm	10000	69

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_n	tgφ	$P_{p.o}, \text{кВт}$	$Q_{p.o}, \text{квар}$
1	1728	8	3,99	6,89	1,2	0,9	0,33	7,45	2,46
2	2520	8	3,99	10,05	1,2	0,9	0,33	10,86	3,58
3	2304	8	3,99	9,19	1,2	0,9	0,33	9,93	3,28
4	3780	8	3,99	15,08	1,2	0,9	0,33	16,29	5,38
5	1728	8	3,99	6,89	1,2	0,9	0,33	7,45	2,46
6	1728	5	3,76	6,50	1,2	0,9	0,33	7,02	2,32
Всього	13788			54,62				58,99	19,47

Для вуличного освітлення приймаємо з [4] джерела світла Origin S 150W 5000K Optima, 15000Lm:

$$\sum \varepsilon = \frac{10^3 \cdot 2,75 \cdot 0,85 \cdot 11}{15000} = 1,71 \text{ лк};$$

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

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

$$P_{\text{вст.зовн}} = 28 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 4,2 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{розр.зовн}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 4,2 = 4,54 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{розр.зовн}} = 4,54 \cdot 0,33 = 1,5 \text{ кВАр.}$$

2.3. Визначення результуючих навантажень

Розрахунок сумарних електричних навантажень виконано для кожного цеху окремо та для комбінату в цілому.

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	316,89	168,65	162,05	233,88	208,95	178,00	274,49
2	250,05	135,66	129,63	187,64	173,10	142,24	224,04
3	284,19	155,68	178,18	236,61	213,98	195,67	289,95
4	355,08	187,28	180,04	259,79	219,43	192,85	292,14
4.1	54,00	24,02	23,27	33,44	34,94	23,27	41,98
4.2	54,00	24,02	23,27	33,44	34,94	23,27	41,98
4.3	112,20	59,47	58,28	83,26	66,60	64,10	92,44
4.4	119,80	63,49	69,84	94,39	66,67	76,83	101,72
5	306,89	157,45	150,96	218,12	224,95	165,81	279,45
6	51,50	20,52	13,12	24,35	38,07	14,20	40,63
Освітлення території	4,20	4,54	1,50	4,78	4,54	1,50	4,78
Всього	1568,82	829,76	815,47	1165,16	1083,01	890,26	1405,47

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Картограму електричних навантажень розраховано та зображено на кресленні 1 для візуального демонстрації навантажень окремих цехів.

Трансформаторну підстанцію комбінату розташовано в точці, що відповідає центру електричних навантажень підприємства.

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	48	150	10029	31342	8544	26701	42	13
2	42	93	7270	16098	5974	13228	38	23
3	132	36	28245	7703	25828	7044	43	17
4	171	114	37523	25015	32978	21985	43	27
5	30	36	6748	8098	4974	5969	42	12
6	192	150	7309	5710	2726	2129	16	66
Всього			97125	93967	81024	77056		
X_{Σ}	90							
Y_{Σ}	87							

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

Підстанцію м'ясомолочного комбінату виконуємо двотрансформаторною для забезпечення надійності приймачів II категорії. Обираємо трансформатори ТМ – 10 / 0,4 з [5].

Для трансформаторів, пропускна здатність яких за реактивною потужністю недостатня, обираємо конденсаторні батареї ККУ – 0,4 з [6].

Перевіряємо величину післяаварію перевантаження обраних трансформаторів, які повинне знаходитись в межах 40%.

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	1,19	2	0	2	1127,61
II		630	1,88	2	0	2	299,03

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	12	27	0,3	215,466	215,47	100
II	516,44	12	27	0,3	0	516,44	300

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	1043	17,3625	131,781	1145,04	274,91
II	1,18	8,5	1043	12,0597	91,533	1076,96	226,15

Вибираємо $2 \times TM - 630 / 10$; $2 \times KKY - 0,4 - 300 - 10 - 21Y3$.

$$1,4 \cdot 400 = 630 \text{ кВА} > \frac{2 \cdot (1 - 0,263) \cdot 1165,16}{2} = 858,72 \text{ кВА}.$$

2.6. Компенсація реактивної потужності

Для проєктування компенсації реактивної потужності в таблиці 1.2 вказано вхідну реактивну потужність $Q_{e\max}$, яка повинна бути забезпечена на межі балансової належності комбінату. Враховуємо втрати в трансформаторах та потужність уже вибраних в п.2.5 низьковольтних конденсаторних батарей. Якщо отримана потужність виявиться додатньою, приймаємо додатково конденсаторні абатарії на шинах високої напруги трансформаторів.

Таблиця 2.10 – Розрахунок компенсації реактивної потужності

Показник	Од.вимір.	Значення
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$	кВАр	815,47
$Q_{e\max}$	кВАр	274
$Q_{\text{НБК ф}}$	кВАр	600
ΔQ_T	кВАр	33
$K_{\text{НС}}$	–	0,90
Q_{M1}	кВАр	733,92
Q_{K1}	кВАр	460,10
$Q_{\text{НС Т}}$	кВАр	281,47
$Q_{\text{ВБК}}$	кВАр	-73,90

$Q_{\text{ВБК}} < 0$, тобто потреби високовольтній компенсації немає.

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях

Навантаження на вищих рівнях системи електропостачання м'ясомолочного комбінату включають: розрахункові навантаження на баці низької напруги підстанції (табл.2.5); втрати в трансформаторах; потужність, яку компенсуватимуть низьковольтні конденсаторні батареї (із знаком «мінус»).

Таблиця 2.11 – Розрахунок навантажень на рівні 10 кВ

Розрахункове навантаження	Одиниці вимірювання	Значення
P_{p3}	кВт	829,76
Q_{p2}	кВАр	815,47
$Q_{\text{НБК}}$	кВАр	600
P_{p3}	кВт	829,76
Q_{p3}	кВАр	215,47
S_{p3}	кВА	857,28
ΔP_T	кВт	17,15
ΔQ_T	кВАр	85,73
P_{p4}	кВт	846,91
Q_{p4}	кВАр	301,19
S_{p4}	кВА	898,87

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

Для забезпечення надійності приймачів II категорії застосовуємо два кабелі зовнішнього живлення марки АПвВ – 10, вибрані з [8].

Кабелі прокладено в траншеї на глибині 0,7 м на пісчаній подушці шаром від 0,1 м, засипано дрібним ґрунтом із закладанням сигнальної

стрічки. Кут вигину кабельної траси не повинен перевищувати 15% від діаметру кабелю.

$$z [7] j_e = 1,7 \frac{A}{mm^2};$$

$$I_{норм} = \frac{898,87}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 25,95 \text{ А}; I_{П АВ} = \frac{898,87}{\sqrt{3} \cdot 10} = 51,9 \text{ А};$$

$$F_e = \frac{25,95}{1,9} = 27,31 \text{ мм}^2; \text{ розглядаємо перерізи від } 35 \text{ мм}^2 \text{ включно.}$$

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	64,96	0,65	1,30
50	169	174,1	0,58	0,086	59,09	0,59	1,18
70	211	217,3	0,45	0,084	47,03	0,47	0,94
95	260	267,8	0,31	0,083	34,13	0,34	0,68

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	0,176	135,17	4,195	33,199	2463,3	341,111
50	0,149	170,82	3,796	30,039	3019,2	407,439
70	0,119	206,59	2,945	23,306	3141,6	416,006
95	0,097	216,10	2,029	16,056	3666,9	474,418

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

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Для виконання внутрішньої розподільної мережі м'ясомолочного комбінату застосовуємо кабелі АВВГ – 0,4 [11]; у випадку прокладання кабелю по території цеху – лінія ВРП4-РП6, що живить господарський корпус – кабелі АВВГнгд – 0,4 [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	274,49	417,04	ЕУ – ВРП2 – 1 – 630 У4	630	3	4
ВРП2	224,04	340,40	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	3	4
ВРП3	289,95	440,54	ЕУ – ВРП2 – 1 – 630 У4	630	4	4
ВРП4	332,76	505,58	ЕУ – ВРП2 – 1 – 630 У4	630	3	4
РП4.1	41,98	63,78	ПР11 – 1034 – 21 У3	100	10	12
РП4.2	41,98	63,78	ПР11 – 1034 – 21 У3	100	10	12
РП4.3	92,44	140,45	ПР11 – 3057 – 21 У3	250	12	15
РП4.4	101,72	154,55	ПР11 – 3057 – 21 У3	250	13	15
ВРП5	279,45	424,58	ЕУ – ВРП2 – 1 – 630 У4	630	3	4
РП6	40,63	61,73	ПР11 – 3095 – 21 У3	400	15	18

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	274,49	208,52	417,04	4×240	490	505	529	0,077	0,125	0,047	0,94	1,87
ТП – ВРП2	2	224,04	170,20	340,40	4×240	490	505	529	0,014	0,125	0,047	0,14	0,28
ТП – ВРП3	2	289,95	220,27	440,54	4×240	490	505	529	0,064	0,125	0,047	0,82	1,64
ТП – ВРП4	3	332,76	168,53	337,06	4×240	490	505	529	0,065	0,125	0,047	0,64	1,91
ВРП4 – РП4.1	2	41,98	31,89	63,78	5×16	60	62	65	0,048	2,08	0,07	1,19	2,38
ВРП4 – РП4.2	2	41,98	31,89	63,78	5×16	60	62	65	0,052	2,08	0,07	1,29	2,58
ВРП4 – РП4.3	2	92,44	70,22	140,45	5×70	140	144	151	0,008	0,48	0,06	0,11	0,22
ВРП4 – РП4.4	2	101,72	77,27	154,55	5×95	165	170	178	0,014	0,35	0,06	0,16	0,31
ТП – ВРП5	2	279,45	212,29	424,58	4×240	190	196	205	0,078	0,125	0,047	0,97	1,95
ВРП4 – РП6	1	40,63	61,73	61,73	5×16	60	62	65	0,065	2,08	0,07	3,11	3,11

Вибір розподільних щитів виконано з [10], ввідно-розподільних пристроїв – з [9].

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

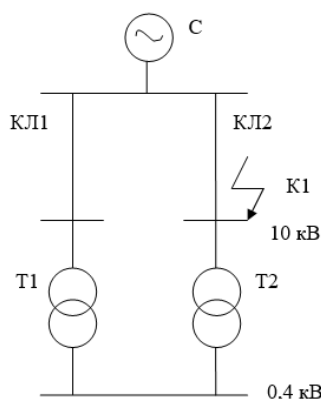


Рисунок 2.1 – Електрична схема короткозамкненого кола

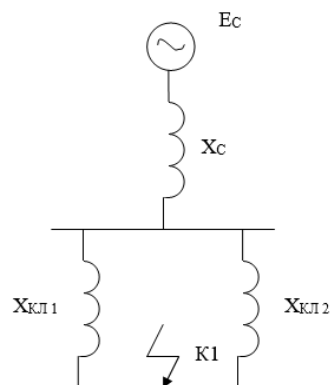


Рисунок 2.2 – Заступна схема короткозамкненого кола

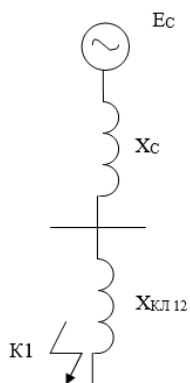


Рисунок 2.3 – Схема короткозамкненого кола після об'єднання паралельних ліній

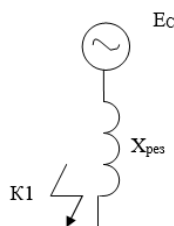


Рисунок 2.4 – Спрощена схема короткозамкненого кола

Захисту від струмів короткого замикання підлягають такі елементи схеми електропостачання м'ясомолочного комбінату: кабельні лінії зовнішнього живлення; силові трансформатори; кабельні лінії внутрішньозводської мережі.

Для вибору апаратів захисту та перевірки перерізів обраних кабелів розрахуємо струми короткого замикання у мережі високої напруги.

Застосовуємо відносно наближене зведення :

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

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

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
$S_{\text{КЗ}}$	МВА	77
$\dot{X}_{\text{С}^*}$	—	1,299
$\dot{R}_{\text{КЛ1}^*}, \dot{R}_{\text{КЛ2}^*}$	—	1,483
$\dot{X}_{\text{КЛ1}^*}, \dot{X}_{\text{КЛ2}^*}$	—	0,208
$\dot{R}_{\text{КЛ12}^*}$	—	0,741
$\dot{X}_{\text{КЛ12}^*}$	—	0,104
$\dot{R}_{\text{рез}^*}$	—	0,741
$\dot{X}_{\text{рез}^*}$	—	1,403
$\dot{Z}_{\text{рез}^*}$	—	1,587
$I_{\text{г}}$	кА	5,50
$I_{\text{н0}}$	кА	3,466
k_y	—	1,42
i_y	кА	6,960
K_T	$\frac{\text{А} \cdot \text{с}^{1/2}}{\text{мм}^2}$	125
t_n	с	0,25
F_{min}	мм ²	13,9
Тип та переріз кабелю з п.2.8	—	АПВВ – 10 – 3 × 35
B_K	кА ² · с	3,00

2.11. Вибір обладнання

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

Для встановлення в приміщенні закритого розподільного пристрою (ЗРП) напругою 10 кВ трансформаторної підстанції приймаємо з [14] комірки КСО – 399; для закритого розподільного пристрою напругою 0,4 кВ приймаємо з панелі [15] ЩО – 99.

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	–

$10 = 10 \text{ кВ};$

$25,95 < 630 \text{ А};$

$51,9 < 630 \text{ А};$

$6,96 < 51 \text{ кА};$

$3,00 < 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Роз'єднувачі секційних комірок ЗРП-10 кВ, вибрані з [16], призначено для комутації кіл без навантаження (в даному випадку ремонтної перемички):

РВ030 – 10 – 630

$10 = 10 \text{ кВ};$

$25,95 < 630 \text{ А};$

$51,9 < 630 \text{ А};$

$6,96 < 41 \text{ кА};$

$3,00 < 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Вимикачі навантаження ввідних та трансформаторних комірок ЗРП-10 кВ, вибрані з [17], призначено для комутації струмів нормального та післяаварійного навантаження. Захист трансформаторів від струмів короткого замикання виконано запобіжниками, вибраними з [18].

Ввідні комірки	Трансформаторні комірки
ВН – РА 030 – 10 – 630 УЗ:	ВН – РА 03П – 10 – 630 УЗ:
10 = 10 кВ;	10 = 10 кВ;
25,95 < 630 А;	25,95 < 630 А;
51,9 < 630 А;	51,9 < 630 А;
3,466 < 31,5 кА;	3,466 < 31,5 кА;
6,96 < 80 кА;	6,96 < 80 кА;
3,00 < 992,3 кА ² · с;	3,00 < 992,3 кА ² · с;

ПКТ – 10 – 63 – 12,5 УЗ:

51,9 < 63 А;

3,466 < 12,5 кА;

60,03 < 217 кА,

$$S'' = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 3,466 = 60,03 \text{ МВА.}$$

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

Розподільна низьковольтна мережа ділянки цеху варено-копчених ковбас складається з таких елементів: кабельна лінія напругою 0,4 кВ до ввідно-розподільного пристрою ЕУ – ВРП2 – 1 – 630 У4 (табл.2.14, 2.15); кабельні лінії до силових щитів ПР11 – 1034 – 21 У3 (табл.2.14, 2.15); кабелі живлення електроприймачів ділянки відповідно до табл.2.2, вибрані з [19] – таблиця 2.18.

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Таблиця 2.18 – Вибір кабелів внутрішньоцехової мережі

Назва електроприймача	рн, кВт	cos φ	I, А	F, мм ²	I _{тр.доп} , А	Кабель
Щит 4.1						
Подрібнювач	5	0,72	10,58	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Ін'єктор	2,5	0,71	5,34	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка осаджувальна	4	0,71	8,51	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка первинного копіння	6,5	0,70	14,04	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка пароварочна	4	0,72	8,47	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка повторного копіння	7	0,72	14,82	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Шафа сушильна	6	0,70	12,96	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка пакувальна	3	0,71	6,41	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Конвеєр стрічковий	12	0,70	26,04	4	34	ВВГнгд-5×4
Установка вентиляційна	4	0,80	7,60	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Щит 4.2						
Подрібнювач	5	0,72	10,58	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Ін'єктор	2,5	0,71	5,34	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка осаджувальна	4	0,71	8,51	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка первинного копіння	6,5	0,70	14,04	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка пароварочна	4	0,72	8,47	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка повторного копіння	7	0,72	14,82	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Шафа сушильна	6	0,70	12,96	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка пакувальна	3	0,71	6,41	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Конвеєр стрічковий	12	0,70	26,04	4	34	ВВГнгд-5×4
Установка вентиляційна	4	0,80	7,60	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5

Таблиця 2.19 – Перевірка кабелів за втратами напруги

Назва електроприймача	n	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	l, км	ΔU%	Кабель
Щит 4.1						
Подрібнювач	1	8	0,09	0,007	0,196	ВВГнгд-5×2,5
Ін'єктор	1	8	0,09	0,012	0,168	ВВГнгд-5×2,5
Установка осаджувальна	1	8	0,09	0,017	0,381	ВВГнгд-5×2,5
Установка первинного копіння	1	8	0,09	0,021	0,765	ВВГнгд-5×2,5
Установка пароварочна	1	8	0,09	0,028	0,627	ВВГнгд-5×2,5
Установка повторного копіння	1	8	0,09	0,034	1,333	ВВГнгд-5×2,5
Шафа сушильна	1	8	0,09	0,042	1,412	ВВГнгд-5×2,5
Установка пакувальна	1	8	0,09	0,047	0,790	ВВГнгд-5×2,5
Конвеєр стрічковий	1	5	0,09	0,004	0,169	ВВГнгд-5×4
Установка вентиляційна	1	8	0,09	0,039	0,872	ВВГнгд-5×2,5
Щит 4.2						
Подрібнювач	1	8	0,09	0,006	0,168	ВВГнгд-5×2,5
Ін'єктор	1	8	0,09	0,012	0,168	ВВГнгд-5×2,5
Установка осаджувальна	1	8	0,09	0,016	0,358	ВВГнгд-5×2,5
Установка первинного копіння	1	8	0,09	0,021	0,765	ВВГнгд-5×2,5
Установка пароварочна	1	8	0,09	0,031	0,694	ВВГнгд-5×2,5
Установка повторного копіння	1	8	0,09	0,036	1,411	ВВГнгд-5×2,5
Шафа сушильна	1	8	0,09	0,041	1,378	ВВГнгд-5×2,5
Установка пакувальна	1	8	0,09	0,047	0,790	ВВГнгд-5×2,5
Конвеєр стрічковий	1	5	0,09	0,003	0,127	ВВГнгд-5×4
Установка вентиляційна	1	8	0,09	0,029	0,648	ВВГнгд-5×2,5

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

Застосовуємо абсолютне наближене зведення :

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

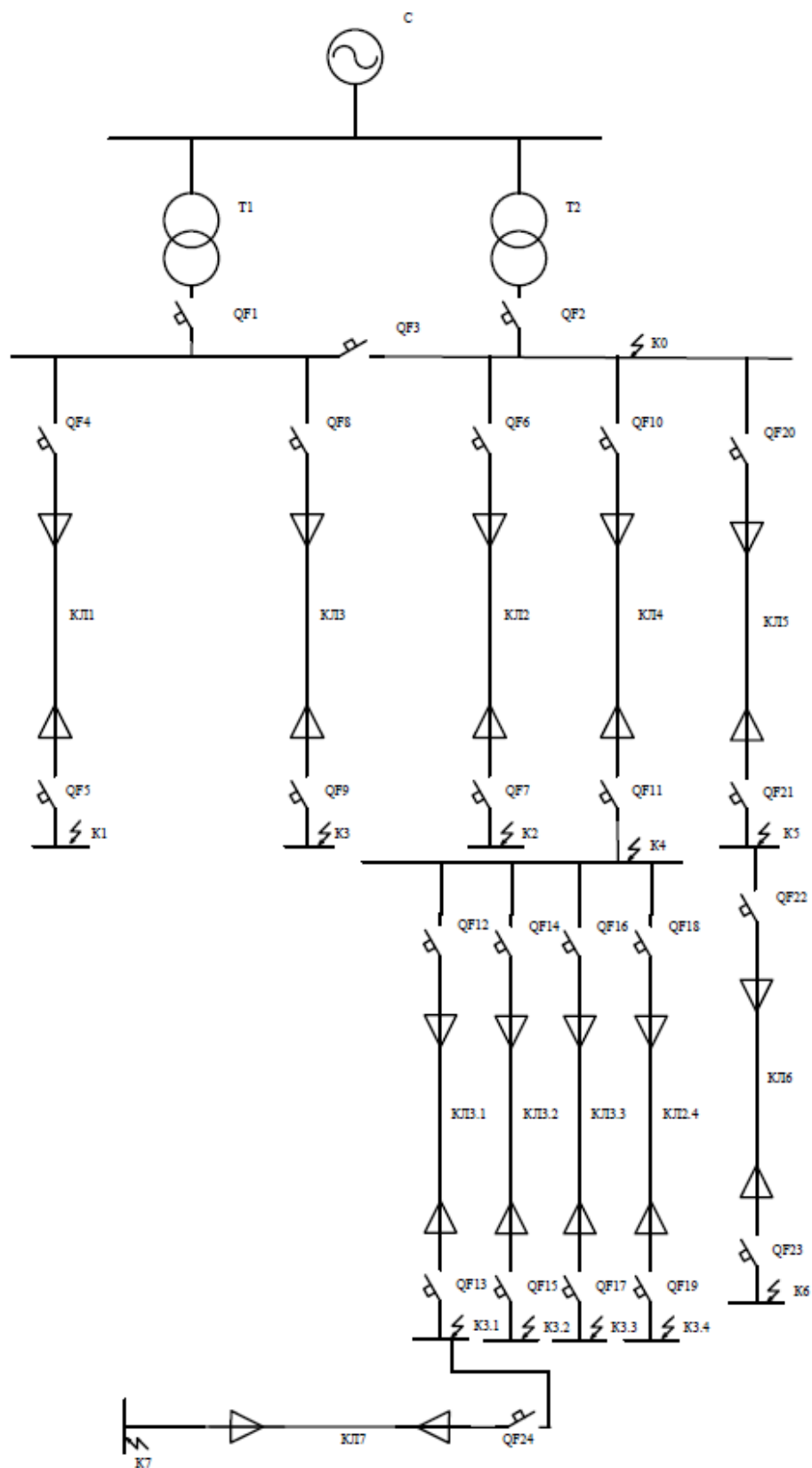


Рисунок 2.5 – Схема короткозамкнутого кола НВ мережі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛНТУ.971068.000 ПЗ

Арк.

25

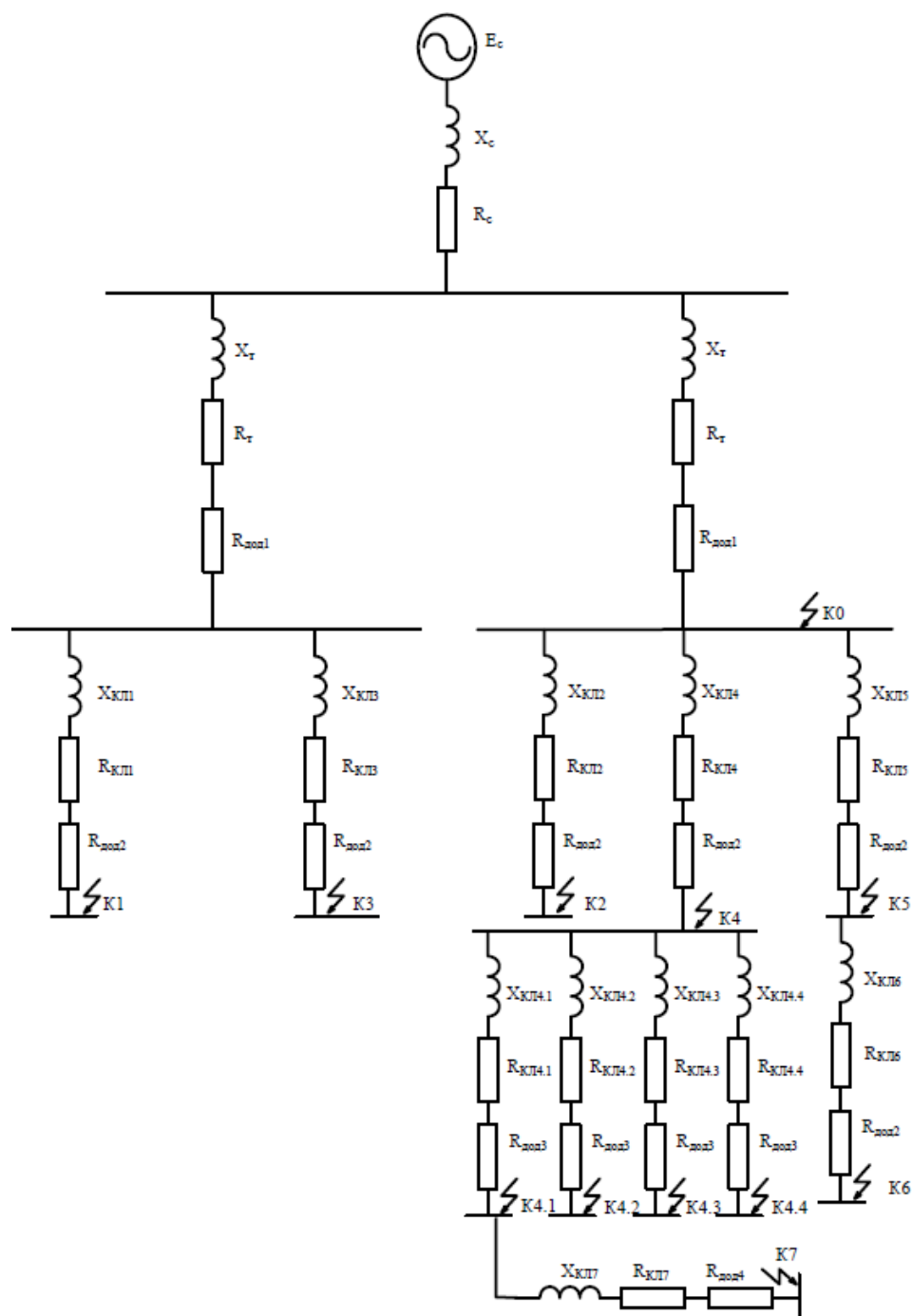


Рисунок 2.6 – Заступна схема НВ мережі

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

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
U_6	кВ	0,4
$I_{к10}$	кА	3,466
$U_{с10}$	кВ	10,5
$S_{ном.Т}$	кВА	630
ΔP_k	кВт	8,5
u_k	%	6

Таблиця 2.21 – Визначення струмів КЗ в точці К0

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
R_c	Ом	0,817
X_c	Ом	1,749
$\dot{R}_c$	МОм	1,186
$\dot{X}_c$	МОм	2,539
$\dot{R}_T$	МОм	1,713
$\dot{X}_T$	МОм	7,619
$\dot{R}_{рез0}$	МОм	17,899
$\dot{X}_{рез0}$	МОм	10,158
$Z_{рез0}$	МОм	20,581
I_K	кА	11,221
k_y	–	1,050
i_y	кА	16,663

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	0,077	0,125	9,600	0,047	3,610
ТП – ВРП2	0,014	0,125	1,750	0,047	0,658
ТП – ВРП3	0,064	0,125	7,950	0,047	2,989
ТП – ВРП4	0,065	0,125	8,100	0,047	3,046
ВРП4 – РП4.1	0,048	2,08	99,840	0,07	3,360
ВРП4 – РП4.2	0,052	2,08	108,160	0,07	3,640
ВРП4 – РП4.3	0,008	0,48	3,840	0,06	0,480
ВРП4 – РП4.4	0,014	0,35	4,900	0,06	0,840
ТП – ВРП5	0,078	0,125	9,800	0,047	3,685
ВРП4 – РП6	0,065	2,08	134,784	0,07	4,536
ТП – ВРП1	0,004	5	20,000	0,09	0,360
РП4.1 – Рmax	0,077	0,125	9,600	0,047	3,610

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	32,50	13,77	35,30	6,543	1	9,253	24,2	4×240
К2	20	24,65	10,82	26,92	8,579	1	12,133	31,8	4×240
К3	20	30,85	13,15	33,53	6,887	1	9,739	25,5	4×240
К4	20	31,00	13,20	33,69	6,854	1	9,693	25,4	4×240
К4.1	25	135,84	16,56	136,85	1,688	1	2,387	6,3	5×16
К4.2	25	144,16	14,00	144,84	1,594	1	2,255	5,9	5×16
К4.3	25	39,84	13,68	42,12	5,482	1	7,753	20,3	5×70
К4.4	25	40,90	14,04	43,24	5,341	1	7,553	19,8	5×95
К5	20	32,70	13,84	35,51	6,504	1	9,198	24,1	4×240
К6	20	165,78	17,74	166,73	1,385	1	1,959	5,1	5×16
К7	30	160,84	16,92	161,73	1,428	1	2,019	5,3	5×4

Приймаємо для КЛ7 кабель ВВГнгд – 5 × 6.

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Трасформатори струму на напругу 660 В обрано [21]. Навантаження їх вторинних обмоток складається з таких приладів:

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

амперметри АСКО – УКРЕМ 500А.

$$I_{\text{норм}} = \frac{1405,47}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 1067,7 \text{ А}; I_{\text{max}} = \frac{1405,47}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2135,4 \text{ А}.$$

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 І 2500/5А клас точності 0,5

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$1067,7 < 2500 \text{ A};$$

$$2135,4 < 2500 \text{ A};$$

$$16,663 < 51 \text{ кА};$$

$$31,48 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом}.$$

Технічний облік :

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

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$440,54 < 600 \text{ A};$$

$$9,693 < 51 \text{ кА};$$

$$11,74 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом}.$$

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Захист кабельних ліній мережі низької напруги від струмів перевантаження та короткого замикання забезпечений за допомогою автоматичних вимикачів, вибраних 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	$I_{\text{норм}},$ А	$I_{\text{п.ав}},$ А	$I_{\text{к}},$ А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF1	e.industrial.acb.3200F.2500	0,4	3200	40	0,4	1067,70	2135,40	11,221
QF2	e.industrial.acb.3200F.2500	0,4	3200	40	0,4	1067,70	2135,40	11,221
QF3	e.industrial.acb.3200F.2500	0,4	3200	40	0,4	1067,70	2135,40	11,221
QF4	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	208,52	417,04	6,543
QF5	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	208,52	417,04	6,543
QF6	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	170,20	340,40	8,579
QF7	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	170,20	340,40	8,579
QF8	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	220,27	440,54	6,887

Продовження таблиці 2.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF9	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	220,27	440,54	6,887
QF10	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	168,53	337,06	6,854
QF11	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	168,53	337,06	6,854
QF12	BA 88 – 35	0,4	80	35	0,4	31,89	63,78	1,688
QF13	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	31,89	63,78	1,69
QF14	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	31,89	63,78	1,594
QF15	BA 88 – 33	0,4	80	35	0,4	31,89	63,78	1,59
QF16	BA 88 – 33	0,4	160	35	0,4	70,22	140,45	5,482
QF17	BA 88 – 33	0,4	160	35	0,4	70,22	140,45	5,48
QF18	BA 88 – 33	0,4	160	35	0,4	77,27	154,55	5,341
QF19	BA 88 – 33	0,4	160	35	0,4	77,27	154,55	5,34
QF20	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	212,29	424,58	6,504
QF21	BA 88 – 40	0,4	500	35	0,4	212,29	424,58	6,504
QF22	BA 88 – 33	0,4	63	35	0,4	61,73	61,73	1,385
QF23	BA 88 – 33	0,4	63	35	0,4	61,73	61,73	1,385
QF24	BA 88 – 32	0,4	32	25	0,4	26,04	26,04	1,428

2.12.5. Вибір рубильників

Видимий розрив в мережі низької напруги забезпечується за допомогою рубильників, вибраних з [23]:

PE 19 – 45; 2500 A;

$0,38 < 0,66$ кВ;

$1067,7 < 2500$ A;

$2135,4 < 2500$ A;

$16,663 < 50$ кА;

$31,48 < 900 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$

					ЛНТУ.971068.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Для видалення надлишкового тепла та вологи, пилу та запахів в приміщенні цеху варено-копчених ковбас передбачено систему примусової припливно-витяжної вертиляції, виконану за допомогою радіальних вентиляторів.

Розрахунки виконуємо відповідно до [Д.2] та таких вихідних даних:

$$L = 0,65 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}; p = 2400 \text{ Па}; \omega = 300 \text{ с}^{-1}; p_m = 2500 - 1,78 \cdot 10^{-6} \cdot L^2.$$

Таблиця 3.1 – Розрахунок аеродинамічної схеми

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
$n_{\text{пит}}$	—	37
D_0	м	0,218
D_1	м	0,218
D_2	м	0,350
B	м	0,193
b	м	0,065
A	м	0,145
Z	шт.	13,5
$Z_{\text{прийн}}$	шт.	14
β_1	—	50
β_2	—	145
a	м	0,04

Вибираємо з [24] радіальний вентилятор Ц6 – 18 №3:

$$p_v = 2550 - 9,01 \cdot 10^{-6} \cdot L^2.$$

					ЛНТУ.971068.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання м'ясомолочного комбінату встановленою потужністю 1510 кВт. Пояснювальна записка.		
Розроб.	Карабан Д.О.						
Перевір.	Грицюк Ю.В.						
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						31	3
					ФАБЕ, гр.ЕЕ-43		

Таблиця 3.2 – Побудова характеристик мережі та вентилятора

$L, \frac{м^3}{год.}$	$p_m, Па$	$p_n, Па$
0	2500	2550
750	2498,999	2544,932
1500	2495,995	2529,727
2250	2490,989	2504,387
3000	2483,98	2468,91
3750	2474,969	2423,297

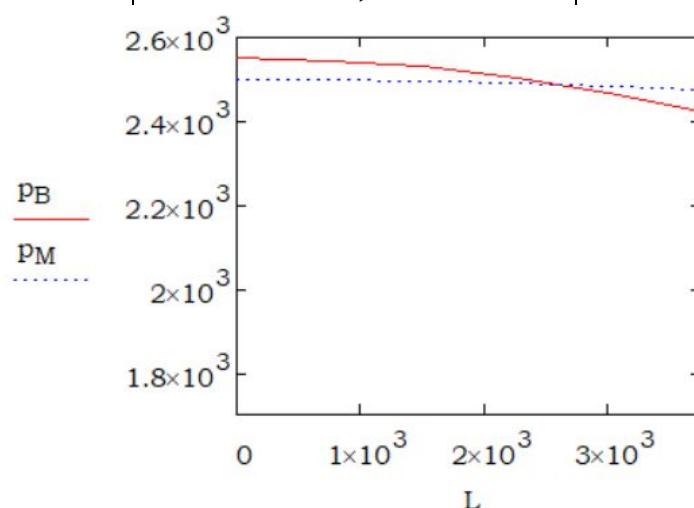


Рисунок 3.1 – Визначення робочої точки вентилятора

$$L_p = 2630; p_p = 2488.$$

Таблиця 3.3 – Вибір електроприводу вентилятора

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
k_z	—	1,2
η	—	0,7
P_v	кВт	3,22
Тип двигуна	—	A2
$P_{дв}$	кВт	4
n	об / хв	3000
$\eta_{дв}$	—	0,86
$\cos \varphi_{дв}$	—	0,85

При перевірці мережі живлення вентиляційної установки за втратами напруги враховуємо такі елементи: трансформатор ТМ-630; лінія КЛ1 від ТП до ВРП4; лінія КЛ2 від ВРП4 до РП4.1; лінія КЛ3 від РП4.1 до двигуна вентилятора.

Таблиця 3.4 – Вибір мережі живлення вентилятора

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
$I_{\text{дв}}$	А	8,47
Тип кабелю	—	ВВГнгд – $5 \times 2,5$
r_0	Ом / км	8
x_0	Ом / км	0,09
l	км	0,005
$\Delta U_{\text{ЛЗ}}$	%	0,12
$\Delta U_{\text{Л2}}$	%	2,38
$\Delta U_{\text{Л1}}$	%	1,91
$\Delta U_{\text{Т}}$	%	3,21
ΔU	%	5,24
$\Delta U_{\text{доп}}$	%	10

Втрати напруги знаходяться в допустимих межах. Отже, кабель живлення двигунів вентиляторів вибраний вірно.

РОЗДІЛ 4

САПР

При проектуванні системи електропостачання вентиляторів застосовані середовища Mathcad15 та Microsoft Excel 2003.

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы хотите сделать?											
Вставить		Times New Ro 12 A A	Перенести текст		Общий		Условное форматирование		Форматировать как таблицу		Стили
Буфер обмена		Шрифт	Выравнивание		Число						
B40 X ✓ fx 8											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Вихідні дані										
2	L, м3/с	0,65									
3	L, м3/год	2340									
4	p, Па	2400									
5	ω, об/хв	300									
6											
7	Побудова аеродинамічної схеми		Вибрані коефіцієнти								
8	n _{пит}	37		n.пит	k1	k2	k3	k4	β1	β2	η
9	D ₀	0,218		20...55	1,65	60	1,2	90	60	150	0,6
10	D ₁	0,218		40...80	1,75	105	2	125			0,7
11	D ₂	0,350									
12	B	0,193									
13	b	0,065									
14	A	0,145									
15	Z	13,5									
16	Z _{прійм}	14									
17	β ₁	50									
18	β ₂	145									
19	a	0,04									

Рисунок 4.1 – Розрахунок аеродинамічної схеми вентилятора

					ЛНТУ.971068.000 ПЗ									
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										
Розроб.		Карабан Д.О.			Електропостачання м'ясомолочного комбінату встановленою потужністю 1510 кВт. Пояснювальна записка.				Літ.		Арк.		Аркушів	
Перевір.		Грицюк Ю.В.									34		3	
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.							ФАБЕ, гр.ЕЕ–43					
Затверд.		Волинець В.І.												

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы хотите сделать? Вставить Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число Стили									
И55									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
37	Вибір живлячої лінії			Параметри кабелю ВВГнгд-0,4					Вибрані трансформатори
38	$I_{\text{лв}}$	8,47		Переріз	Ігр.доп	го	хо		Тип
39	Тип кабелю	ВВГнгд-4×2,5		2,5	19	8	0,09		ТМ-630
40	r_0	8		4	27	5	0,09		St
41	x_0	0,09		6	32	3,33	0,09		Рк
42	l	0,005		10	42	2	0,07		uk
43	$\Delta U_{\text{л3}}$	0,12		16	60	1,25	0,07		ит.а
44	$\Delta U_{\text{л2}}$	2,38		25	75	0,8	0,07		ит.р
45	$\Delta U_{\text{л1}}$	1,91							
46	$\Delta U_{\text{ТР}}$	3,21							
47	ΔU	5,24							
48	$\Delta U_{\text{доп}}$	10							

Рисунок 4.4 – Вибір мережі живлення

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Одним із технічних колективних засобів електробезпеки в цеху варено-копчених ковбас м'ясомолочного комбінату є контур захисного заземлення, розрахований відповідно до [25]:

$$l = (42 + 90) \cdot 2 = 264 \text{ м};$$

$$R_{\Gamma} = \frac{180}{2 \cdot 3,14 \cdot 264} \cdot \ln \frac{264^2}{0,4 \cdot 0,04} = 1,7 \text{ Ом};$$

$$R_H = 10 \text{ Ом};$$

$$R_B = \frac{1,7 \cdot 10}{1,7 + 10} = 1,48 \text{ Ом};$$

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

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

$$n_B = \frac{55}{1,48 \cdot 0,65} = 57,1 \text{ шт} \Rightarrow n_B = 58 \text{ шт};$$

$$R_{шт} = \frac{55 \cdot 1,7}{0,3 \cdot 55 + 0,65 \cdot 58 \cdot 1,7} = 1,16 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

					ЛНТУ.971068.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання м'ясомолочного комбінату встановленою потужністю 1510 кВт. Пояснювальна записка.		
Розроб.	Карабан Д.О.						
Перевір.	Грицюк Ю.В.						
Н. контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						37	1
					ФАБЕ, гр.ЕЕ-43		

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

В проєкті розроблено надійну, ефективну та економічну систему електропостачання м'ясомолочного комбінату.

Надійність електропостачання:

Для забезпечення можливості ручного резервування споживачів II категорії застосовано: в системі зовнішнього електропостачання – два паралельних кабелі, кожен з яких перевірений за завантаженням та втратами напруги в післяаварійному режимі; на трансформаторній підстанції – два трансформатори, перевірених за післяаварійним перевантаженням (підстанцію оснащено ремонтною та секційною перемичками для резервування кабелів 10 кВ та трансформаторів відповідно); в системі внутрішнього електропостачання – радіальне живлення усіх цехів II категорії надійності двома паралельними кабелями.

Якість електричної енергії:

Регулювання рівня напруги можливе за допомогою конденсаторних установок, підключених до шин 400 В трансформаторної підстанції, та пристроєм перемикачів без збудження у силових трансформаторах.

Економічність:

Для виконання кабельних ліній високої напруги обрано найбільш доцільні з економічної точки зору перерізи кабелів, що мають оптимальне співвідношення капітальних вкладень та експлуатаційних витрат. Довжини кабелів напругою 400 В є мінімальними, оскільки підстанцію розташовано безпосередньо в центрі електричних навантажень.

Електробезпека:

Передбачено апарати захисту високої та низької напруги для усіх ланок системи електропостачання комбінату. Розраховано контур захисного заземлення, що забезпечуватиме захист від ураження струмом за умови пошкодження ізоляції електрообладнання.

					ЛНТУ.971068.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

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/vyrobnytstvo/vvidno-rozpodilnyi-prystrii.html>.
- 11.Кабелі силові АВВГ, АВВГнг, АВВГнгд : каталог. URL :
<https://europan.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://europan.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.971068.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		