

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та енергетики

(повне найменування факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повне найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»
«Електропостачання м'ясомолочного комбінату встановленою
потужністю 1250 кВт»

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

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

Виконав здобувач вищої освіти
групи ЕЕ-42

Оксенюк Андрій Сергійович

(підпис)

Керівник: к.т.н., доцент
Грицюк Ірина Василівна

(підпис)

Кваліфікаційний проект
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Волинець Владислав Ігорович

(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

Оксенюку Андрію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційного проекту: Електропостачання м'ясопродуктового комбінату встановленою потужністю 1250 кВт

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

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

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

3. Вихідні дані до проекту Генеральний план підприємства, план розташування обладнання, відомості про електроприймачі підприємства (номінальні параметри, режими роботи, категорія по надійності електропостачання), класи пожежонебезпечних і вибухонебезпечних зон об'єктів, умови компенсації реактивної потужності, час споживання максимальної потужності, інформація про джерело живлення.

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

1. Коротка характеристика об'єкту проектування.

2. Основні проектні рішення.

3. Розрахунок стрічкового конвеєра.

4. САІР.

5. Електробезпека.

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

1. Генеральний план підприємства.

2. Однолінійна схема електропостачання.

3. План розміщення обладнання.

4. Схема керування електроприводом конвеєрів.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 3 січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

8. Затвердження відповідності графічного матеріалу вимогам нормативних документів

№ з/п	Назва креслення	Підпис	Дата
1	Генеральний план підприємства		
2	Однолінійна схема електропостачання		
3	План розміщення обладнання		
4	Схема керування електроприводом конвеєрів		

Здобувач вищої освіти

(підпис)

(Оксенюк А.С.)

(прізвище, ініціали)

Керівник

кваліфікаційного проекту

(підпис)

(Грицюк І.В.)

(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Оксенюк А.С. Електропостачання м'ясомолочного комбінату встановленою потужністю 1250 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 (СЕР), лінія електропередач, електроприймачі, електричні навантаження, струми короткого замикання, компенсація реактивної потужності, електрична апаратура, електробезпека.

ANNOTATION

A. Oksenyuk. Power supply of the meat and dairy plant with an installed capacity of 1250 kW. Manuscript.

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

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

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

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

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

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

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	9
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ.....	11
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень.....	11
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.....	12
2.3. Визначення результуючих навантажень.....	13
2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень.....	14
2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП з врахуванням компенсації реактивної потужності.....	15
2.6. Компенсація реактивної потужності.....	16
2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях.....	16
2.8. Проектування мережі живлення підприємства.....	17
2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі.....	18
2.10. Розрахунок струмів короткого замикання.....	19
2.11. Вибір обладнання.....	21
2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв.....	21
2.11.2. Вибір роз'єднувачів.....	21
2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників.....	22
2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху.....	22
2.12.1. Вибір схеми електропостачання.....	23
2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ.....	24
2.12.3. Вибір трансформаторів струму.....	27

					ЛНТУ.971051.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Оксенюк А.С.			Електропостачання м'ясопродуктового комбінату встановленою потужністю 1250 кВт. Пояснювальна записка.		Літ.	Арк.
Перевір.		Грицюк І.В.						Аркушів
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.			ФАБЕ, гр.ЕЕ-42			
Затверд.		Волинець В.І.						

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів.....	28
2.12.5. Вибір рубильників.....	29
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА.....	30
РОЗДІЛ 4 САПР.....	33
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	35
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	36
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	37
ДОДАТОК 1 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ.....	40
ДОДАТОК 2 РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА.....	60
ДОДАТОК 3 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.....	66

ВСТУП

В даному кваліфікаційному проєкті бакалавра розроблятиметься електропостачальна система м'ясомолочного комбінату. На балансі підприємства знаходяться електричні мережі напругою 10 та 0,4 кВ, які, згідно з класифікацією за призначенням, відносять до розподільних.

При проєктуванні розподільних мереж враховують такі їх параметри як активний та реактивний опори та нехтують провідностями, оскільки їх вплив на потекорозподіл потужностей є незначним.

Згідно з вимогами, зазначеними в [1, 2], будь-яка електрична мережа повинна відповідати вимогам надійності, якості електроенергії, економічності та безпеки експлуатації.

Надійність мереж м'ясомолочного комбінату забезпечуватиметься застосуванням двох джерел живлення із можливістю ввімкнення резерву вручну (відповідає II категорії надійності електропостачання). Усі елементи електричної мережі підприємства повинні бути взаємно резервованими (силові трансформатори, кабельні лінії високої та низької напруги).

Економічність прийнятих технічних рішень може забезпечуватись техніко-економічним порівнянням кількох варіантів встановлення та визначенням мінімуму приведених затрат.

Для покращення якості електричної енергії, яка передається мережами комбінату, рекомендовано застосовувати компенсацію реактивної складової струму за допомогою високо- або низьковольтних конденсаторних установок.

Також проєктом повинні бути передбачені рішення щодо зручної та безпечної експлуатації електричних мереж комбінату.

Для виконання розрахунків рекомендовано застосовувати систему автоматизованого проєктування, що забезпечуватиме їх точність.

					ЛНТУ.971051.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Проектований м'ясомолочний комбінат виготовляє дві групи продуктів харчування. Структуру комбінату наведено на рисунку 1.1.

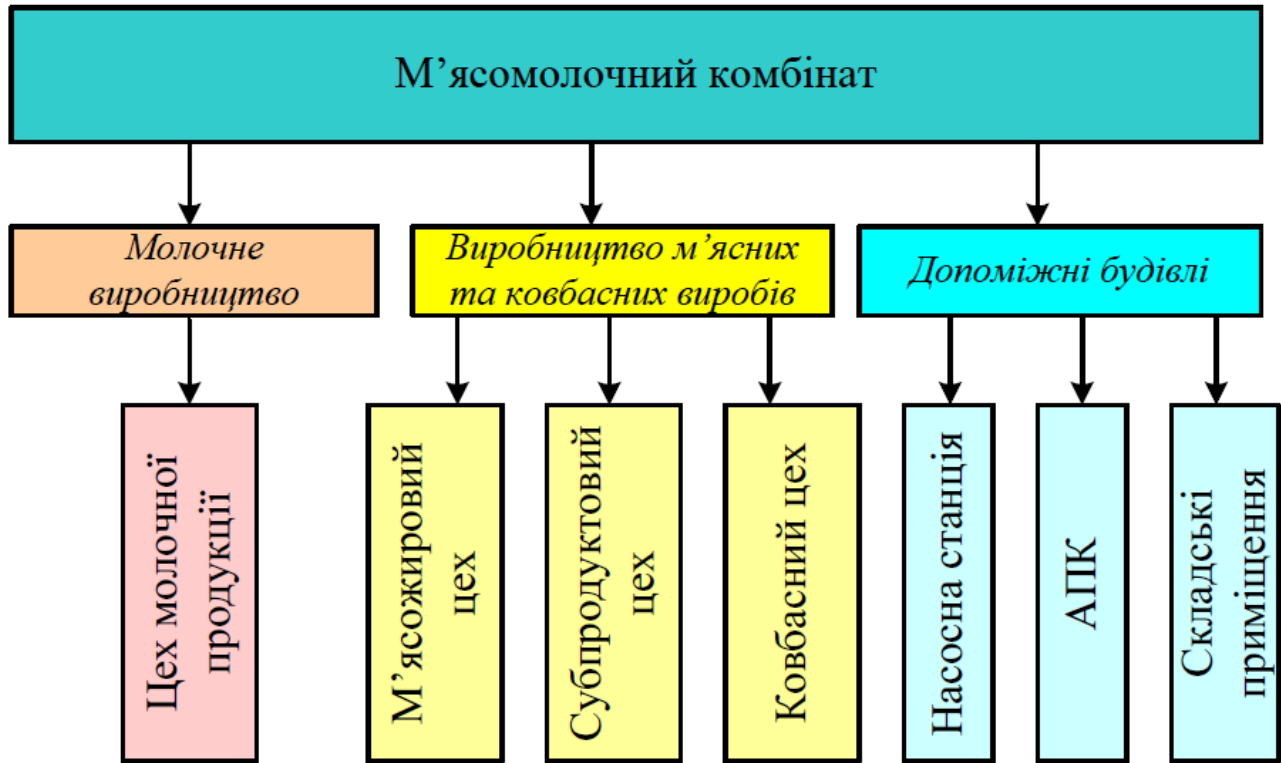


Рисунок 1.1 – Структура м'ясомолочного комбінату

Розрахунок мережі низької напруги 400/230 В виконуватиметься для ковбасного цеху. Склад приймачів цеху залежить від технологічного процесу виготовлення ковбасних виробів (рис.1.2).

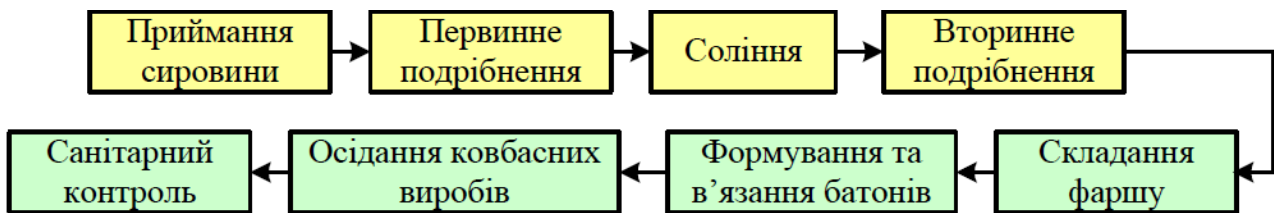


Рисунок 1.2 – Технологія виготовлення ковбасних виробів

					ЛНТУ.971051.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Оксенюк А.С.			Електропостачання м'ясомолочного комбінату встановленою потужністю 1250 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Грицюк І.В.					9	2
Н. контр.		Вашчелюк Ю.І.				ФАБЕ, гр.ЕЕ-42		
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 молочної продукції	60	48	2880	250
2. М'ясожировий цех	60	42	2520	210
3. Субпродуктовий цех	72	30	2160	205
4. Ковбасний цех	48	48	2304	210
5. Консервний цех	60	24	1440	270
6. Адміністративний корпус	42	18	756	35
7. Складські приміщення	48	30	1440	70
Разом			13500	1250

Таблиця 1.2 – Вихідні дані

Назва параметру	Одиниці вимірювання	Значення
Кількість змін	–	2
Тривалість роботи електрообладнання в рік τ	год.	4290
Час використання максимального навантаження $T_{\max}$	год.	2340
Джерело живлення	–	РП-10 кВ
Відстань до джерела l	км	2,5
Потужність короткого замикання на шинах джерела живлення $S_{\text{кз}}$	МВА	61
Вхідна реактивна потужність $Q_{\text{е max}}$	кВАр	226
Загальна територія підприємства	м2	29664
Категорія надійності споживачів: I (пристрої пожежної сигналізації, евакуаційне освітлення)	%	0,3
II (приймачі основних виробничих цехів)	%	71,2
III (приймачі адміністративного корпусу, складських приміщень, приймачі, що виконують допоміжні функції)	%	28,5

Графічна частина (ГЧ) проєкту міститиме чотири креслення.

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

Даний розділ присвячений розрахунку відповідно до методик, наведених в [Д.1], електричних навантажень на усіх рівнях системи електропостачання (СЕП) комбінату, вибору силових трансформаторів підстанції, кабельних ліній зовнішнього та внутрішньозаводського електропостачання, вибору комутаційно-захисних апаратів та детальному розрахунку мережі живлення ковбасного цеху (для прикладу взято ділянку виготовлення варених ковбас).

Нумерація цехів в таблицях розділу відповідає таблиці 1.1.

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень

Приймачі дільниці варених ковбас ковбасного цеху заживлені від силового щита (СЩ4.1).

Таблиця 2.1 – Розрахунок силових навантажень СЩ4.1 ковбасного цеху

Назва електроприймача	P _н , кВт	n	P _н , кВт	К _{вик}	tgφ	m	n _{эф}	K _{так}	Розрахункові навантаження			
									P _{ср.зм.} , кВт	Q _{ср.зм.} , квар	P _{р.} , кВт	Q _{р.} , квар
	СП4.1											
	Приймачі із змінним графіком навантаження											
Змішувач	8	4	32	0,38	1,01	8,0 0	21	1,33	12,16	12,28	42,51	32,62
М'ясорубка	6	4	24	0,39	1,02				9,36	9,55		
Машина пароварочна	5,5	4	22	0,41	1,02				9,02	9,20		
Ін'єктор	1	2	2	0,15	1,17				0,30	0,35		
Агрегат вакуумний	4,5	1	4,5	0,25	1,1				1,13	1,24		
	Приймачі із постійним графіком навантаження											
Конвеєр стрічковий	7,5	1	7,5	0,65	0,75				4,88	3,66	4,88	3,66
Установка холодильна	5,5	2	11	0,65	0,75				7,15	5,36	7,15	5,36
Вентилятор радіальний	4	4	16	0,7	0,75				11,20	8,40	11,20	8,40
Всього СП4.1		22	119						55.19	50.04	65.74	50.04

					ЛНТУ.971051.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання м'ясомолочного комбінату встановленою потужністю 1250 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.		Арк.		Аркушів	
Розроб.		Оксенюк А.С.							11	19	
Перевір.		Грицюк І.В.									
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.									
Затверд.		Волинець В.І.									
						ФАБЕ, гр.ЕЕ-42					

Таблиця 2.2 – 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	125,00	123,75	175,90	143,75	136,13	197,97	125,00
2	105,00	106,05	149,24	115,50	116,66	164,16	105,00
3	98,40	118,08	153,71	118,08	129,89	175,54	98,40
4	107,10	104,96	149,96	128,52	115,45	172,76	107,10
4.1	60,69	59,48	84,97	72,83	65,42	97,90	60,69
4.2	46,41	45,48	64,98	55,69	50,03	74,86	46,41
5	135,00	136,35	191,88	168,75	149,99	225,77	135,00
6	14,00	13,72	19,60	18,20	15,09	23,64	14,00
7	28,00	27,16	39,01	36,40	29,88	47,09	28,00
Всього	612,50	630,07	840,27	729,20	693,07	959,85	612,50

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Від типу та кількості джерел світла, встановлених в приміщеннях комбінату, залежатимуть умови роботи, а отже і продуктивність праці. Джерела обираємо з [4].

Таблиця 2.3 – Вибір джерел світла

Номер цеху	Розряд зорової роботи	$E_{норм}$, лк	Тип світильника	F, лм	P, кВт
1	Va	300	DELUX High Bay3 100Вт 6500K 220В IP65	10000	100
2	Va	300	DELUX High Bay3 100Вт 6500K 220В IP65	10000	100
3	Va	300	DELUX High Bay3 100Вт 6500K 220В IP65	10000	100
4	Va	300	DELUX High Bay3 100Вт 6500K 220В IP65	10000	100
5	Va	300	DELUX High Bay3 100Вт 6500K 220В IP65	10000	100
6	VIIIб	75	EVROLIGHT WL2-36-K 36Вт 6400K IP65	3000	36
7	VIIIб	75	EVROLIGHT WL2-36-K 36Вт 6400K IP65	3000	36

Навантаження, створювані джерелами світла, визначаємо в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Номер цеху	F, м ²	h, м	P _{пит} , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	P _о , кВт	K _{пра}	K _п	tgφ	P _{р.о} , кВт	Q _{р.о} , квар
1	2880	8	5,01	14,43	1,2	0,9	0,33	15,58	5,14
2	2520	8	5,01	12,63	1,2	0,9	0,33	13,64	4,50
3	2160	8	5,01	10,82	1,2	0,9	0,33	11,69	3,86
4	2304	8	5,01	11,54	1,2	0,9	0,33	12,47	4,11
5	1440	8	5,01	7,21	1,2	0,9	0,33	7,79	2,57
6	756	5	4,63	3,50	1,2	0,9	0,33	3,78	1,25
7	1440	5	4,63	6,67	1,2	0,9	0,33	7,20	2,38
Всього	13500			66,80				72,14	23,81

Для вуличного освітлення приймаємо з [4] джерела світла EVROLIGHT 36W 2280Lm IP65[^]

$$\sum \varepsilon = \frac{10^3 \cdot 2,6 \cdot 0,85 \cdot 10}{2880} = 7,67 \text{ лк};$$

$$\frac{L}{h} = 11; L = 11 \cdot 10 = 110 \text{ м};$$

$$L_{\Sigma} = 2880 \text{ м}; N = \frac{2880}{110} = 26,2 \Rightarrow N_{\text{прийн}} = 27;$$

$$P_{\text{вст.зовн}} = 27 \cdot 36 \cdot 10^{-3} = 0,97 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{розр.зовн}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 0,97 = 1,05 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{розр.зовн}} = 1,05 \cdot 0,33 = 0,35 \text{ кВАр}.$$

2.3. Визначення результуючих навантажень

Розраховуємо сумарні навантаження кожного цеху для вибору низьковольтних кабельних ліній, ввідно-розподільних пристроїв та силових щитів та навантаження на шинах 400 В трансформаторної підстанції для вибору силових трансформаторів та пристроїв низьковольтної компенсації реактивної потужності.

Таблиця 2.5 – Розрахунок результуючих навантажень

Номер цеху	$P_{вст\Sigma},$ кВт	$P_{ср.зм\Sigma},$ кВт	$Q_{ср.зм\Sigma},$ квар	$S_{ср.зм\Sigma},$ кВА	$P_{p\Sigma},$ кВт	$Q_{p\Sigma},$ квар	$S_{p\Sigma},$ кВА
1	264,43	140,58	128,89	190,73	159,33	141,27	212,94
2	222,63	118,64	110,55	162,16	129,14	121,15	177,07
3	215,82	110,09	121,94	164,28	129,77	133,74	186,35
4	221,54	119,57	109,07	161,84	140,99	119,57	184,86
4.1	119,00	60,69	59,48	84,97	72,83	65,42	97,90
4.2	102,54	58,88	49,60	76,98	68,16	54,14	87,05
5	277,21	142,79	138,92	199,22	176,54	152,56	233,32
6	38,50	17,78	14,97	23,24	21,98	16,34	27,39
7	76,67	35,20	29,54	45,95	43,60	32,25	54,23
Освітлення території	0,97	1,05	0,35	1,11	1,05	0,35	1,11
Всього	1317,77	685,69	654,22	902,57	802,39	717,23	1023,04

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Для побудови картограми електричних навантажень на генеральному плані комбінату (креслення 1 ГЧ) розраховуємо радіуси кіл, що відповідають їх повним навантаженням, та кути секторів, що відповідають освітлювальним навантаженням.

Таблиця 2.6 – Визначення центру електричних навантажень

№ цеху	x, м	y, м	$P_{p\Sigma} \cdot x$	$P_{p\Sigma} \cdot y$	$Q_{p\Sigma} \cdot x$	$Q_{p\Sigma} \cdot y$	r	α
1	21	96	3346	15296	2967	13562	37	35
2	42	33	5424	4261	5088	3998	34	38
3	108	27	14015	3504	14444	3611	34	32
4	126	144	17764	20302	15066	17218	34	32
5	180	72	31777	12711	27460	10984	39	16
6	51	159	1121	3495	833	2598	13	62
7	168	114	7325	4970	5418	3677	19	59
Всього			80772	64540	71277	55647		
$X_{ц}$	100							
$Y_{ц}$	79							

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

Призначенням силових трансформаторів є пониження напруги з рівня 10 кВ до рівня 0,4 кВ для живлення низьковольтних силових електроприймачів. Розглядаємо два варіанти виконання двотрансформаторної підстанції з врахуванням необхідності в компенсації реактивної потужності на стороні 0,4 кВ трансформаторів.

Трансформатори марки ТМ – 10 / 0,4 обираємо з [5]; низьковольтні батареї конденсаторів – з [6].

Таблиця 2.7 – Вибір трансформаторів

Варіант встановлення	$\sigma, \frac{\text{кВА}}{\text{м}^2}$	$S_T, \text{кВА}$	N	$N_{\min}$	m	$N_{\text{опт}}$	$Q_{\max T}, \text{кВАр}$
I	0,07	1000	0,98	2	0	2	1220,58
II		630	1,55	2	0	2	554,75

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	54,22	54,22	30
II	99,47	12	27	0,3	176,75	276,22	160

Таблиця 2.9 – Техніко-економічне порівняння можливих варіантів встановлення

Варіант встановлення	$\Delta P_X, \text{кВт}$	$\Delta P_K, \text{кВт}$	$\tau, \text{год}$	$W, \text{тис.кВт} \cdot \text{год}$	$C_\epsilon, \text{тис.грн}$	$K, \text{тис.грн}$	$Z, \text{тис.грн}$
I	1,7	12,2	1123	17,9418	134,384	1082,40	269,68
II	1,18	8,5	1123	12,4625	93,344	972,08	214,85

Вибираємо $2 \times \text{ТМ} - 630 / 10; 2 \times \text{ККУ} - 0,4 - 160 - 10 - 21\text{УЗ}$.

$$1,4 \cdot 630 = 882 \text{ кВА} > \frac{2 \cdot (1 - 0,285) \cdot 1068,23}{2} = 645,34 \text{ кВА}.$$

2.6. Компенсація реактивної потужності

В таблиці 1.2 розділу 1 зазначено вхідну реактивну потужність для СЕП комбінату, якої вимагає постачальник. Розрахуємо потребу у збільшенні потужності вже обраних низьковольтних конденсаторних батарей 160 кВАр або у встановленні високовольтних батарей конденсторів (ВБК).

Таблиця 2.10 – Розрахунок компенсації реактивної потужності

Показник	Од.вимір.	Значення
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$	кВАр	654,22
$Q_{\text{еmax}}$	кВАр	226
$Q_{\text{НБК ф}}$	кВАр	320
ΔQ_{T}	кВАр	33
$K_{\text{НС}}$	–	0,75
$Q_{\text{М1}}$	кВАр	490,67
$Q_{\text{К1}}$	кВАр	264,39
$Q_{\text{НС Т}}$	кВАр	400,22
$Q_{\text{ВБК}}$	кВАр	10,39

$Q_{\text{ВБК}} = 10,39$ кВАр, тобто доцільно збільшити потужність обраних НБК до значення:

$$Q_{\text{НБК}} = 2 \cdot 160 + 10,39 = 330,39 \text{ кВАр,}$$

приймаємо $2 \times \text{ККУ} - 0,4 - 170 - 10 - 21\text{УЗ}$.

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях

Розрахуємо електричні навантаження на шинах 10 кВ трансформаторної підстанції, за якими обиратимемо переріз кабелів зовнішнього електропостачання напругою 10 кВ.

Таблиця 2.11 – Розрахунок навантажень на рівні 10 кВ

Розрахункове навантаження	Одиниці вимірювання	Значення
P_{p3}	кВт	685,69
Q_{p2}	кВАр	654,22
$Q_{НБК}$	кВАр	340
P_{p3}	кВт	685,69
Q_{p3}	кВАр	314,22
S_{p3}	кВА	754,26
ΔP_T	кВт	15,09
ΔQ_T	кВАр	75,43
P_{p4}	кВт	700,78
Q_{p4}	кВАр	389,65
S_{p4}	кВА	801,82

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

Мережа живлення м'ясомолочного комбінату складається з двох паралельних кабелів марки АПвВ–10, вибраних з [8]. Переріз кабелів обираємо за струмом навантаження нормального режиму роботи з врахуванням значення економічної густини струму $j_e = 1,9 \frac{A}{mm^2}$ [7], завдяки чому обрані перерізи будуть найбільш економічними:

$$I_{норм} = \frac{801,82}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 23,15 \text{ А};$$

$$I_{п\text{ АВ}} = \frac{801,82}{\sqrt{3} \cdot 10} = 46,29 \text{ А};$$

$$F_e = \frac{23,15}{1,9} = 24,36 \text{ мм}^2; \text{ розглядаємо перерізи від } 35 \text{ мм}^2 \text{ включно.}$$

Таблиця 2.12 – Вибір кабельних ліній високої напруги

F, мм ²	I _{доп} , А	I' _{доп} , А	r ₀ , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	x ₀ , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}$, В	$\Delta U_{\text{норм}}$, %	$\Delta U_{\text{П АВ}}$, %
35	143	147,29	0,641	0,09	56,81	0,57	1,14
50	169	174,1	0,58	0,086	51,68	0,52	1,03
70	211	217,3	0,45	0,084	41,13	0,41	0,82
95	260	267,8	0,31	0,083	29,85	0,30	0,60

Таблиця 2.13 – Техніко-економічне порівняння кабелів різного перерізу

F, мм ²	K _{зл}	$\Delta P_{\text{н}}$, кВт	$\Delta P_{\text{д}}$, кВт	C _е , тис. грн.	K, тис. грн.	З, тис. грн.
35	0,157	135,17	3,338	28,071	2415	329,946
50	0,133	170,82	3,020	25,399	2960	395,399
70	0,107	206,59	2,343	19,706	3080	404,706
95	0,086	216,10	1,614	13,575	3595	462,950

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

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Внутрішня розподільна мережа м'ясомолочного комбінату виконана кабелями АВВГ – 0,4 [11] за радіально-магістральною схемою.

Кабелі низької напруги прокладено в траншеях на глибині промерзання ґрунту (700 мм).

Для дволанкових ліній виконаємо перевірку в нормальному та післяаварійному режимах.

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

Таблиця 2.14 – Вибір розподільних пристроїв 0,4 кВ

Назва РП	$S_{p\Sigma}$, кВА	$I_{п.ав}$, А	Тип розподільного пристрою	$I_{доп.РП}$, А	$n_{прийм}$	$n_{мод}$
ВРП1	212,94	323,53	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
ВРП2	177,07	269,03	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
ВРП3	186,35	283,13	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	3	4
РП4.1	152,13	231,14	ПР11 – 3051 – 21 У3	250	22	22
РП4.2	114,43	173,87	ПР11 – 3051 – 21 У3	250	16	22
ВРП5	233,32	354,50	ЕУ – ВРП2 – 1 – 400 У4	400	4	4
РП6	27,39	41,61	ПР11 – 3045 – 21 У3	100	10	12
РП7	54,23	82,40	ПР11 – 3045 – 21 У3	100	12	12

Таблиця 2.15 – Вибір кабелів 0,4 кВ

Назва КЛ	n	$S_{p\Sigma}$, кВА	$I_{норм}$, А	$I_{п.ав}$, А	Переріз кабелю	$I_{доп}$, А	$I'_{доп}$, А	$I''_{доп}$, А	l , км	r_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	x_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{норм}$, %	$\Delta U_{п.ав}$, %
ТП – ВРП1	2	212,94	161,76	323,53	4×240	401	413	433	0,047	0,125	0,059	0,47	0,94
ТП – ВРП2	2	177,07	134,52	269,03	4×185	260	268	281	0,040	0,18	0,06	0,44	0,88
ТП – ВРП3	2	186,35	141,57	283,13	4×240	401	413	433	0,025	0,125	0,059	0,22	0,44
ТП – РП4.1	2	152,13	115,57	231,14	4×150	230	237	248	0,076	0,22	0,06	0,85	1,71
ТП – РП4.2	2	114,43	86,93	173,87	4×95	165	170	178	0,091	0,35	0,06	1,14	2,28
ТП – ВРП5	2	233,32	177,25	354,50	4×240	401	413	433	0,049	0,125	0,059	0,54	1,08
РП4.2 – РП6	1	27,39	41,61	83,22	4×35	95	98	103	0,032	0,95	0,06	0,48	0,48
РП4.1 – РП7	1	54,23	82,40	164,80	4×95	165	170	178	0,076	0,35	0,06	0,90	0,90

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

Формуємо схему короткозамкненого кола (рис.2.1 – 2.4). Точка короткого замикання розміщена на шинах високої напруги трансформаторної підстанції.

Застосовуємо відносне наближене зведення :

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

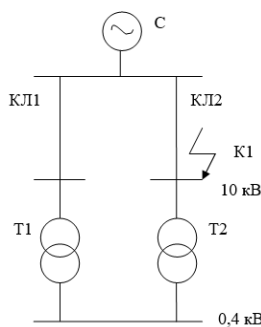


Рисунок 2.1 – Електрична схема короткозамкненого кола

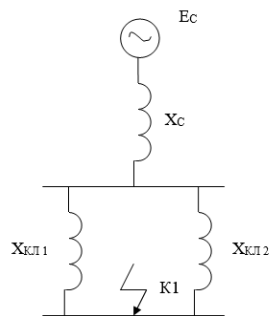


Рисунок 2.2 – Заступна схема короткозамкненого кола

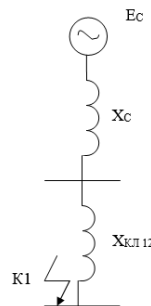


Рисунок 2.3 – Схема короткозамкненого кола після об'єднання паралельних ліній

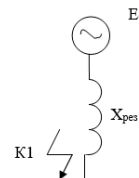


Рисунок 2.4 – Спрощена схема короткозамкненого кола

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

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
$S_{КЗ}$	МВА	61
$\dot{X}_{C*}$	—	1,639
$\dot{R}_{КЛ1*}, \dot{R}_{КЛ2*}$	—	1,454
$\dot{X}_{КЛ1*}, \dot{X}_{КЛ2*}$	—	0,204
$\dot{R}_{КЛ12*}$	—	0,727
$\dot{X}_{КЛ12*}$	—	0,102
$\dot{R}_{рез*}$	—	0,727
$\dot{X}_{рез*}$	—	1,741
$\dot{Z}_{рез*}$	—	1,887
$I_б$	кА	5,50
I_{n0}	кА	2,914
k_y	—	1,42
i_y	кА	5,852
K_T	$\frac{A \cdot c^{1/2}}{мм^2}$	125
t_n	с	0,25
F_{min}	мм ²	11,7
Тип та переріз кабелю з п.2.8	—	АПВВ – 10 – 3 × 35
B_K	кА ² · с	2,12

2.11. Вибір обладнання

Апарати високої напруги обираємо відповідно до однолінійної схеми електропостачання (креслення 2 ГЧ).

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

Високовольтні комірки КСО – 399 обрано з [14].

Таблиця 2.17 – Технічні характеристики комплектних розподільчих пристроїв трансформаторної підстанції

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

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$23,15 < 630 \text{ А};$$

$$46,29 < 630 \text{ А};$$

$$5,852 < 51 \text{ кА};$$

$$2,12 < 400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Вибираємо з [16] роз'єднувачі:

РВ030 – 10 – 630

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$23,15 < 630 \text{ А};$$

$$46,29 < 630 \text{ А};$$

$$5,852 < 41 \text{ кА};$$

$$2,12 < 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

З [17] обираємо вимикачі навантаження; з [18] – запобіжники:

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

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$23,15 < 630 \text{ А};$$

$$46,29 < 630 \text{ А};$$

$$2,914 < 31,5 \text{ кА};$$

$$5,852 < 80 \text{ кА};$$

$$2,12 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

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

$$10 = 10 \text{ кВ};$$

$$23,15 < 630 \text{ А};$$

$$46,29 < 630 \text{ А};$$

$$2,914 < 31,5 \text{ кА};$$

$$5,852 < 80 \text{ кА};$$

$$2,12 < 992,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

ПКТ – 10 – 50 – 12,5 УЗ:

$$46,29 < 50 \text{ А};$$

$$2,914 < 12,5 \text{ кА};$$

$$50,47 < 217 \text{ кА},$$

$$S'' = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2,914 = 50,47 \text{ МВА}.$$

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

План розташування електроприймачів в приміщенні діляниці варених ковбас ковбасного цеху наведено на кресленні 3 ГЧ.

Крім того, на кресленні показано радіальну схему живлення приймачів діляниці від силового щита СЩ4.1.

					ЛНТУ.971051.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

Для внутрішньоцехового електропостачання з [19] обрано кабелі ВВГнгд – 0,4 , прокладені в кабельних каналах.

Обрані кабелі перевіряємо за втратами напруги та стійкістю до термічної дії струмів короткого замикання в мережі 400 В.

Таблиця 2.18 – Вибір кабелів внутрішньоцехової мережі

Назва електроприймача	P_n , кВт	$\cos \varphi$	I , А	F , мм ²	$I_{тр доп}$, А	Кабель
СП4.1						
Змішувач	8	0,70	17,28	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
М'ясорубка	6	0,70	13,02	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Машина пароварочна	5,5	0,70	11,94	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Ін'єктор	1	0,65	2,34	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Агрегат вакуумний	4,5	0,67	10,16	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Конвеєр стрічковий	7,5	0,80	14,24	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Установка холодильна	5,5	0,80	10,45	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5
Вентилятор радіальний	4	0,80	7,60	2,5	26	ВВГнгд-5×2,5

Таблиця 2.19 – Перевірка кабелів за втратами напруги

Назва електроприймача	n	r_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	x_0 , $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	l , км	$\Delta U\%$	Кабель
СП4.1						
Змішувач	4	8	0,09	0,012	0,538	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,01	0,448	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,012	0,538	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,018	0,807	ВВГнгд-5×2,5
М'ясорубка	4	8	0,09	0,02	0,672	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,018	0,605	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,02	0,672	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,026	0,874	ВВГнгд-5×2,5
Машина пароварочна	4	8	0,09	0,027	0,832	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,025	0,771	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,031	0,955	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,032	0,986	ВВГнгд-5×2,5
Ін'єктор	2	8	0,09	0,034	0,191	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,031	0,174	ВВГнгд-5×2,5
Агрегат вакуумний	1	8	0,09	0,054	1,363	ВВГнгд-5×2,5
Конвеєр стрічковий	1	8	0,09	0,027	1,131	ВВГнгд-5×2,5
Установка холодильна	2	8	0,09	0,052	1,598	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,056	1,721	ВВГнгд-5×2,5
Вентилятор радіальний	4	8	0,09	0,01	0,223	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,012	0,268	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,052	1,162	ВВГнгд-5×2,5
		8	0,09	0,042	0,939	ВВГнгд-5×2,5

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

Формуємо схему короткозамкненого кола (рис.2.5, 2.6). Розглядаємо точки КЗ: на шинах 0,4 кВ підстанції; на вводах усіх розподільних пристроїв; на затискачах найпотужнішого струмоприймача ділянки.

Застосовуємо абсолютне наближене зведення :

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

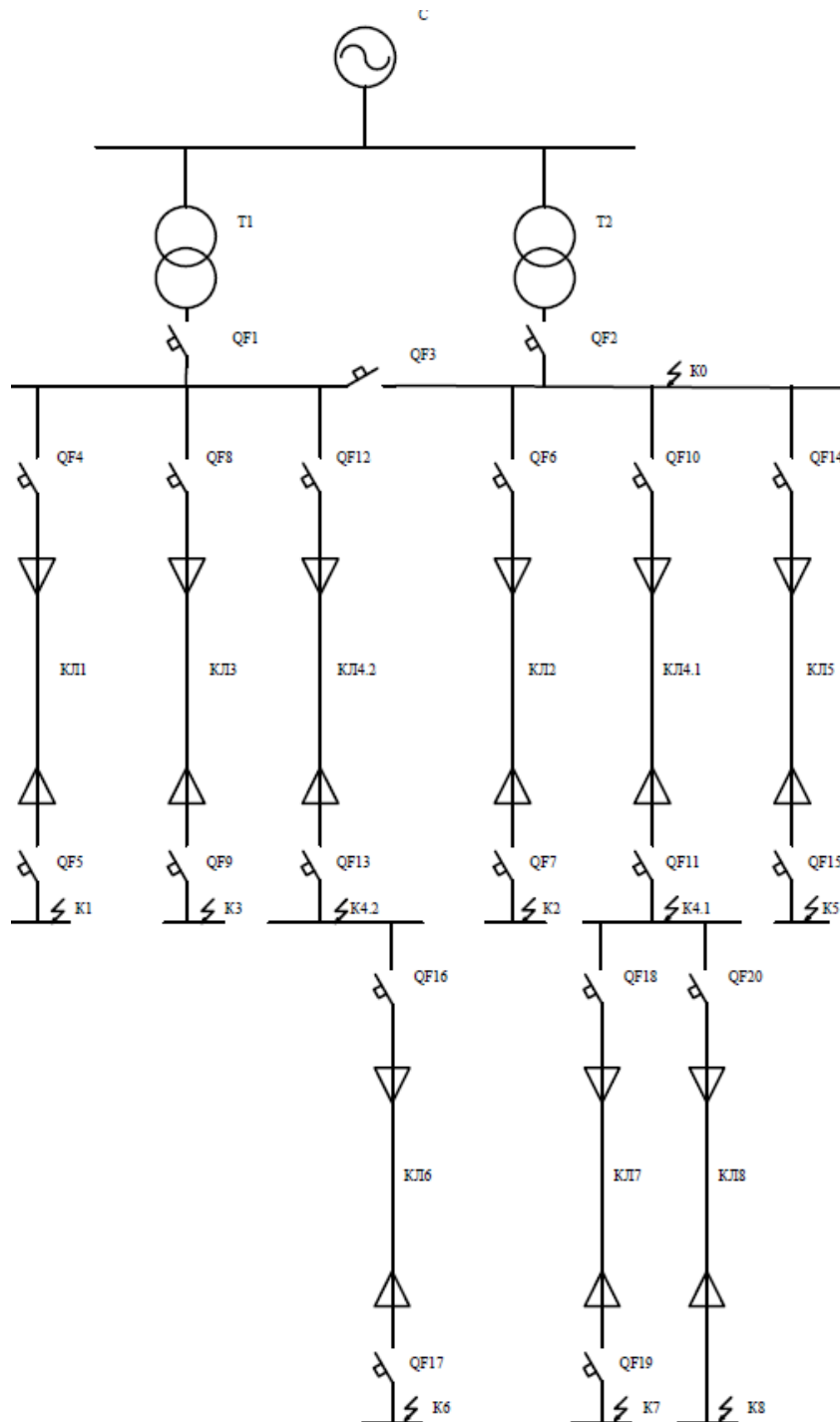


Рисунок 2.5 – Схема короткозамкненого кола НВ мережі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

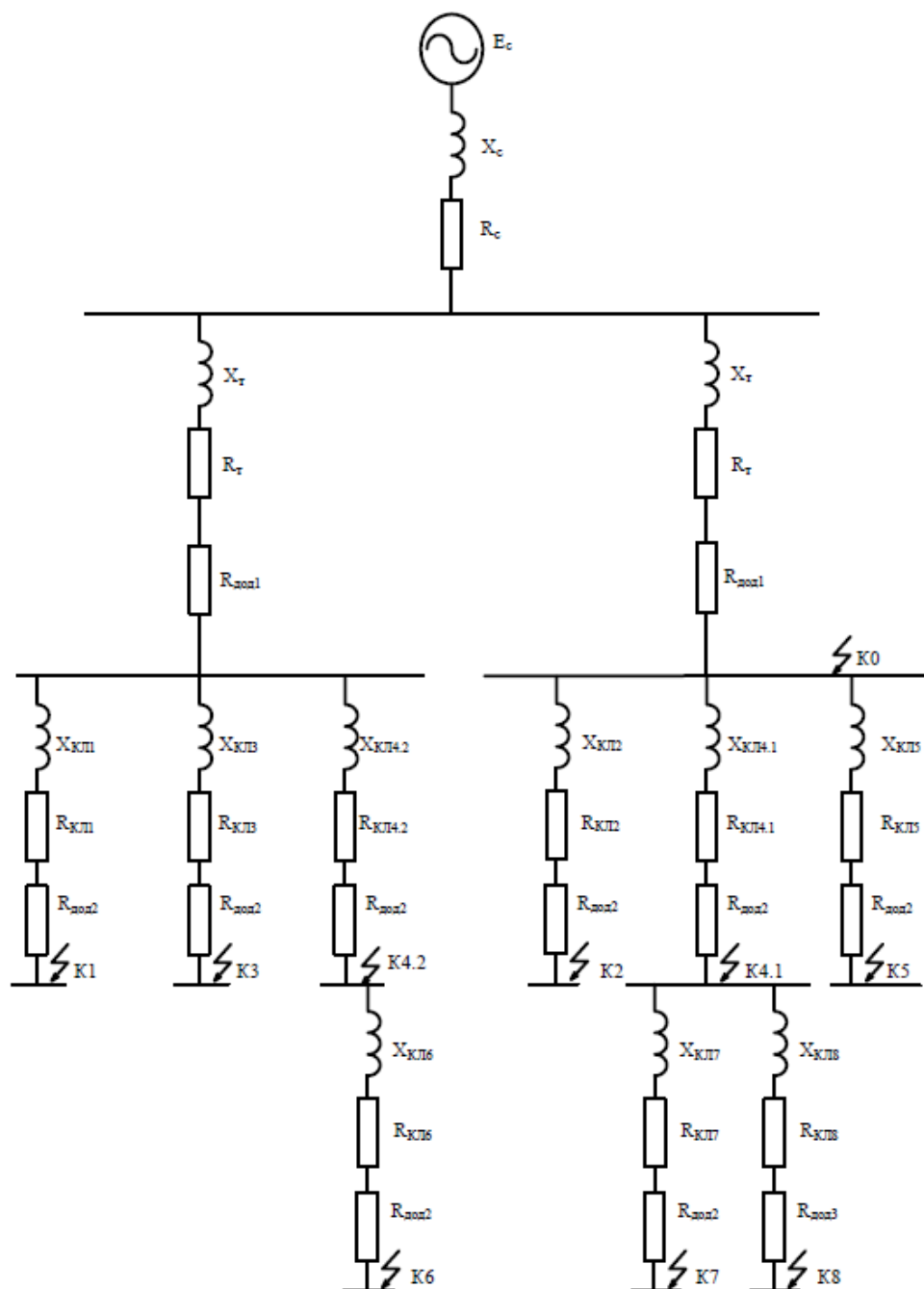


Рисунок 2.6 – Заступна схема НВ мережі

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	2,914
$U_{с10}$	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	0,801
X_c	Ом	2,080
$\dot{R}_c$	МОм	1,163
$\dot{X}_c$	МОм	3,019
$\dot{R}_T$	МОм	1,713
$\dot{X}_T$	МОм	7,619
$\dot{R}_{рез0}$	МОм	17,876
$\dot{X}_{рез0}$	МОм	10,638
$Z_{рез0}$	МОм	20,802
I_K	кА	11,102
k_y	–	1,05
i_y	кА	16,485

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	0,047	0,125	5,900	0,059	2,785
ТП – ВРП2	0,040	0,18	7,200	0,06	2,400
ТП – ВРП3	0,025	0,125	3,150	0,059	1,487
ТП – РП4.1	0,076	0,22	16,808	0,06	4,584
ТП – РП4.2	0,091	0,35	31,920	0,06	5,472
ТП – ВРП5	0,049	0,125	6,150	0,059	2,903
РП4.2 – РП6	0,032	0,95	30,400	0,06	1,920
РП4.1 – РП7	0,076	0,35	26,600	0,06	4,560
РП4.1 – Pmax	0,010	8	80,000	0,09	0,900

Таблиця 2.23 – Визначення струмів КЗ в НВ мережі

Точка КЗ	$R_{\text{дод}}, \text{МОм}$	$\dot{R}_{\text{рез}}, \text{МОм}$	$\dot{X}_{\text{рез}}, \text{МОм}$	$\dot{Z}_{\text{рез}}, \text{МОм}$	$I_K, \text{кА}$	k_y	$i_y, \text{кА}$	$F_{\text{min}}, \text{мм}^2$	Вибраний переріз
К1	20	28,78	13,42	31,75	7,273	1	10,286	26,9	4×240
К2	20	30,08	13,04	32,78	7,045	1	9,963	26,1	4×185
К3	20	26,03	12,12	28,71	8,043	1	11,375	29,8	4×240
К4.1	20	39,68	15,22	42,50	5,433	1	7,684	20,1	4×150
К4.2	20	54,80	16,11	57,12	4,043	1	5,718	15,0	4×95
К5	20	29,03	13,54	32,03	7,210	1	10,197	26,7	4×240
К6	20	85,20	18,03	87,08	2,652	1	3,750	9,8	4×35
К7	20	72,19	19,78	74,85	3,085	1	4,363	11,4	4×95
К8	30	129,68	16,12	130,68	1,767	1	2,499	6,5	5×2,5

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

З [21] обираємо трансформатори струму, до вторинної обмотки яких підключено такі прилади:

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

амперметри АСКО – УКРЕМ 2000А.

Комерційний облік електричної енергії призначений для розрахунку з оператором розподілу та встановлений у ввідних панелях ЩО-99; технічний облік призначений для власних потреб СЕП комбінату (вимірювання реактивної енергії, генерованої конденсаторними батареями).

$$I_{\text{норм}} = \frac{1023,04}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 777,18 \text{ А};$$

$$I_{\text{max}} = \frac{1023,04}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1554,35 \text{ А}.$$

Вторинне навантаження трансформаторів струму:

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

$$S_{\text{прил}} = 10 \text{ ВА};$$

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

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

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

Комерційний облік:

$$TШ - 0,66 \text{ 2000 / 5}$$

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$$

$$777,18 < 2000 \text{ А};$$

$$1554,35 < 2000 \text{ А};$$

$$16,485 < 51 \text{ кА};$$

$$30,81 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом.}$$

Технічний облік :

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

$$0,38 < 0,66 \text{ кВ;}$$

$$354,5 < 400 \text{ А;}$$

$$7,684 < 51 \text{ кА;}$$

$$7,38 < 100 \text{ кА}^2 \cdot \text{с;}$$

$$0,495 < 5,0 \text{ Ом.}$$

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Вибираємо з [22] автоматичні вимикачі.

Таблиця 2.24 – Вибір автоматичних вимикачів

Номер вимикача	Тип вимикача	Каталожні дані			Розрахункові дані			
		$U_{\text{ном}}$, 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.1600D.1600	0,4	1600	80	0,4	777,18	1554,35	11,102
QF2	e.industrial.acb.1600D.1600	0,4	1600	80	0,4	777,18	1554,35	11,102
QF3	e.industrial.acb.1600D.1600	0,4	1600	80	0,4	777,18	1554,35	11,102
QF4	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	161,76	323,53	7,273
QF5	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	161,76	323,53	7,273
QF6	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	134,52	269,03	7,045
QF7	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	134,52	269,03	7,045
QF8	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	141,57	283,13	8,043
QF9	BA 88 – 37	0,4	315	35	0,4	141,57	283,13	8,043
QF10	BA 88 – 35	0,4	250	35	0,4	115,57	231,14	5,433
QF11	BA 88 – 35	0,4	250	35	0,4	115,57	231,14	5,433
QF12	BA 88 – 35	0,4	200	35	0,4	86,93	173,87	4,043
QF13	BA 88 – 35	0,4	200	35	0,4	86,93	173,87	4,04
QF14	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	177,25	354,50	7,210

Продовження таблиці 2.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9
QF15	BA 88 – 40	0,4	400	35	0,4	177,25	354,50	7,210
QF16	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	41,61	83,22	2,652
QF17	BA 88 – 33	0,4	100	35	0,4	41,61	83,22	2,652
QF18	BA 88 – 35	0,4	200	35	0,4	82,40	164,80	3,085
QF19	BA 88 – 35	0,4	200	35	0,4	82,40	164,80	3,09
QF20	BA 88 – 32	0,4	25	25	0,4	17,28	17,28	1,767

2.12.5. Вибір рубильників

Вибираємо з [23] рубильники:

PE 19 – 44; 2000 A;

$0,38 < 0,66 \text{ кВ};$

$777,18 < 2000 \text{ A};$

$1554,35 < 2000 \text{ A};$

$16,485 < 50 \text{ кА};$

$30,81 < 900 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

Для автоматизації виробничого процесу в приміщенні дільниці варених ковбас встановлено стрічковий конвеєр. Застосування конвеєрів дозволяє мінімізувати ручну працю та підвищити продуктивність виробництва.

Основними елементами стрічкового конвеєра є приводний та натяжний барабани, нескінченна конвеєрна стрічка та роликоопори.

Характеристики конвеєра:

$$Q = 63 \frac{\text{т}}{\text{год}}; L = 20 \text{ м}; L_5 = 3,2; L_{\text{кл}} = 23 \text{ м}.$$

Використовуємо методику [Д.2] та довідникові дані [24].

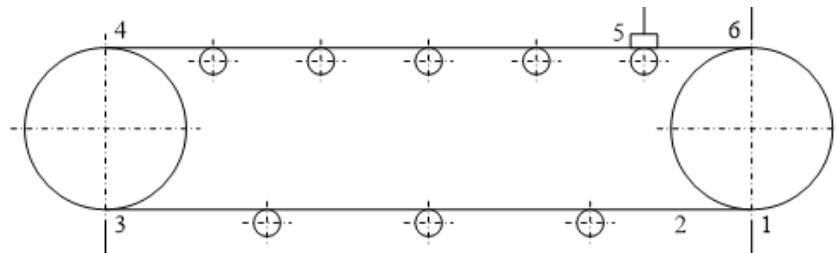


Рисунок 3.1 – Розбивка конвеєрної траси для визначення тягового зусилля

Основною характеристикою, за якою виконують вибір електроприводу конвеєра, є тягове зусилля. Для визначення останнього застосовуємо метод обходу контуру [24], згідно з яким розраховують тягові зусилля для кожної ділянки конвеєрної траси.

Розбивку на ділянки наведено на рисунку 3.1.

Результати розрахунків наведено в таблицях 3.1 – 3.4.

					ЛНТУ.971051.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Оксенюк А.С.			Електропостачання м'ясомолочного комбінату встановленою потужністю 1250 кВт. Пояснювальна записка.				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Грицюк І.В.									30	3	
									ФАБЕ, гр.ЕЕ-42				
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.											
Затверд.		Волинець В.І.											

Таблиця 3.1 – Вибір конструктивних елементів конвеєра

Параметр, одиниці вимірювання	Значення
$v, \frac{м}{с}$	0,63
$\rho, \frac{т}{м^3}$	0,5
k	115
k_{β}	0,9
$B, м$	1,584
$B_{\text{прийн}}, м$	1,6
z	6
$\delta_p, мм$	4,5
$\delta_n, мм$	2
$B_{\text{доп}}, м$	1,6
$\delta_t, мм$	1,6
$\delta, мм$	16,1
$\rho_c, \frac{т}{м^3}$	1110
$q_c, \frac{кг}{м}$	28,59
$q_p^p, \frac{кг}{м}$	58,4
$q_p^x, \frac{кг}{м}$	23,8
$q_k, \frac{кг}{м}$	139,39
ω	0,022
$A, мм^2$	0,358
$q, \frac{кг}{м}$	179,2

Узгоджена робота конвеєрів, встановлених на дільницях ковбасного цеху, забезпечується застосуванням схеми керування, наведеної на кресленні 4 ГЧ. Опис роботи схеми – в додатку [Д.2].

Таблиця 3.2 – Перевірка стрічки, вибір барабану

Параметр, одиниці вимірювання	Значення
$F_{розв}, Н$	8601,6
$F'_0, Н$	9976,75
f	0,2
$\alpha, рад.$	2,6
k_s	2,466
$F_{max}, Н$	24604,82
k_p	3,5
z_{min}	4,39
k	140
$D_{пб}^{min}, мм$	840
$D_{пб}, мм$	850

Таблиця 3.3 – Визначення тягового зусилля конвеєра

Параметр, одиниці вимірювання	Значення
$F_{2-3}, Н$	366,0798
$L_{розв}, м$	17,8
$F_{4-5}, Н$	1077,568
$F_{5-6}, Н$	6300

Таблиця 3.4 – Вибір електроприводу

Параметр, одиниці вимірювання	Значення
$F_{зб}, Н$	6542,00
$F_{наб}, Н$	16350,00
$F_0, Н$	9808,00
$P_0, кВт$	6,18
k_3	1,1
η	0,92
$P, кВт$	7,39
Тип двигуна	4A132M6У3
$P_{дв}, кВт$	7,5
$n_{дв}, хв.^{-1}$	870
Ψ_{max}	2,2
Ψ_{min}	1,6
$I_{дв}, кг \cdot м^2$	0,058

РОЗДІЛ 4

САПР

В даному розділі наведено етапи атоматизованого в середовищах Microsoft Excel 2016 та Mathcad15 розрахунку стрічкового конвеєра, виконаного в розділі 3.

Файл

Главная

Вставка

Разметка страницы

Формулы

Данные

Рецензирование

Вид

Акробат

Что вы хотите сделать?

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

Иконка

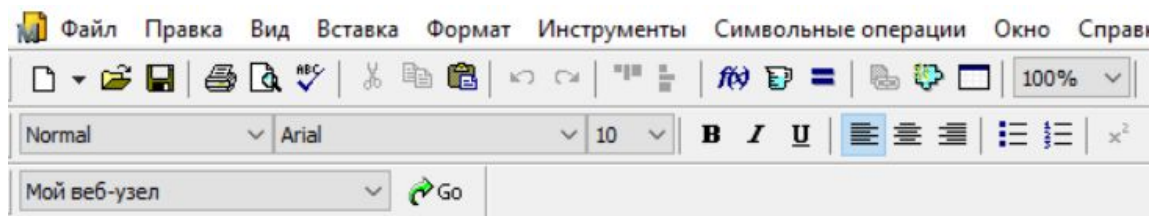
Иконка

Иконка

Рисунок 4.1 – Вибір конструктивних елементів; визначення тягового зусилля

ЛНТУ.971051.000 ПЗ

					ЛНТУ.971051.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Оксенюк А.С.			Електропостачання м'ясомолочного комбінату встановленою потужністю 1250 кВт. Пояснювальна записка.			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Грицюк І.В.								33	2
								ФАБЕ, гр.ЕЕ-42			
Н. контр.		Вашелюк Ю.І.									
Затверд.		Волинець В.І.									



$$\begin{aligned}
 &F_{23} := 704.381 \\
 &F_{45} := 965.158 \\
 &F_{56} := 8601.6 \\
 &1.11F_1 - 1.08F_{23} + 1.03F_{45} + 1.03F_{56} \rightarrow 1.11 \cdot F_1 + 9093.02926 \\
 &2.5F_1 \\
 &1.11 - 2.5 = -1.39 \\
 &\frac{-9093.02926}{-1.39} = 6.542 \times 10^3 \\
 &F_1 := 6.542 \times 10^3 \\
 &1.11F_1 - 1.08F_{23} + 1.03F_{45} + 1.03F_{56} = 1.635 \times 10^4
 \end{aligned}$$

Рисунок 4.2 – Визначення зусилля в точці збігання стрічки з барабану

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Acrobat Что вы хотите сделать?																		
Вставить Вставка Вставка Вставка Вставка Вставка Вставка Вставка Вставка Вставка Вставка Вставка Вставка Вставка Вставка Вставка Вставка Вставка Вставка																		
Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число Стили																		
V30																		
30	Таблица 4.4 - Вибір електроприводу																	
31	Fзб=	6542.00	Н	Двигуни серії 4А (синхронна частота обертання 1000 об ⁻¹ . Технічна характеристика														
32	Fнаб=	16350.00	Н	Типорозмір двигуна	Потужність, кВт	Частота обертання, об ⁻¹	M _{ном}	M _{макс}	Момент інерції ротора, кг·м ²	Типорозмір двигуна	Потужність, кВт	Частота обертання, об ⁻¹	M _{ном}	M _{макс}	Момент інерції ротора, кг·м ²	Типорозмір двигуна	Потужність, кВт	Частота обертання, об ⁻¹
33	Fо=	9808.00	Н	4AA63A6Y3	0,18	885	1,2	2,2	0,00173	4A132M6Y3	7,5	870	1,6	2,2	0,058	4A132M6Y3	7,5	870
34	Pо=	6.18	кВт	4AA63BY3	0,25	890	1,2	2,2	0,00215	4A160S6Y3	11	975	1	2	0,137	4A160S6Y3	11	975
35	kз=	1,1		4A71A6Y3	0,37	910	1,6	2,2	0,00167	4A160M6Y3	15	975	1	2	0,182	4A160M6Y3	15	975
36	η=	0,92		4A71B6Y3	0,55	900	1,6	2,2	0,00202	4A180M6Y3	18	975	1	2	0,22	4A180M6Y3	18	975
37	P=	7,39	кВт	4A80A6Y3	0,75	915	1,6	2,2	4,62E-05	4A200M6Y3	22	975	1	2	0,4	4A200M6Y3	22	975
38	Тип	4A132M6Y3		4A80B6Y3	1,1	920	1,6	2,2	4,59E-05	4A200L6Y3	30	980	1	2	0,45	4A200L6Y3	30	980
39	Pдв=	7,5	кВт	4A90L6Y3	1,5	935	1,6	2,2	0,00735	4A225M6Y3	37	980	1	2	0,735	4A225M6Y3	37	980
40	n.дв=	870	хв-1	4A100L6Y3	2,2	950	1,6	2,2	0,0131	4A250S6Y3	45	985	1	2	1,16	4A250S6Y3	45	985
41	ψтах=	2,2		4A112MA6Y3	3	955	1,6	2,2	0,0175	4A250M6Y3	55	985	1	2	1,25	4A250M6Y3	55	985
42	ψмін=	1,6		4A112MB6Y3	4	950	1,6	2,2	0,002	4A280S6Y3	75	985	1	1,9	2,92	4A280S6Y3	75	985
43	Iдв=	0,058	кг·м2	4A132S6Y3	5,5	965	1,6	2,2	0,04	4A280M6Y3	90	985	1	1,9	3,33	4A280M6Y3	90	985

Рисунок 4.3 – Вибір електроприводу

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Для безпечного обслуговування електрообладнання та електричних мереж м'ясомолочного комбінату впроваджено колективні та індивідуальні засоби захисту. Зокрема, наявність електричних апаратів захисту, належний рівень ізоляції струмовідних частин, блокування безпеки, засоби розпізнавання струмовідних частин, попереджувальні плакати, тощо. Також розраховано характеристики контуру заземлення для ковбасного цеху [25]:

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

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

$$R_H = 10 \text{ Ом};$$

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

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

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

$$n_B = \frac{55}{1,86 \cdot 0,65} = 45,3 \text{ шт} \Rightarrow n_B = 46 \text{ шт};$$

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

					ЛНТУ.971051.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Оксенюк А.С.			Електропостачання м'ясомолочного комбінату встановленою потужністю 1250 кВт. Пояснювальна записка.	Літ.	Арк.
Перевір.		Грицюк І.В.					35
						Аркушів	
						1	
Н. контр.		Ващелюк Ю.І.				ФАБЕ, гр.ЕЕ-42	
Затверд.		Волинець В.І.					

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

СЕП м'ясомолочного комбінату, розроблена в кваліфікаційному проєкті, має достатній рівень надійності.

Для приймачів II категорії передбачене резервування. При виведенні в ремонт одного з трансформаторів підстанції відбувається ввімкнення вручну секційної перемички за допомогою секційного автоматичного вимикача. При виведенні в ремонт кабельної лінії зовнішнього живлення напругою 10 кВ відбувається ввімкнення ремонтної перемички одним з секційних роз'єднувачів.

Для мережі 10 кВ обрано режим ізольованої нейтралі, що дозволяє їх продовжувати роботи в неповнофазному режимі навіть в режимі однофазного замикання на землю.

Для захисту силових трансформаторів від струмів КЗ вимикачі навантаження, встановлені в трансформаторних комірках закритого розподільного пристрою 10 кВ підстанції, укомплектовані плавкими запобіжниками.

Захист кабельних ліній низької напруги, секцій шин 0,4 кВ підстанції та конденсаторних установок забезпечується автоматичними вимикачами.

Для виконання кабельних ліній 10 кВ обрано кабелі з найбільш економічно доцільними перерізами. Трансформаторну підстанцію укомплектовано силовими трансформаторами та конденсаторними батареями, що мають найменші приведені затрати на їх встановлення та експлуатацію.

Довжини кабелів внутрішньозаводського електропостачання є мінімальними, оскільки трансформаторну підстанцію встановлено максимально близько до центру електричних навантажень.

Спроектована мережа є безпечною в експлуатації та забезпечує споживачів електроенергією належного рівня якості.

					ЛНТУ.971051.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

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/vyrobnytstvo/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.