

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та енергетики
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

**Електропостачання комбінату харчових напівфабрикатів
встановленою потужністю 1150 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-41
Боярин Вадим Миколайович

(підпис)

Керівник: к.ф.-м.н., доцент
Падалко Анатолій Михайлович

(підпис)

Кваліфікаційний проєкт
допущено до захисту
«__» _____ 2026 р.
Гарант освітньої програми
к.т.н., доцент:
Волинець Владислав Ігорович

(підпис)

Луцьк – 2026 року

АНОТАЦІЯ

Боярин Вадим Миколайович. Електропостачання комбінату харчових напівфабрикатів встановленою потужністю 1150 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.

Ціль роботи – розробити систему електропостачання та моделювання режимів роботи електродвигуна. При розробці СЕП підприємства виконувався: розрахунок електричних навантажень, визначення потужності компенсуючих пристроїв, вибір схеми живлення і розподілу електричної енергії, вибір напруги і конфігурації живлячих і розподільчих мереж, розрахунок струмів КЗ і вибір апаратури; а також вибір кількості, потужності і місця встановлення і типу підстанцій, розрахунок засобів релейного захисту і автоматики та т. ін.

Ключові слова: розрахунки, електричні навантаження, ієрархічний підхід, силові трансформатори, метод впорядковані діаграми

Annotation

Boyarin Vadim Nikolaevich. Power supply to the food semi-finished products plant with an installed capacity of 1150 kW.. Manuscript.

Qualification project of the bachelor's degree "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 sources used, applications.

The purpose of the work is to develop a power supply system and simulate the operating modes of an electric motor. When developing the PSS of the enterprise, the following was carried out: calculation of electrical loads, determination of the power of compensating devices, selection of a power supply and distribution of electrical energy, selection of voltage and configuration of supply and distribution networks, calculation of short-circuit currents and selection of equipment; as well as the choice of the number, capacity and place of installation and type of substations, calculation of relay protection and automation, etc.

Keywords: calculations, electric loads, hierarchical approach, power transformers, ordered diagrams method

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА	
ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	8
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ	11
2.1. Розрахунок силового електричних навантажень.....	11
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.....	14
2.3. Визначення результуючих навантажень	15
2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень.....	16
2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП з врахуванням компенсації реактивної потужності.....	16
2.6. Компенсація реактивної потужності	18
2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП	18
2.8. Проектування мережі живлення підприємства.....	19
2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі	19
2.10. Розрахунок струмів короткого замикання	21
2.11. Вибір апаратури.....	21
2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв	21
2.11.2. Вибір роз'єднувачів	22
2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників.....	22
2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху	23
2.12.1. Вибір схеми електропостачання	23
2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ	26
2.12.3. Вибір трансформаторів струму	28
2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів	29
2.12.5. Вибір рубильників	30
2.15. Проектування освітлювальної мережі.....	31
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ДЕС.....	32
3.1. Розрахунок потужності ДЕС	32
3.2. Розрахунок мережі живлення власних потреб ДЕС.....	33
РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ	
(САПР)	34
РОЗДІЛ 5	35
ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	35
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	36
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	37
ДОДАТКИ	39
Додаток А Використані методики	39
Додаток Б Специфікації та переліки посилань.....	70

					<i>ЛНТУ.971002.000 ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Боярин В.М.				Електропостачання комбінату харчових напівфабрикатів встановленою потужністю 1150 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Падалко А.М.					Д	6	66
Реценз.						ФАБЕ, гр ЕЕ-41		
Н.контр	Ващелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинець В.І.							

ВСТУП

Даний дипломний проєкт присвячений розробці комплексної схеми зовнішнього та внутрішнього електропостачання комбінату харчових напівфабрикатів, що є сучасним високотехнологічним об'єктом харчової промисловості. Основне призначення підприємства полягає у виготовленні широкого асортименту заморожених та охолоджених виробів, зокрема м'ясних, овочевих та тістових напівфабрикатів, що постачаються до роздрібних мереж та закладів громадського харчування. Встановлена потужність об'єкта складає 1150 кВт, що класифікує його як енергоємне підприємство середньої потужності, яке потребує спорудження власної двотрансформаторної підстанції для забезпечення безперебійності технологічних циклів. Виробнича потужність комбінату розрахована на випуск 45 тонн готової продукції за добу при тризмінному режимі роботи. Робота підприємства організована у три зміни по вісім годин кожна, що обумовлює рівномірний графік електричних навантажень протягом доби з незначними спадами у нічний час, коли проводяться санітарно-гігієнічні заходи. Технологічні особливості виробництва включають використання автоматизованих ліній шокової заморозки, потужних компресорних агрегатів холодильних станцій та термічного обладнання. Особлива увага при проєктуванні приділяється дотриманню санітарних норм та параметрів мікроклімату, оскільки порушення електропостачання може призвести до масового псування сировини та значних фінансових збитків. Електричні мережі підприємства мають бути спроектовані з урахуванням агресивного середовища в окремих цехах, де використовуються мийні засоби та спостерігається підвищена вологість, що вимагає застосування обладнання з відповідним ступенем захисту оболонки.

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Структура комбінату харчових напівфабрикатів спроектована за лінійно-функціональним принципом для забезпечення оптимального логістичного потоку сировини від зони приймання до складу готової продукції. Основним енергетичним вузлом та технологічним ядром є цех м'ясних напівфабрикатів, де зосереджена значна кількість електроприводів формувальних та пакувальних машин. Процес починається у цеху первинної підготовки сировини, де здійснюється дефростація, миття та попереднє оброблення вхідних продуктів із використанням потужних підйомних механізмів та конвеєрних стрічок. Поруч розташований овочевий цех, спеціалізований на очищенні, подрібненні та пасеруванні інгредієнтів, що входять до складу комбінованих напівфабрикатів. Важливу роль відіграє борошномельно-тістомісильний цех, обладнаний автоматичними дозаторами, просіювачами та тістомісами великої ємності, що забезпечують безперервну подачу заготовок для пельменних та вареничних ліній. Для підтримання необхідних температурних режимів на всьому підприємстві функціонує централізована компресорно-холодильна станція, яка є одним з найпотужніших споживачів електричної енергії та вимагає особливого підходу до компенсації реактивної потужності. Допоміжну, але критичну функцію виконує цех пакування та етикетування, де завершується формування товарного вигляду продукції перед її відправленням. Уся готова продукція зберігається у цеху низькотемпературного складського господарства, де автоматизовані системи підтримання температури працюють у цілодобовому режимі. Забезпечення життєдіяльності всього об'єкта підтримується інженерно-технічним блоком, до складу якого входять ремонтно-механічні майстерні та лабораторія контролю якості. Така розгалужена структура забезпечує замкнений цикл виробництва та вимагає гнучкої системи розподілу електроенергії з можливістю секціонування шин на розподільчих пунктах.

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Боярин В.М.				Електропостачання комбінату харчових напівфабрикатів встановленою потужністю 1150 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Падалко А.М.					Д	8	3
Реценз.						ФАБЕ, гр ЕЕ-41		
Н.контр	Ващелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинець В.І.							

Таблиця 1.1 – Характеристики об'єктів

Назва	$S, м^2$	$P_{встΣ}, кВт$
Цех м'ясних напівфабрикатів	864	285
Цех первинної підготовки сировини	1512	188
Овочевий цех	768	185
Борошномельно-тістомісильний цех	864	175
Компресорно-холодильна станція	1024	145
Цех пакування та етикетування	672	88
Низькотемпературне складське господарство	672	84
Всього	6376	1150

Електропостачання підприємства здійснюється від шин напругою 10 кВ існуючої ТП-10/0,4 кВ, відстань до якої становить 0,55 км. Потужність КЗ на шинах джерела живлення дорівнює 125 МВА.

Реактивна потужність, дозволена енергосистемою, становить 85 кВАр.

Загальна територія підприємства становить 22576 м², площа будівель складає 6376 м². Характеристики об'єктів в таблиці 1.1.

Технологічний процес у цеху м'ясних напівфабрикатів являє собою складну послідовність автоматизованих операцій, спрямованих на перетворення підготовленої м'ясної сировини у готову до заморожування продукцію. Основним етапом є тонке подрібнення та приготування фаршу, що здійснюється за допомогою потужних куттерів та вовчків, які забезпечують необхідну консистенцію та однорідність маси. Для транспортування сировини між функціональними зонами використовується шнековий живильник, який дозволяє підтримувати безперервність потоку без ризику затримки матеріалу. Важливим елементом технології є вакуумний фаршозмішувач, призначений для рівномірного розподілу спецій та добавок у розрідженому середовищі, що покращує колір та структуру майбутнього виробу. Формування конкретних одиниць продукції, таких як котлети або фрикадельки, покладено на автоматичний формувальний апарат, який працює з високою точністю дозування. Після формування виробу потрапляють на конвеєр глазурування, де відбувається початкова стабілізація поверхні перед термічною обробкою або

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

заморозкою. Для забезпечення санітарних норм та видалення надлишкового тепла від працюючих двигунів у приміщенні встановлена потужна установка припливно-витяжної вентиляції, що працює в автоматичному режимі. Процес пакування напівфабрикатів у споживчу тару виконує автоматична лінія пакування, що інтегрована в загальну систему керування цехом. Для переміщення палет з упакованою продукцією до зони відвантаження застосовується електричний стрічковий підйомник. Кінцевий контроль ваги та відбраковування невідповідних одиниць здійснюється на динамічних вагах з відхилювачем. Усі перелічені механізми працюють як єдиний технологічний комплекс, де зупинка одного агрегату може призвести до блокування всієї лінії, що визначає високі вимоги до надійності електропостачання кожного електроприймача

Таблиця 1.2 – Характеристики приймачів електроенергії цеху

Назва	n	$P_{\text{вст}}$
Куттер вакуумний ВК-125	2	22
Вовчок промисловий В-160	3	18
Шнековий живильник ШЖ-400	3	10
Вакуумний фаршозмішувач ФЗ-200	3	15
Установка вентиляції ПВ-12	4	12
Формувальний апарат ФА-2000	1	15
Автоматична лінія пакування АЛП-50	2	14
Електричний підйомник ЕП-500	1	11
Конвеєр глазурування КГ-300	1	10

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок силового електричних навантажень

Для розрахунку електричних навантажень використаємо «Цех м'ясних напівфабрикатів». Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок силового навантаження цеху

Назва електроприймача		$P_{\text{но}}$	n	$P_{\text{вст}}$	$K_{\text{в}}$	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	m	$n_{\text{еф}}$	$K_{\text{м}}$	$P_{\text{ср.зм}}$, кВт	$Q_{\text{ср.зм}}$, квар	$P_{\text{р}}$ кВт	$Q_{\text{р}}$ кВАр
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Група А	Куттер вакуумний ВК-125	22	2	44	0,6	0,85	0,62	2,20	7	1,33	26,40	16,36	105,93	56,27
	Вовчок промисловий В-160	18	2	36	0,7	0,82	0,70				25,20	17,59		
	Шнековий живильник ШЖ-400	10	2	20	0,5	0,75	0,88				10,00	8,82		
	Вакуумний фаршозмішувач ФЗ-200	15	2	30	0,6	0,8	0,75				18,00	13,50		
	Електроприймачі з постійним графіком навантаження													
Установка вентиляції ПВ-12		12	2	24	0,8	0,85	0,62				19,20	11,90	19,20	11,90
всього			10	154							98,80	68,17	125,13	68,17

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Боярин В.М.				Електропостачання комбінату харчових напівфабрикатів встановленою потужністю 1150 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Падалко АМ					Д	11	21
Реценз.						ФАБЕ, гр ЕЕ-41		
Н.контр	Ващелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинцев В.І.							

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
Група Б	Вовчок промисловий В-160	18	1	18	0,7	0,82	0,70	1,80	8	1,36	12,60	8,79	85,90	48,21					
	Формувальний апарат ФА-2000	15	1	15	0,7	0,8	0,75				10,50	7,88							
	Шнековий живильник ШЖ-400	10	1	10	0,5	0,75	0,88				5,00	4,41							
	Вакуумний фаршозмішувач ФЗ-200	15	1	15	0,6	0,8	0,75				9,00	6,75							
	Автоматична лінія пакування АЛП-50	14	2	28	0,6	0,82	0,70				16,80	11,70							
	Електричний підйомник ЕП-500	11	1	11	0,3	0,7	1,02				3,30	3,37							
	Конвеєр глазурування КГ-300	10	1	10	0,6	0,75	0,88				6,00	5,29							
	Електроприймачі з постійним графіком навантаження																		
	Установка вентиляції ПВ-12	12	2	24	0,8	0,85	0,75									19,20	14,40	19,20	14,40
	всього Б		10	131												82,40	62,61	105,10	62,61
	ВСЬОГО по цеху		20	285							181,20	130,70	230,20	130,78					

Розрахунок силового навантаження по підприємству в цілому проведемо аналогічно. Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок силового навантаження по підприємству в цілому

Назва	P_H , кВт	$P_{сер.зм}$, кВт	$Q_{сер.зм}$, кВАр	$S_{сер.зм}$, кВА	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА
Цех м'ясних напівфабрикатів	285,00	181,20	130,78	223,53	230,23	130,78	264,83
РП 1	154,00	98,80	68,17	120,04	125,13	68,17	142,49
РП 2	131,00	82,40	62,61	103,49	105,10	62,61	122,34
Цех первинної підготовки сировини	188,00	146,64	149,57	209,46	190,63	164,53	251,81
РП 1	97,76	76,25	77,78	108,92	99,13	85,56	130,94
РП 2	90,24	70,39	71,79	100,54	91,50	78,97	120,87
Борошномельно-тістомісильний цех	185,00	64,75	66,05	92,49	84,18	72,65	111,19
РП 1	96,20	78,88	80,46	112,68	102,55	88,51	135,46
РП 2	88,80	72,82	74,27	104,01	94,66	81,70	125,04
Овочевий цех	175,00	61,25	62,48	87,49	79,63	68,72	105,18
РП 1	91,00	40,95	41,77	58,49	53,24	45,95	70,32
РП 2	84,00	37,80	38,56	53,99	49,14	42,41	64,91
Компресорно-холодильна станція	145,00	101,50	103,53	144,99	131,95	113,88	174,30
РП 1	75,40	52,78	53,84	75,39	68,61	59,22	90,64
РП 2	69,60	48,72	49,69	69,59	63,34	54,66	83,66
Цех пакування та етикетування	88,00	30,80	31,42	44,00	40,04	34,56	52,89
РП 1	45,76	27,46	28,01	39,22	54,91	30,81	62,96
РП 2	42,24	33,79	34,47	48,27	43,93	37,91	58,03
Низькотемпературне складське господарство	84,00	29,40	29,99	42,00	38,22	32,99	50,49
РП 1	43,68	24,02	18,50	30,32	72,07	20,35	74,89
РП 2	40,32	28,22	21,73	35,62	56,45	23,91	61,30
Всього	1150,00	615,54	573,81	841,52	794,87	618,11	1010,69

2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Розрахунок електричних навантажень за додатком А. Результати розрахунку зведемо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Назва об'єкта	$F, \text{м}^2$	$h, \text{м}$	$P_{\text{норм}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	$P_o, \text{кВт}$	$K_{\text{пра}}$	K_n	$\cos\varphi$	$P_{p.o}, \text{кВт}$	$Q_{p.o}, \text{квар}$
Цех м'ясних напівфабрикатів	864	4	11	9,50	1	0,85	0,95	8,08	2,66
Цех первинної підготовки сировини	1512	4	11	16,63	1	0,85	0,95	14,14	4,65
Овочевий цех	768	5	10	7,68	1	0,85	0,95	6,53	2,15
Борошномельно-тістомісильний цех	864	4	10	8,64	1	0,85	0,95	7,34	2,41
Компресорно-холодильна станція	1024	4	8	8,19	1	0,85	0,95	6,96	2,29
Цех пакування та етикетування	672	6	10	6,72	1	0,85	0,95	5,71	1,88
Низькотемпературне складське господарство	672	6	8	5,38	1	0,85	0,95	4,57	1,50
Зовнішнє	22576		0,02	0,45	0,95	0,85	0,95	0,38	0,13
Всього	6376			63,20				53,72	17,66

2.3. Визначення результуючих навантажень

Результати розрахунків $P_{вст\Sigma}$ зведемо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок сумарного навантаження на шини НН ТП

Назва об'єкта		$P_{вст\Sigma}, \text{кВт}$	$P_{ср.зм\Sigma}, \text{кВт}$	$Q_{ср.зм\Sigma}, \text{квар}$	$S_{ср.зм\Sigma}, \text{кВА}$	$P_{p\Sigma}, \text{кВт}$	$Q_{p\Sigma}, \text{квар}$	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$
Цех м'ясних напівфабрикатів	РП 1	163,50	106,88	70,82	128,22	125,13	68,17	142,49
	РП 2	131,00	82,40	62,61	103,49	113,18	65,27	130,65
	Σ	294,50	189,28	133,44	231,71	238,31	133,44	273,14
Цех первинної підготовки сировини	РП 1	97,76	76,25	77,78	108,92	99,13	85,56	130,94
	РП 2	106,87	84,52	76,44	113,96	105,64	83,62	134,73
	Σ	204,63	160,78	154,22	222,89	204,77	169,18	265,67
Овочевий цех	РП 1	96,20	78,88	80,46	112,68	102,55	88,51	135,46
	РП 2	96,48	79,34	76,42	110,16	101,19	83,85	131,41
	Σ	192,68	158,23	156,88	222,82	203,74	172,35	266,86
Борошномельно-тістомісильний цех	РП 1	91,00	40,95	41,77	58,49	53,24	45,95	70,32
	РП 2	92,64	45,14	40,97	60,96	56,48	44,83	72,11
	Σ	183,64	86,09	82,74	119,41	109,72	90,77	142,40
Компресорно-холодильна станція	РП 1	75,40	52,78	53,84	75,39	68,61	59,22	90,64
	РП 2	77,79	55,68	51,98	76,18	70,30	56,95	90,47
	Σ	153,19	108,46	105,82	151,53	138,91	116,17	181,09
Цех пакування та етикетування	РП 1	45,76	27,46	28,01	39,22	54,91	30,81	62,96
	РП 2	48,96	39,50	36,35	53,68	49,64	39,79	63,62
	Σ	94,72	66,96	64,35	92,87	104,55	70,60	126,16
Низькотемпературне складське господарство	РП 1	43,68	24,02	18,50	30,32	72,07	20,35	74,89
	РП 2	45,70	32,79	23,23	40,19	61,02	25,41	66,10
	Σ	89,38	56,82	41,73	70,50	133,09	45,76	140,74
Зовнішнє		0,45	0,38	0,13	0,40	0,38	0,13	0,40
Всього		1213,20	827,00	739,30	1112,12	1133,47	798,39	1396,46

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				15

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Згідно додатку А, визначимо координати центрів активного та реактивного навантажень. Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок картограми навантаження

Назва об'єкта	х, м	у, м	$Q_{PE} \cdot x$	$Q_{PE} \cdot y$	г	α	$P_{PE} \cdot x$	$P_{PE} \cdot y$
Цех м'ясних напівфабрикатів	21,6	16,8	5900	4589	62	12	5147	4004
Цех первинної підготовки сировини	25,2	64,4	6695	17109	57	25	5160	13187
Овочевий цех	19,2	112,4	5124	29995	57	12	3912	22900
Борошномельно-тістомісильний цех	85,6	22,8	12189	3247	42	24	9392	2502
Компресорно-холодильна станція	131,2	44	23759	7968	47	18	18225	6112
Цех пакування та етикетування	126,4	83,6	15946	10547	41	20	13216	8741
Низькотемпературне складське господарство	77,6	132,4	10921	18633	46	12	10328	17621
Ца	57,7	66,2						
Цр	100,9	115,3						
Всього			80534	92088			65380	75066

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

Проведемо орієнтовний вибір числа та потужності силових трансформаторів за додатком А, результати вибору запишемо в таблицю 2.6:

Таблиця 2.6 – Вибір типу та кількості трансформаторів ТП з врахуванням НБК

Показник	І група	
	I	II
$P_{p\Sigma}$, кВт	827,00	827,00
$Q_{p\Sigma}$, кВАр	739,30	739,30
$S_{p\Sigma}$, кВА	1112,12	1112,12
F, м ²	6376	6376
Тип трансформатора	ТМ-630	ТМ-1000
N _{min} , шт.	1,9	1,2
N _{опт} , шт.	2,0	2,0
Q _{max T} , кВАр	306,58	1129,63
Q _{НБК1} , кВАр	432,7	0,0
K _{p1}	11	11
K _{p2}	15	10
γ	0,92	0,99
Q _{НБК2} , квар	0,00	0,00
Q _{НБК} , квар	432,72	0,0
Тип НБК	УКМ58-0.4-200/2,5	0
ΔP_X , кВт	2,27	3,3
ΔP_K , кВт	7,6	11,6
ΔW , тис.кВт·год	33,989	49,736
C _e , тис.грн.	373,875	547,094
K, тис.грн.	955,550	1389,096
З, тис.грн.	493,319	720,731
Перевірка трансформаторів на можливість перевантаження в аварійному режимі	$1,4 \cdot 630 = 882 \text{ кВА} > (2 \cdot (1-0,27) \cdot 1112,12) / 2 = 812 \text{ кВА}$	

2.6. Компенсація реактивної потужності

Не доцільно здійснювати компенсацію на стороні 10 кВ, тому компенсуємо все на стороні 0,4 кВ, Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок потужності ВБК

Показник	Значення
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$, квар	739,30
$Q_{\text{еmax}}$, квар	85
$Q_{\text{НБКф}}$, квар	400
$\Delta Q_{\text{Т}}$, квар	33
$K_{\text{НС}}$	0,90
$Q_{\text{М1}}$, квар	665,37
$Q_{\text{К1}}$, квар	580,37
$Q_{\text{НСТ}}$, квар	405,30
$Q_{\text{ВБК}}$, квар	246,37
Тип НБК	УКМ58-0.4-300/2,5

Отже обираємо УКМ58-0.4-300/2,5 (*Лідер Електрик*)

2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП

Результати розрахунків електричних навантажень на вищих рівнях СЕП зведемо в таблицю 2.8

Таблиця 2.8 – Розрахунок навантажень на вищих рівнях СЕП

Розрахункове навантаження	Значення
$P_{\text{ср.зм}\Sigma}$ кВт	827,00
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$ квар	739,30
$Q_{\text{НБК}}$ квар	600
$P_{\text{р3}}$ кВт	827,00
$Q_{\text{р3}}$ квар	139,30
$S_{\text{р3}}$ кВА	838,65
$\Delta P_{\text{Т}}$ кВт	16,77
$\Delta Q_{\text{Т}}$ квар	83,87
$P_{\text{р4}}$ кВт	843,78
$Q_{\text{р4}}$ квар	223,17
$S_{\text{р4}}$ кВА	872,79

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

Відповідно до додатка А здійснюється перевірка живильних ліній АПВЕАкВ-10 (Одескабель), результати якої наведено в таблиці 2.9

Таблиця 2.9 – Вибір та перевірка живлячих ліній

$F, \text{мм}^2$	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$I'_{\text{доп}}, \text{А}$	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \text{В}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \%$	$\Delta U_{\text{пл}}, \%$	$K_{\text{зп}}$	$\Delta P_{\text{н}}, \text{кВт}$	$\Delta P_{\text{д}}, \text{кВт}$	$C_e, \text{тис. грн.}$	$З, \text{тис. грн.}$	$K, \text{тис. грн.}$
35	115	118,45	0,89	0,095	18,46	0,18	0,37	0,213	20,60	0,932206	24,66443	90,664	528
50	140	144,2	0,63	0,09	13,39	0,13	0,27	0,213	20,60	0,932206	24,66443	117,147	797,5
70	165	169,95	0,45	0,086	9,88	0,10	0,20	0,175	21,61	0,659876	17,45909	128,246	926,2
95	205	211,15	0,33	0,083	7,53	0,08	0,15	0,148	21,45	0,47134	12,47078	142,245	1064,8
120	216	222,48	0,258	0,081	6,12	0,06	0,12	0,119	24,28	0,345649	9,145238	165,275	1265
150	246	253,38	0,206	0,79	15,33	0,15	0,31	0,113	21,07	0,270235	7,149914	195,459	1518
185	275	283,25	0,167	0,077	4,32	0,04	0,09	0,089	22,11	0,174919	4,628045	227,378	1782
240	314	323,42	0,115	0,075	3,29	0,03	0,07	0,078	19,85	0,120454	3,186977	275,437	2178

Зупиняємося на кабелі АПВЕАкВ-10 (Одескабель)кВ, із перерізом 35 мм².

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Вибір ліній схем внутрішнього електропостачання кабелем АВББШв (Енергопром) та ПР22-3044 (УкрСпецЕлектро) проведемо в таблиці 2.10 та 2.11

Таблиця 2.10 – Вибір ліній схеми внутрішнього електропостачання

Назва КЛ	n	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$	$I_p, \text{А}$	$I_{н.ав}, \text{А}$	$l, \text{км}$	S	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$I'_{\text{доп}}, \text{А}$	$I''_{\text{доп}}, \text{А}$	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \%$	$\Delta U_{\text{ПДВ}}, \%$
ТП-РП1.1	2	142,49	108,25	216,49	0,102	50	215	221	232,2	0,400	0,0600	1,79	3,58
ТП-РП1.2	2	130,65	99,25	198,50	0,126	50	215	221	232,2	0,400	0,0600	2,03	4,06
ТП-РП2.1	2	130,94	99,47	198,95	0,15	50	215	221	232,2	0,400	0,0600	2,42	4,84
ТП-РП2.2	2	134,73	102,35	204,70	0,096	50	215	221	232,2	0,400	0,0600	1,59	3,19
ТП-РП3.1	2	135,46	102,91	205,81	0,114	50	215	221	232,2	0,400	0,0600	1,90	3,81

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП-РП3.2	2	131,41	99,83	199,66	0,138	50	215	221	124,2	1,250	0,0700	2,24	4,47
ТП-РП4.1	2	70,32	53,42	106,84	0,138	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	3,50	7,00
ТП-РП4.2	2	72,11	54,78	109,56	0,102	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,65	5,31
ТП-РП5.1	2	90,64	68,85	137,71	0,102	25	150	155	162	0,800	0,0700	2,18	4,37
ТП-РП5.2	2	90,47	68,73	137,46	0,09	25	150	155	162	0,800	0,0700	1,92	3,85
ТП-РП6.1	2	62,96	47,83	95,66	0,15	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	3,41	6,82
ТП-РП6.2	2	63,62	48,33	96,66	0,108	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,48	4,96
ТП-РП7.1	2	74,89	56,89	113,78	0,15	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	4,05	8,11
ТП-РП7.2	2	66,10	50,21	100,42	0,096	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,29	4,58

Таблиця 2.11 – Вибір розподільчих пунктів 0.4кВ

Назва будівлі	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$	I_p, A	$I_{доп}, A$
Цех м'ясних напівфабрикатів	142,49	108,25	250
	130,65	99,25	250
Цех первинної підготовки сировини	130,94	99,47	250
	134,73	102,35	250
Овочевий цех	135,46	102,91	250
	131,41	99,83	250
Борошномельно-тістомісильний цех	70,32	53,42	250
	72,11	54,78	250
Компресорно-холодильна станція	90,64	68,85	250
	90,47	68,73	250
Цех пакування та етикетування	62,96	47,83	250
	63,62	48,33	250
Низькотемпературне складське господарство	74,89	56,89	250
	66,10	50,21	250

Отже обираємо розподільчий пункт ПР22-3044 (УкрСпецЕлектро)

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

Потужність короткого замикання джерела живлення $S_{кз} = 125$ МВА . Результати наведено в таблиці 2.12 (додаток А)

Таблиця 2.12 –Перевірка вибраних КЛ за термічною стійкістю

Показник	Значення
$S_{кз}$ МВА	125
$\dot{X}_{C*}$	0,800
$\dot{X}_{КЛ1*}, \dot{X}_{КЛ2*}$	0,047
$\dot{X}_{КЛ12*}$	0,024
$\dot{X}_{рез*}$	0,824
I_6 кА	5,50
$I_{н0}$ кА	6,675
k_y	1,4
i_y кА	13,217
$K_T \frac{A \cdot c^{1/2}}{мм^2}$	118
t_n с	0,25
F_{min} мм ²	28,3
$B_{К}$ кА ² ·с	11,14

2.11. Вибір апаратури

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

На стороні ТП 10 кВ застосовано камери КСО-393 (Завод ПРБ) з вимикачами навантаження ВНА-10/630 (Енергосервіс) . Для резервування високовольної частини прийнято шинний міст ШМР-1. Результати перевірки зводимо в таблицю 2.13. Розподільний вузол 0,4 кВ виконаний у вигляді двох збірних шин з панелями ЩО-09 (ТзОВ ВП «Електросервіс»)

Таблиця 2.13 – Перевірка комірок

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	25,20
$I_{max}, \text{А}$	50,39
$i_y, \text{кА}$	13,217
$I_{n0} \text{кА}$	11,14

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Приймаємо роз'єднувачі обладнані заземлюючими ножами РВЗ-10/400 УЗ (УкрЕлектро) . Згідно додатку А проведемо перевірку. Результати перевірки зведемо в таблицю 2.14

Таблиця 2.14 – Перевірка роз'єднувача

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	25,20
$I_{max}, \text{А}$	50,39
$i_y, \text{кА}$	13,217
$I_{n0} \text{кА}$	6,675
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	11,14

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Попередньо вибираємо вимикачі навантаження типу ВНАп 10-630-20-2з УЗ (УкрЕлектро) та запобіжника ПКТ 103-10-80 (Комплекс-Електро). Результати перевірки вимикачів навантаження таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Перевірка вимикачів навантаження

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	25,20
$I_{max}, \text{А}$	50,39
$i_y, \text{кА}$	13,217
$I_{н0}\text{кА}$	6,675
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	11,14

Вибираємо запобіжники ПКТ 103-10-80 (Комплекс-ЕлектрО), результати перевірки запобіжників зведемо в таблицю 2.16.

Таблиця 2.16 – Перевірка запобіжника

Показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{max}, \text{А}$	50,39
$I_{н0}\text{кА}$	6,675
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	11,14

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

На прикладі цеху м'ясних напівфабрикатів виконується розрахунок низьковольтної мережі з урахуванням навантажень, режимів роботи та вимог до безперервності електропостачання. Вибір кабелів здійснюється на основі аналізу допустимих струмових навантажень, умов прокладання та відповідності стандартам. Отримані результати розрахунків систематизуються та зводяться в таблицю 2.17, яка служить узагальненим джерелом інформації для подальшого проектування та перевірки правильності прийнятих рішень

Таблиця 2.17 – Вибір кабелів цехової розподільчої мережі

Назва електроприймача	P_n , кВт	$\cos \varphi$	I , А	F , мм ²	$I_{тр.доп}$	Кабель
Група А						
Куттер вакуумний ВК-125	22	0,85	39,32	10	66	ВВГнг-LS-4х10
Вовчок промисловий В-160	18	0,82	33,35	10	66	ВВГнг-LS-4х10
Шнековий живильник ШЖ-400	10	0,75	20,26	4	37	ВВГнг-LS-4х4
Вакуумний фаршозмішувач ФЗ-200	15	0,8	28,49	6	49	ВВГнг-LS-4х6
Установка вентиляції ПВ-12	12	0,85	21,45	4	37	ВВГнг-LS-4х4
Група Б						
Вовчок промисловий В-160	=	0,82	33,35	10	66	ВВГнг-LS-4х10
Формувальний апарат ФА-2000	15	0,80	28,49	6	49	ВВГнг-LS-4х6
Шнековий живильник ШЖ-400	10	0,75	20,26	4	37	ВВГнг-LS-4х4
Вакуумний фаршозмішувач ФЗ-200	15	0,80	28,49	6	49	ВВГнг-LS-4х6
Автоматична лінія пакування АЛП-50	14	0,82	25,94	4	37	ВВГнг-LS-4х4
Електричний підйомник ЕП-500	11	0,70	23,88	4	37	ВВГнг-LS-4х4
Конвеєр глазурування КГ-300	10	0,75	20,26	4	37	ВВГнг-LS-4х4
Установка вентиляції ПВ-12		0,85	21,45	4	37	ВВГнг-LS-4х4

Вибрані кабелі перевіряємо за втратами напруги. Результати перевірки кабелів за втратами напруги зведемо в таблицю 2.18.

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 2.18 – Перевірка кабелів цехової розподільчої мережі за втратами напруги

Назва електроприймача	n	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{О}}{\text{к}}$	l, км	$\Delta U\%$	Провід
Група А						
Куттер вакуумний ВК-125	2	2	0,07	0,029	0,903	ВВГнг-LS-4x10
				0,035	1,090	ВВГнг-LS-4x10
				0,041	1,276	ВВГнг-LS-4x10
Вовчок промисловий В-160	2	2	0,07	0,047	1,200	ВВГнг-LS-4x10
				0,053	1,354	ВВГнг-LS-4x10
				0,059	1,507	ВВГнг-LS-4x10
Шнековий живильник ШЖ-400	2	5	0,09	0,063	2,216	ВВГнг-LS-4x4
				0,075	2,638	ВВГнг-LS-4x4
Вакуумний фаршозмішувач ФЗ-200	2	3,33	0,09	0,029	1,023	ВВГнг-LS-4x6
				0,051	1,800	ВВГнг-LS-4x6
Установка вентиляції ПВ-12	2	5	0,09	0,065	2,731	ВВГнг-LS-4x4
				0,059	2,479	ВВГнг-LS-4x4
Група Б						
Вовчок промисловий В-160	2	2	0,07	0,029	0,741	ВВГнг-LS-4x10
				0,035	0,894	ВВГнг-LS-4x10
Формувальний апарат ФА-2000	2	3,33	0,09	0,041	1,447	ВВГнг-LS-4x6
				0,047	1,659	ВВГнг-LS-4x6
Шнековий живильник ШЖ-400	2	5	0,09	0,055	1,935	ВВГнг-LS-4x4
				0,061	2,146	ВВГнг-LS-4x4
Вакуумний фаршозмішувач ФЗ-200	2	3,33	0,09	0,056	1,765	ВВГнг-LS-4x6
				0,05	1,129	ВВГнг-LS-4x6
Автоматична лінія пакування АЛП-50	2	5	0,09	0,032	1,865	ВВГнг-LS-4x4
				0,038	1,865	ВВГнг-LS-4x4
Електричний підйомник ЕП-500	1	5	0,09	0,031	1,202	ВВГнг-LS-4x4
Конвеєр глазурування КГ-300	1	5	0,09	0,036	1,266	ВВГнг-LS-4x4
Установка вентиляції ПВ-12	2	5	0,09	0,058	2,437	ВВГнг-LS-4x4
				0,065	2,758	ВВГнг-LS-4x4

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

Розрахункова схема та схема заміщення короткозамкненого кола зображені на рисунках 2.1 та 2.2. Вихідні дані для розрахунку зведені в таблицю 2.19.

Таблиця 2.19 – Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ в мережі 0,4 кВ

Показник	Значення
$U_{0\text{кВ}}$	0,4
$I_{\text{к}10} \text{ кА}$	6,675
$U_{\text{с}10\text{кВ}}$	10,5
$S_{\text{ном.Т}} \text{ кВА}$	630
$\Delta P_{\text{к}} \text{ кВт}$	7,6
$u_{\text{к}} \%$	5,5

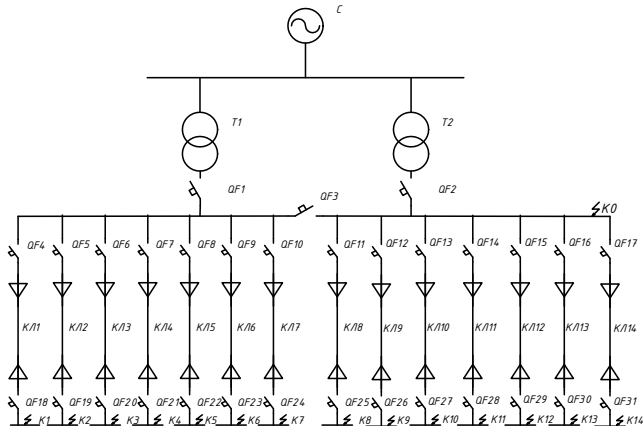


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема короткозамкненого кола

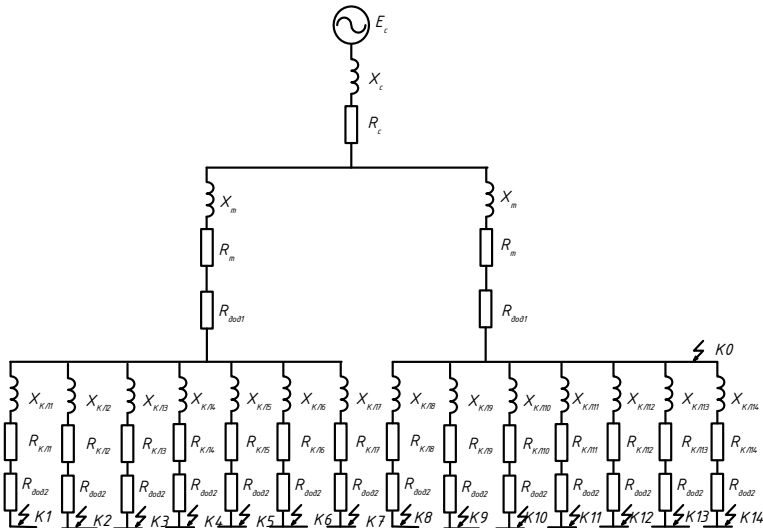


Рисунок 2.2 – Схема заміщення короткозамкненого кола

Розрахуємо струми КЗ на шинах НН ТП (точка К0), результати розрахунків зведемо в таблицю 2.20. Результати розрахунків опорів зведемо в таблицю 2.21.

Таблиця 2.20 – Визначення струмів КЗ в точці К0

Показник	Значення
$R_c \text{ Ом}$	0,490
$X_c \text{ Ом}$	0,908
$\dot{R}_c \text{ МОм}$	0,710
$\dot{X}_c \text{ МОм}$	1,318
$\dot{R}_T \text{ МОм}$	3,064
$\dot{X}_T \text{ МОм}$	13,968
$\dot{R}_{\text{рез0}} \text{ МОм}$	18,774
$\dot{X}_{\text{рез0}} \text{ МОм}$	15,286
$Z_{\text{рез0}} \text{ МОм}$	24,210
$I_K \text{ кА}$	9,539
$k_y -$	1,05
$i_y \text{ кА}$	14,165

Таблиця 2.21 – Визначення опорів кабельних ліній 0,4 кВ

Назва лінії	l, км	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	R, МОм	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	X, МОм
ТП-РП1.1	0,102	0,400	40,8	0,0600	6,12
ТП-РП1.2	0,126	0,400	50,4	0,0600	7,56
ТП-РП2.1	0,15	0,400	60	0,0600	9
ТП-РП2.2	0,096	0,400	38,4	0,0600	5,76
ТП-РП3.1	0,114	0,400	45,6	0,0600	6,84
ТП-РП3.2	0,138	1,250	55,2	0,0700	8,28
ТП-РП4.1	0,138	1,250	172,5	0,0700	9,66
ТП-РП4.2	0,102	1,250	127,5	0,0700	7,14
ТП-РП5.1	0,102	0,800	81,6	0,0700	7,14
ТП-РП5.2	0,09	0,800	72	0,0700	6,3
ТП-РП6.1	0,15	1,250	187,5	0,0700	10,5
ТП-РП6.2	0,108	1,250	135	0,0700	7,56
ТП-РП7.1	0,15	1,250	187,5	0,0700	10,5
ТП-РП7.2	0,096	1,250	120	0,0700	6,72

Перевіримо перерізи КЛ-0,4 кВ на термічну стійкість до струмів КЗ Результати розрахунку струмів зведемо в таблицю 2.22.

Таблиця 2.22 – Розрахунок струмів КЗ в мережі 0,4 кВ

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	$i_{\text{у}},$ кА	$F_{\text{пл}},$ мм ²	Прийнятий переріз
K1	20	64,57	21,41	68,03	3,395	4,801	14,4	50
K2	20	74,17	22,85	77,61	2,976	4,208	12,6	50
K3	20	83,77	24,29	87,22	2,648	3,744	11,2	50
K4	20	62,17	21,05	65,64	3,518	4,976	14,9	50
K5	20	69,37	22,13	72,82	3,172	4,485	13,4	50
K6	20	78,97	23,57	82,42	2,802	3,963	11,9	50
K7	20	196,27	24,95	197,85	1,167	1,651	4,9	16
K8	20	151,27	22,43	152,93	1,510	2,136	6,4	16
K9	20	105,37	22,43	107,73	2,144	3,032	9,1	25
K10	20	95,77	21,59	98,18	2,352	3,327	10,0	25
K11	20	211,27	25,79	212,84	1,085	1,534	4,6	16
K12	20	158,77	22,85	160,41	1,440	2,036	6,1	16
K13	20	211,27	25,79	212,84	1,085	1,534	4,6	16
K14	20	143,77	22,01	145,45	1,588	2,245	6,7	16

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Для розрахункового обліку встановлюємо лічильники LZQJ-XC (ЕМН). Для технічного обліку, встановлюємо амперметри NMA-72 (Новатек-Електро). Для розрахункового та технічного обліку трансформатори струму TOPN (НІК) та TOPN (НІК) з коефіцієнтом трансформації 2000/5 та 250/5 відповідно.

Результати перевірки зведемо в таблицю 2.23. та 2.24

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Таблиця 2.23 – Перевірка трансформаторів струму для розрахункового обліку

Показник	Значення
$U_{уст}, \text{кВ}$	0,4
$I_{норм}, \text{А}$	844,84
$I_{max}, \text{А}$	1689,68
$i_y, \text{кА}$	14,165
$I_{n0}, \text{кА}$	9,539
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	22,75
$z_2, \text{Ом}$	0,255

Таблиця 2.24 – Перевірка трансформаторів струму для технічного обліку

Показник	Значення
$U_{уст}, \text{кВ}$	0,4
$I_{max}, \text{А}$	216,49
$i_y, \text{кА}$	4,485
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	2,51
$z_2, \text{Ом}$	0,115

2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів

Перевірку вірності вибору здійснюємо за умовами додаток А. Результати вибору та перевірки зведемо в таблицю 2.25

Таблиця 2.25 – Вибір та перевірка автоматичних вимикачів

Назва	Тип вимикача	$I_{номрозщ}$	$I_{грвмк}, \text{кА}$	$I_{норм}, \text{А}$	$I_{max}, \text{А}$	$I_K, \text{А}$
1	2	3	4	5	6	7
QF1	Тmax XT7	1600	50	844,84	1689,68	9,539
QF2	Тmax XT7	1600	50	844,84	1689,68	9,539
QF3	Тmax XT7	1600	50	844,84	1689,68	9,539
QF4	Тmax XT3	250	36	108,25	216,49	3,395
QF5	Тmax XT3	250	36	108,25	216,49	3,395
QF6	Тmax XT3	200	36	99,25	198,50	2,976
QF7	Тmax XT3	200	36	99,25	198,50	2,976
QF8	Тmax XT3	200	36	99,47	198,95	2,648

Продовження таблиці 2.25

1	2	3	4	5	6	7
QF9	Tmax XT3	200	36	99,47	198,95	2,648
QF10	Tmax XT3	250	36	102,35	204,70	3,518
QF11	Tmax XT3	250	36	102,35	204,70	3,518
QF12	Tmax XT3	250	36	102,91	205,81	3,172
QF13	Tmax XT3	250	36	102,91	205,81	3,172
QF14	Tmax XT3	200	36	99,83	199,66	2,802
QF15	Tmax XT3	200	36	99,83	199,66	2,802
QF16	Tmax XT1	125	36	53,42	106,84	1,167
QF17	Tmax XT1	125	36	53,42	106,84	1,167
QF18	Tmax XT1	125	36	54,78	109,56	1,510
QF19	Tmax XT1	125	36	54,78	109,56	1,510
QF20	Tmax XT1	160	36	68,85	137,71	2,144
QF21	Tmax XT1	160	36	68,85	137,71	2,144
QF22	Tmax XT1	160	36	68,73	137,46	2,352
QF23	Tmax XT1	160	36	68,73	137,46	2,352
QF24	Tmax XT1	100	36	47,83	95,66	1,085
QF25	Tmax XT1	100	36	47,83	95,66	1,085
QF26	Tmax XT1	100	36	48,33	96,66	1,440
QF27	Tmax XT1	100	36	48,33	96,66	1,440
QF28	Tmax XT1	125	36	56,89	113,78	1,085
QF29	Tmax XT1	125	36	56,89	113,78	1,085
QF30	Tmax XT1	125	36	50,21	100,42	1,588
QF31	Tmax XT1	125	36	50,21	100,42	1,588

2.12.5. Вибір рубильників

Здійснимо попередній вибір рубильників е.РЕ19.41 31140 (Е.NEXT) та перевіримо. Результати вибору та перевірки зведемо в таблицю 2.26.

Таблиця 2.26 – Вибір та перевірка рубильників

Показник	Значення
$U_{уст}, \text{кВ}$	0,4
$I_{норм}, \text{А}$	844,84
$I_{max}, \text{А}$	1689,68
$i_y, \text{кА}$	14,165
$I_{п0}, \text{кА}$	9,539
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	22,75

2.15. Проектування освітлювальної мережі

Вибір освітлювального обладнання та мережі проведемо методом додатку А. В таблицю 2.27 запишемо результати:

Таблиця 2.27 - Вибір освітлювального обладнання

Параметри	Значення
1	2
a, м	36
b, м	24
$S, \text{м}^2$	864
H_p м.	4
h_c м.	3
L_p м.	0,4
H_p м.	1
$n_{св}$, шт	4
n_p , рядів	6
l_a , м	1,8
l_b , м	-5
i	3,60
$N_{св}$, шт	24
$\Phi_{розр}$, Лм	22871
$\Phi_{ламп}$, Лм	22500
$\Delta\Phi$ %	1,65
$Q_{р.оквар}$	235,60
l , м	20,25
q	6,20
I_{po} , А	4,32
I_p , А	109,14
Δu	0,51
Світильники	ДСП56У2Ех-2х80-341 У2
щит	Spacial S3DB (Schneider)
АВ	$I_{ном} = 16 \text{ А};$
ввідний АВ	$I_{ном} = 63 \text{ А}.$
Кабель до світильників	3х2,5
Кабель до щита	ВВГнгд-3×10

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ДЕС

3.1. Розрахунок потужності ДЕС

Проведемо силового навантаження ДЕС Результати розрахунків зведемо в таблицю 3.1

Таблиця 3.1 - Результати розрахунків

Назва	n	P _н , кВт	P _{вст} , кВт	k _в	cos φ	tg φ	P _{рс} , кВт	S _{рс} , кВА
П'ятивалковий млин Bühler SFL-5	2	13,5	27	0,75	0,86	0,593	20,25	12,02
Конш-машина Lloveras CR-800	3	14	42	0,85	0,87	0,567	35,70	20,23
Міксер-емульгатор VMI Rayneri PH-800	3	11	33	0,65	0,85	0,620	21,45	13,29
Насос шоколадних мас Romac PLP-250	3	8,5	25,5	0,95	0,83	0,672	24,23	16,28
Вентиляційна установка VTS VS-55	4	13,8	55,2	0,8	0,89	0,512	44,16	22,62
Плавильна ванна Savage Bros 0974	1	12	12	0,8	0,84	0,646	9,60	6,200987
Темперувальна машина Selmi Top EX	2	10,5	21	0,82	0,88	0,540	17,22	9,294371
Компресор Kaeser SK-15	1	11,2	11,2	0,65	0,86	0,593	7,28	4,319698
Фільтраційна система Bühler MHSA-100	1	9,8	9,8	0,72	0,85	0,620	7,06	4,372916
Освітлення	24	0,08	1,92	0,8	0,95	0,33	1,54	0,51
Разом	20	-	238,62	-	-	-	188,48	109,14

Потужність дизель-генераторної електростанції:

$$S_{ДЕС} \geq 188,48/0,8 = 235,60 \text{ кВА}$$

Обираємо дизельний генератор 240 кВт ESTAR

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Боярин В.М.				Електропостачання комбінату харчових напівфабрикатів встановленою потужністю 1150 кВт Пояснювальна записка		Літ.	Арк.
Перевірів	Падалко АМ						Д	32
Реценз.								2
Н.контр	Ващелюк Ю.І.						ФАБЕ, зр ЕЕ-41	
Затвердив	Волинець В.І.							

Здійснюємо вибір кабельної лінії для живлення силового навантаження.
Результати розрахунків зведемо у таблицю 3.2

Таблиця 3.2 - Результати розрахунків

Назва КЛ	п, шт	S_{Σ} , кВА	Переріз кабелю	$I_{\text{доп}}$, А	I_p , А	$I_{\text{п.ав}}$, А	$I''_{\text{доп}}$, А	$I'_{\text{доп}}$, А	l , км	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	ΔU_n , %
ДЕС	1	109,14	35	175	78,76	157,53	189,00	157,5	0,015	0,57	0,06	0,292

3.2. Розрахунок мережі живлення власних потреб ДЕС

Відповідно до методики, наведеної в додатку Б, виконаємо розрахунок для вибору кабелів власних потреб ДЕС. Результати вибору кабелів зведемо в таблицю 3.3

Таблиця 3.3 - Результати вибору проводів

Назва приймачів	P_n , кВт	п	$\cos \varphi$	I , А	F , мм ²	$I_{\text{тр.доп}}$, А	Марка проводу
Електрообігрівач	2,2	1	0,98	3,41	2,5	28	ВВГнгд 4х2,5
Зарядний пристрій АКБ	0,2	1	0,9	0,34	2,5	28	ВВГнгд 4х2,5
Привід вентиляційних каналів	0,2	1	0,85	0,36	2,5	28	ВВГнгд 4х2,5
Підігрів двигуна	2	1	0,98	3,10	2,5	28	ВВГнгд 4х2,5

Здійснимо перевірку вибраних кабелів на відповідність допустимим втратам напруги, результати розрахунків подано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати перевірки

Назва приймачів	п	$\cos \varphi$	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	l , км	ΔU , %	Марка проводу
електрообігрівач	1	0,98	8	0,9	0,015	0,187	ВВГнгд 4х2,5
зарядний пристрій	1	0,9	8	0,9	0,016	0,01869	ВВГнгд 4х2,5
привід вентиляційних каналів	1	0,85	8	0,9	0,015	0,01778	ВВГнгд 4х2,5
підігрів двигуна	1	0,98	8	0,9	0,001	0,01133	ВВГнгд 4х2,5

РОЗДІЛ 4

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ (САПР)

У сучасному проєктуванні систем електропостачання промислових підприємств використання систем автоматизованого проєктування (САПР) є критичною необхідністю для забезпечення високої точності розрахунків та якості графічної документації. У межах даного проєкту програмний комплекс AutoCAD відіграв ключову роль у розробці графічної частини, дозволяючи створити детальні однолінійні схеми електричних мереж, плани розташування електрообладнання та траси прокладання кабельних ліній у цехах комбінату. Завдяки функціоналу пошарового креслення вдалося ефективно розділити силові мережі та мережі освітлення, що значно полегшує подальше читання документації на стадії монтажу. Для автоматизації інженерних розрахунків, зокрема визначення розрахункових навантажень методом упорядкованих діаграм, розрахунку струмів короткого замикання та вибору перерізів провідників за допустимою втратою напруги, було використано середовище MS Excel. Застосування електронних таблиць дозволило мінімізувати вплив людського фактора при проведенні однотипних ітераційних обчислень та оперативно коригувати параметри системи при зміні вихідних даних. Оформлення текстової частини пояснювальної записки, включаючи структурування розділів, інтеграцію розрахункових таблиць та підготовку специфікацій обладнання, здійснювалося за допомогою текстового процесора MS Word. Використання цього інструментарію забезпечило відповідність проєкту чинним державним стандартам та нормам ЕСКД, що підтверджує готовність документації до проходження експертизи та реалізації у виробничих умовах..

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Електропостачання комбінату харчових напівфабрикатів встановленою потужністю 1150 кВт. Пояснювальна записка				Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Боярин В.М.								Д	34	1
Перевірів	Падалко А.М.								ФАБЕ, гр ЕЕ-41		
Реценз.											
Н.контр	Вашелюк Ю.І.										
Затвердив	Волинець В.І.										

РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Проведемо розрахунки заземлюючого пристрою цеху за додатком А.14,

Таблиця 5.1- Розрахунковий коефіцієнт опору ґрунту:

Позначення	ОД. вим.	Значення
r_1	-	89,5
r_2	-	81,8
k_1	-	1,03
L	м	4,5
H	м	0,5
t_{II}	м	0,49
r	Ом* м	18,8
b	мм	12
t	м	2,49
r_B	Ом	4,7
R_H	Ом	10
h_B	-	0,61
$n_{пр}$	шт	3,89 = 4
h	м	2
l_r	мм	6,00
b	мм	30
k_2	-	1,9
h_r	-	0,69
r_2	Ом	50,68
R	Ом	2,06
n	шт	3,78

Приймаємо до установки 4 вертикальних заземлюючів електроди довжиною 4,5 м .

					<i>ЛНТУ.971002.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Електропостачання комбінату харчових напівфабрикатів встановленою потужністю 1150 кВт. Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Розробив	Боярин В.М.					Д	35	1
Перевірів	Падалко АМ							
Реценз.								
Н.контр	Ващелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинець В.І.					ФАБЕ, гр ЕЕ-41		

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У результаті виконання дипломного проєкту було розроблено концептуальну та розрахункову модель системи електропостачання комбінату харчових напівфабрикатів із сумарною встановленою потужністю 1150 кВт. На основі проведеного аналізу технологічного процесу та структури підприємства було обґрунтовано вибір схеми зовнішнього живлення та параметрів трансформаторної підстанції, що забезпечує необхідний рівень надійності для споживачів першої та другої категорій. Розрахунки електричних навантажень дозволили оптимально підібрати комутаційно-захисну апаратуру та кабельні лінії, що гарантує стабільну роботу обладнання в тримінному режимі без перевантажень. Проєктом передбачено заходи з компенсації реактивної потужності, що дозволяє значно знизити втрати енергії в мережі та покращити якість електроенергії на шинах підприємства. Обрані технічні рішення щодо захисного заземлення та блискавкозахисту забезпечують безпеку обслуговуючого персоналу та збереження дороговартісного автоматизованого устаткування. Запропонована система електропостачання є економічно ефективною, технічно досконалою та відповідає всім сучасним вимогам енергозбереження та промислової безпеки. Усі поставлені завдання проєкту виконані в повному обсязі, що підтверджує технічну можливість та доцільність впровадження розробленої схеми на реальному об'єкті харчової промисловості.

.

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Шестеренко В. Є., Шестеренко О. В. Електропостачання промислових підприємств : посіб. до курсового та дипломного проектування. Київ, 2013. 424 с.
2. Ковальчук Н. В., Фесіна Ю. Г., Заблоцька І. Л. Кваліфікаційна робота : метод. вказівки до оформлення кваліфікаційних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти всіх освітніх програм денної та заочної форм навчання. Луцьк : ЛНТУ, 2023. 46 с.
3. Грицюк І. В., Грицюк Ю. В. Оформлення графічної частини : метод. вказівки до оформлення курсових і дипломних проєктів (робіт) для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Луцьк : ЛНТУ, 2026. 92 с.
4. ДСТУ ISO 128-22:2005. Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. [Чинний від 2005-01-01]. Київ : Технічний центр НАН України, 2005.
5. Коваленко О. І., Коваленко Л. Р., Мунтян В. О., Радько І. П. Основи електропостачання сільського господарства : навч. посіб. Мелітополь : Видавничий будинок ММД, 2011. 462 с.
6. ДБН В.2.5-28:2018. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний від 2019-03-01]. Київ : Мінрегіон України, 2018. 137 с.
7. Правила улаштування електроустановок / М-во енергетики та вугільної промисловості України. Київ, 2017. 617 с.
8. Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів : наказ М-ва палива та енергетики України від 25.07.2006 р. № 258. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06> (дата звернення: 01.05.2026).
9. Електротехнічна продукція підприємств України. URL: <http://energotransbud.com.ua> (дата звернення: 24.05.2026).
10. Рябенко І. С., Шевчук С. П., Мейта О. В. Електрообладнання та електропостачання машин і установок геотехнічних виробництв : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 633 с.

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

11. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проєктування : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2007. 280 с.

12. Панченко С. В., Акімов О. І., Бабаєв М. М. та ін. Електробезпека : підручник. Харків : УкрДУЗТ, 2018. 295 с.

					ЛНТУ.971002.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38