

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 заводу хлібопродуктів встановленою
потужністю 950 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
Пешук Андрій Віталійович

(підпис)

Керівник: к.т.н., доцент
Собчук Дмитро Сергійович

(підпис)

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

(підпис)

Луцьк – 2026 року

АНОТАЦІЯ

Пешук Андрій Віталійович. Електропостачання заводу хлібопродуктів встановленою потужністю 950 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

Peshuk Andriy Vitalievich. Power supply to a bakery with an installed capacity of 950 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	13
2.1. Розрахунок силового електричних навантажень.....	13
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень.....	16
2.3. Визначення результуючих навантажень	17
2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень.....	18
2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП з врахуванням компенсації реактивної потужності.....	18
2.6. Компенсація реактивної потужності	20
2.7. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП	20
2.8. Проєктування мережі живлення підприємства.....	21
2.9. Проєктування внутрішньої розподільної мережі	21
2.10. Розрахунок струмів короткого замикання	23
2.11. Вибір апаратури.....	23
2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв	23
2.11.2. Вибір роз'єднувачів	24
2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників.....	24
2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху	25
2.12.1. Вибір схеми електропостачання.....	25
2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ.....	28
2.12.3. Вибір трансформаторів струму	30
2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів	31
2.12.5. Вибір рубильників	32
2.13. Проєктування освітлювальної мережі	33
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ДЕС.....	34
3.1. Розрахунок потужності ДЕС	34
3.2. Розрахунок мережі живлення власних потреб ДЕС.....	35
РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ (САПР)36	
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	37
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	38
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	39
ДОДАТКИ	41
Додаток А Використані методики	41

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пешик А.В.				Електропостачання заводу хлібопродуктів встановленою потужністю 950 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Собчук Д.С.					Д	6	68
Реценз.						ФАБЕ, гр ЕЕ-42		
Н.контр	Ващелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинець В.І.							

ВСТУП

Проектування системи електропостачання сучасного заводу хлібопродуктів є складним інженерним завданням, що вимагає врахування специфіки харчового виробництва, високих вимог до надійності та якості електричної енергії. Дане підприємство призначене для забезпечення населення широким асортиментом хлібобулочних та кондитерських виробів, що зумовлює його соціальну значущість та необхідність безперебійної роботи технологічних ліній. Встановлена потужність об'єкта складає 950 кВт, що відносить його до категорії середніх промислових споживачів. Технологічний процес на заводі характеризується високим ступенем автоматизації та використанням енергоємного теплового й механічного обладнання.

Виробнича потужність розрахована на випуск значних обсягів готової продукції на добу, що забезпечується цілодобовим режимом роботи у три зміни. З точки зору надійності електропостачання, більшість споживачів заводу належать до другої категорії, проте окремі елементи, такі як системи пожежогасіння, аварійного освітлення та критичні вузли автоматики, потребують живлення за першою категорією надійності. Особливістю технології є безперервність циклу приготування тіста та випікання, де навіть короткочасна зупинка подачі напруги може призвести до масового браку продукції та значних фінансових збитків через порушення температурних режимів у печах.

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Електротехнічна частина проєкту враховує необхідність оптимального розподілу навантажень, мінімізації втрат енергії та забезпечення електробезпеки персоналу. Враховуючи характер навантаження, де значну частку складають асинхронні двигуни та нагрівальні елементи, особлива увага приділяється компенсації реактивної потужності для підтримання високого коефіцієнта потужності. Проєктована система має бути гнучкою, що дозволить у майбутньому проводити модернізацію обладнання без докорінної перебудови внутрішніх мереж. Вибір схем електропостачання базується на техніко-економічному порівнянні варіантів, що забезпечує баланс між капітальними витратами та експлуатаційною надійністю. Впровадження сучасних засобів захисту та автоматизації дозволяє мінімізувати час відновлення живлення у разі виникнення аварійних ситуацій у зовнішніх мережах енергосистеми.

Структура заводу хлібопродуктів організована за функціональним принципом, де кожен підрозділ виконує чітко визначену роль у загальному виробничому ланцюгу. Основним ядром підприємства є хлібопекарський цех, де зосереджені головні потужності та відбуваються ключові процеси формування та випікання виробів. Цей підрозділ потребує найбільш стабільного електропостачання, оскільки тут встановлені потужні печі та автоматизовані лінії розстоювання тіста. Електричні мережі цього цеху проєктуються з урахуванням високих температур навколишнього середовища поблизу теплових агрегатів та необхідності забезпечення високого ступеня захисту електрообладнання від пилу та вологи під час санітарної обробки приміщень.

Важливою ланкою є склад борошна та ділянка підготовки сировини, де здійснюється приймання, зберігання та первинна обробка основного компонента виробництва. Тут переважає силове навантаження у вигляді пневмотранспорту,

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Пешук А.В.				Електропостачання заводу хлібопродуктів встановленою потужністю 950 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.
Перевірів	Собчук Д.С.					Д	8
Реценз.							5
Н.контр	Ващелюк Ю.І.					ФАБЕ, зр ЕЕ-42	
Затвердив	Волинець В.І.						

просіювачів та дозаторів. Особливістю даного об'єкта є вибухонебезпечність борошняного пилу, що вимагає використання обладнання у відповідному виконанні та ретельного проєктування систем заземлення й блискавкозахисту. Безпосередньо з ним взаємодіє кондитерський цех, який спеціалізується на випуску складнішої продукції з кремовими наповнювачами та глазур'ю. Цех оснащений різноманітним міксерним обладнанням, холодильними установками та спеціалізованими лініями оздоблення, що створює специфічний графік електричного навантаження з вираженими піками в денний час.

Для забезпечення безперебійного функціонування технологічних ліній на заводі передбачена компресорно-холодильна станція. Вона забезпечує необхідні температурні режими на складах готової продукції та в камерах інтенсивного охолодження. Електроприводи компресорів є одними з найпотужніших споживачів заводу, що суттєво впливає на розрахункове навантаження всієї системи. Паралельно з виробничими процесами працює цех пакування та експедиції, де готова продукція проходить автоматизоване пакування, маркування та сортування за замовленнями. Електрообладнання тут представлене конвеєрними системами, пакувальними машинами та роботами-палетайзерами, що вимагає точного керування швидкістю приводів та стабільної напруги для контролерів автоматики.

Підтримку працездатності всього парку обладнання здійснює ремонтно-механічний цех. Він виконує функції з технічного обслуговування, поточного ремонту та виготовлення нестандартних деталей. Навантаження цеху складається з металообробних верстатів, зварювальних постів та підйомно-транспортних механізмів, що характеризується короткочасним режимом роботи та високим вмістом гармонік у мережі через роботу перетворювачів напруги. Завершує структуру адміністративно-побутовий корпус, де розміщені офісні приміщення, лабораторія якості, їдальня та роздягальні для персоналу. Основне споживання тут припадає на системи освітлення, кондиціонування повітря, комп'ютерну техніку та лабораторні аналізатори, що потребують живлення через стабілізатори для забезпечення точності вимірювань.

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Характеристики об'єктів

Назва	S, m^2	$P_{вст\Sigma}, кВт$
Хлібопекарський цех	864	253
Склад борошна та ділянка підготовки сировини	1024	162
Кондитерський цех	1024	165
Компресорно-холодильна станція	1024	166
Цех пакування та експедиції	1024	120
Ремонтно-механічний цех	1536	40
Адміністративно-побутовий корпус	1764	44
Всього	8260	950

Електропостачання підприємства здійснюється від шин напругою 10 кВ існуючої ТП-10/0,4 кВ, відстань до якої становить 0,85 км. Потужність КЗ на шинах джерела живлення дорівнює 105 МВА.

Реактивна потужність, дозволена енергосистемою, становить 105 кВАр.

Загальна територія підприємства становить 21600 м², площа будівель складає 8260 м². Характеристики об'єктів в таблиці 1.1.

Хлібопекарський цех є ключовою виробничою одиницею заводу, де реалізується повний цикл перетворення підготовленої сировини на готову продукцію. Технологічний процес у цеху організований за поточно-лінійною схемою, що забезпечує максимальну продуктивність та стабільну якість виробів. Робота цеху розпочинається з етапу замішування тіста, для чого використовується тістомісильна машина інтенсивної дії. Це обладнання оснащене потужним асинхронним двигуном, який забезпечує ретельне перемішування компонентів до гомогенного стану, що є критично важливим для формування правильної структури клейковини. Після завершення процесу замішування готове тісто необхідно подати на наступні етапи обробки, для чого застосовується гідравлічний тістоперекидач. Цей механізм виконує підйом та перекидання діжі з тістом у приймальний бункер ділильної машини, забезпечуючи плавність ходу та точність позиціонування, що мінімізує механічні пошкодження структури тіста.

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Наступним критичним вузлом є тістодільник, який здійснює точне порціювання тістової маси на заготовки заданої ваги. Висока точність роботи цього механізму безпосередньо впливає на економічні показники підприємства, а його електропривод працює у важкому повторно-короткочасному режимі з частими пусками та зупинками. Відформовані порції тіста потрапляють до тістоокруглювальної машини, яка надає заготовкам кулястої форми та запечатує поверхневі пори, запобігаючи виходу вуглекислого газу під час подальшого бродіння. Після округлення заготовки спрямовуються до системи конвеєра остаточного вистоювання, де в умовах контрольованої температури та вологості відбувається відновлення структури тіста та його розпушення. Електропривод цього конвеєра має забезпечувати надзвичайно низькі та стабільні швидкості руху, що реалізується за допомогою перетворювачів частоти для точного дотримання технологічного часу витримки.

Серцем цеху є тунельна піч, де відбувається безпосередньо випікання виробів. Головний привід тунельної печі забезпечує рух сітчастого поду через різні температурні зони, вимагаючи високої надійності, оскільки зупинка печі з продукцією призводить до значних втрат. Для підтримки оптимального мікроклімату та видалення продуктів згоряння і надлишкової вологи в зоні випікання працює вентиляційна установка, яка забезпечує інтенсивний повітрообмін та охолодження зовнішніх поверхонь печі. Ефективність роботи теплових агрегатів також залежить від функціонування циркуляційного насоса термомасла, який забезпечує рівномірний розподіл теплоносія по всій площі пекарної камери, що гарантує рівномірне пропікання виробів незалежно від їх розташування на поду.

Завершальним етапом у ланцюгу механізмів цеху є спіральний конвеєр охолодження, на якому гаряча продукція поступово знижує температуру до значень, придатних для пакування. Велика протяжність стрічки та значна маса продукції вимагають використання потужного привода з високим пусковим моментом. Усі описані механізми інтегровані в єдину систему автоматизованого керування, що вимагає від мережі електропостачання високої стабільності параметрів напруги та захисту від імпульсних перешкод. Проектування силової мережі цеху враховує

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

високу концентрацію технологічного обладнання та необхідність прокладання кабельних ліній у зонах з підвищеною температурою, що зумовлює вибір кабелів з термостійкою ізоляцією та відповідних способів їх монтажу в лотках та трубах.

Нижче наведено перелік основного силового електрообладнання хлібопекарського цеху, яке формує розрахункове навантаження даної ділянки проектування.

Таблиця 1.2 – Характеристики приймачів електроенергії цеху

Назва	n	$P_{вст}$
Тістоміс інтенсивний А2-ХТМ	2	15
Тістодільник-укладач	3	12
Тістоокруглювальна машина ТЗ-ХТН	3	10
Привід конвеєра вистоювання Т9-ХГЛ	3	11
Вентиляційна установка ВЦ 4-75	4	10
Головний привід тунельної печі ППЦ	1	18
Насос циркуляційний Grundfos TP	2	14
Привід спірального кулера конвеєрного	1	22
Машина для пакування готової продукції	1	16

ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок силового електричних навантажень

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	Тістоміс інтенсивний А2-ХТМ	15	2	30	0,6 5	0,82	0,70	1,50	8	1,31	19,50	13,61	78,76	47,00
	Тістодільник-укладач	12	2	24	0,6	0,78	0,80				14,40	11,55		
	Тістоокруглювальна машина Т3-ХТН	10	2	20	0,5 5	0,8	0,75				11,00	8,25		
	Привід конвеєра вистоювання Т9-ХГЛ	11	2	22	0,7	0,75	0,88				15,40	13,58		
	Електроприймачі з постійним графіком навантаження													
Вентиляційна установка ВЦ 4-75		10	2	20	0,8 5	0,84	0,65				17,00	10,98	17,00	10,98
всього			10	116							77,30	57,98	95,76	57,98

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пешик А.В.				Електропостачання заводу хлібопродуктів встановленою потужністю 950 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Собчук Д.С.					Д	13	21
Реценз.						ФАБЕ, гр ЕЕ-42		
Н.контр	Ващелюк Ю.І.							
Затвердив	Волинень В.І.							

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
Група Б	Тістодільник-укладач	12	1	12	0,6	0,78	0,80	2,20	8	1,43	7,20	5,78	76,58	39,22					
	Головний привід тунельної печі ППЦ	18	1	18	0,65	0,85	0,62				11,70	7,25							
	Тістоокруглювальна машина ТЗ-ХТН	10	1	10	0,55	0,8	0,75				5,50	4,13							
	Привід конвеєра вистоювання Т9-ХГЛ	11	1	11	0,7	0,75	0,88				7,70	6,79							
	Насос циркуляційний Grundfos TP	14	2	28	0,2	0,86	0,59				5,60	3,32							
	Привід спірального кулера конвеєрного	22	1	22	0,4	0,81	0,72				8,80	6,37							
	Машина для пакування готової продукції	16	1	16	0,45	0,79	0,78				7,20	5,59							
	Електроприймачі з постійним графіком навантаження																		
	Вентиляційна установка ВЦ 4-75	10	2	20	0,85	0,84	0,75									17,00	12,75	17,00	12,75
	всього Б		10	137												70,70	51,97	93,58	51,97
	ВСЬОГО по цеху		20	253							148,00	109,9	189,3	109,95					

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
Хлібопекарський цех	253,00	148,00	109,95	184,37	189,33	109,95	218,98
РП 1	116,00	77,30	57,98	96,63	95,76	57,98	111,94
РП 2	137,00	70,70	51,97	87,75	93,58	51,97	107,04
Склад борошна та ділянка підготовки сировини	162,00	126,36	128,89	180,50	164,27	141,78	216,99
РП 1	84,24	65,71	67,02	93,86	85,42	73,72	112,83
РП 2	77,76	60,65	61,87	86,64	78,85	68,05	104,15
Компресорно-холодильна станція	165,00	57,75	58,91	82,49	75,08	64,80	99,17
РП 1	85,80	70,36	71,76	100,50	91,46	78,94	120,82
РП 2	79,20	64,94	66,24	92,77	84,43	72,87	111,52
Кондитерський цех	166,00	58,10	59,26	82,99	75,53	65,19	99,77
РП 1	86,32	38,84	39,62	55,49	50,50	43,58	66,70
РП 2	79,68	35,86	36,57	51,22	46,61	40,23	61,57
Цех пакування та експедиції	120,00	78,24	79,80	111,76	101,71	87,79	134,36
РП 1	62,40	43,68	44,55	62,39	56,78	49,01	75,01
РП 2	57,60	34,56	35,25	49,37	44,93	38,78	59,35
Ремонтно-механічний цех	40,00	14,00	14,28	20,00	18,20	15,71	24,04
РП 1	20,80	12,48	12,73	17,83	24,96	14,00	28,62
РП 2	19,20	11,52	11,75	16,46	14,98	12,93	19,78
Адміністративно-побутовий корпус	44,00	15,40	15,71	22,00	20,02	17,28	26,45
РП 1	22,88	12,58	9,69	15,88	37,75	10,66	39,23
РП 2	21,12	11,62	8,94	14,66	23,23	9,84	25,23
Всього	950,00	497,85	466,80	682,46	644,14	502,48	819,76

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	$\cos\varphi$	$P_{p.o}, \text{кВт}$	$Q_{p.o}, \text{квар}$
Хлібопекарський цех	864	4	10	8,64	1	0,85	0,95	7,34	2,41
Склад борошна та ділянка підготовки сировини	1024	6	10	10,24	1	0,85	0,95	8,70	2,86
Кондитерський цех	1024	6	11	11,26	1	0,85	0,95	9,57	3,15
Компресорно-холодильна станція	1024	5	10	10,24	1	0,85	0,95	8,70	2,86
Цех пакування та експедиції	1024	6	9	9,22	1	0,85	0,95	7,83	2,57
Ремонтно-механічний цех	1536	5	9	13,82	1	0,85	0,95	11,75	3,86
Адміністративно-побутовий корпус	1764	4	10	17,64	1	0,85	0,95	14,99	4,93
Зовнішнє	21600		0,02	0,43	0,95	0,85	0,95	0,37	0,12
Всього	8260			81,50				69,27	22,77

2.3. Визначення результуючих навантажень

Результати розрахунків $P_{вст\Sigma}$ зведемо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок сумарного навантаження на шини НН ТП

Назва об'єкта		$P_{вст\Sigma}, \text{кВт}$	$P_{ср.зм\Sigma}, \text{кВт}$	$Q_{ср.зм\Sigma}, \text{квар}$	$S_{ср.зм\Sigma}, \text{кВА}$	$P_{p\Sigma}, \text{кВт}$	$Q_{p\Sigma}, \text{квар}$	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$
Хлібопекарський цех	РП 1	124,64	84,64	60,39	103,98	95,76	57,98	111,94
	РП 2	137,00	70,70	51,97	87,75	100,92	54,39	114,64
	Σ	261,64	155,34	112,37	191,73	196,68	112,37	226,58
Склад борошна та ділянка підготовки сировини	РП 1	84,24	65,71	67,02	93,86	85,42	73,72	112,83
	РП 2	88,00	69,36	64,73	94,87	87,55	70,91	112,67
	Σ	172,24	135,06	131,75	188,73	172,97	144,64	225,50
Кондитерський цех	РП 1	85,80	70,36	71,76	100,50	91,46	78,94	120,82
	РП 2	90,46	74,52	69,39	101,82	94,00	76,01	120,89
	Σ	176,26	144,87	141,15	202,27	185,46	154,95	241,68
Компресорно-холодильна станція	РП 1	86,32	38,84	39,62	55,49	50,50	43,58	66,70
	РП 2	89,92	44,56	39,43	59,50	55,32	43,09	70,12
	Σ	176,24	83,40	79,05	114,92	105,81	86,67	136,78
Цех пакування та експедиції	РП 1	62,40	43,68	44,55	62,39	56,78	49,01	75,01
	РП 2	66,82	42,39	37,83	56,82	52,76	41,35	67,04
	Σ	129,22	86,07	82,38	119,14	109,55	90,36	142,00
Ремонтно-механічний цех	РП 1	20,80	12,48	12,73	17,83	24,96	14,00	28,62
	РП 2	33,02	23,27	15,61	28,02	26,73	16,79	31,56
	Σ	53,82	35,75	28,34	45,62	51,69	30,79	60,16
Адміністративно-побутовий корпус	РП 1	22,88	12,58	9,69	15,88	37,75	10,66	39,23
	РП 2	38,76	26,61	13,87	30,01	38,23	14,77	40,98
	Σ	61,64	39,19	23,56	45,73	75,98	25,43	80,12
Зовнішнє		0,43	0,37	0,12	0,39	0,37	0,12	0,39
Всього		1031,50	680,07	598,73	908,52	898,51	645,33	1113,22

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	$Q_{РС} \cdot x$	$Q_{РС} \cdot y$	г	α	$P_{РС} \cdot x$	$P_{РС} \cdot y$
Хлібопекарський цех	68,8	30,4	15589	6888	56	13	13531	5979
Склад борошна та ділянка підготовки сировини	110	65,2	24805	14703	52	18	19027	11278
Кондитерський цех	110,4	97,6	26681	23588	54	19	20475	18101
Компресорно-холодильна станція	110	128,8	15046	17617	41	30	11640	13629
Цех пакування та експедиції	25,2	65,2	3579	9259	42	26	2761	7142
Ремонтно-механічний цех	35,2	97,6	2118	5872	29	82	1819	5045
Адміністративно-побутовий корпус	30	134,8	2404	10800	35	71	2279	10242
Ца	79,6	79,5						
Цр	139,8	137,5						
Всього			90221	88727			71532	71416

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:

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

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

Показник	І група	
	I	II
$P_{p\Sigma}$, кВт	680,07	680,07
$Q_{p\Sigma}$, кВАр	598,73	598,73
$S_{p\Sigma}$, кВА	908,52	908,52
F, м ²	8260	8260
Тип трансформатора	ТМ-630	ТМ-400
N _{min} , шт.	1,5	2,4
N _{опт} , шт.	2,0	3,0
Q _{max T} , кВАр	561,63	493,05
Q _{НБК1} , кВАр	37,1	105,7
K _{p1}	12	12
K _{p2}	15	10
γ	0,92	0,99
Q _{НБК2} , квар	0,00	0,00
Q _{НБК} , квар	37,10	105,7
Тип НБК	KPM-0.4-15/2,5	KPM-0.4-50/2,5
ΔP_X , кВт	2,27	1,45
ΔP_K , кВт	7,6	5,5
ΔW , тис.кВт·год	21,350	19,371
C _e , тис.грн.	189,584	172,012
K, тис.грн.	882,900	1072,356
З, тис.грн.	299,946	306,057
Перевірка трансформаторів на можливість перевантаження в аварійному режимі	$1,4 \cdot 630 = 882 \text{ кВА} > (2 \cdot (1-0,23) \cdot 908,52) / 2 = 700 \text{ кВА}$	

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	598,73
$Q_{\text{еmax}}$, квар	105
$Q_{\text{НБКф}}$, квар	30
$\Delta Q_{\text{Т}}$, квар	33
$K_{\text{НС}}$	0,90
$Q_{\text{М1}}$, квар	538,85
$Q_{\text{К1}}$, квар	433,85
$Q_{\text{НСТ}}$, квар	634,73
$Q_{\text{ВБК}}$, квар	469,85
Тип НБК	KPM-0.4-200/2,5

Отже обираємо KPM-0.4-200/2,5 (Завод КЧБ)

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	680,07
$Q_{\text{ср.зм}\Sigma}$ квар	598,73
$Q_{\text{НБК}}$ квар	400
$P_{\text{р3}}$ кВт	680,07
$Q_{\text{р3}}$ квар	198,73
$S_{\text{р3}}$ кВА	708,51
$\Delta P_{\text{Т}}$ кВт	14,17
$\Delta Q_{\text{Т}}$ квар	70,85
$P_{\text{р4}}$ кВт	694,24
$Q_{\text{р4}}$ квар	269,58
$S_{\text{р4}}$ кВА	744,74

2.8. Проектування мережі живлення підприємства

Відповідно до додатка А здійснюється перевірка живильних ліній АХЕКВ-10 (33КМ)кВ, результати якої наведено в таблиці 2.9

Таблиця 2.9 – Вибір та перевірка живлячих ліній

$F, \text{мм}^2$	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$I'_{\text{доп}}, \text{А}$	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \text{В}$	$\Delta U_{\text{норм}}, \%$	$\Delta U_{\text{пл}}, \%$	$K_{\text{ЗЛ}}$	$\Delta P_{\text{Н}}, \text{кВт}$	$\Delta P_{\text{Д}}, \text{кВт}$	$C_e, \text{тис. грн.}$	$З, \text{тис. грн.}$	$K, \text{тис. грн.}$
35	115	118,45	0,89	0,095	24,34	0,24	0,49	0,182	31,84	1,048969	11,41361	113,414	816
50	140	144,2	0,63	0,09	17,66	0,18	0,35	0,182	31,84	1,048969	11,41361	162,142	1232,5
70	165	169,95	0,45	0,086	13,03	0,13	0,26	0,149	33,40	0,742529	8,079299	184,696	1431,4
95	205	211,15	0,33	0,083	9,93	0,10	0,20	0,127	33,14	0,530378	5,770928	209,932	1645,6
120	216	222,48	0,258	0,081	8,07	0,08	0,16	0,102	37,52	0,388944	4,232014	247,684	1955
150	246	253,38	0,206	0,79	20,22	0,20	0,40	0,097	32,56	0,304083	3,308665	295,892	2346
185	275	283,25	0,167	0,077	5,69	0,06	0,11	0,076	34,17	0,196829	2,141655	346,392	2754
240	314	323,42	0,115	0,075	4,34	0,04	0,09	0,066	30,67	0,135541	1,474793	422,225	3366

Зупиняємося на кабелі АХЕКВ-10 (33КМ)кВ, із перерізом 35 мм².

2.9. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Вибір ліній схем внутрішнього електропостачання кабелем АВББШв (Енергопром) та ПР11-3124 (СЛАВГОР ЕНЕРГО УКРАЇНА) проведемо в таблиці 2.10 та 2.11

Таблиця 2.10 – Вибір ліній схеми внутрішнього електропостачання

Назва КЛ	n	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$	$I_p, \text{А}$	$I_{п.ав}, \text{А}$	$l, \text{км}$	S	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$I'_{\text{доп}}, \text{А}$	$I''_{\text{доп}}, \text{А}$	$r_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$x_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\Delta U_{\text{нор}}, \%$	$\Delta U_{\text{П АВ}}, \%$
ТП-РП1.1	2	111,94	85,04	170,08	0,126	35	175	180	189	0,570	0,0600	2,40	4,81
ТП-РП1.2	2	114,64	87,09	174,18	0,096	35	175	180	189	0,570	0,0600	1,87	3,75
ТП-РП2.1	2	112,83	85,72	171,43	0,12	35	175	180	189	0,570	0,0600	2,31	4,61
ТП-РП2.2	2	112,67	85,59	171,18	0,102	35	175	180	189	0,570	0,0600	1,96	3,92
ТП-РП3.1	2	120,82	91,78	183,56	0,126	35	175	180	189	0,570	0,0600	2,59	5,19

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					21

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТП-РП3.2	2	120,89	91,84	183,67	0,144	35	175	180	124,2	1,250	0,0700	2,97	5,93
ТП-РП4.1	2	66,70	50,67	101,35	0,09	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,17	4,33
ТП-РП4.2	2	70,12	53,27	106,54	0,096	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,43	4,86
ТП-РП5.1	2	75,01	56,98	113,96	0,096	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	2,60	5,20
ТП-РП5.2	2	67,04	50,92	101,85	0,144	16	115	118	124,2	1,250	0,0700	3,48	6,97
ТП-РП6.1	2	28,62	21,74	43,48	0,144	4	49	50	52,92	3,150	0,0700	3,66	7,31
ТП-РП6.2	2	31,56	23,98	47,95	0,096	4	49	50	52,92	3,150	0,0700	2,69	5,38
ТП-РП7.1	2	39,23	29,80	59,60	0,114	6	60	62	64,8	2,550	0,0700	3,22	6,45
ТП-РП7.2	2	40,98	31,13	62,26	0,138	6	60	62	64,8	2,550	0,0700	4,08	8,15

Таблиця 2.11 – Вибір розподільчих пунктів 0.4кВ

Назва будівлі	$S_{p\Sigma}, \text{кВА}$	$I_p, \text{А}$	$I_{дон}, \text{А}$
Хлібопекарський цех	111,94	85,04	250
	114,64	87,09	250
Склад борошна та ділянка підготовки сировини	112,83	85,72	250
	112,67	85,59	250
Кондитерський цех	120,82	91,78	250
	120,89	91,84	250
Компресорно-холодильна станція	66,70	50,67	250
	70,12	53,27	250
Цех пакування та експедиції	75,01	56,98	250
	67,04	50,92	250
Ремонтно-механічний цех	28,62	21,74	250
	31,56	23,98	250
Адміністративно-побутовий корпус	39,23	29,80	250
	40,98	31,13	250

Отже обираємо розподільчий пункт ПР11-3124 (СЛАВГОР ЕНЕРГО УКРАЇНА)

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2.10. Розрахунок струмів короткого замикання

Потужність короткого замикання джерела живлення $S_{кз} = 105 \text{ МВА}$. Результати наведено в таблиці 2.12 (додаток А)

Таблиця 2.12 –Перевірка вибраних КЛ за термічною стійкістю

Показник	Значення
$S_{кз} \text{ МВА}$	105
$\dot{X}_{C*}$	0,952
$\dot{X}_{КЛ1*}, \dot{X}_{КЛ2*}$	0,073
$\dot{X}_{КЛ12*}$	0,037
$\dot{X}_{рез*}$	0,989
$I_6 \text{ кА}$	5,50
$I_{н0} \text{ кА}$	5,560
k_y	1,4
$i_y \text{ кА}$	11,008
$K_T \frac{A \cdot c^{1/2}}{MM^2}$	118
$t_n \text{ с}$	0,25
$F_{min} \text{ ММ}^2$	23,6
$B_{ККА2 \cdot c}$	7,73

2.11. Вибір апаратури

2.11.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв

На стороні ТП 10 кВ застосовано камери КСО-399 (УкрЕлектрокомплект) з вимикачами навантаження ВНР-10/630 (УКРЕЛЕКТРОАПАРАТ). Для резервування високовольтної 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
$I_{норм}, \text{А}$	21,50
$I_{max}, \text{А}$	43,00
$i_y, \text{кА}$	11,008
$I_{n0} \text{кА}$	7,73

2.11.2. Вибір роз'єднувачів

Приймаємо роз'єднувачі обладнані заземлюючими ножами РВЗ-10/630 УХЛ2 (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
$I_{норм}, \text{А}$	21,50
$I_{max}, \text{А}$	43,00
$i_y, \text{кА}$	11,008
$I_{n0} \text{кА}$	5,560
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	7,73

2.11.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників

Попередньо вибираємо вимикачі навантаження типу ВНАП-10/630 (Енергосервіс) та запобіжника ПКТ 103-10-80 (Комплекс-ЕлектрО). Результати перевірки вимикачів навантаження таблицю 2.15.

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 2.15 – Перевірка вимикачів навантаження

показник	Розрахункові дані
$U_{уст}, \text{кВ}$	10
$I_{норм}, \text{А}$	21,50
$I_{max}, \text{А}$	43,00
$i_y, \text{кА}$	11,008
$I_{н0\text{кА}}$	5,560
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	7,73

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
$I_{max}, \text{А}$	43,00
$I_{н0\text{кА}}$	5,560
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	7,73

2.12. Розрахунок низьковольтної мережі цеху

2.12.1. Вибір схеми електропостачання

На прикладі хлібопекарського цеху 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 проєктування 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						
Тістоміс інтенсивний А2-ХТМ	15	0,82	27,79	6	49	ВВГнгд -4х6
Тістодільник-укладач	12	0,78	23,37	4	37	ВВГнгд -4х4
Тістоокруглювальна машина ТЗ-ХТН	10	0,8	18,99	2,5	28	ВВГнгд -4х2,5
Привід конвеєра вистоювання Т9-ХГЛ	11	0,75	22,28	4	37	ВВГнгд -4х4
Вентиляційна установка ВЦ 4-75	10	0,84	18,09	2,5	28	ВВГнгд -4х2,5
Група Б						
Тістодільник-укладач	=	0,78	23,37	4	37	ВВГнгд -4х4
Головний привід тунельної печі ППЦ	18	0,85	32,17	10	66	ВВГнгд -4х102,5
Тістоокруглювальна машина ТЗ-ХТН	10	0,80	18,99	2,5	28	ВВГнгд -4х2,5
Привід конвеєра вистоювання Т9-ХГЛ	11	0,75	22,28	4	37	ВВГнгд -4х4
Насос циркуляційний Grundfos TP	14	0,86	24,73	4	37	ВВГнгд -4х4
Привід спірального кулера конвеєрного	22	0,81	41,27	10	66	ВВГнгд -4х10
Машина для пакування готової продукції	16	0,79	30,77	6	49	ВВГнгд -4х6
Вентиляційна установка ВЦ 4-75		0,84	18,09	2,5	28	ВВГнгд -4х2,5

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

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

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						
Тістоміс інтенсивний А2-ХТМ	2	3,33	0,09	0,029	1,022	ВВГнгд -4х6
				0,035	1,234	ВВГнгд -4х6
				0,041	1,445	ВВГнгд -4х6
Тістодільник-укладач	2	5	0,09	0,047	1,981	ВВГнгд -4х4
				0,053	2,234	ВВГнгд -4х4
				0,059	2,487	ВВГнгд -4х4
Тістоокруглювальна машина Т3-ХТН	2	8	0,09	0,063	3,520	ВВГнгд -4х2,5
				0,075	4,190	ВВГнгд -4х2,5
Привід конвеєра вистоювання Т9-ХГЛ	2	5	0,09	0,029	1,122	ВВГнгд -4х4
				0,051	1,973	ВВГнгд -4х4
Вентиляційна установка ВЦ 4-75	2	8	0,09	0,065	3,627	ВВГнгд -4х2,5
				0,059	3,292	ВВГнгд -4х2,5
Група Б						
Тістодільник-укладач	2	5	0,09	0,029	1,222	ВВГнгд -4х4
				0,035	1,475	ВВГнгд -4х4
Головний привід тунельної печі ППЦ	2	2	0,07	0,041	1,044	ВВГнгд -4х10
				0,047	1,197	ВВГнгд -4х10
Тістоокруглювальна машина Т3-ХТН	2	8	0,09	0,055	3,073	ВВГнгд -4х2,5
				0,061	3,408	ВВГнгд -4х2,5
Привід конвеєра вистоювання Т9-ХГЛ	2	5	0,09	0,056	1,935	ВВГнгд -4х4
				0,05	1,238	ВВГнгд -4х4
Насос циркуляційний Grundfos TP	2	5	0,09	0,032	1,862	ВВГнгд -4х4
				0,038	1,862	ВВГнгд -4х4
Привід спірального кулера конвеєрного	1	2	0,07	0,031	0,969	ВВГнгд -4х10
Машина для пакування готової продукції	1	3,33	0,09	0,036	1,356	ВВГнгд -4х6
Вентиляційна установка ВЦ 4-75	2	8	0,09	0,058	3,237	ВВГнгд -4х2,5
				0,065	3,649	ВВГнгд -4х2,5

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
$I_{\text{к}10} \text{ кА}$	5,560
$U_{\text{с}10} \text{ кВ}$	10,5
$S_{\text{ном.Т}} \text{ кВА}$	630
$\Delta P_{\text{к}} \text{ кВт}$	7,6
$u_{\text{к}} \%$	5,5

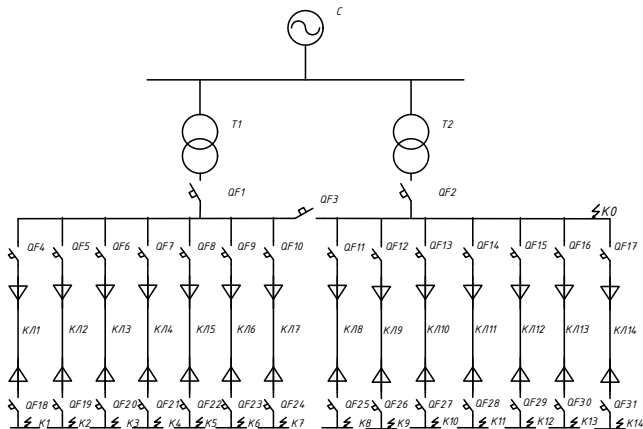


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема короткозамкненого кола

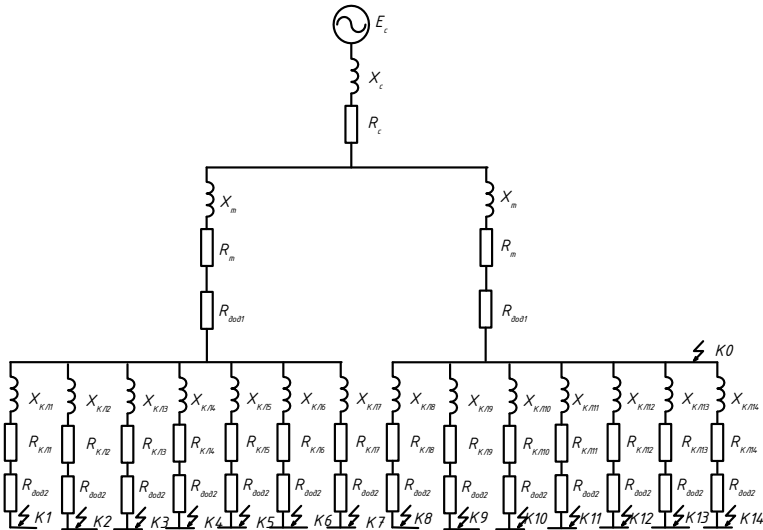


Рисунок 2.2 – Схема заміщення короткозамкненого кола

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
$R_c \text{ Ом}$	0,757
$X_c \text{ Ом}$	1,090
$\dot{R}_c \text{ мОм}$	1,098
$\dot{X}_c \text{ мОм}$	1,582
$\dot{R}_T \text{ мОм}$	3,064
$\dot{X}_T \text{ мОм}$	13,968
$\dot{R}_{\text{рез0}} \text{ мОм}$	19,162
$\dot{X}_{\text{рез0}} \text{ мОм}$	15,551
$Z_{\text{рез0}} \text{ мОм}$	24,678
$I_K \text{ кА}$	9,358
$k_y -$	1,05
$i_y \text{ кА}$	13,896

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	0,126	0,570	71,82	0,0600	7,56
ТП-РП1.2	0,096	0,570	54,72	0,0600	5,76
ТП-РП2.1	0,12	0,570	68,4	0,0600	7,2
ТП-РП2.2	0,102	0,570	58,14	0,0600	6,12
ТП-РП3.1	0,126	0,570	71,82	0,0600	7,56
ТП-РП3.2	0,144	1,250	82,08	0,0700	8,64
ТП-РП4.1	0,09	1,250	112,5	0,0700	6,3
ТП-РП4.2	0,096	1,250	120	0,0700	6,72
ТП-РП5.1	0,096	1,250	120	0,0700	6,72
ТП-РП5.2	0,144	1,250	180	0,0700	10,08
ТП-РП6.1	0,144	3,150	453,6	0,0700	10,08
ТП-РП6.2	0,096	3,150	302,4	0,0700	6,72
ТП-РП7.1	0,114	2,550	290,7	0,0700	7,98
ТП-РП7.2	0,138	2,550	351,9	0,0700	9,66

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	$F_{\text{мін}},$ мм ²	Прийнятий переріз
K1	20	95,98	23,11	98,72	2,339	3,308	9,9	35
K2	20	78,88	21,31	81,71	2,826	3,997	12,0	35
K3	20	92,56	22,75	95,32	2,423	3,426	10,3	35
K4	20	82,30	21,67	85,11	2,714	3,838	11,5	35
K5	20	95,98	23,11	98,72	2,339	3,308	9,9	35
K6	20	106,24	24,19	108,96	2,119	2,997	9,0	35
K7	20	136,66	21,85	138,40	1,669	2,360	7,1	16
K8	20	144,16	22,27	145,87	1,583	2,239	6,7	16
K9	20	144,16	22,27	145,87	1,583	2,239	6,7	16
K10	20	204,16	25,63	205,76	1,122	1,587	4,8	16
K11	20	477,76	25,63	478,45	0,483	0,683	2,0	4
K12	20	326,56	22,27	327,32	0,706	0,998	3,0	4
K13	20	314,86	23,53	315,74	0,731	1,034	3,1	6
K14	20	376,06	25,21	376,91	0,613	0,867	2,6	6

2.12.3. Вибір трансформаторів струму

Для розрахункового обліку встановлюємо лічильники ZMG400CR (Landis+Gyr). Для технічного обліку, встановлюємо амперметри SF-72 (Tense). Для розрахункового та технічного обліку трансформатори струму TOPN (НІК) та TOPN (НІК) з коефіцієнтом трансформації 1500/5 та 200/5 відповідно.

Результати перевірки зведемо в таблицю 2.23. та 2.24

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Таблиця 2.23 – Перевірка трансформаторів струму для розрахункового обліку

Показник	Значення
$U_{уст}, \text{кВ}$	0,4
$I_{норм}, \text{А}$	690,18
$I_{max}, \text{А}$	1380,36
$i_y, \text{кА}$	13,896
$I_{n0}, \text{кА}$	9,358
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	21,89
$z_2, \text{Ом}$	0,255

Таблиця 2.24 – Перевірка трансформаторів струму для технічного обліку

Показник	Значення
$U_{уст}, \text{кВ}$	0,4
$I_{max}, \text{А}$	183,67
$i_y, \text{кА}$	3,308
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	1,37
$z_2, \text{Ом}$	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	e.industrial.ukm.1000S	1600	50	690,18	1380,36	9,358
QF2	e.industrial.ukm.1000S	1600	50	690,18	1380,36	9,358
QF3	e.industrial.ukm.1000S	1600	50	690,18	1380,36	9,358
QF4	e.industrial.ukm.250SL	200	36	85,04	170,08	2,339
QF5	e.industrial.ukm.250SL	200	36	85,04	170,08	2,339
QF6	e.industrial.ukm.250SL	200	36	87,09	174,18	2,826
QF7	e.industrial.ukm.250SL	200	36	87,09	174,18	2,826
QF8	e.industrial.ukm.250SL	200	36	85,72	171,43	2,423

Продовження таблиці 2.25

1	2	3	4	5	6	7
QF9	e.industrial.ukm.250SL	200	36	85,72	171,43	2,423
QF10	e.industrial.ukm.250SL	200	36	85,59	171,18	2,714
QF11	e.industrial.ukm.250SL	200	36	85,59	171,18	2,714
QF12	e.industrial.ukm.250SL	200	36	91,78	183,56	2,339
QF13	e.industrial.ukm.250SL	200	36	91,78	183,56	2,339
QF14	e.industrial.ukm.250SL	200	36	91,84	183,67	2,119
QF15	e.industrial.ukm.250SL	200	36	91,84	183,67	2,119
QF16	e.industrial.ukm.250SL	125	36	50,67	101,35	1,669
QF17	e.industrial.ukm.250SL	125	36	50,67	101,35	1,669
QF18	e.industrial.ukm.250SL	125	36	53,27	106,54	1,583
QF19	e.industrial.ukm.250SL	125	36	53,27	106,54	1,583
QF20	e.industrial.ukm.250SL	125	36	56,98	113,96	1,583
QF21	e.industrial.ukm.250SL	125	36	56,98	113,96	1,583
QF22	e.industrial.ukm.250SL	125	36	50,92	101,85	1,122
QF23	e.industrial.ukm.250SL	125	36	50,92	101,85	1,122
QF24	e.industrial.ukm.100SL	50	36	21,74	43,48	0,483
QF25	e.industrial.ukm.100SL	50	36	21,74	43,48	0,483
QF26	e.industrial.ukm.100SL	50	36	23,98	47,95	0,706
QF27	e.industrial.ukm.100SL	50	36	23,98	47,95	0,706
QF28	e.industrial.ukm.100SL	63	36	29,80	59,60	0,731
QF29	e.industrial.ukm.100SL	63	36	29,80	59,60	0,731
QF30	e.industrial.ukm.100SL	63	36	31,13	62,26	0,613
QF31	e.industrial.ukm.100SL	63	36	31,13	62,26	0,613

2.12.5. Вибір рубильників

Здійснимо попередній вибір рубильників PE19-416 (НВП Універсал-Т) 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
$I_{норм}, \text{А}$	690,18
$I_{max}, \text{А}$	1380,36
$i_y, \text{кА}$	13,896
$I_{п0}, \text{кА}$	9,358
$B_K, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	21,89

2.13. 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	24
b, м	36
S, м ²	864
H _p м.	4
h _c м.	3
L _p м.	0,4
H _p м.	1
n _{св} , шт	6
n _p , рядів	4
l _a , м	1
l _b , м	7,8
i	3,60
N _{св} , шт	24
Φ _{розр} , Лм	22871
Φ _{ламп} , Лм	22500
ΔΦ %	1,65
P ₀ кВт	
P _{p.0} кВт	
Q _{p.0} квар	235,60
l, м	20,25
q	6,20
I _{ро} ,А	4,32
I _p ,А	109,14
Δu	0,51
Світильники	ДСП56У2Ех-2х80-341 У2
щит	Orion Plus FL102A (Hager)
АВ	I _{ном} = 16 А;
ввідний АВ	I _{ном} = 63 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	к _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

					<i>ЛНТУ.971052.000 ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пешик А.В.				Електропостачання заводу хлібопродуктів встановленою потужністю 950 кВт. Пояснювальна записка		Літ.	Арк.
Перевірів	Собчук Д.С.						Д	34
Реценз.								2
Н.контр	Ващелюк Ю.І.						<i>ФАБЕ, зр ЕЕ-42</i>	
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)

Використання сучасних систем автоматизованого проєктування (САПР) стало фундаментальною основою для досягнення високої точності інженерних рішень та якості оформлення даного дипломного проєкту. Програмний комплекс AutoCAD виступив основним інструментом для розробки графічної частини, дозволивши з високою деталізацією реалізувати принципові однолінійні схеми електричних мереж, плани розміщення силового електрообладнання та складні траси прокладання кабельних лотків у межах хлібопекарського цеху. Завдяки функціоналу AutoCAD було забезпечено точну відповідність усіх графічних елементів вимогам чинних державних стандартів та галузевих нормативів, що є критично важливим для подальшого монтажу систем на реальному об'єкті. Для виконання великого обсягу інженерних обчислень було застосовано середовище MS Excel, яке дозволило автоматизувати процеси розрахунку встановленої та розрахункової потужностей, визначення струмів короткого замикання та вибір перетину кабелів за умовою допустимого нагріву та втрат напруги. Використання динамічних формул у таблицях Excel мінімізувало ризик виникнення арифметичних помилок та надало можливість оперативно коригувати параметри системи при зміні вихідних даних. Інтегроване застосування цих програмних продуктів дозволило створити комплексний проєкт, який відповідає сучасним вимогам до цифрової документації в енергетичній галузі.

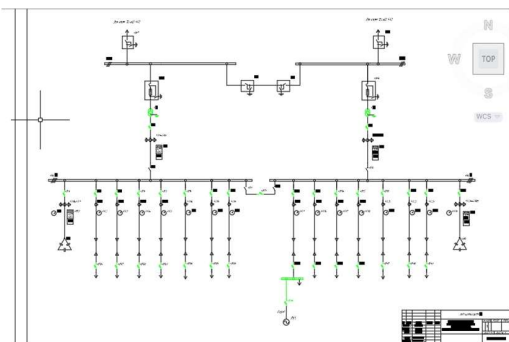


Рисунок 4.1 – Використання AutoCAD

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Пешик А.В.			Електропостачання заводу хлібопродуктів встановленою потужністю 950 кВт. Пояснювальна записка		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Собчук Д.С.					Д	36	1
Реценз.							ФАБЕ, гр ЕЕ-42		
Н.контр		Вашелюк Ю.І.							
Затвердив		Волинець В.І.							

РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Проведемо розрахунки за А.13 заземлюючого пристрою цеху,

Таблиця 5.1- Розрахунковий коефіцієнт опору ґрунту:

Позначення	ОД. вим.	Значення
r_1	-	35,7
r_2	-	114
k_1	-	1,25
L	м	4,5
H	м	0,68
t_{II}	м	0,63
r	Ом* м	31,7
b	мм	12
t	м	2,34
r_B	Ом	8,1
R_H	Ом	10
h_B	-	0,76
$n_{пр}$	шт	2,65 =3
h	м	4
l_r	мм	8,00
b	мм	40
k_2	-	1,8
h_r	-	0,68
r_2	Ом	14,88
R	Ом	4,89
n	шт	2,16

Приймаємо до установки 3 вертикальних заземлюючів електроди довжиною 4,5 м .

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Пешук А.В.				Електропостачання заводу хлібопродуктів встановленою потужністю 950 кВт. Пояснювальна записка		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Содчук Д.С.						Д	37	1
Реценз.							ФАБЕ, гр ЕЕ-42		
Н.контр	Ващенко Ю.І.								
Затвердив	Волинець В.І.								

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У ході виконання кваліфікаційного проєкту було успішно розроблено систему електропостачання заводу хлібопродуктів із загальною встановленою потужністю 950 кВт. На основі глибокого аналізу технологічного процесу та категорійності споживачів було спроектовано надійну схему розподілу електроенергії, яка забезпечує безперебійне функціонування критично важливого обладнання хлібопекарського цеху та допоміжних підрозділів. Виконані розрахунки електричних навантажень підтвердили правильність вибору потужності силових трансформаторів та перерізів живильних ліній, що гарантує роботу обладнання в оптимальних режимах без перевантажень. Обрана система захисту та автоматизації, включаючи сучасні автоматичні вимикачі та пристрої релейного захисту, забезпечує високий рівень безпеки персоналу та збереження дороговартісного устаткування у разі виникнення аварійних ситуацій. Впровадження заходів з компенсації реактивної потужності дозволило значно покращити показники енергоефективності підприємства, знизивши втрати в мережі та забезпечивши дотримання нормативного коефіцієнта потужності. Проєктні рішення повністю відповідають вимогам правил улаштування електроустановок та сучасним тенденціям у проєктуванні промислових систем електропостачання. Таким чином, розроблена система є технічно обґрунтованою, економічно доцільною та готовою до впровадження, що дозволяє рекомендувати її як надійну базу для енергозабезпечення сучасного підприємства харчової промисловості.

.

					ЛНТУ.971052.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

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.971052.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

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.971052.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		