

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

**БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА
НА ТЕМУ: «РОЗРОБКА СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА
«КОЗЯТИНХЛІБ»**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЗЕЕ-206
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка
Освітня програма «Електроенергетика та електротехніка»
Пахолюк О.Ю.

Керівник

Б.Т.Н. проф.

Терешкевич Л.Б.

Рецензент

к.т.н., ст.век. каф. ЕСС

Сікорська О.В.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 17 » 06 2024 р

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

проф. Бурбело М.Й.

„ 03 ” 2024 р

ЗАВДАННЯ
на дипломну роботу
Пахолюку Олександрю Юрійовичу

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Козятинхліб»

керівник роботи Терешкевич Леонід Борисович, к.т.н., професор,
затверджені наказом по ВНТУ від « 11 » березня 2024 року, № 80

2. Строк подання студентом дипломної роботи « 10 » червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення; відомості про перспективу розвитку підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

1. Загальні відомості про підприємство

1.1 Відомості про технологічні процеси

1.2 Відомості про електричні навантаження. Оцінка категорії з надійності електропостачання

2. Аналіз системи електропостачання підприємства.

2.1 Розрахунок електричних навантажень

2.2 Вибір та розміщення трансформаторних підстанцій

2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства

2.3.1. Розрахунок зовнішнього електропостачання

2.3.2. Вибір комутаційного та захисного обладнання ЦРП

2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху

2.4.1. Вибір та розрахунок системи електропостачання цеху

2.4.2. Вибір комутаційних та захисних апаратів цехової електромережі

3 Аналіз втрат електроенергії в розподільчих мережах та заходів з їх зниження

3.1 Фізична сутність втрат електроенергії в електричних мережах

3.2 Складові втрат електроенергії в електричних мережах

3.3 Складові втрат електроенергії в електричних мережах

4. Охорона праці

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу.

1. Генплан ПАТ «Козятинхліб» із картограмою навантажень і розподільною мережею

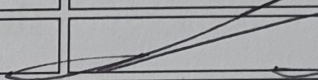
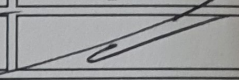
2. Однолінійна схема електропостачання підприємства

3. План цеху і силової мережі

4. Розрахунково-монтажна таблиця

5. Креслення із спецпитання

6. Консультанти розділів дипломної роботи

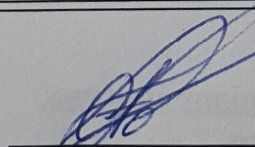
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		

7. Дата видачі завдання « 25 » Квітня 2024 року

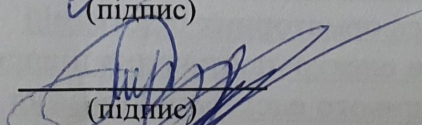
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство.	10.05.2024	викон
2	Аналіз системи електропостачання підприємства.	15.05.2024	викон
3	Розрахунок схеми електропостачання цеху	20.05.2024	викон
4	Охорона праці	31.05.2024	викон
5	Графічна частина роботи	05.06.2024	викон
6	Написання розрахунково-пояснювальної записки	10.06.2024	викон

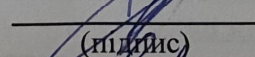
Студент


(підпис)

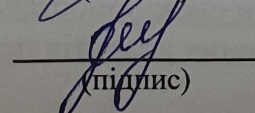
Керівник дипломної роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Рецензент


(підпис)

Пахолук О.Ю.
(прізвище та ініціали)

Терешкевич Л.Б.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

Сікорська О.В.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	7
ANNOTATION	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ПАТ «КОЗЯТИНХЛІБ», ЯК ОБ'ЄКТ БАКАЛАВРСЬКОЇ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	11
1.1 Загальна інформація про виробництво «Козятинхліб»	11
1.2 Вихідні дані для розробки системи електропостачання	12
1.3 Інформація про будівельні та технологічні планування та про споживачів електроенергії підприємства	13
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПАТ «КОЗЯТИНХЛІБ»	17
2.1 Розрахунок навантажень цеху приготування та випічки	17
2.1.1 Обґрунтування схеми силової мережі цеху	17
2.1.2 Розрахунок силового навантаження цехової мережі	18
2.2 Розрахунок навантажень підприємства	19
2.3 Обґрунтування місця розташування ТП	21
2.4 Вибір потужності трансформаторів цехових ТП	24
2.5 Компенсація реактивної потужності на підприємстві	25
2.6 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі	27
2.7 Перевірка вибраного обладнання в аварійних режимах роботи мережі	29
2.7.1 Розрахунок струмів КЗ в мережах 10 кВ підприємства та вибір високовольтного електрообладнання	29
2.7.2 Розрахунок струмів КЗ в мережі напругою до 1000 В	33
2.7.3 Вибір електроустаткування з боку 0,4 (кВ) трансформаторної підстанції	36
2.7.4 Вибір КВП та вимірювальних трансформаторів	37
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ ЦЕХУ ПРИГОТУВАННЯ ТА ВИПІЧКИ	41
3.1 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі	41

3.2 Перевірка вибраної цехової мережі на втрату напруги	45
3.3 Перевірка чутливості і селективності захисту цехових мереж	47
3.4 Перевірка чутливості і селективності захисту цехових мереж	50
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ ТА ЗАХОДІВ З ЇХ ЗНИЖЕННЯ	53
4.1 Фізична сутність втрат електроенергії в електричних мережах	53
4.2 Складові втрат електроенергії в електричних мережах	55
4.3 Складові втрат електроенергії в електричних мережах	56
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	60
5.1 Технічні рішення з безпечної організації будівельно-монтажних робіт	60
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	60
5.1.2 Електробезпека	63
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	64
5.2.1 Мікроклімат	64
5.2.2 Склад повітря робочої зони	66
5.2.3 Виробниче освітлення	66
5.2.4 Виробничий шум	67
5.3 Пожежна безпека	68
ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	74
ДОДАТКИ	78
Додаток А. Генплан підприємства з електричними мережами	79
Додаток Б. Однолінійна схема електропостачання підприємства	80
Додаток В. Схема електропостачання цеху приготування та випічки	81
Додаток Г. Розрахунково-монтажна таблиця	82
Додаток Д. Втрати електроенергії в розподільчих мережах та заходи з їх зниження	83

АНОТАЦІЯ

Пахолук Олександр Юрійович. «Розробка системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Козятинхліб». Бакалаврська дипломна робота. Вінниця. ВНТУ, 2024, 84 с. Іл.: 13, Табл: 23.

В дипломній роботі виконані розрахунки системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Козятинхліб». В системі електропостачання, що розроблена в дипломній роботі, передбачена установка сучасного електрообладнання вітчизняного виробництва. Всі рішення прийняті із врахуванням вимог правил улаштування електроустановок і забезпечують необхідний рівень надійності для ТОВ «Козятинхліб». Проведені розрахунки підтверджують надійну роботу вибраного комутаційного обладнання як в аварійних режимах, так в нормальних режимах роботи електромережі.

Розроблена система електропостачання цеху приготування та випічки забезпечує допустимі відхилення напруги на затискачах всіх електроприймачів, що встановлені в цеху.

Проведено аналіз втрат електроенергії, що мають місце в розподільчих мережах та реалізованих на підприємстві заходів з їх зниження.

Ключові слова: розрахункова потужність, комутаційне електрообладнання, розподільні мережі, переріз провідника.

ANNOTATION

Pakholiuk Oleksandr Yuriyovych. "Development of the power supply system of the Private Joint Stock Company "Kozyatynhlib". Bachelor thesis. Vinnitsa. VNTU, 2024, 84 p. Illustration: 13, Table: 23.

Calculations of the power supply system of the Private Joint Stock Company "Kozyatynhlib" were performed in the thesis. In the power supply system developed in the thesis, the installation of modern electrical equipment of domestic production is provided. All decisions are made taking into account the requirements of the rules for the arrangement of electrical installations and ensure the necessary level of reliability for Kozyatynhlib LLC. The performed calculations confirm the reliable operation of the selected switching equipment both in emergency modes and in normal power grid operation modes.

The developed power supply system for the cooking and baking workshop ensures permissible voltage deviations at the terminals of all electrical receivers installed in the workshop.

An analysis of electricity losses occurring in distribution networks and the measures implemented at the enterprise to reduce them was carried out.

Keywords: rated power, switching electrical equipment, distribution networks, conductor cross-section.

ВСТУП

Актуальність теми. Підприємство засновано в 1935 році. За цей час неодноразово відбувались розширення виробництва, реконструкції технологічного процесу, розширювалась номінклатура продукції, що випускається. Також відповідні зміни відбувались в системі електропостачання. Але на сьогоднішній день на підприємстві використовується як морально, так і фізично застаріле електрообладнання та електричні мережі. Іноді воно не відповідає навантаженням, що склались на підприємстві.

З цієї причини роботи, спрямовані на розробку нової системи електропостачання, де використовується сучасне електрообладнання, де знайшли свою реалізацію енергозберігаючі заходи, де розрахунки виконані по сучасним, прогресивним методикам, є актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалася ВНТУ у рамках наукових досліджень, які проводяться на кафедрі ЕСЕЕМ

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розробка внутрішніх (0,4 та 10 кВ) та зовнішніх (10 кВ) мереж ПАТ «Козятинхліб», вибір необхідних комутаційних і захисних електроапаратів та розробка внутрішньоцехової системи електропостачання цеху приготування та випічки, які враховують навантаження, що склались на підприємстві, забезпечують необхідну надійність електропостачання і відповідають сучасним нормам електробезпеки.

Об'єкт дослідження – система електропостачання ПАТ «Козятинхліб»

Предмет дослідження – ел та електрообладнання та електричні режими системи електропостачання.

Наукова новизна одержаних результатів.

Розроблено комплекс пропозицій, що стосуються покращення системи електропостачання ПАТ «Козятинхліб» шляхом заміни (зміни)

трансформаторів, кабельних ліній, місця установки ТП, установки батарей статичних компенсаторів, а також пропонується установка сучасного комутаційного та захисного обладнання в мережах підприємства та цеху.

Практичне значення одержаних результатів в тому, що реалізація отриманих рішень дозволить поліпшити характеристики функціонування системи електропостачання ПАТ «Козятинхліб» (економічність, надійність, безпечність експлуатації, відповідність нормативним документам).

Достовірність теоретичних положень бакалаврської дипломної роботи підтверджується строгістю постановки задач, коректним застосуванням математичних методів, строгим виведенням аналітичних співвідношень.

Особистий внесок здобувача. Усі отримані результати бакалаврської дипломної роботи, що виносяться на захист, отримані автором одноособово.

Апробація результатів роботи. Результати роботи на конференціях не доповідались, в науковій періодиці не друкувались.

Обсяг і структура випускної кваліфікаційної роботи. Випускна кваліфікаційна робота складається із вступу, 5 розділів, списку використаних джерел і додатків, загальний обсяг роботи 84 сторінок, з яких основний зміст викладений на 75 сторінках друкованого тексту, містить 13 рисунків, 23 таблиці, список використаних джерел із 33 найменувань.

РОЗДІЛ 1.
ПАТ «КОЗЯТИНХЛІБ», ЯК ОБ'ЄКТ БАКАЛАВРСЬКОЇ
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1 Загальна інформація про виробництво «Козятинхліб»

ПАТ «Козятинхліб» (міський хлібзавод м. Козятин) почало працювати 1 січня 1935 року. Всі операції виконувались вручну, печі опалювались дровами. В 1936 році з одержанням замовлення на виготовлення сухаря армійського, печі переводять на кам'яне вугілля, що дозволило в повному обсязі задовольняти потреби міста в хлібі. Під час Великої вітчизняної війни заводу нанесені великі збитки. 28 грудня 1943 року місто звільнено від німецької окупації, а вже 15 січня 1944 року хлібзавод випікав хліб для населення району та потреб Збройних сил.

В 1979 році здано в експлуатацію кондитерський і сухарний цехи, продукція яких знайшла свого споживача за межами України. В серпні 1985 році котельні і пекарські печі переведено на опалення природним газом, що ставило перед керівництвом задачі щодо технологічного процесу, кадрового забезпечення робітників з нових професій. В 1986-1990 роки продуктивність праці виросла на 25%, а заробітна плата на 11%. В 1993 році закінчено будівництво нового хлібобулочного цеху. Змонтовані нові тунельні печі типу ПХС-25 змінили потужність підприємства, формуються нові виробничі відносини на більш доскональних технологіях по виробництву подових сортів хліба та здоби.

Оновлено частину технологічного і тортового цеху. Створюється потужний транспортний цех, який сьогодні має 28 вантажних автомобілів, розпочато випуск нових видів подового хліба та здоби, розширено виробничу площу тортового цеху. Виконано чимало робіт по покращенню умов праці

виробничого персоналу вартість яких перевищила 500000 грн. Законсервований сухарний цех в 2004 році переобладнано в макаронний цех. Встановлена макаронна лінія сьогодні дає 60 тон макаронів на місяць, які користуються попитом на ринку. За останні роки на підприємстві створено 72 нових робочих місць, на яких працевлаштовано 72 робітники, що є кращим показником міста Козятина за три останні роки, загальна кількість працівників збільшилась майже в двічі, а заробітна плата на 47% і сьогодні складає 1140 гривень в місяць, яка регулярно виплачується за умовами Колективного договору. Протягом першого півріччя 2007 року в хлібобулочному цеху змонтовано і здано в експлуатацію нову, більш потужну хлібну тунельну піч типу ПТГ-0,36, що значно покращило якість продукції, зросла продуктивність праці на 10%. Як наслідок виробленої стратегії та здійснення правильних тактичних дій керівництва продукція відповідає вимогам ринку і встановленим стандартам в Україні, її охоче споживають покупці 13 районів Вінницької, Житомирської і Київської областей. Сьогодні на ринку реалізується більше 580 тон хліба та здобних виробів на місяць, це вимагає від спеціалістів удосконалення технологій виробництва, розробки і впровадження нових видів продукції. За 2006-2007 роки технологами ПАТ "Козятинхліб" розроблено і внесено у виробництво 42 види хліба і батонів, 69 видів здоби і кондитерських виробів, які пройшли державну атестацію і підтверджені сертифікатами.

1.2 Вихідні дані для розробки системи електропостачання

Підприємство „Козятинхліб” спеціалізується на переробці зернових культур, випічці хліба для потреб міста.

Підприємство знаходиться в межах міста і може отримувати електроенергію від міських підстанцій напругою 10 кВ. Всі силові електроприймачі на підприємстві симетричного виконання. Освітлювальне навантаження – лампи ДРЛ та сучасні світлодіодні лампи. Різкозмінне та

навантаження з повторно-короткочасним режимом практично відсутні.

Для обґрунтування прийнятих рішень в частині їх надійності, виконаємо оцінку категорійності споживачів відповідно до визначень ПУЕ. [1]

Таблиця 1.1 – Характеристики приміщень підприємства

№ п/п	Назва цеху (об'єкту)	Категорія за надійністю
1	Цех приготування та випічки	2
2	Формувальний	2
3	Кондитерський	2
4	Адміністративно-побутовий корпус	3
5	Приміщення для миття обігової тари	3
6	Майстерня	3
7	Склад борошна	3
8	Склад добового запасу сировини	3
9	Склад готової продукції	3
10	Перспективне будівництво	2

Таким чином, на підприємстві є споживачі, що потребують досить високої надійності електропостачання (цехи №1 та №2, та 3). Для живлення підприємства потрібно передбачити двотрансформаторну підстанцію.

1.3 Інформація про будівельні та технологічні планування та про споживачів електроенергії підприємства

Генплан підприємства наведено на рисунку 1.1

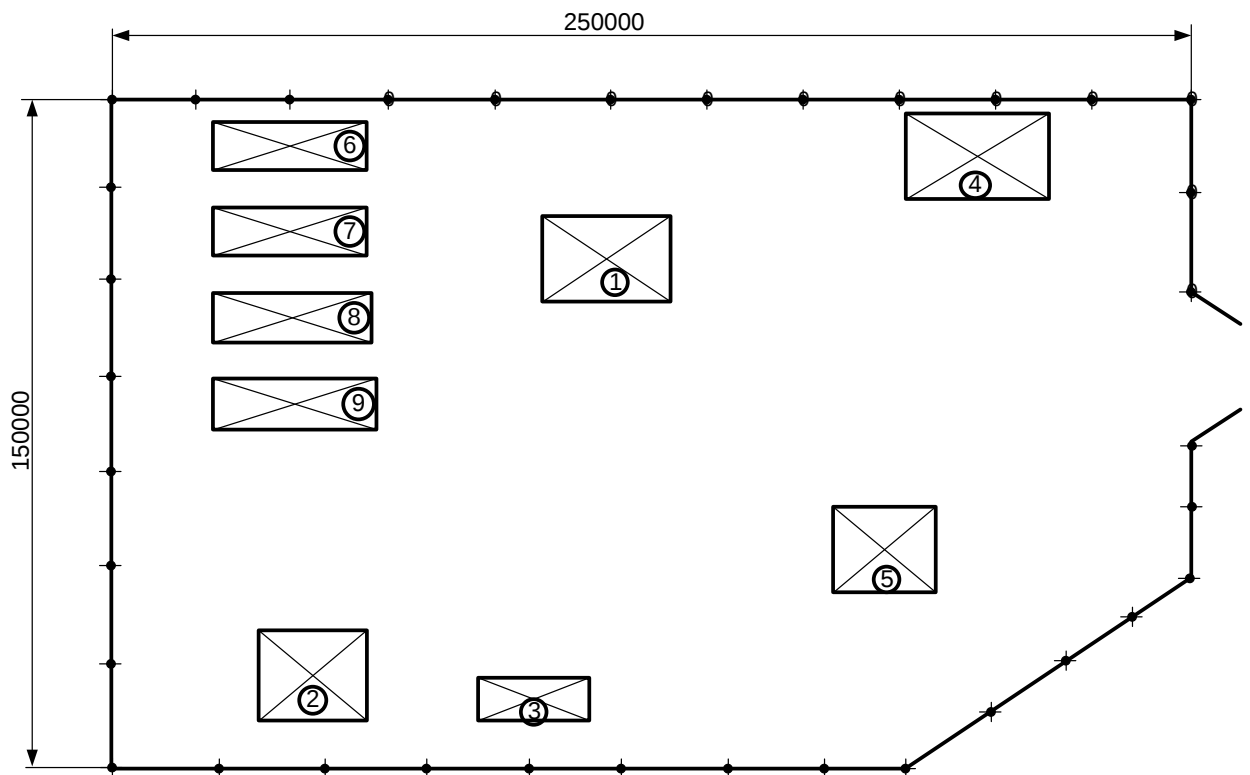


Рисунок 1.1 – Генплан підприємства

Таблиця 1.2 – Інформація про електричні навантаження об'єктів підприємства

№	Назва цеху (об'єкту)	$P_H, \text{кВт}$	K_P	$\cos \varphi$	$F, (\text{м}^2)$	$\rho_{\text{пит}}$ $\text{кВт}/\text{м}^2$	$K_{\text{пра}}$	$K_{\text{по}}$
1	Цех приготування та випічки					0,016	1,1	0,95
2	Формувальний	167	0,8	0,8	225	0,016	1,2	0,95
3	Кондитерський	150	0,7	0,9	141,6	0,016	1,2	0,8
4	Адміністративно-побутовий корпус	80	0,9	0,7	664	0,016	1,2	0,8
5	Приміщення для миття обігової тари	40	0,9	0,7	781,5	0,016	1,2	0,8

6	Майстерня	220	0,8	0,9	230,5	0,016	1,2	0,95
7	Склад борошна	22	0,6	0,5	180	0,012	1,1	0,6
8	Склад добового запасу сировини	25	0,6	0,5	180	0,012	1,1	0,6
9	Склад готової продукції	52	0,6	0,5	180	0,011	1,1	0,6
10	Перспективне будівництво	150		0,8				

Відомості про електроприймачів цеху приготування та випічки наведені на рис 1.2 і в таблиці 1.3.

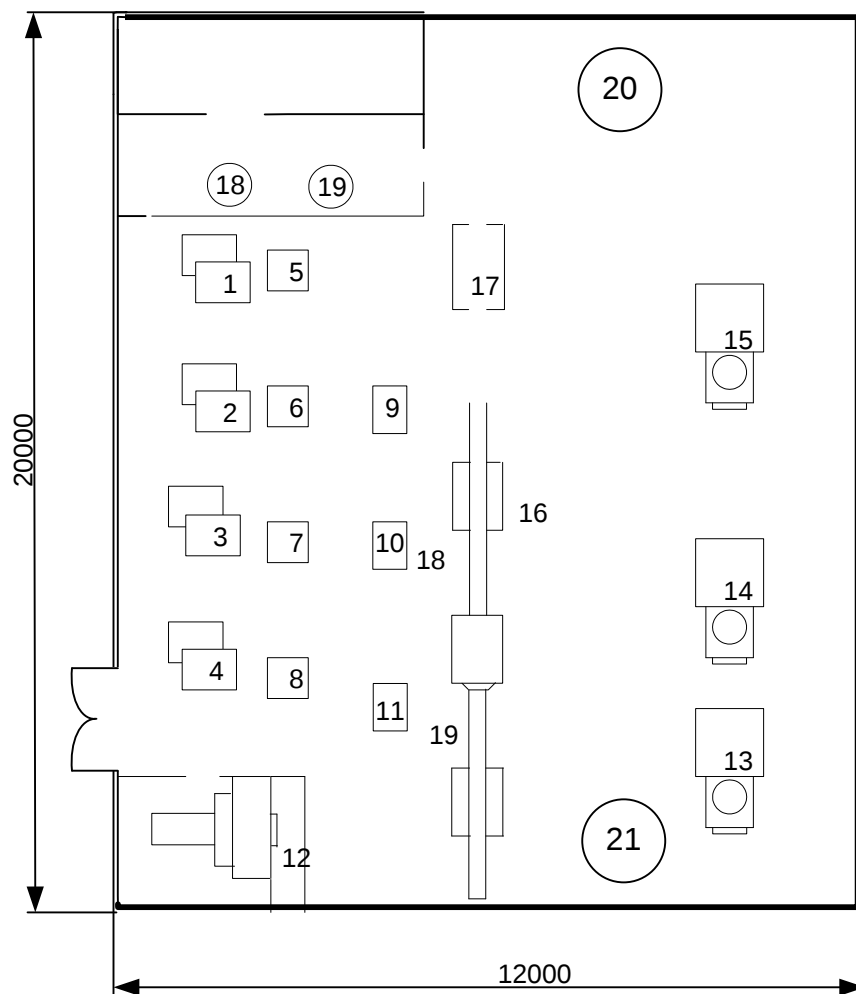


Рисунок 1.2 – Технологічні планування цеху приготування та випічки

Таблиця 1.3 - Технічні дані про електроприймачів цеху приготування та випічки

№ за планом	Тип обладнання	Назва	Потужність, кВт
1-4	ПМ-900М	Просіювач борошна	1,8
5-6	Bull-80	Тістозмішувач	4,5
7-8	ТО-2	Тістоокруглювач	2,3
9	Бриз-плюс	Шафа розстійна	1,25
10-11	K-STOP-P4	Шафа розстійна	7,0
12	Rollfix 300W	Тісторозкаточна машина	1,1
13-14	ThermoMAX	Піч термомасляна	3,0
15	Variant V10/4	Піч циклотермічна ярусна	5,5
16	Euroline	Лінія виробництва конд виробів	4,0
17	РТ-УМ-ГШ ПС	Машина пакувальна	2,1
18-19	Polair KHN-4,41	Холодильна камера	1,2
20-21	Standart SU-10	Установка вентиляційна	3,0

Умови приміщення цеху – нормальні, він опалюється.

ТОВ «Козатинхліб» завод може отримувати електроенергію по лінії 10 кВ від міської ТП 10/0,4 кВ, яка розташована на віддалі 4,2 км. Потужність короткого замикання на шинах 10 кВ ТП складає $S''_k = 70$ (МВА), вхідна реактивна потужність, що визначена до споживання в години максимальних навантажень в енергосистемі, становить 300 квар.

РОЗДІЛ 2.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПАТ «КОЗЯТИНХЛІБ»

2.1 Розрахунок навантажень цеху приготування та випічки

Складовою загального навантаження по підприємству є навантаження найважливішого технологічного цеху – приготування та випічки. Зазначене навантаження використовується для розробки цехових електричних мереж. Для його розрахунку скористаємось методом упорядкованих діаграм, який дозволяє отримати більш точні результати. Тому складову загального навантаження по підприємству – навантаження цеху - розрахуємо методом упорядкованих діаграм. Це вплине на точність (підвищить точність) розрахунку навантажень по підприємству.

2.1.1 Обґрунтування схеми силової мережі цеху

Наведемо обґрунтування вибору схеми даного цеху, що є необхідним для розрахунку його навантажень. Силіві розподільчі мережі є сенс проектувати з урахуванням розташування споживачів, вимог технологічного процесу, зручності в експлуатації та забезпечення надійності електропостачання. Зважаючи на кількість споживачів в приміщенні цеху та їх розташування в плані приміщення, приймаємо рішення про вибір радіальної схеми електропостачання з встановленням 2-х силових РП, які живляться від ТП. Схему живлення самих РП виберемо радіальною, що дозволяє забезпечити надійність технологічного процесу та зручності в процесі експлуатації. Зважаючи на те, що для мереж, які проектуються, не встановлено будь-яких особливих умов щодо їх електробезпеки, виконаємо їх з глухо заземленою нейтраллю (трифазними чотирипровідними).

Для захисту силових мереж в аварійних режимах передбачимо установку

автоматичних вимикачів, віддавши перевагу їх надійності та швидкодії, чого вимагає технологічний процес.

План електропостачання цеху приготування та випічки, у відповідності до якого будуть розраховані його навантаження, зображений на рисунку 2.1.

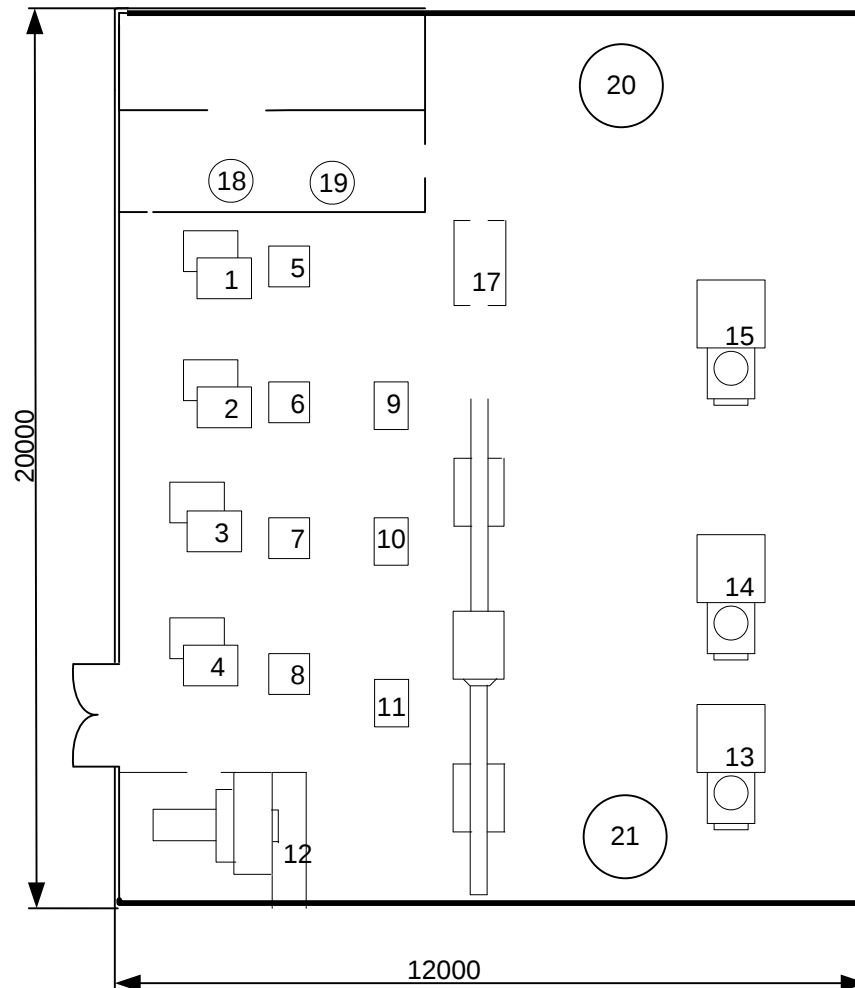


Рисунок 2.1 - План силових мереж цеху приготування та випічки

2.1.2 Розрахунок силового навантаження цехової мережі

Для розрахунку навантаження цехової мережі електроприймачі розподільчих пунктів поділяють на дві групи:

- електроприймачі зі змінним графіком навантаження (навантаження групи А), коефіцієнт використання яких $k_B < 0,65$;
- електроприймачі з практично постійним графіком навантаження –

(навантаження групи Б), коефіцієнт використання яких $k_B \geq 0,65$.

Слід відмітити, що електроприймачі даного цеху відносяться до групи Б, тобто працюють практично з постійним графіком навантаження.

Для демонстрації виконаємо розрахунок для РП-1.

Розраховуємо середню активну і реактивну потужність для групи Б:

$$P_{1-4} = n P_n K_B = 4 \cdot 1,8 \cdot 0,65 = 4,68 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{1-4} = n P_n K_B \operatorname{tg} \varphi = 4 \cdot 1,8 \cdot 0,65 \cdot 1,17 = 5,48 \text{ (квар)};$$

Розрахункові навантаження РП-1 визначаємо в такій послідовності:

Для всіх ЕП :

$$\sum P_{\text{с РП1}} = 27,02 \text{ (кВт)};$$

$$\sum Q_{\text{с РП1}} = 26,8 \text{ (квар)}.$$

Оскільки для споживачів з постійним графіком навантаження $K_{\max} = 1$ в розрахунках по РП1 та РП2 прийнято $P_{\text{с}} = P_{\max}$.

Для РП1 для $n_{\text{еф}} = 14$ $Q_{\max} = Q_{\text{с}}$;

Для РП2 при $n_{\text{еф}} = 7$ $Q_{\max} = 1,1 Q_{\text{с}}$, оскільки $n_{\text{еф}} \leq 10$

Визначаємо $S_{\text{м}}$ по РП1:

$$S_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{м}}^2 + Q_{\text{м}}^2} = \sqrt{27,02^2 + 26,8^2} = 38,06 \text{ кВА}.$$

Аналогічні розрахунки проводяться по РП-2, їх результати зведені до таблиці 2.1.

2.2 Розрахунок навантажень підприємства

Розрахункові активну та реактивну потужності силового обладнання і розрахункову потужність освітлення цехів підприємства визначаємо за методом коефіцієнту попиту.

Приклад розрахунку вказаних величин проведемо для формувального цеху підприємства таким чином:

$$P_{\text{м с}} = P_{\text{н}} \cdot K_{\text{п}} = 167 \cdot 0,8 = 133,6 \text{ (кВт)}; \quad (2.8)$$

$$Q_{\text{м с}} = P_{\text{м с}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 133,6 \cdot 0,75 = 100,2 \text{ (квар)}; \quad (2.9)$$

$$P_{\text{м осв}} = \rho_{\text{пит осв}} * K_{\text{п о}} * K_{\text{пра}} * F = 0,016 * 1,1 * 0,95 * 225 = 4,1 (\text{кВт}), \quad (2.10)$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт попиту силового навантаження [3],

$K_{\text{по}}$, $K_{\text{пра}}$ – коефіцієнти попиту освітлювального навантаження і коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі відповідно. Розрахункові потужності формувального цеху дорівнюють сумі розрахункових потужностей силового та освітлювального навантажень:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{м с}} + P_{\text{м осв}} = 133,6 + 4,1 = 137,7 (\text{кВт});$$

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{м с}} = 100,2 (\text{квар});$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2} = \sqrt{137,7^2 + 100,2^2} = 170,3 (\text{кВА}).$$

Всі розрахунки навантаження інших цехів проводяться аналогічно. Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.2.

Розрахункові максимальні навантаження підприємства визначаємо:

- сумарне активне навантаження:

$$P_{\text{м}} = K_{\text{о}} (P_{\text{м с}} + P_{\text{м осв}}) = 0,9 * 746,7 = 672,0 (\text{кВт}); \quad (2.11)$$

- сумарне реактивне навантаження:

$$Q_{\text{м}} = Q_{\Sigma} = 586,5 (\text{квар}),$$

де $K_{\text{о}} = 0,9$ – коефіцієнт одночасності максимумів активного навантаження для $0,3 < K_{\text{в}} < 0,5$

- сумарне повне навантаження підприємства:

$$S_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{м}}^2 + Q_{\text{м}}^2} = \sqrt{672^2 + 586,5^2} = 892 (\text{кВА}).$$

Підприємство «Козятинхліб» знаходиться в межах міста. В безпосередній близькості від нього розпочато будівництво двох багатоповерхівок, що будуть жититися від заводської ТП.

Таким чином, з урахуванням приєднаної потужності по заводській ТП

$$S_{\text{ТП}} = \sqrt{(P_{\text{м}} + P_{\text{приєдн}})^2 + (Q_{\text{м}} + Q_{\text{приєдн}})^2} = \sqrt{(672 + 150)^2 + (586,5 + 112,5)^2} = 1079 (\text{кВА}).$$

2.3 Обґрунтування місця розташування ТП

Для ПАТ «Козятинхліб» характерна відносно невелика встановлена потужність $P_m=672$ (кВт), що є значно менше 5 (МВт), тому воно може отримувати електроенергію безпосередньо на напрузі 10 (кВ) [2]. Є можливість живлення підприємства від міської підстанції напругою 10 кВ, яка розташована на відстані 4,2 км від підприємства.

Для вибору розміщення ТП побудуємо картограму і визначимо центр електричних навантажень підприємства. Картограма навантажень підприємства являє собою розміщені на генеральному плані кола, причому, площі, обмежені цими колами, у вибраному масштабі дорівнюють розрахунковим навантаженням. Для кожного цеху наноситься своє коло, центр якого співпадає з центром навантажень цеху. Центр навантажень підприємства є символічним центром споживання електричної енергії. ТП необхідно розташовувати якомога ближче до центру навантажень, тому що це дозволить наблизити високу напругу до центру споживання електроенергії і значно скоротити довжину мереж як високої напруги, так і цехових розподільчих мереж, зменшити витрати провідникових матеріалів та знизити втрати електричної енергії.

При графічній побудові центр круга суміщають з геометричним центром зображеного на генплані контуру цеха. Масштаб вибираємо таким, щоб побудована картограма наглядно відображала співвідношення потужностей цехів.

Радіуси кіл картограми електричних навантажень визначаються за формулою:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi m}}, \quad (2.12)$$

де- m - масштаб картограми навантажень; $\frac{\text{кВт}}{\text{мм}^2}$;

Прийmemo радіус кола навантаження майстерні $r_e=50\text{мм}$, тоді масштаб побудови:

$$m_p = \frac{P_{me}}{\pi \cdot r_e^2} = \frac{179,3}{3,14 \cdot 50^2} = 0,022 \text{ (кВт/мм}^2\text{)}.$$

Вибираємо $m_p=0,022 \text{ кВт/мм}^2$.

Визначимо радіуси кіл при даному масштабі:

$$r_e = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi m}} = \sqrt{\frac{179,3}{3,14 \cdot 0,022}} = 50,9 \text{ (мм)};$$

Сектор кола картограми, що відповідає освітлювальному навантаженню, визначається:

$$\alpha_{осв\ i} = \frac{P_{po} * 360}{P_{po} + P_{pi}} = \frac{360 * 3,3}{179,3} = 6,6^0; \quad (2.13)$$

Результати розрахунку картограми навантажень в цілому по підприємству наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахунки для побудови картограми навантажень.

Цех	Координати цехів		P_M , (кВт)	$P_{M.O.}$, (кВт)	r_k , (мм)	α
	x_i , (мм)	y_i , (мм)				
1. Приготування і випічки	95	103	48,31	4,01	26,4	29,9
2. Формувальний	56	18	137,7	4,1	44,6	10,7
3. Кондитерський	85	13	107,2	2,2	39,4	7,4
4. Адмінбудівля	170	124	82,2	10,2	34,5	44,7
5. Приміщення для миття тари	158	45	128,4	2,4	43,1	6,7
6. Майстерня	36	126	179,3	3,3	50,9	6,6
7. Склад борошна	36	108	14,6	1,4	14,5	34,5
8. Склад сировини	36	91	16,4	1,4	15,4	30,7
9. Склад готової продукції	36	74	32,6	1,4	21,7	15,5

Центр електричних навантажень аналітично визначається за формулами:

$$X_i = \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi} * X_i}{\sum_{i=1}^n P_{pi}}; \quad (2.14)$$

$$Y_i = \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi} * Y_i}{\sum_{i=1}^n P_{pi}}, \quad (2.15)$$

де- $X_i; Y_i$ - координати центру навантажень i -го виробничого підрозділу.

Визначимо координати центру навантажень.

$$X_o = 95,9 \text{ (мм)}; \quad Y_o = 78,7 \text{ (мм)}.$$

Зважаючи на те, що ЦЕН знаходиться на проїжджій частині території плануємо спорудження окремозбудованої ТП біля цеху приготування та випічки (споруда №1). Фактичне місце розміщення ТП показано на рисунку 2.2

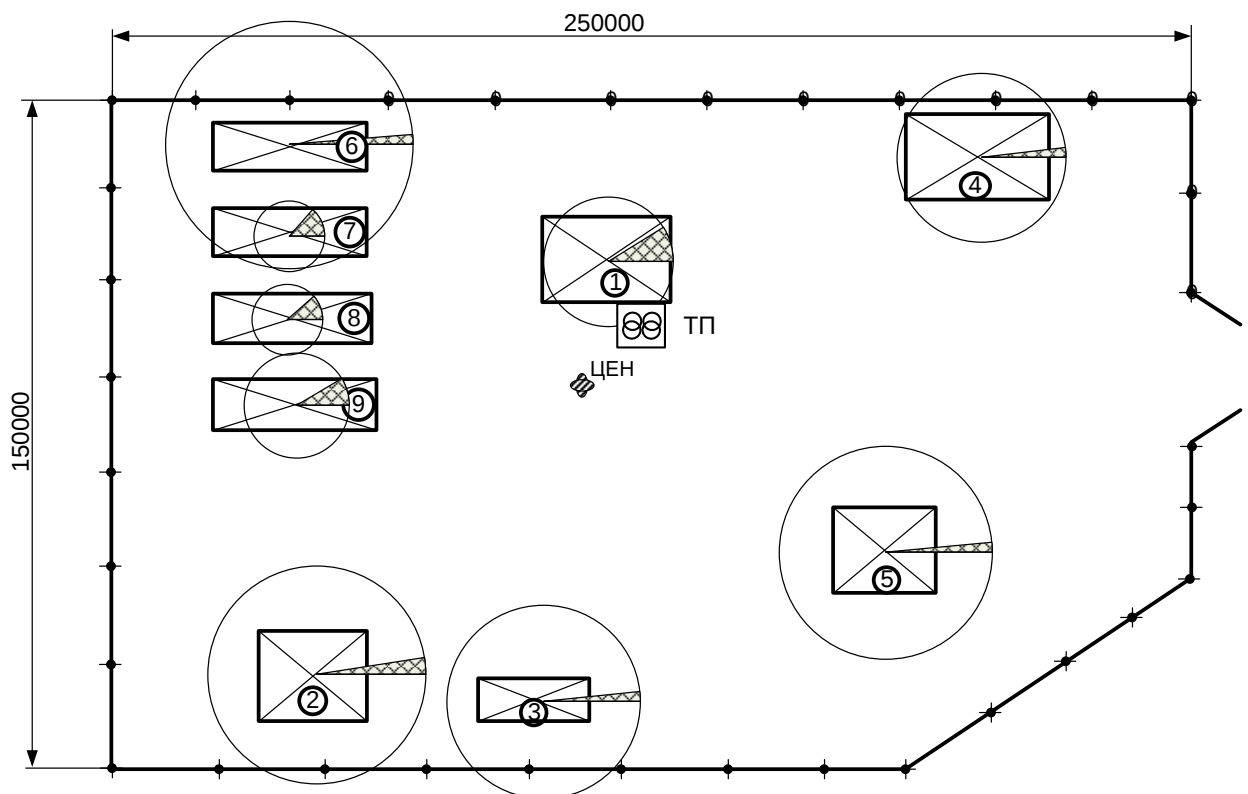


Рисунок 2.2 – Картограма електричних навантажень та ЦЕН підприємства

2.4 Вибір потужності трансформаторів цехових ТП

При визначенні числа і потужності трансформаторів ЦТП враховують:

- 1) надійність електропостачання, зокрема навіть для споживачів II категорії доцільно використовувати двотрансформаторні ТП;
- 2) економічність цехових і заводських мереж;
- 3) доцільність уніфікації підстанцій (однотипність підстанцій забезпечує можливість використання меншого числа резервних трансформаторів).

В даному варіанті, враховуючи, що на підприємстві відсутні споживачі I категорії з надійності, доцільно споруджувати двотрансформаторну підстанцію.

Визначимо сумарну розрахункову потужність всіх цехів, електрообладнання яких живиться на напрузі 0,4 кВ:

$$S_{\Sigma} = \Sigma S_i = 949,5 \text{ кВА}.$$

Площа всіх цехів становить

$$F_{\Sigma} = \Sigma (F_i + F_{\text{приєдн}}) = (1190,6 + 800) = 1990,6 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Визначимо економічний ступінь потужності трансформаторів в залежності від густини навантаження:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{949,5}{1990,6} = 0,48 \text{ (кВА/м}^2\text{)}.$$

При $S_{\text{пит}} > 0,4 \text{ кВА/м}^2$ доцільно застосовувати двотрансформаторні підстанції незалежно від категорії надійності електропостачання. [1].

З [1] визначаємо номінальну потужність трансформаторів, яка у випадку двотрансформаторної підстанції приймається 630, 1000 (кВА).

Наведені розрахунки показали, що очевидним для встановлення на ТП підприємства є 2 трансформатори потужністю по 630 кВА, як з технічної та економічної точки зору.

Визначимо коефіцієнт завантаження трансформаторів .

$$K_3 = \frac{S_M}{2S_{\text{нтр}}} = \frac{949,5}{2 \cdot 630} = 0,75$$

Такий коефіцієнт завантаження є припустимим при наявності споживачів II категорії за надійністю.

Потужність живлячих трансформаторів ще не вибрано, тому втрати потужності в них визначаються за наближеними формулами:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,02 S_p = 0,02 \cdot 949,5 = 19 \text{ кВт}; \quad (2.19)$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 0,1 S_p = 0,1 \cdot 949,5 = 94,95 \text{ квар}. \quad (2.20)$$

Розрахункова потужність ТП з врахуванням втрат в трансформаторах:

$$S_p = \sqrt{(P_{\Sigma} + \Delta P_{\text{тр}})^2 + (Q_{\Sigma} + \Delta Q_{\text{тр}})^2} \text{ кВА};$$

$$S_p = \sqrt{(822 + 19)^2 + (699 + 94,95)^2} = 1142,8 \text{ кВА}.$$

Реактивна потужність, яка може бути спожита з системи в години максимальних навантажень:

$$Q_{1\epsilon} = \alpha \cdot P_M = 0,15 \cdot 841 = 126,2 \text{ (квар)},$$

де $\alpha = 0,15$ для підстанції з напругою 10 (кВ).

2.5 Компенсація реактивної потужності на підприємстві

Енергоощадним заходом, який пропонується в роботі, є компенсація

реактивної потужності. Цей захід дозволяє зменшити втрати активної потужності, збільшити пропускну здатність елементів мережі, стабілізувати напругу у вузлах схеми. Основними споживачами реактивної енергії є асинхронні двигуни і трансформатори, тому що реактивна енергія витрачається на створення магнітних полів. Заходи по компенсації реактивної потужності повинні обґрунтовуватись техніко – економічними розрахунками і використовуватись при узгодженні з енергосистемою. Плануємо використання групової компенсації з встановленням на трансформаторних підстанціях в РП 0,4 кВ комплектних компенсуючих пристроїв. Підприємству енергосистемою у відповідності з діючою методикою розрахунку компенсації реактивної потужності встановлено значення вхідної реактивної потужності 300 квар.

Потужність компенсуючих пристроїв визначається за формулою:

$$Q_{ky} = Q_p - Q_{vx} \quad 793,95 - 300 = 493,94 \text{ (квар).}, \quad (2.20)$$

де Q_p – розрахункова реактивна потужність по ТП, (квар);

По розрахунках вибираємо кількість та потужність низьковольтних компенсуючих пристроїв.

Приймаємо до встановлення на ТП комплектну конденсаторну установку УКРП-0,4-225-25У3 ($Q_n = 225$ квар), що має ступені регулювання по 25 квар в кількості 2 штуки.. по одній на кожний трансформатор.

Визначаємо розрахункове максимальне навантаження підприємства з урахуванням компенсації реактивної потужності.

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + (Q_{\Sigma} - Q_{KY})^2} = \sqrt{822^2 + (793,95 - 450)^2} = 891 \text{ (кВА)}. \quad (2.21)$$

Розглянемо, як зміниться коефіцієнт завантаження трансформаторів ТП підприємства при встановленні батарей конденсаторів. Розрахунок проведемо в табличній формі, таблиця 2.8.

Таблиця 2.8 – Уточнення коефіцієнту завантаження трансформаторів ТП

№ ТП	P_{Σ} , (кВт)	Q_{Σ} , (квар)	Тип КУ	S_{Σ} після комп, (кВА)	K_z до компенс	K_z після компенс
1	822	793,95	УКРП-0,4-225-25УЗ	891	0,75	0,7

Проаналізувавши результати розрахунків можна зробити такі висновки:

1. Встановлення КУ розвантажує трансформатори, переводить їх в режим, близький до оптимального, коли трансформатор має максимальний ККД.
2. Зменшується струм в мережі, а значить в квадратичній залежності зменшуються втрати потужності при передачі електроенергії.
3. Стабілізується напруга в мережі.
4. Можна використовувати БСК для симетрування навантаження, якщо це потрібно.

2.6 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

Обираємо радіальну схему електропостачання напругою 10 кВ.

Заводські мережі конструктивно виконані кабелями прокладеними в земляних траншеях.

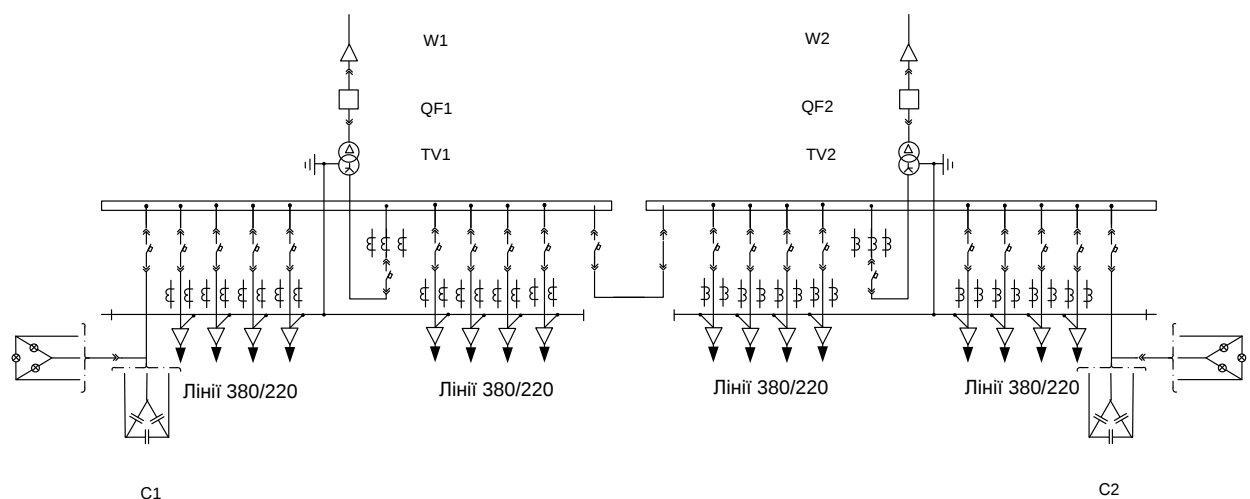


Рисунок 2.3 – Схема внутрішньозаводського електропостачання

Здійснимо вибір високовольтних вимикачів, які встановлюються на ТП.

Високовольтні вимикачі вибираємо за номінальною напругою та розрахунковим струмом з урахуванням післяаварійних режимів, а також можливих нерівномірностей розподілу між лініями і секціями шин.

Розрахуємо струм для нормального режиму:

для ТП

$$I_{M1} = \frac{S_{M1}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{891}{\sqrt{3} \cdot 10} = 51,5 \text{ (A)}.$$

Розрахуємо максимальний струм для післяаварійного режиму:

$$I_{M \text{ ав}} = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1,4 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 51 \text{ (A)}. \quad (2.22)$$

Для встановлення на стороні 10 кВ вибираємо маломасляні вимикачі ВК-10-31,5 з номінальним струмом вимикача $630 \text{ A} > I_{M \text{ ав}} = 51 \text{ (A)}$, власний час відключення вимикача 012 (с).

Для прокладки внутрішньозаводської високовольтної мережі вибираємо броньований кабель з паперовою ізоляцією в алюмінієвій оболонці типу ААБ, прокладку виконуємо в траншеї.

Вибір перерізу жил кабелю виконуємо за економічною густиною струму.

Визначимо економічний переріз кабелю для живлення ТП підприємства:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_M}{j_{\text{ек}}} = \frac{51,5}{1,4} = 36,8 \text{ (мм}^2\text{)} \quad (2.23)$$

$J_{\text{ек}} = 1,4$ для кабелів з паперовою ізоляцією при числі годин використання максимуму навантаження більше 3000 до 5000 годин на рік

Вибираємо кабель ААБ перерізом $3 \times 35 \text{ (мм}^2\text{)}$ з допустимим струмом $I_{\text{доп}} = 135 \text{ (A)}$ [1].

Результати розрахунків зводимо до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників

Лінія	$I_M, (A)$	$I_{M\text{ ав}},(A)$	Вимикач	$I_{\text{ном в}}, (A)$	$S_{\text{ек}}, (мм^2)$	Кабель	$I_{\text{доп}}, (A)$
РТП-ТП	51,5	51	ВК-10-31,5	630	36,8	ААБ(3×35)	135

2.7 Перевірка вибраного обладнання в аварійних режимах роботи мережі

2.7.1 Розрахунок струмів КЗ в мережах 10 кВ підприємства та вибір високовольтного електрообладнання

Для підприємств, які живляться від енергосистеми з віддаленими від точки КЗ генераторами, при розрахунку струмів КЗ розрізняють два випадки:

- 1) високовольтні електродвигуни відсутні;
- 2) високовольтні двигуни присутні.

Оскільки на підприємстві відсутні високовольтні електродвигуни, то струми КЗ необхідно визначати тільки від енергосистеми. Прийmemo базисну потужність $S_6=1000$ (МВА) [2]. За базисну напругу приймаємо середню напругу $U_{\text{сер}}$ ступеня, на якому виникає КЗ. Базисний струм на кожному ступені можна визначити за формулою:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{сер}}} . \quad (2.24)$$

У відповідності до вихідних даних потужність трифазного КЗ – $S_K = 70$ (МВА).

Розрахункова схема і схема заміщення зображені на рисунку 2.4.

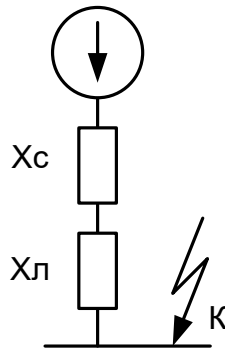


Рисунок 2.4 – Схема заміщення для розрахунку струмів КЗ

Визначимо базисний струм:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{сер}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55 \text{ кА}.$$

Опір системи можна визначити за формулою:

$$X_c = \frac{S_6}{S_K} = \frac{1000}{70} = 14,2. \quad (2.25)$$

Для живлення вибрано кабельну лінію ААБ(3*35)мм² з I_{доп}=135 (А).

Відповідно до рекомендацій [1] кабелі перерізом 70 (мм²) і менше враховуються не тільки реактивним, а й активним опором.

$$R_{\text{л}} = R_{\text{пит}} l \frac{S_6}{U_{\text{сер}}^2} = 0,66 \cdot 2 \frac{1000}{10,5^2} = 12;$$

$$X_{\text{л}} = X_{\text{пит}} l \frac{S_6}{U_{\text{сер}}^2} = 0,075 \cdot 2 \frac{1000}{10,5^2} = 1,4.$$

Визначаємо результуючий опір:

$$X_{\Sigma} = X_c + X_{\text{л}} = 14,2 + 1,4 = 15,6;$$

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\text{л}}^2} = \sqrt{15,6^2 + 12^2} = 19,7.$$

Початкове діюче значення струму КЗ від системи:

$$I_{п о с} = \frac{E_c}{Z_c} I_6 = \frac{1}{19,7} 55 = 2,79 \text{ кА}.$$

Періодична складова струму від енергосистеми не змінюється, тому

$$I_{п о с} = I_{\infty} = 2,79 \text{ (кА)}.$$

Аперіодична складова струму КЗ при $t = \tau = 0,01 \text{ (с)}$:

$$I_{a \tau, c} = \sqrt{2} I_{п.о.с} \cdot e^{-t/T_{f/c}} = \sqrt{2} \cdot 2,79 \cdot e^{-0,1/0,03} = 0,182 \text{ (кА)},$$

де $\tau = t_{рз \text{ мін}} + t_{в \text{ в}} = 0,01 + 0,09 = 0,1 \text{ (с)}$;

$T_{a c} = 0,03$ - постійна часу аперіодичної складової, с [1].

Ударний струм КЗ:

$$i_{уд c} = \sqrt{2} I_{пос} (1 + e^{-0,01/T_{ac}}) = \sqrt{2} \cdot 2,79 (1 + e^{-0,01/0,03}) = 6,77 \text{ (кА)}.$$

Перевірку високовольтних вимикачів ВК-10-10 на динамічну стійкість до дії струмів КЗ здійснюємо за умовами:

$$\left\{ \begin{array}{l} i_{дин} \geq i_{уд} \\ I_{дин} \geq I_{по} \end{array} \right\} \quad (2.26)$$

Всі необхідні параметри вимикача ВК-10-10 беремо з [4].

$$i_{дин} = 25 \text{ кА} \geq i_{уд} = 6,77 \text{ (кА)};$$

$$I_{дин} = 10 \text{ кА} \geq I_{по} = 2,79 \text{ (кА)}.$$

Умови перевірки обраного вимикача на динамічну стійкість до дії струмів КЗ теж виконуються.

Перевірку комутаційної здатності здійснюємо за умовами:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{нв\text{ідкл}} \geq I_{птс} \\ \sqrt{2} I_{нв\text{ідкл}} \left(1 + \frac{\beta_n}{100} \right) \geq \sqrt{2} I_{птс} + i_{атс} \end{array} \right\} \quad (2.27)$$

Оскільки $\tau = 0,1(\text{с}) > 0,09(\text{с})$, то приймаємо $\beta_n = 0$ і перевірку комутаційної здатності вимикача здійснюємо за наступними умовами:

$$I_{\text{н відкл}} = 10 (\text{кА}) \geq I_{\text{пт}} = 2,79 (\text{кА});$$

$$\sqrt{2}I_{\text{н відкл}} = \sqrt{2} \cdot 10 = 14,1 \text{кА} \geq \sqrt{2} \cdot 2,79 + 0,182 = 4,12 (\text{кА}).$$

Умови перевірки обраного вимикача на комутаційну здатність виконуються.

Визначаємо тепловий імпульс:

$$B_k = I_{\text{п о с}}^2 (t_{\text{відкл}} + T_a \text{ с}) = 2,79^2 \cdot (0,6 + 0,03) = 4,9 (\text{кА}^2 \text{с});$$

$$\text{де } t_{\text{відкл}} = t_{\text{р з}} + t_{\text{п в}} = 0,05 + 0,1 = 0,6 (\text{с}).$$

Перевіримо умову на термічну дію струму КЗ для вибраного високовольтного вимикача:

$$B_k \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{тер}};$$

$$4,9 \leq 10^2 \cdot 4 = 400 (\text{кА}^2 \text{с}).$$

Умова виконується, отже вибраний високовольтний вимикач забезпечить надійну комутацію лінії.

Перевіримо термічну стійкість кабелів від РТП до ТП підприємства до дії струмів КЗ. Визначимо мінімальний переріз кабельних ліній

$$S_{\text{мін}} = \left(\frac{I_{\text{пос}}^{(3)} \cdot \sqrt{t_{\text{відкл}}}}{C_m} \right)^2 = \frac{2,79 \cdot \sqrt{0,15}}{92} \cdot 1000 = 11,7 \text{ мм}^2,$$

де $t_{\text{відкл}}$ – час відключення струму короткого замикання:

$$t_{\text{відкл}} = t_{\text{с.в}} + t_{\text{д}} + T_a, \quad (2.28)$$

$$t_{\text{відкл}} = 0,12 + 0,01 + 0,03 = 0,15 (\text{с});$$

Як видно з розрахунків $s_{\text{мін}} < s_{\text{пр}}$ ($s_{\text{пр}} = 35 \text{ мм}^2$), отже, умова перевірки кабельних ліній від РТП до ТП на термічну стійкість до дії струмів КЗ виконується, тому даний тип ліній може бути використаний для внутрішнього електропостачання заводу.

2.7.2 Розрахунок струмів КЗ в мережі напругою до 1000 В

Розрахунок струмів КЗ виконується з метою перевірки вибраних захисних апаратів за умовою комутаційної здатності. Розрахунок струмів КЗ в мережі напругою до 1000 В ведеться в системі іменованих одиниць.

Складемо розрахункову схему, рис. 2.5, і схему заміщення, рис. 2.6, для точки К2

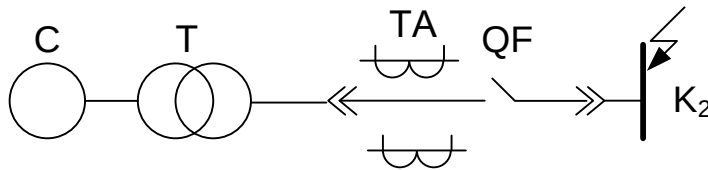


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема для точки К2

Задаємо базисною напругою :

$$U_6 = 400 \text{ (В)}.$$

Обчислимо опір системи за формулою :

$$X_{c1} = \frac{U_6^2}{S_{откл} \cdot 10^3}, (\text{МОм}); \quad (2.29)$$

$$X_{c1} = \frac{400^2}{200 \cdot 10^3} = 0,8 (\text{МОм}).$$

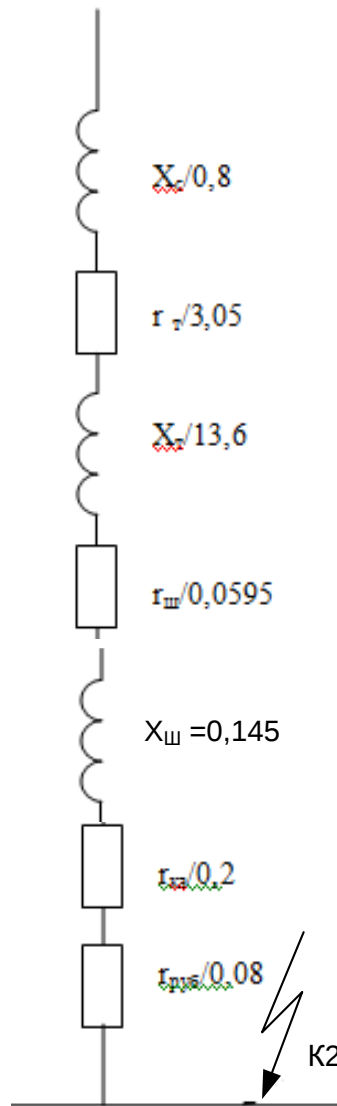


Рисунок 2.6 – Схема заміщення для точки К2

Вибираємо шини РП - 0,4 кВ підстанції, яка проектується, для цього розраховуємо тах струм навантаження .

$$I_{p.max2} = \frac{S_{ном.тр} \cdot K_{н.ав}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} , (A); \quad (2.30)$$

$$I_{p.max2} = \frac{630 \cdot 1,4}{1,73 \cdot 0,4} = 1274,6 (A).$$

Вибираємо однополосні алюмінієві шини перерізом (80 × 8) (мм²).

$$I_{ном.доп.} = 1690 (A) > I_{p.max2} = 1274,6(A).$$

З довідника вибираємо опори шин:

$$r_{0 ш} = 0,0595 (Ом /км); \quad x_{0 ш} = 0,145 (Ом/км)$$

Визначаємо опори трансформатора за формулою:

$$r_{*тр} = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}}; \quad r_{*тр} = \frac{7,6}{630} = 0,012. \quad (2.31)$$

$$X_{*тр} = \sqrt{\left(\frac{U_{к.з. \%}}{100}\right)^2 - r_{*тр}^2}; \quad X_{*тр} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - 0,012^2} = 0,0537. \quad (2.32)$$

$$r_{тр} = r_{*тр} \cdot \frac{U_6^2}{S_{ном.тр.}}, \text{ (мОм)}; \quad r_{тр} = 0,012 \cdot \frac{400^2}{630} = 3,05 \text{ (мОм)}. \quad (2.33)$$

$$X_{тр} = X_{*тр} \cdot \frac{U_6^2}{S_{ном.тр.}}, \text{ мОм}; \quad X_{тр} = 0,0537 \cdot \frac{400^2}{630} = 13,6 \text{ (мОм)}. \quad (2.34)$$

Розраховуємо номінальний струм трансформатора з боку 0,4 (кВ):

$$I_{ном2 (max)} = \frac{S_{н.тр.}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \text{ (А)}; \quad I_{ном2 (max)} = \frac{630}{1,73 \cdot 0,4} = 910,4 \text{ А}. \quad (2.35)$$

З довідникових даних визначаємо опір трансформаторів струму:

$$r_{тс} = 0; \quad X_{тс} = 0.$$

Вибираємо з довідника опори контактів автоматичного вимикача та рубильника

$$r_a = 0,2 \text{ (мОм)}; \quad r_{руб} = 0,08 \text{ (мОм)}.$$

Знаходимо опір шини

$$r_{ш} = r_{0ш} \cdot L_{ш} = 0,0595 \cdot 4 = 0,238 \text{ (мОм)};$$

Знаходимо еквівалентні опори схеми за формулою :

$$X_{екв.} = X_c + X_{тр} = 0,8 + 13,6 = 14,4 \text{ (мОм)};$$

$$r_{екв.} = r_{т} + r_{ш} + r_{ка} + r_{к руб} = 3,05 + 0,238 + 0,2 + 0,08 = 3,57 \text{ (мОм)}.$$

Знаходимо повний еквівалентний опір схеми за формулою :

$$Z_{екв} = \sqrt{r_{екв.}^2 + X_{екв.}^2}, \text{ (мОм)};$$

$$Z_{екв} = \sqrt{14,4^2 + 3,57^2} = 14,8 \text{ (мОм)}.$$

Знаходимо струми К.З. в точці К2

Надперехідний струм :

$$I''_2 = I_\infty = \frac{U_{\text{б.}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{екв.}}}, (\text{кА}); \quad (2.36)$$

$$I''_2 = I_\infty = \frac{400}{1,73 \cdot 14,8} = 15,6 (\text{кА}).$$

Ударний струм :

$$i_{\text{уд.}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд.}} \cdot I'', (\text{кА}); \quad (2.37)$$

$$i_{\text{уд.}} = \sqrt{2} \cdot 1,5 \cdot 15,6 = 33,09 (\text{кА}).$$

$$\text{де } K_{\text{уд.}} = f\left(\frac{X_{\text{екв.}}}{r_{\text{екв.}}}\right) = f\left(\frac{14,4}{3,57}\right) = f(4,03) = 1,5.$$

2.7.3 Вибір електроустаткування з боку 0,4 (кВ) трансформаторної підстанції

В трансформаторних підстанціях з трансформаторами 630 (кВА) встановлені алюмінієві шини прямокутного перерізу 80*8 мм² з однією полозою на фазу.

Перевіримо шини на динамічну стійкість дії струму КЗ

Зусилля на середню фазу:

$$F = 1,76 \cdot i_y^2 \cdot \frac{l}{a} \cdot 10^{-2}; \quad (2.37)$$

де l-довжина прольоту; l=100 (см);

a-відстань між шинами; a=24 (см).

$$F = 1,76 \cdot 33,09^2 \cdot \frac{100}{24} \cdot 10^{-2} = 80,3 (\text{кгс}).$$

Момент, що вигибає шину:

$$M = \frac{F \cdot l}{8} = \frac{80,3 \cdot 100}{8} = 1003,8 (\text{кгс} \cdot \text{см}). \quad (2.38)$$

Момент опору шини

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{0,8 \cdot 8^2}{6} = 8,53 (\text{см}^3). \quad (2.39)$$

Напруга в матеріалі шин

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{M}{W} = \frac{1003,8}{8,53} = 117,7 \text{ кгс/см}^2 = 11,8 \text{ (МПа)}. \quad (2.40)$$

$\sigma_{\text{доп}} = 70 \text{ (МПа)}$, що більше розрахованого, значить шини вибрані вірно.

Визначимо мінімальний переріз шин за умовою термічної стійкості.

$$S_{\text{min}} = I_{\infty} * \alpha * \sqrt{tn} = 11 * 15,6 * \sqrt{1,5} = 210,2 \text{ (мм}^2\text{)}, \quad (2.41)$$

що менше фактичного $80 * 8 = 6400 \text{ мм}^2$. Значить, вибрані шини термічно стійкі до дії струму КЗ.

Виконаємо вибір автоматичного вимикача серії ВА57-39, який встановлюється в РП 0,4 (кВ) комплектних трансформаторних підстанцій. Цей вимикач встановлюється як ввідний в комірках 0,4 (кВ).

Складемо порівняльну таблицю для вибору автоматичного вимикача

Таблиця 2.10 – Вибір автоматичного вимикача 0,4 кВ

Розрахункові дані	Каталожні дані автоматичного вимикача ВА55-43-340016-1600А
$U = 0,4 \text{ (кВ)}$	$U_N = 0,4 \text{ (кВ)}$
$I_{p \text{ max}} = \frac{1,4 * 630}{\sqrt{3} * 0,4} = 1274,6 \text{ А}$	$I_N = 1600 \text{ (А)}$
$i_{уд} = 33,09 \text{ (кА)}$	$I_{отк} = 42 \text{ (кА)}$

2.7.4 Вибір КВП та вимірювальних трансформаторів

Нормальна експлуатація системи електропостачання потребує оперативного отримання інформації щодо рівнів напруги, потужності, енергії, частоти, якості ізоляції. Для можливості отримання цієї інформації передбачимо установку відповідних приладів та виберемо вимірювальні трансформатори. Перелік необхідних контрольно-вимірювальних приладів наведений. На КТП, що проектується для підприємства, в шафі КТП встановлено:

1. 6 трансформаторів струму типу ТНШЛ-0,66 1500/5 на ввідних лініях 0,4 кВ;

2. На лініях, що відходять, встановлені трансформатори струму ТПЛ-10 600/5 по 2 штуки на кожне приєднання.

3. вольтметрів ЭЗ78 (0-500В)

4. 1 кілоамперметр Э -8021 (0-2кА)

5. 1 лічильник активної енергії

6. 1 лічильник реактивної енергії

Лічильники активної та реактивної енергії призначені для технічного обліку електроенергії.

В даний час на підприємстві експлуатується пристрій зонного обліку електроенергії УЗУ-01. Цей пристрій призначений для обліку енергії по тарифних зонах. Його функціональні можливості:

1. Облік спожитої енергії за 3-тарифними зонами.

2. Фіксація максимальної 30-хвилинної потужності навантаження.

3. Запис і зберігання профілю навантаження по всіх каналах за останні 10 діб.

4. Індикація параметрів енергоспоживання, вбудованого таймера, сервісної інформації.

5. Захист від несанкціонованого доступу до інформації, що має комерційний характер.

6. Автоматична коректировка добового ходу внутрішніх годинників.

7. Можливість розрахунку і запису інформації вручну або за допомогою переносного блоку „електронний блокнот”.

За допомогою УЗУ-01 спрощується аналіз навантаження, є можливість безпосередньо слідкувати за навантаженням, а також аналізувати і вирівнювати навантаження, згладжувати графік розподілення навантаження, запобігати зайвим витратам на електроенергію.

Перелік вимірювальних приладів, що підключаються до трансформатора струму наведено в табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Навантаження трансформатора струму

Назва приладу	Тип	Навантаження по фазах, (ВА)		
		А	В	С
Амперметр	Э-8021	0,1	0,1	0,1
Лічильник активн. енергії	ЦЭ 2727	1,5	1,5	1,5
Лічильник реактив. енергії	ЦР2728	1,5	1,5	1,5
Всього		3,1	3,1	3,1

Зважаючи на те, що до трансформаторів струму підключаються лічильники комерційного обліку електроенергії, то згідно [1] вони повинні працювати в класі точності 0,5.

Підрахуємо опір вторинної обмотки трансформатора струму.

Опір приладів:

$$R_{np} = \frac{S_{np}}{I_{2i}^2} = \frac{3,1}{5^2} = 0,124 \text{ (Ом)}. \quad (2.42)$$

Перехідний опір контактів $R_k = 0,1 \text{ (Ом)}$.

Для підключення приборів використовуємо мідні проводи перерізом 2,5 мм², довжиною $l = 6 \text{ м}$.

$$\text{Опір проводів: } R_{пр} = \frac{1}{\gamma * S} * l = \frac{1}{2,5 * 57} * 6 = 0,042 \text{ (Ом)}. \quad (2.43)$$

Опір вторинного кола трансформатора струму

$$R = R_{np} + R_k + R_{пров} = 0,124 + 0,1 + 0,042 = 0,266 \text{ (Ом)}.$$

Для живлення струмових обмоток вимірювальних пристроїв вибираємо трансформатор ТНШЛ-0,66 класу точності 0,5. Складемо порівняльну таблицю розрахункових і каталожних даних трансформатора струму.

Таблиця 2.12 – Вибір трансформаторів струму

Розрахункові дані	Каталожні дані ТНШЛ-0,66
U=0,4 (кВ)	U _н =0,66 (кВ)

$I=1274,6 \text{ (A)}$	$I_H=1500 \text{ (A)}$
$S=3,1 \text{ (BA)}$	$S_H=20 \text{ (BA)}$
$R=0,266 \text{ (Ом)}$	$R_H=0,8 \text{ (Ом)}$
$\frac{I_{\infty} * \sqrt{t_n}}{I_{HH} * \sqrt{t_{HH}}} = \frac{15,6 * \sqrt{1,5}}{1,5 * \sqrt{1}} = 12,7$	$K_{Ty}=50$

Як видно з наведеної порівняльної таблиці, вибрані вимірювальні трансформатори працюватимуть в потрібному класі точності й відповідають умовам вибору.

РОЗДІЛ 3.

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ ЦЕХУ ПРИГОТУВАННЯ ТА ВИПІЧКИ

3.1 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

При виборі автоматичних вимикачів повинні виконуватись такі умови:

$$I_{н\text{ розч}} \geq K_{\text{відс}} I_M; \quad (3.1)$$

$$I_{с. в} \geq K_H I_{\Pi}, \quad (3.2)$$

де $I_{н\text{ розч}}$ - номінальний струм самозапуску;

$I_{с. в}$ - струм спрацювання відсічки;

$K_{\text{відс}}$ - коефіцієнт відстроювання, що визначається з умов надійності відстроювання захисту від перевантажень і його неспрацювання (повернення) при (після) пуску або самозапуску;

$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_H}$ - розрахунковий струм окремого електроприймачі, ШР чи РП в цілому при $U_H = 380(\text{В})$;

K_H - коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки;

I_{Π} - піковий (пусковий) струм.

Виберемо автоматичний вимикач для лінії від ТП до РП-1.

Розрахунковий струм для цієї лінії:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_H} = \frac{38,06}{\sqrt{3} * 0,4} = 55(\text{А}).$$

Піковий струм визначаємо за формулою:

$$I_{\Pi} = I_M - K_B I_{H\text{ max}} + I_{\Pi\text{ max}},$$

де $I_{н\ max}$, $I_{п\ max}$ – номінальний і піковий струми найбільш потужних електроприймачів;

K_v - коефіцієнт використання найбільш потужного електроприймача,

$$I_{п}=55 - 0,7 * \frac{7}{\sqrt{3} * 0,4} + 5 \frac{7}{\sqrt{3} * 0,4} = 98,5 (A).$$

Вибираємо для встановлення на лініях від ТП до РП і від РП до споживачів автоматичні вимикачі серії ВА Розрахуємо номінальний струм розчеплювача та струм спрацювання відсічки для лінії ТП – РП-1:

$$I_{н\ розч} \geq K_{відс} * I_{м} = 1,1 * 55 = 60,5 (A);$$

$$I_{с\ в} \geq K_{н} * I_{п} = 2,1 * 98,5 = 206,9 (A).$$

За розрахованими значеннями струмів вибираємо селективний автоматичний вимикач ВА-51-31 з тепловим та електромагнітним розчіплювачем з номінальним струмом вимикача 100 (А), номінальним струмом розчіплювача 63 (А) та струмом спрацювання відсічки 300 (А)

Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів серії ВА 51 з тепловими і електромагнітними розчіплювачами для решти ліній, що підходять безпосередньо до електроприймачів. Результати розрахунків заносимо до таблиць 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Вибір комутаційно-захисної апаратури живлячої мережі цеху

Лінія	S_m , (кВА)	I_m , (А)	I_p , (А)	Тип захисного апарата	$I_{ном.в.}$, (А)	$I_{н\ розч}$ (розр), (А)	$I_{н\ розч}$, (А)	$I_{св\ (розр)}$, (А)	$I_{св}$, (А)
ТП-РП-1	38,06	55	98,5	ВА 52-31	100	60,5	63	206,9	300
ТП-РП-2	26,4	38,2	72,4	ВА 52-31	100	42,02	50	152,0	300

Таблиця 3.2 - Вибір комутаційно-захисної апаратури розподільчої мережі

Лінія	P_m , (кВт)	I_m , (А)	I_p , (А)	Тип захисного апарата	$I_{ном.в.}$ (А)	$I_{н розр}$ (розр), (А)	$I_{н розрч}$ (А)	$I_{св}$ (розр), (А)	$I_{св}$ (А)
РП1-№1-4	1,8	4,16	29,2	ВА 51-25	25	4,16	6,3	61,3	63
РП1-№5-6	4,5	10,6	73,9	ВА 51-25	25	10,6	12,5	155,2	175
РП1-№7-8	2,3	5,6	39,2	ВА 51-25	25	5,6	6,3	82,3	175
РП1-№9	1,25	3,16	22,2	ВА 51-25	25	3,16	6,3	46,6	175
РП1-№10-11	7,0	16,4	115,0	ВА 51-25	25	16,4	20	241,5	250
РП1-№12	1,1	2,8	19,8	ВА 51-25	25	2,8	6,3	41,6	63
РП1-№18-19	1,2	3,04	21,3	ВА 51-25	25	3,04	6,3	44,7	63
РП2-№13-14	3,0	7,6	53,2	ВА 51-25	25	7,6	8	111,7	175
РП2-№15	5,5	13,6	95,0	ВА 51-25	25	13,6	16	199,5	250
РП2-№16	4,0	9,9	69,2	ВА 51-25	25	9,9	12,5	145,3	175
РП2-№17	2,1	5,5	38,5	ВА 51-25	25	5,5	6,3	80,9	175
РП2-№20-21	3,0	7,6	53,2	ВА 51-25	25	7,6	8	111,7	175
РП2-ЩО	4,1	6,9	-	ВА 51-25	25	6,9	8	-	63

Відповідно вимог правил влаштування електроустановок [2] вибираємо такі способи прокладки ліній:

- від ТП до РП-1 та РП-2 прокладка кабелю з алюмінієвими жилами марки АБВГ оскільки ТП підприємства виконується прибудованою до приміщення цеху.

- від РП-1, РП-2 всі електроприймачі приєднані алюмінієвими проводами АПВ в металорукавах;

- електропічі (№13,14,15) приєднуються до РП за допомогою кабелю АНРГ

Розрахуємо силову мережу у відповідності до вимог ПУЕ, згідно яких мережі даного класу напруг повинні розраховуватись за умовою нагрівання розрахунковим струмом.

Розрахунок за нагріванням передбачає визначення розрахункового струму в лінії, а далі в залежності від виду ізоляції провідника вибирається його переріз за умови:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_p}{K_n}, \quad (3.3)$$

де K_n - коефіцієнт умов прокладки кабелю; $K_n=1$;

I_p - розрахунковий струм.

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} * U_n}; \quad S_p = \frac{P_n}{\cos \varphi}. \quad (3.4)$$

Результати розрахунків вибору провідників цехової мережі заносимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Вибір провідників цехової мережі

Лінія	I_m , (А)	$I_{n \text{ розч.}}$, (А)	Тип провідника	Спосіб прокладки	S , (мм ²)	$I_{\text{доп.}}$, А
ТП - РП-1	55	63	АВВГ	по стіні	4*35	85
ТП - РП-2	38,2	50	АВВГ	по стіні	4*25	68
РП1-№1-4	4,16	6,3	АПВ	в металорукавах	4(1x2,5)	19
РП1-№5-6	10,6	12,5	АПВ	в металорукавах	4(1x2,5)	19
РП1-№7-8	5,6	6,3	АПВ	в металорукавах	4(1x2,5)	19
РП1-№9	3,16	6,3	АПВ	в металорукавах	4(1x2,5)	19
РП1-№10-11	16,4	20	АПВ	в металорукавах	4(1x4)	23
РП1-№12	2,8	6,3	АПВ	в металорукавах	4(1x2,5)	19
РП1-№18-19	3,04	6,3	АПВ	в металорукавах	4(1*2,5)	19
РП2-№13-14	7,6	8	АНРГ	в коробах	4*2,5	21
РП2-№15	13,6	16	АНРГ	в коробах	4*2,5	21
РП2-№16	9,9	12,5	АПВ	в металорукавах	4(1x2,5)	19
РП2-№17	5,5	6,3	АПВ	в металорукавах	4(1x2,5)	19
РП2-№20-21	7,6	8,0	АПВ	в металорукавах	4(1x2,5)	19
РП2-ЩО	6,6	8,0	АВВГ	по стіні	4*2,5	17

Силова мережа цеху, що вибрана за умовою нагрівання струмом навантаження, як видно з таблиці, перевірена за умовою відповідності апарату захисту, оскільки $I_{\text{доп}} > I_{\text{н розч}}$

3.2 Перевірка вибраної цехової мережі на втрату напруги

У відповідності до вимог ПУЕ вибрані провідники перевіримо на допустимі втрати напруги. Величина втрати напруги на ділянці мережі перерізом S визначається за формулою:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_p * r_o * l * \cos \varphi, \quad (3.5)$$

де I_p – розрахунковий струм дільниці, (А);

r_o – питомий опір провідника, (Ом/км);

l - довжина провідника, (км);

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності.

Відхилення напруги в процентах визначається за виразом:

$$\Delta U = \frac{\Delta U}{U_n} * 100\%. \quad (3.6)$$

Розрахуємо дільницю мережі від ТП до РП-1

$$\Delta U = \sqrt{3} * 55 * 0,95 * 0,025 * 0,7 = 1,6 \text{ (В)};$$

$$\Delta U = \frac{1,6}{380} * 100\% = 0,4\%.$$

Проведені розрахунки показали, що кабель такого перерізу задовольняє умови перевірки на втрату напруги. Подальші розрахунки зведені до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Перевірка силової мережі на допустиму втрату напруги

Дільниця мережі	I_p , А	Переріз кабеля, проводу, (мм ²)	r_0 , (Ом/км)	l , (км)	$\cos \varphi$	ΔU , %
ТП-РП-1	55	4x35	0,95	0,025	0,7	0,4
ТП-РП-2	38,2	4x25	1,32	0,012	0,66	0,18
РП-1 -№1-4	4,16	4(1x2,5)	13,2	0,015	0,65	0,2
РП-1 -№5-6	10,6	4(1x2,5)	13,2	0,02	0,8	1,0
РП-1 -№7-8	5,6	4(1x2,5)	13,2	0,01	0,5	0,17
РП-1 -№9	3,16	4(1x2,5)	13,2	0,015	0,8	0,22
РП-1 №10-11	16,4	4(1x2,5)	13,2	0,018	0,85	1,5
РП-1 -№12	2,8	4(1x2,5)	13,2	0,015	0,4	0,1
РП-1 №18-19	3,04	4(1x2,5)	13,2	0,025	0,65	0,3
РП-2 №13-14	7,6	(4x2,5)	13,2	0,01	0,95	0,4
РП-2 -№15	13,6	(4x2,5)	13,2	0,01	0,95	0,7
РП-2 №16	9,9	4(1x2,5)	13,2	0,025	0,65	0,9
РП-2 №17	5,5	4(1x2,5)	13,2	0,025	0,5	0,4
РП-2 №20-21	7,6	4(1x2,5)	13,2	0,03	0,85	1,2
РП-2- ЩО	6,6	4*2,5	13,2	0,007	0,9	0,27

Примітка. З групи однакових за потужністю споживачів вибрано довжину найвіддаленішого. Зрозуміло, що для інших споживачів втрата напруги буде ще меншою.

Виконаємо перевірку вимоги для споживачів, що мають найбільшу втрату напруги.

Для РП-1

$$\Delta U_{\max} = \Delta U_{\text{ТП-РП1}} + \Delta U_{\text{РП1-№11}} = 0,4 + 1,5 = 1,9 < 5\%.$$

Для РП-2

$$\Delta U_{\max} = \Delta U_{\text{ТП-РП2}} + \Delta U_{\text{РП2-№21}} = 0,18 + 1,2 = 1,38 < 5\%.$$

З розрахунків робимо висновок, що оскільки спроектована ТП є прибудованою і знаходиться у безпосередній близькості до споживачів цеху втрати напруги є дуже незначними.

Вибір силової мережі, перевірений розрахунком на втрату напруги, показав, що розподільча мережа цеху вибрана вірно і відповідає вимогам ГОСТ.

3.3 Перевірка чутливості і селективності захисту цехових мереж

З метою перевірки захисних апаратів за умовою комутаційної здатності [3] виконаємо розрахунок струмів короткого замикання для ділянки ТП-РП1-ЕП. Складемо розрахункову схему.

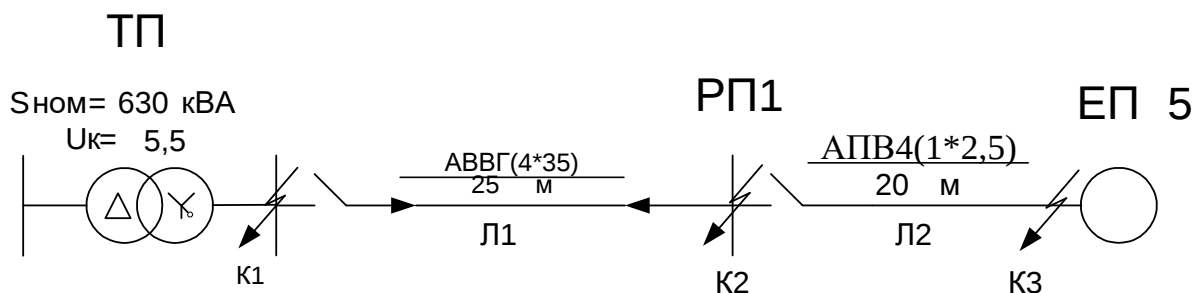


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема мережі для ділянки ТП-РП1- ЕП5

Номінальна потужність трансформатора: $S_{ном.Т} = 630 \text{ (кВА)}$.

Визначимо опір трансформатора:

$$Z_T = \frac{U_K}{100} * \frac{U_H^2}{S_{номтр}} = \frac{5,5}{100} * \frac{380^2}{630 * 10^3} = 12,6 * 10^{-3} = 12,6 \text{ (мОм)}.$$

Визначаємо опори ліній Л1, Л2:

$$Z_{Л1}=Z_{ТП1-РП1}=\sqrt{R_{ПIT}^2 + X_{ПIT}^2} = \sqrt{0,95^2 + 0,075^2} * 25 = 23,8 \text{ (МОм)};$$

$$Z_{Л2}=Z_{РП1-ЕП3}=13,2*20=264 \text{ (МОм)}.$$

Розрахуємо значення струму при трифазному металічному КЗ за формулою [3]:

$$I_{К.Мах}^{(3)} = \frac{1,05U_{НОМ}}{\sqrt{3}Z_{\Sigma}}, \quad (3.7)$$

де Z_{Σ} - загальний повний опір елементів цехової мережі до точки КЗ.

- для точки К1

$$I_{К\text{ мах}}^3 = \frac{1,05 * 380}{\sqrt{3} * 12,6} = 18,3(\text{кА});$$

-для точки К2

$$I_{К\text{ мах}}^3 = \frac{1,05 * 380}{\sqrt{3}(12,6 + 23,8)} = 6,3(\text{кА});$$

- для точки К3

$$I_{К\text{ мах}}^3 = \frac{1,05 * 380}{\sqrt{3}(12,6 + 23,8 + 264)} = 1,33(\text{кА}).$$

Виконаємо перевірки вибраних захисних апаратів за умовою комутаційної здатності [3]:

- для точки К1

$$I_{Відкл}=42 \text{ (кА)} \geq I_{Кмах}^3 = 18,3(\text{кА});$$

- для точки К2

$$I_{Н\text{ відкл}}=16 \geq I_{К\text{ мах}}^{(3)}=6,3 \text{ (кА)};$$

- для точки К3

$$I_{Н\text{ відкл}}=6 \geq I_{К\text{ мах}}^{(3)}=1,33 \text{ (кА)}.$$

Отже, вимикачі, вибрані для установки на ТП та РП, умовам комутаційної здатності відповідають.

Аналогічну перевірку здійснимо для РП2 та ЕП 16

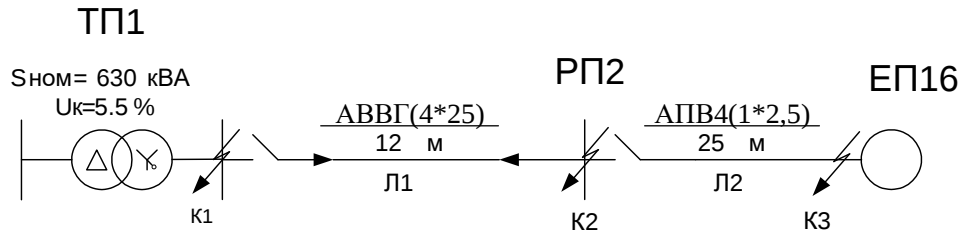


Рисунок 3.2 –Розрахункова схема мережі для ділянки ТП-РП2- ЕП16

Визначаємо опори ліній Л1, Л2:

$$Z_{Л1}=Z_{ТП1-РП2}=\sqrt{R_{\text{Л1}}^2 + X_{\text{Л1}}^2} = \sqrt{1,32^2 + 0,08^2} * 12 = 15,87 \text{ (мОм)};$$

$$Z_{Л2}=Z_{РП2-ЕП16}=R_{\text{Л2}} * l = 13,2 * 25 = 330 \text{ (мОм)}.$$

$$I_{\text{к max}}^{(3)} = \frac{1,05 * 380}{\sqrt{3} * 12,6} = 18,3 \text{ (кА)};$$

-для точки К2

$$I_{\text{к max}}^{(3)} = \frac{1,05 * 380}{\sqrt{3}(12,6 + 15,87)} = 8,1 \text{ (кА)};$$

- для точки К3

$$I_{\text{к max}}^{(3)} = \frac{1,05 * 380}{\sqrt{3}(12,6 + 15,87 + 330)} = 1,11 \text{ (кА)}.$$

Виконаємо перевірки вибраних захисних апаратів за умовою комутаційної здатності [3]:

- для точки К1

$$I_{\text{відкл}} = 42 \text{ (кА)} \geq I_{\text{к max}}^{(3)} = 18,3 \text{ (кА)};$$

- для точки К2

$$I_{\text{н відкл}} = 16 \geq I_{\text{к max}}^{(3)} = 8,1 \text{ (кА)};$$

- для точки К3

$$I_{\text{н відкл}} = 6 \geq I_{\text{к max}}^{(3)} = 1,11 \text{ (кА)}.$$

Отже, вимикачі, вибрані для установки на ТП та РП, умовам комутаційної здатності відповідають.

3.4 Перевірка чутливості і селективності захисту цехових мереж

Виконаємо перевірку селективності дії захисту для вибраних РП та споживачів [6].

Визначимо струм однофазного КЗ в точці короткого замикання з урахуванням перехідного процесу:

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{U_{\phi.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-н} \cdot l}, \quad (3.8)$$

де $Z_{\Sigma}^{(1)} = 3Z_T$ (мОм) – повний опір силового трансформатора струмам однофазного КЗ;

$Z_{\phi-н}$ - питомий опір петлі фаза-нуль;

l – відстань до місця КЗ.

$$Z^{1\phi\Sigma} = 3 * \frac{U_K}{100} * \frac{U^2}{S_{нтр}} = 3 * \frac{5,5}{100} * \frac{380^2}{630 * 10^3} = 37,8 * 10^{-3} = 37,8 \text{ (мОм)}.$$

По РП-1

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{220}{\frac{37,8}{3} + 15,87} = 7,72 \text{ (кА)}.$$

Струм однофазного КЗ на затискачах ЕП-6:

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{U_{\phi.ном}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{\phi-н} \cdot l}; \quad (3.9)$$

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{220}{\frac{37,8}{3} + 15,87 + 330} = 0,61 \text{ (кА)}.$$

Перевіримо чи виконується умова:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_{к.міп}^{(1)}}{3}. \quad (3.10)$$

Перевіримо чутливість захисту лінії ТП1-РП1:

$$I_{н.розч}=63 \text{ (A)} < \frac{I_{к2}^1}{3} = \frac{7720}{3} = 2570 \text{ (A)}.$$

Перевіримо чутливість захисту лінії РП1- ЕП5:

$$I_{н.розч}=12,5 \text{ (A)} < \frac{I_{к3}^1}{3} = \frac{610}{3} = 203,3 \text{ (A)}.$$

Умови перевірки чутливості автоматичних вимикачів виконуються [4].

Перевіримо селективність дії захисту. Селективність автоматичних вимикачів перевіряємо за умовами [3]:

$$\begin{cases} I_{с.В1} > (1,3..1,5)I_{с.В2}, \\ t_{с.В1} = t_{с.В2} + \Delta t. \end{cases} \quad (3.11)$$

Виконаємо перевірку на селективність для вимикачів, що захищають лінії РП-1 – ЕП-5 (вимикач 2) [3].

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{ВВ2} = 300 \text{ (A)} > 1,3..1,5 I_{СВ3} = 227,5..262,5 \text{ (A)} \\ t_{с2!} = 0,2 > t_{СВ"3} + \Delta t = 0,015 + 0,1 = 0,115 \end{array} \right\}.$$

Умови селективності виконуються [6].

Будуємо карту селективності дії захисту для даних вимикачів.

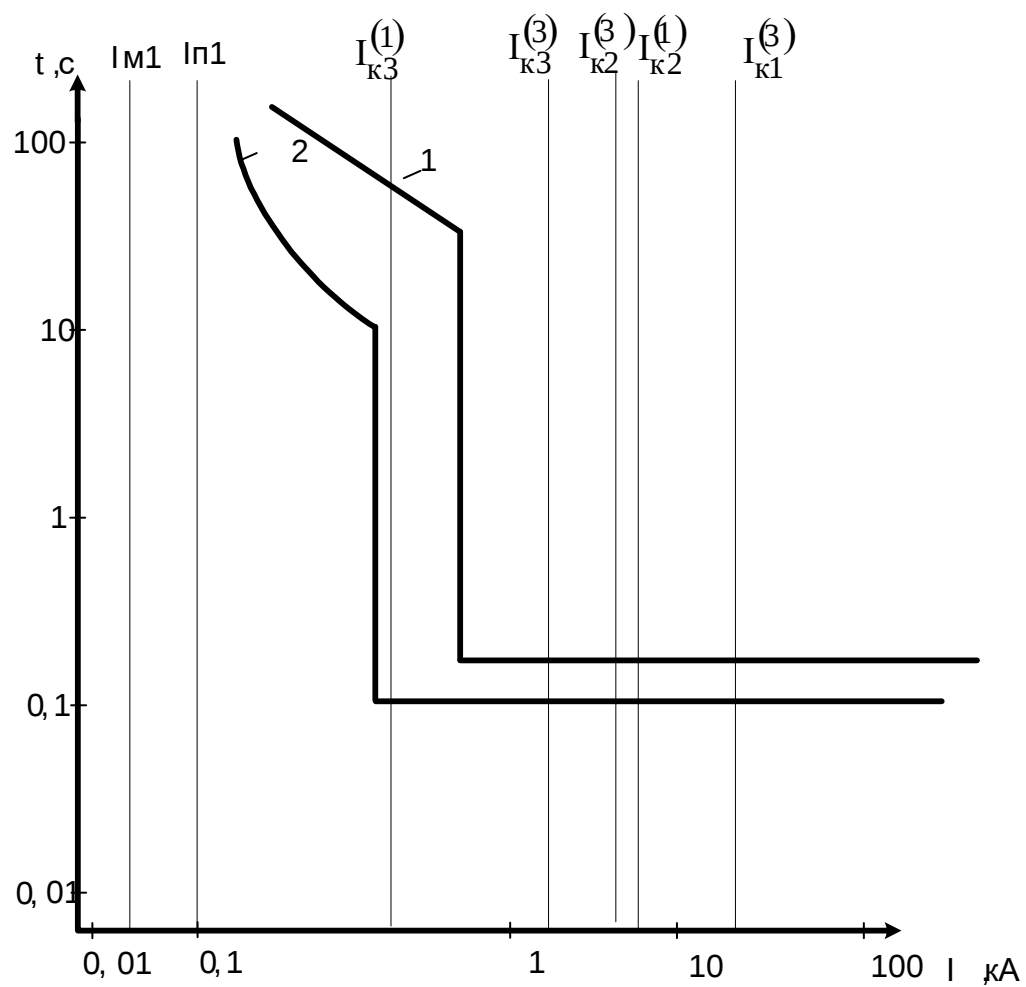


Рисунок 3.3— Карта селективності автоматичних вимикачів

РОЗДІЛ 4.

АНАЛІЗ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ ТА ЗАХОДІВ З ЇХ ЗНИЖЕННЯ

4.1 Фізична сутність втрат електроенергії в електричних мережах

Призначенням розподільчих електричних мереж є транспортування електричної енергії, отриманої від розподільчих пунктів енергосистеми, і розподіл її між пунктами споживання, рис. 4.1. Цей процес супроводжується втратами частини електроенергії в електричних мережах, які визначаються:

$$\Delta W = W_{\text{пост}} - W_{\text{відп}}, \quad (4.1)$$

де $W_{\text{пост}}$ – електроенергія, яка поступила в електричну мережу з енергосистеми і яку необхідно розподілити між споживачами; $W_{\text{відп}}$ – електроенергія, яка відпущена споживачам.



Рисунок 4.1 – Баланс електроенергії в електричних мережах

Втрати електроенергії можна умовно поділити на технологічні та комерційні. Структура їх подана на рис. 4.2. Технологічні втрати обумовлені технологією виробничого процесу передавання електроенергії мережами та обліку її поступлення і відпуску. Комерційні втрати є різницею між фактичними втратами і розрахованими технологічними втратами. Тобто, втрати можна записати як

$$\Delta W = \Delta W_{\text{техн}} + \Delta W_{\text{ком}} = \Delta W_{\text{Т}} + \Delta W_{\text{ВП}} + \Delta W_{\text{обл}} + \Delta W_{\text{ком}}, \quad (4.2)$$

де $\Delta W_{\text{техн}} = \Delta W_{\text{т}} + \Delta W_{\text{вп}} + \Delta W_{\text{обл}}$ – технологічні втрати, які складаються з технічних втрат в елементах мережі $\Delta W_{\text{т}}$, витрат електроенергії на власні потреби підстанцій $\Delta W_{\text{вп}}$, електроенергія, недооблік якої обумовлений інструментальними похибками її вимірювання $\Delta W_{\text{обл}}$; $\Delta W_{\text{ком}}$ – комерційні втрати.

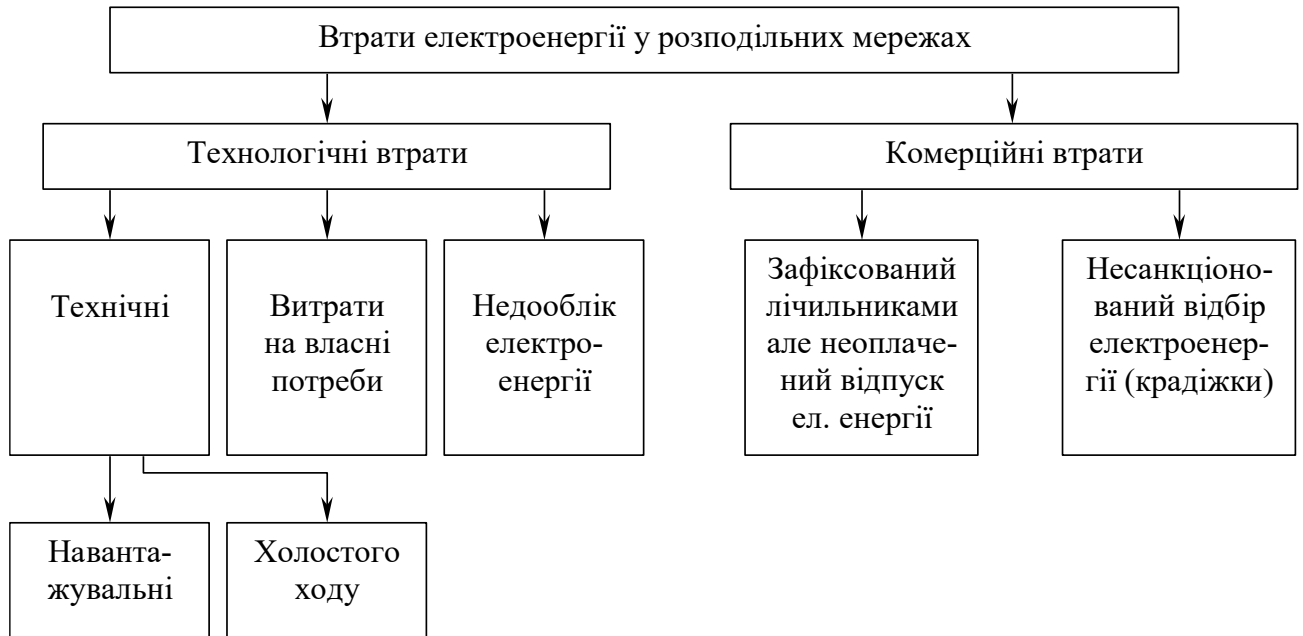


Рисунок 4.2 – Структура втрат у розподільчих мережах

Технічні втрати $\Delta W_{\text{т}}$ – це втрати в лініях електропередачі (ЛЕП), трансформаторах, реакторах та іншому електрообладнанні. Вони мають фізичну природу і складаються з навантажувальних втрат, які залежать від значення навантаження, і втрат холостого ходу, які не залежать від навантаження. Перша складова пов’язана з нагріванням струмопровідних частин елементів електричних мереж, друга – з нагріванням магнітопроводів та коронним розрядом.

4.2 Складові втрат електроенергії в електричних мережах

Витрати на власні потреби $\Delta W_{\text{вп}}$ – це електроенергія, яка витрачається на забезпечення нормального функціонування підстанції і розподільчих пунктів (освітлення, вентиляція, обігрів, ремонт, живлення оперативних кіл, тощо).

Втрати електроенергії в електричній мережі через недооблік електроенергії $\Delta W_{\text{обл}}$ можуть виникати через систематичні похибки лічильників та вимірювальних трансформаторів. Особливо це стосується трансформаторів струму, які при струмі в первинній обмотці, меншому за номінальний, працюють не в своєму класі точності і вносять похибку у вимірювання відпущеної електроенергії, яка може сягати до 2-3%.

Комерційні втрати є різницею між фактичними втратами і розрахованими технологічними втратами:

$$\Delta W_{\text{ком}} = (W_{\text{пост}} - W_{\text{відп}}) - \Delta W_{\text{техн}}. \quad (4.3)$$

Комерційні втрати складаються з двох складових, які відрізняються за своєю суттю. В обох випадках це спожита, але не оплачена електроенергія. В першому випадку спожита електроенергія зафіксована на лічильниках і споживач з часом може за неї розрахуватися. З врахуванням пені за несвоєчасну проплату, витрати електричної мережі на цю електроенергію можуть бути компенсовані. Інша справа з електроенергією, яка спожита несанкціоновано і яка не зафіксована на лічильниках.

Економічно обґрунтовані (оптимальні) технічні втрати $\Delta W_{\text{т.о}}$ є різниця між їхнім фактичним значенням $\Delta W_{\text{т}}$ і зниженням втрат $\delta W_{\text{о}}$, що може бути досягнуто за рахунок упровадження спеціальних заходів:

$$\Delta W_{\text{т.о}} = \Delta W_{\text{т}} - \delta W_{\text{о}}. \quad (4.4)$$

Оптимальні втрати $\Delta W_{\text{т.о}}$ не є постійною величиною, яку можна визначити один раз і потім використовувати. Визначені на стадії розробки схеми розвитку енергосистеми відповідають прогнозованим навантаженням, на базі яких виконуються всі проектні розрахунки. Реальні навантаження в умовах

експлуатації будуть відрізнятися від розрахункових, тому значення $\Delta W_{т.о.}$, визначене для поточного розрахункового періоду часу, буде відрізнятися від його значення, визначеного на стадії проектування. Крім того, зростання навантажень по роках буде приводити до зміни величини $\Delta W_{т.}$, а отже, і $\Delta W_{т.о.}$. Тому оптимальні втрати можуть бути представлені у виді ряду значень, кожне з яких відповідає своєму розрахунковому періоду. Весь ряд цих значень повинний корегуватися в міру уточнення даних про навантаження і схеми на перспективу.

4.3 Організаційні та технологічні заходи з економії електроенергії

В оптимізації експлуатації і розвитку електроенергетичних систем і електричних мереж беруть участь усі служби і відділи енергосистеми на чолі з її керівництвом. Неправильно покладати відповідальність за втрати енергії в електричних мережах на окремі служби, тому що ці питання органічно зв'язані з усією діяльністю енергосистеми. Оптимальний план експлуатації і розвитку електричної мережі на різних рівнях прогнозування і планування складається з передбачуваної діяльності в цьому напрямку всіх служб і відділів. У цьому плані нижче вкажемо на найважливіші групи організаційних і технічних заходів щодо зниження втрат.

1. Оптимізація режимів роботи електричної мережі й основного устаткування. До цієї групи заходів відносяться економічний розподіл електричних навантажень між агрегатами електростанцій та між електростанціями в електроенергетичній системі; визначення і завдання оптимальних режимів споживання реактивної потужності промисловим підприємствам і вузлами електроспоживання; оптимізація режимів роботи пристроїв, що компенсують реактивну потужність; оптимізація режимів роботи трансформаторів на двох і більш трансформаторних підстанціях; перевід частини резервних генераторів електростанцій у режим синхронних компенсаторів.

2. Економічний розподіл потоків потужностей у неоднорідних замкнених мережах. Сюди входить підбір оптимальних неврівноважених коефіцієнтів трансформації на трансформаторах зв'язку мереж різних номінальних напруг; вибір оптимальних коефіцієнтів трансформації на спеціальних трансформаторах подовжньо-поперечного регулювання; підбір відповідних груп з'єднання трансформаторів на трансформаторах зв'язку мереж різних напруг; розмикання розподільних мереж в оптимальних точках.

3. Оптимізація рівня робочої напруги в електричних мережах. Під такого роду заходами розуміють забезпечення рівня напруги в електричних мережах — максимально припустимого в режимі максимальних навантажень і номінального в режимі мінімальних навантажень; забезпечення зустрічного регулювання напруги на прийомних шинах основних електроприймачів; визначення і завдання оптимальних режимів регулювання напруги на генераторах, трансформаторах із РПН, компенсуючих пристроях.

4. Існує комплекс заходів щодо вирівнювання навантаження фаз мережі середньої і низької напруги.

5. Підвищення рівня експлуатації мережі. Сюди входить підвищення надійності й економічності роботи основного устаткування, вузлів і елементів електричної мережі; підвищення коефіцієнта готовності елементів електричної мережі; скорочення термінів і підвищення якості ремонтно-відновлювальних робіт; поліпшення якості будівельно-монтажних і налагоджувальних робіт і жорсткість вимог по здаванню-прийняттю електромережових об'єктів в експлуатацію; забезпечення ремонтно-будівельних і налагоджувальних робіт відповідною матеріально-технічною базою і трудовими ресурсами; вдосконалення системи прогнозування ремонтно-будівельних робіт і матеріально-технічного постачання; впровадження й удосконалювання технології комплексних ремонтів; оптимізація технологічного графіка ремонтно-будівельних робіт; оптимізація складу, підвищення кваліфікації і технічного забезпечення експлуатаційних, ремонтних і будівельних бригад; оптимізацій міжремонтного періоду і часу

проведення ремонтів протягом року.

6. Вдосконалювання системи керування рівнем втрат енергії в електричних мережах. Ця група заходів містить у собі організацію і створення інформаційно-обчислювальної системи; створення і впровадження системи визначення технічних втрат енергії; оптимізацію й удосконалювання системи обліку звітних втрат енергії; впровадження системи аналізу комерційних втрат енергії, їхню локалізацію, виявлення характеру і розробку заходів щодо їхнього зниження; створення і впровадження системи зниження втрат енергії; оптимізацію експлуатації і розвитку мережі; підвищення кваліфікації персоналу служб і відділів енергосистеми у частині керування рівнем втрат енергії.

Технічні заходи для свого здійснення вимагають великих витрат трудових і матеріальних ресурсів у порівнянні з організаційними. Назвемо найважливіші з них, що дозволяють впливати на рівень втрат:

✓ Підвищення номінальної напруги. Сюди відносяться спорудження глибоких вводів високої напруги в центри електроспоживання і переклад мережі на більш високу ступінь напруги за рахунок зниження її рівня ізоляції. Наприклад, за рахунок використання склопластикових траверс стає можливим перевести мережі 10 (кВ) на (20) 35 (кВ); без заміни кабелів можуть бути переведені міські мережі 6 (кВ) на 10 (кВ); 0,22 (кВ) — на 0,38 (кВ).

✓ Установка додаткових пристроїв що компенсують реактивну потужність і регулюють напругу. Ця група заходів містить у собі заміну трансформаторів із ПБВ на трансформатори з РПН; установку додаткових послідовних регулювальних трансформаторів; установку додаткових батарей статичних конденсаторів, синхронних компенсаторів, регульованих джерел реактивної потужності; установку пристроїв компенсації індуктивного опору ліній.

✓ Оптимізація параметрів елементів електричних мереж. Сюди входить упорядкування потужностей трансформаторів на підстанціям відповідно до

їх навантаження; заміна проводів повітряних ліній на більші перетини; підвищення навантажувальної здатності комутаційних апаратів; упровадження більш досконалих систем релейного захисту, автоматики, телемеханіки і вимірів.

✓ Оптимізація розвитку і побудови мережі. Ця група заходів включає розвиток системоутворюючої мережі по оптимальних планах; оптимізацію побудови розподільної мережі і скорочення радіуса її дії в міру зростання електроспоживання.

Само собою зрозуміло, що кожне прийняте технічне рішення повинне бути обґрунтоване відповідними техніко-економічними розрахунками.

РОЗДІЛ 5.

ОХОРОНА ПРАЦІ

Розділ бакалаврської роботи присвячений дотримання вимог охорони праці під час монтажу та обслуговуванню обладнання системи електропостачання ПАТ «Козятинхліб», зокрема системи обліку електричної енергії (аналізу втрат) в мережах. Отже, на електротехнічний персонал, що здійснює монтаж системи електропостачання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [1, 2]:

фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної організації будівельно-монтажних робіт

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Для забезпечення робіт, що їх провадять в колах вимірювальних приладів

і пристроїв релейного захисту, всі вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів струму і напруги слід постійно заземлювати. За необхідності розриву кола струму вимірювальних приладів і реле кола вторинної обмотки трансформатора струму попередньо закорочується на спеціально призначених для цього затискачах.

Розривати кола, підключені до вторинної обмотки трансформатора струму, забороняється. За необхідності розриву цих кіл вони мають бути попередньо замкнуті перемичкою, встановленою до передбачуваного місця розриву (рахуючи від трансформатора струму). Під час встановлення перемички слід застосовувати інструмент з ізолювальними рукоятками.

Під час роботи на трансформаторах струму або в колах, підключених до їх вторинних обмоток, слід виконувати такі заходи безпеки: зажими вторинних обмоток до закінчення монтажу кіл, що до них підключаються, мають бути замкнені накоротко. Після приєднання змонтованих кіл до трансформатора струму закоротку слід переносити на найближчу збірку затискачів і знімати тільки після повного закінчення монтажу та перевірки правильності приєднання змонтованих кіл; під час перевірки полярності до подавання імпульсів струму в первинну обмотку прилади слід приєднувати до затискачів вторинної обмотки. Забороняється використовувати шини первинних обмоток як струмопровідні під час монтажних та зварювальних робіт.

Робота в колах пристроїв релейного захисту, електроавтоматики і телемеханіки (РЗАіТ) проводиться за виконавчими схемами. Під час робіт в пристроях РЗАіТ слід користуватися слюсарно-монтажним інструментом з ізолювальними рукоятками.

Під час перевірки кіл вимірювання, сигналізації, керування і захисту за необхідності в приміщенні електроустановок напругою понад 1000 В дозволяється залишатися одному члену бригади за умовами роботи (наприклад, регулювання вимикачів, перевірка ізоляції); працівник, який перебуває окремо від керівника робіт, повинен мати групу III. Під час робіт в

колах трансформаторів напруги з подачею напруги від стороннього джерела знімаються запобіжники з боку вищої і нижчої напруги, а також відключаються автомати від вторинних обмоток.

За необхідності проведення будь-яких робіт в колах чи на апаратурі РЗАіТ за умови ввімкненого основного обладнання слід вжити додаткових заходів щодо запобігання його випадковому відключенню. Забороняється на панелях або поблизу місця розміщення релейної апаратури провадити роботи, які викликають сильний струс релейної апаратури, що може спричинити до помилкових дій реле.

Перемикання, вмикання і вимикання вимикачів, роз'єднувачів та іншої комутаційної апаратури, пускання і зупинення агрегатів, регулювання режиму їх роботи, необхідні під час налагодження або перевірки пристроїв РЗАіТ, провадять тільки оперативні працівники.

Записувати покази електролічильників та інших вимірювальних приладів, встановлених на щитах керування і в РУ, дозволяється:

- одноособово працівникам з групою II за наявності місцевих оперативних працівників (з чергуванням двох осіб) і з групою III — без місцевих оперативних працівників;
- працівникам інших організацій з групою III у супроводі місцевого оперативного працівника.

Встановлення і зняття електролічильників та інших вимірювальних приладів, підключених до вимірювальних трансформаторів, повинні провадити за нарядом зі зняттям напруги два працівники, один з яких повинен мати групу IV, а другий — групу III. За наявності в колах електролічильників контактів (блоків), що дозволяють працювати без розмикання кіл, підключених до вторинних обмоток трансформатора струму, ці роботи можна виконувати за розпорядженням, не знімаючи напруги зі схеми електролічильника. За відсутності вказаних контактів напругу і струм в колах електролічильника слід відключити.

Приєднання вимірювальних приладів, встановлення і зняття

електролічильників, підключених до вимірювальних трансформаторів, за наявності випробувальних блоків або спеціальних затискачів, що дають змогу безпечно закорочувати кола струму, виконуються без зняття навантаження і напруги. Встановлення і зняття електролічильників безпосереднього ввімкнення допускається провадити за розпорядженням одному працівнику з групою III. Встановлення і зняття електролічильників, а також приєднання вимірювальних приладів виконуються зі зняттям напруги.

Роботи з електролічильниками на різних приєднаннях, розміщених в одному приміщенні, можна виконувати за одним нарядом (розпорядженням). Оформлення в наряді переходу з одного робочого місця на інше не вимагається.

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання підприємства та систем освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В), з'єднаної з силовим трансформатором. Категорія умов за небезпекою електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю на об'єктах, що будуються та реконструюються, струмопровідної підлоги.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам: для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні – написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

- при живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При

його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі. Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

- електрозахисні засоби захисту. Електротехнічний персонал повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Забороняється користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні. Параметри мікроклімату характеризуються такими

показниками: температурою повітря і відотною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності. Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в приміщенні наведено в таблиці 5.1.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оператора крану передбачається: в холодну пору року – використання калорифера; в літню пору – застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву, провітрювання приміщень.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Теплий	Пб	15-29	70 при 25°C	0,2-0,5
Холодний	Пб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Вуглецю оксид (СО)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено: провітрювання приміщень; встановлення пиловловлюючих засобів.

5.2.3 Виробниче освітлення

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормуємо освітлення на робочому місці працівника.

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Норми при штучному, природньому та суміщеному освітленні наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення виробничих приміщень

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

5.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки». Норми звукового тиску на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі (ширми, екрани тощо).

- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [11, 12]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [13], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [14].

Приміщення ПАТ «Козятинхліб» за вибухонебезпечністю та пожежонебезпечністю відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному

стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В, з зонами П-ІІІ (місця, де зберігаються тверді горючі речовини – зерно, борошно тощо).

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується ІІ-ІV ступенем вогнестійкості. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 5.5.

Межі вогнестійкості самонесучих стін, які враховуються в розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають, як для несучих стін. Будівельні конструкції класифікують за вогнестійкістю та здатністю поширювати вогонь. Показником вогнестійкості є межа вогнестійкості конструкції, що визначається часом (у хвилинах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції:

- втрати несучої спроможності (R);
- втрати цілісності (E);
- втрати тепло та ізолювальної спроможності (I).

Таблиця 5.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, сходи, балки, марші сходових кліток	перекрыття між поверхами (у т.ч. горищі та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, настили, прогоны	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0, E 30, M1	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	
IV	REI 30 M1	REI 15 M1	E 15 M1	E1 15 M1	R 30 M1	R 15 M1	REI 15 M1	Не нормуються	

Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи проти-пожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 5.7 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 5.7. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських, сільськогосподарських будинків і споруд слід приймати за таблицею 5.7 (знаменник).

Таблиця 5.7 Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, сільськогосподарських будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
I, II	6/9	8/9	10/12
III	8/9	8/12	10/15

IIIa, IIIб, IV, IVa, V	10/12	10/15	15/18
------------------------	-------	-------	-------

На території підприємства на кожному з об'єктів потрібно встановити від 12 до 25 вогнегасників ВП-5, ВВП-5 або аналогічних ємністю 6 або 9 л.

ВИСНОВКИ

1. В бакалаврській дипломній роботі забезпечені вимоги ПУЕ, що стосуються систем електропостачання
2. Проведені розрахунки нормальних та аварійних режимів в мережах високої та низької напруг гарантують надійну роботу вибраного захисного та комутаційного обладнання, а також системи електропостачання в цілому.
3. Оскільки при виборі місця розташування ЦРП підприємства використані результати розрахунку центра електричних навантажень (вибране місце розташування максимально наближене до ЦЕН), то втрати електроенергії, пов'язані із її перетоками, будуть мінімальними.
4. Установка передбачених в роботі батарей статичних конденсаторів забезпечує зменшення активних втрат, пов'язаних із передачею реактивної потужності.
5. Відповідальність за втрати енергії в електричних мережах покладається на окремі служби, тому що ці питання органічно зв'язані з усією діяльністю енергосистеми.
6. Оптимальний план експлуатації і розвитку електричної мережі на різних рівнях прогнозування і планування складається з передбачуваної діяльності в цьому напрямку всіх служб і відділів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування. Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. 153 с.
2. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування. Суми : ВТД «Університетська книга», 2007. 280 с.
3. ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015. Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. Київ : Мінрегіон України, 2016. 148 с.
4. Бурбело М.Й., Бірюков О.О., Мельничук Л.М. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків. Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2011. 204 с.
5. Шкрабець Ф.П. Електропостачання. Дніпро: НГУ, 2015. 540 с.
6. Правила улаштування електроустановок. Київ : 2017. 617 с.
7. Зайцев М.О., Кучанський В.О., Гунько І.О. Підвищення експлуатаційної надійності та ефективності роботи електричних мереж та електроулаштування. Монографія. Друкарня ФОП Гуляєва В.М., 2021.
8. Буряк В.М., Дейнеко Н.А. Вибір електричних апаратів захисту в мережах до 1000 В. Харків : ХНАМГ, 2007. 62 с.
9. ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT). Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності.
10. Зорін В.В., Штогрин Є.А., Буйний Р.О. Електричні мережі та системи. Ніжин : Аспект-Поліграф, 2011. 224 с.
11. Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. Електропостачання промислових підприємств. Вінниця : Нова книга, 2013. 424 с.
12. Шестеренко Є.В. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Вінниця : Нова книга, 2004. 655 с.
13. Василега П.О. Електропостачання. Суми : вид-во «Університетська книга», 2018. 415 с.

14. Бурбело М.Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання. Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2017. 123 с.
15. Галузеві будівельні норми України. Електротехнічні пристрої. Київ : Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2012. 139 с.
16. Електрична частина станцій та підстанцій : підручник / В. Д. Козлов, В. П. Захарченко, О. М. Тачиніна; за заг. ред. В. Д. Козлова. Київ : НАУ, 2018. 312с.
17. В. А. Попов, В. В. Ткаченко, Ярмолюк О. С. Проєктування систем забезпечення споживачів електричною енергією. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 222 с.
18. Букович Н. В. Розрахунок струмів короткого замикання електроенергетичних систем. Львів : Вища шк., 2008. 248 с.
19. Давиденко Л. В. Електропостачання промислових об'єктів. Практикум: навчальний посібник / Людмила Валеріївна Давиденко, Наталія Володимирівна Коменда, Володимир Анатолійович Давиденко, Микола Миколайович Євсюк – Луцьк: ВІП ЛНТУ, 2022.– 244с.
20. Півняк Г.Г., Винославський В.М., Рибалко А.Я., Несен Л.І. Перехідні процеси в системах електропостачання. Дніпропетровськ: Видавництво НГА України, 2000. 597 с
21. Терешкевич Л.Б , Терешкевич Н.В. Волоцький А.М. Проектування цехових електричних мереж і освітлювальних установок, Вінниця, ВНТУ 2006.
22. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
23. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profdom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

24. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48644.

25. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

26. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

27. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

28. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

29. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

30. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

31. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

32. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.

33. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

34. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.

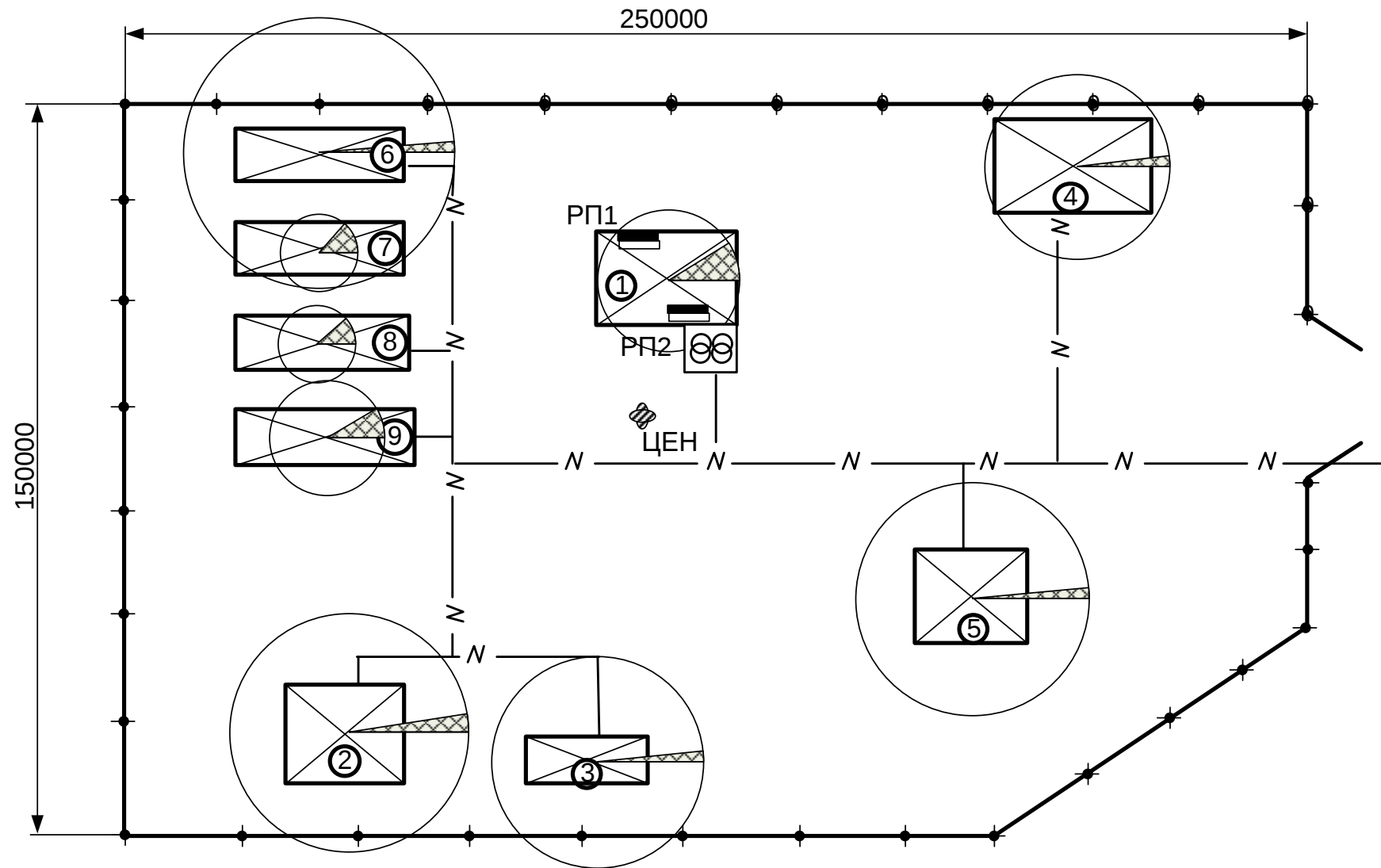
35. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

36. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

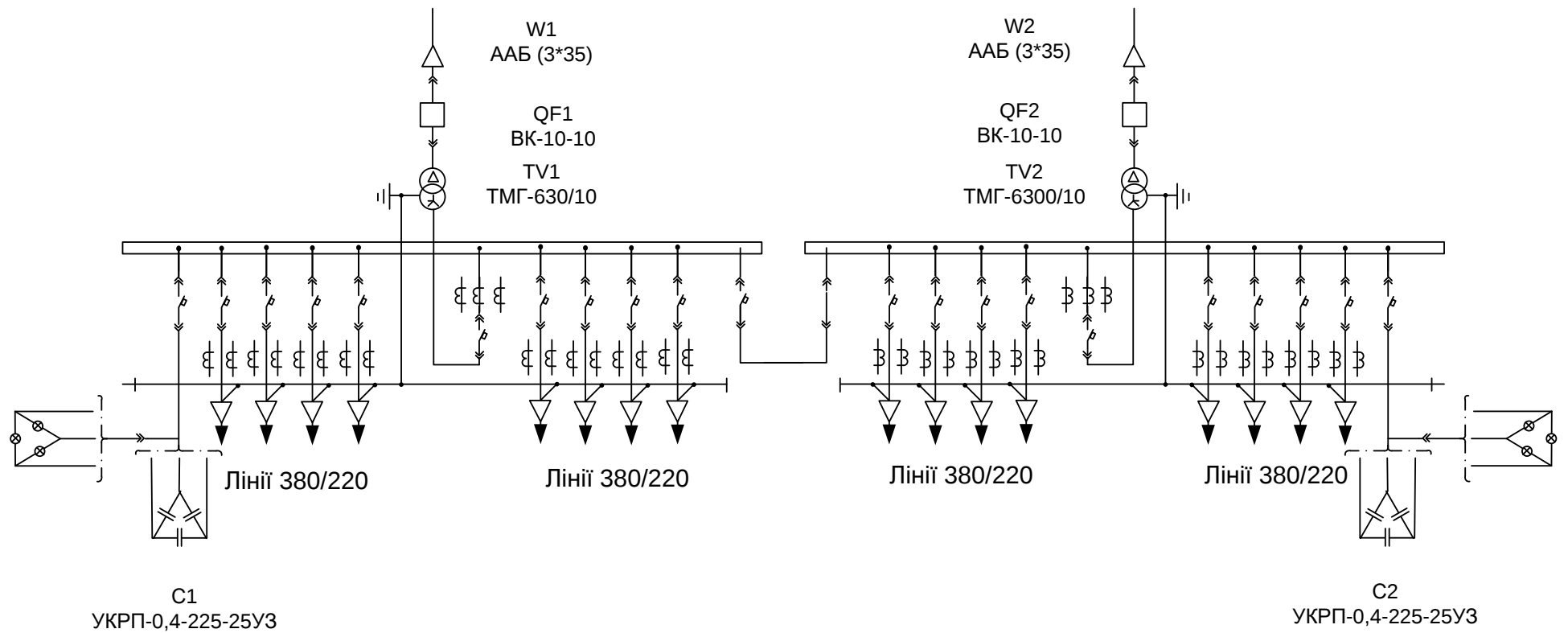
37. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

ДОДАТКИ

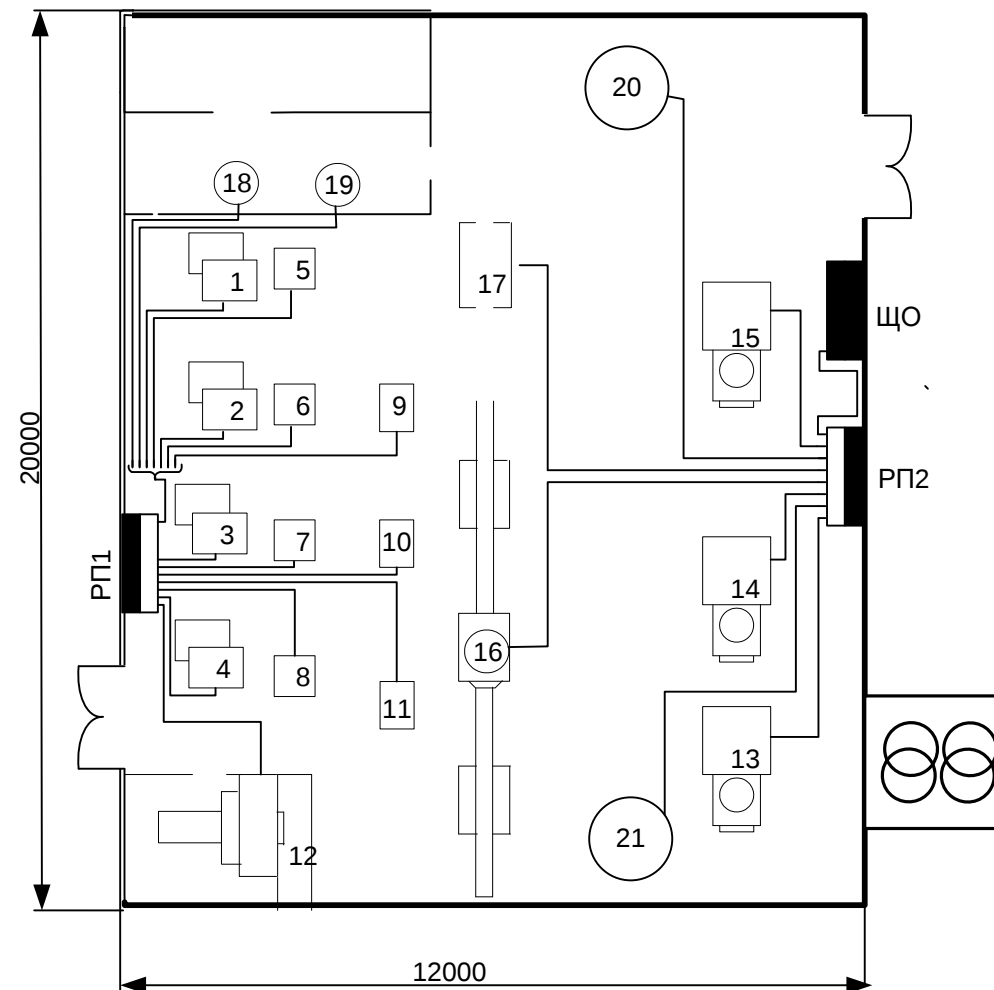
Додаток А. Генплан підприємства з електричними мережами



Додаток Б. Однолінійна схема електропостачання підприємства



Додаток В. Схема електропостачання цеху приготування та випічки

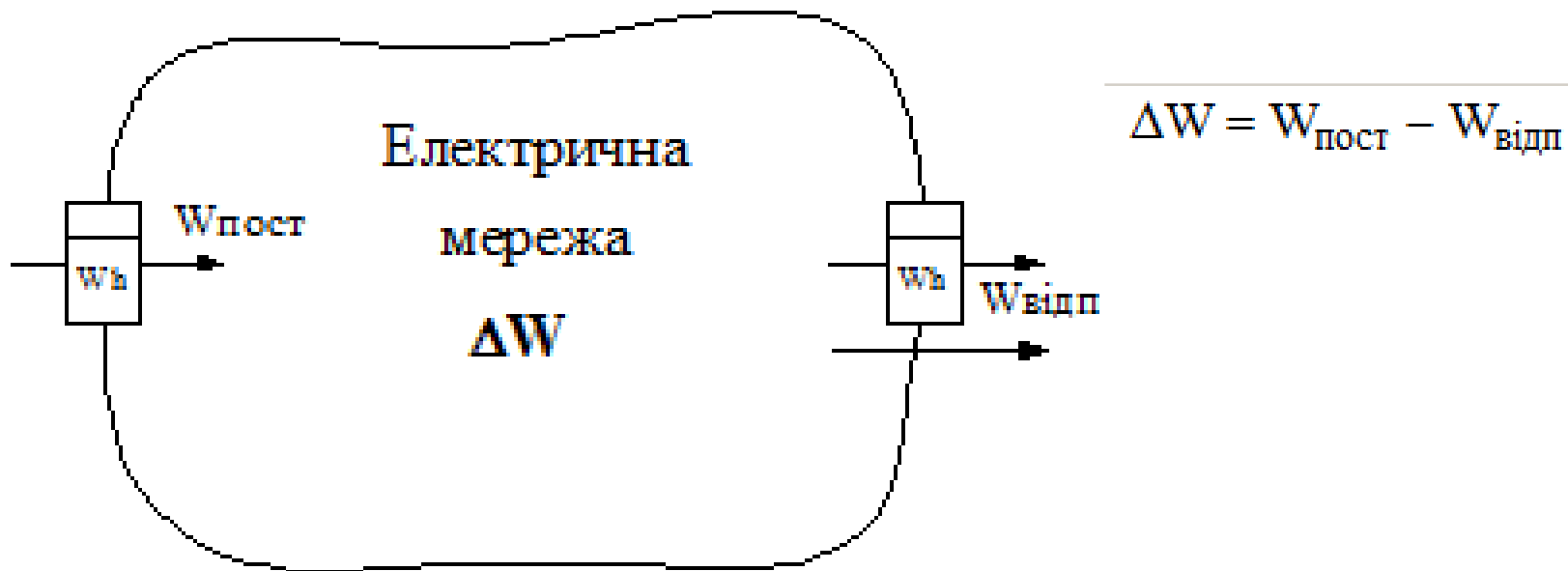


Додаток Г. Розрахунково-монтажна таблиця

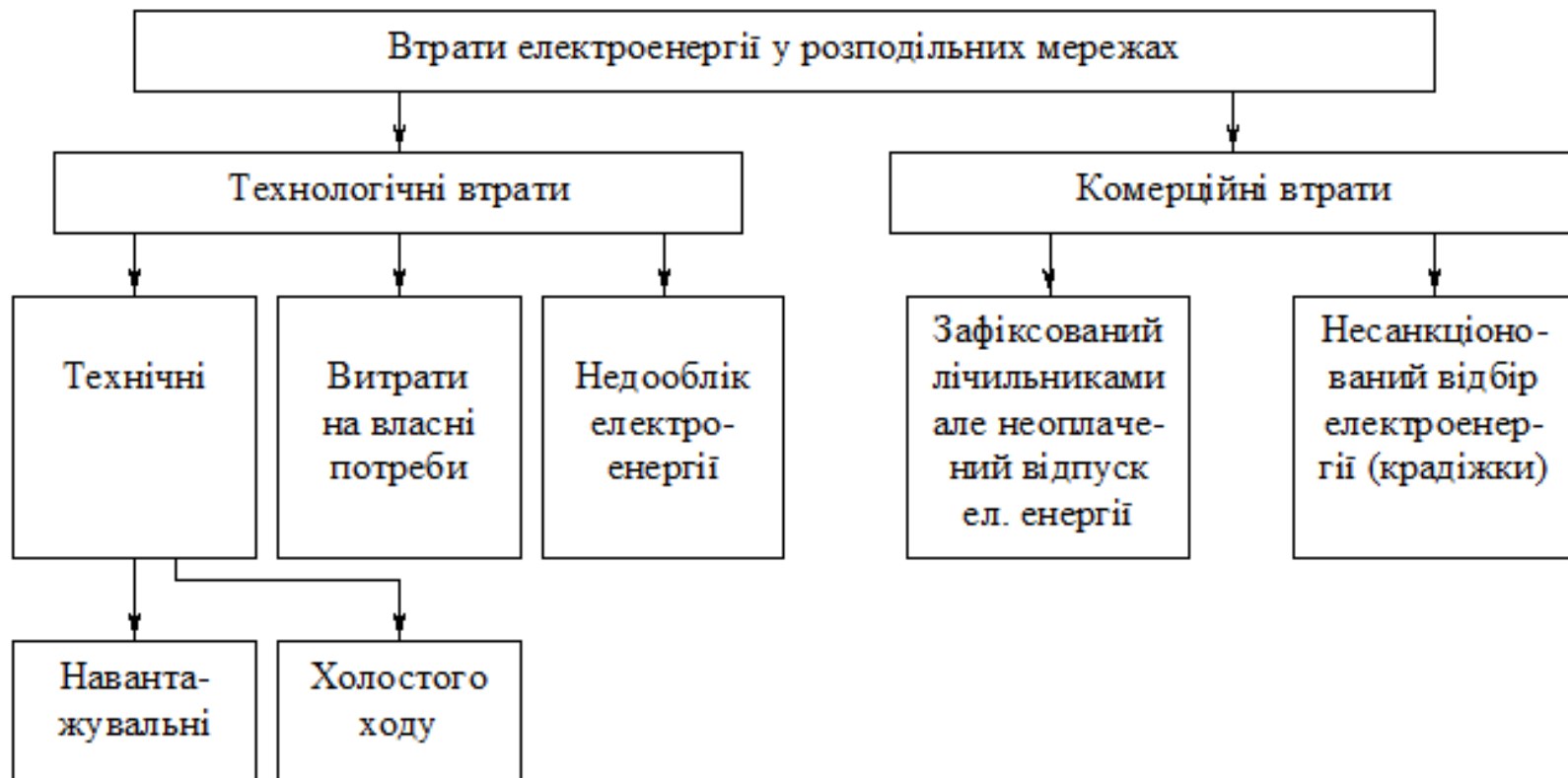
ТП	Апарат захисту			Лінія живлення				РП	Апарат захисту			Лінія розподільчої мережі				Електроприймач	
	Тип	Іном, А	Іуст,А	Марка пр.	Ідоп,А	Довж. м	Спосіб пр		Тип	Іном, А	Ікомб, А	Марка пр.	Ідоп,А	Довж. м	Спосіб пр.	Номер .	Назва

Додаток Д. Втрати електроенергії в розподільчих мережах та заходи з їх зниження

Баланс електроенергії в електричних
мережах



Структура втрат у розподільчих мережах



Організаційні та технологічні заходи з економії електроенергії

1. Оптимізація режимів роботи електричної мережі й основного устаткування.
2. Економічний розподіл потоків потужностей у неоднорідних замкнутих мережах.
3. Оптимізація рівня робочої напруги в електричних мережах.
4. Комплекс заходів щодо вирівнювання навантаження фаз мережі середньої і низької напруги.
5. Підвищення рівня експлуатації мережі.
6. Вдосконалювання системи керування рівнем втрат енергії в електричних мережах.

Технічні заходи зниження втрат

1. Підвищення номінальної напруги
2. Установка додаткових пристроїв що компенсують реактивну потужність і регулюють напругу
3. Оптимізація параметрів елементів електричних мереж.
4. Оптимізація розвитку і побудови мережі

Додаток Г

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Розробка системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Козятинхліб»

Тип роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота.

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту.

Науковий керівник: к.т.н. професор Терешкевич Л.Б.

Показники звіту подібності

Unicheck	
Оригінальність	82,8 %
Схожість	17,2 %

Аналіз звіту подібності

Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

Заявляю, що ознайомлений з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи.

Автор _____ Пахолук О.Ю.

Опис прийнятого рішення

Магістерська кваліфікаційна робота допускається до захисту

Особа відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В.

Керівник роботи _____ Терешкевич Л.Б.

Експерт _____ Бурбело М.Й., зав кафедри ЕСЕЕМ