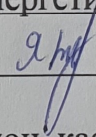


Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

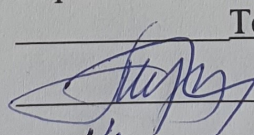
Бакалаврська дипломна робота на тему:

Розробка системи електропостачання приватного підприємства
«Серебрійське», Могилів-Подільський район

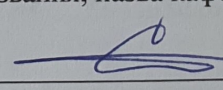
Виконав: студент 4 курсу, групи Е-22мс
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика та електротехніка»,

Вербський Я.К. 

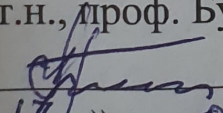
Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ
Терешкевич Л.Б.


« 14 » 06 2024 р.

Рецензент к.т.н. доц. каф. ЕСС
(наук.ступінь, вч.звання, назва кафедри)

Собчук Н. В. 
« 17 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

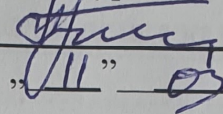

« 17 » 06 2024 р.

Вінниця – 2024 року

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕМ
проф. Бурбело М.Й..


„11” 2024 р

ЗАВДАННЯ
на бакалаврську дипломну роботу
Вербському Ярославу Константиновичу

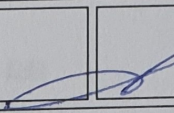
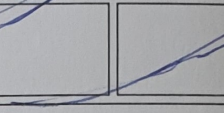
1. Тема роботи Розробка системи електропостачання Приватного підприємства "Серебряйське", Могилів-Подільський район
керівник роботи Терешкевич Леонід Борисович, к.т.н., професор,
затверджені наказом по ВНТУ від « 11 » березня 2024 року, № 80
2. Строк подання студентом дипломної роботи «10» червня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: Генплан підприємства; план одного із об'єктів з технологічними плануваннями, відомості про особливості об'єкту; інформація про електричні навантаження підприємства в цілому; відомості про джерела живлення; інформація про перспективу зміни навантажень
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.
 1. Загальні відомості про підприємство
 - 1.1 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 ТП
 - 2.4 Розрахунок схеми електропостачання одного із об'єктів.
 - 2.4.1. Вибір та розрахунок системи електропостачання
 - 2.4.2. Вибір комутаційних та захисних апаратів електромережі
 - 3 Енергозбереження в трансформаторах
 - 3.1 ККД і втрати в трансформаторі
 - 3.2 Охолодження обмоток силових масляних трансформаторів
 - 3.3 Економічний режим роботи силових трансформаторів

4. Охорона праці
Висновки

5. Перелік графічного матеріалу.

1. Генплан підприємства і його розподільна мережа
2. Однолінійна схема електропостачання підприємства
3. План цеху і його силової мережі
4. Розрахунково-монтажна таблиця
5. Креслення із спецпитання

6. Консультанти розділів дипломної роботи

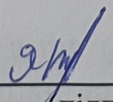
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		

7. Дата видачі завдання « 30 » квітня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

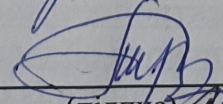
№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Пр
1	Загальні відомості про підприємство.	10.05.2024	Вик
2	Аналіз системи електропостачання підприємства	15.05.2024	Вик
3	Розрахунок схеми електропостачання цеху	20.05.2024	Вик
4	Охорона праці	31.05.2024	Вик
5	Графічна частина роботи	05.06.2024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

Студент


(підпис)

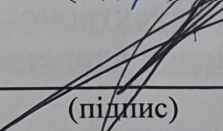
Вербський Я. К.
(прізвище та ініціали)

Керівник дипломної роботи


(підпис)

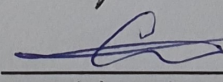
Терешкевич Л.Б.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль


(підпис)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

Рецензент


(підпис)

Собчук І.В.
(прізвище та ініціали)

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

Бакалаврська дипломна робота

на тему: «Розробка системи електропостачання приватного підприємства
«Серебрійське», Могилів-Подільський район»

Виконав: студент 4 курсу, групи ЗЕЕ-206
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка
Освітня програма «Електроенергетика та електротехніка»
Вербський Я.К.

Керівник

Терешкевич Л.Б.

Рецензент _____

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

«____» _____ 2024 р

Вінниця ВНТУ - 2024 року

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
 проф. Бурбело М.Й..

„___” _____ 2024 р

ЗАВДАННЯ на бакалаврську дипломну роботу Вербському Ярославу Константиновичу

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання Приватного підприємства "Серебріївське", Могилів-Подільський район
 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 об'єктів з технологічними плануваннями, відомості про особливості об'єкту; інформація про електричні навантаження підприємства в цілому; відомості про джерела живлення; інформація про перспективу зміни навантажень
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.
 1. Загальні відомості про підприємство
 - 1.1 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 ТП
 - 2.4 Розрахунок схеми електропостачання одного із об'єктів.
 - 2.4.1. Вибір та розрахунок системи електропостачання
 - 2.4.2. Вибір комутаційних та захисних апаратів електромережі
 - 3 Енергозбереження в трансформаторах
 - 3.1 ККД і втрати в трансформаторі
 - 3.2 Охолодження обмоток силових масляних трансформаторів
 - 3.3 Економічний режим роботи силових трансформаторів

4. Охорона праці
Висновки

5. Перелік графічного матеріалу.

1. Генплан підприємства і його розподільна мережа
2. Однолінійна схема електропостачання підприємства
3. План цеху і його 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 « 30 » квітня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Вербський Я. К.
(прізвище та ініціали)

Керівник дипломної роботи

(підпис)

Терешкевич Л.Б.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ

ANNOTATION

ВСТУП

Розділ 1. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПП «СЕРЕБРІЙСЬКЕ»

1.1 Загальна інформація про ПП «Серебрійське»

1.2 Характеристика об'єкта проектування та споживачів електроенергії

Розділ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок електричних навантажень

2.1.1 Розрахунок електричних навантажень зерносушарки

2.1.2 Розрахунок навантажень підприємства

2.2 Компенсація реактивної потужності

2.3 Вибір схеми та основних елементів внутрішньозаводської мережі підприємства

2.4 Вибір трансформаторів живлячої підстанції

2.5 Вибір місця розташування живлячої підстанції. Побудова картограми електричних навантажень

2.6 Вибір елементів схеми зовнішнього електропостачання

2.6.1 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі підприємства

2.6.2 Вибір високовольтного електрообладнання

2.7 Вибір електроапаратів на стороні 0,4 кВ

2.8 Вибір КВП та вимірювальних трансформаторів

2.9 Релейний захист трансформаторів

Розділ 3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗЕРНОСУШАРКИ АВМ

3.1 Вибір схеми і конструктивного виконання цехової мережі

3.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури і провідників цехової мережі	42
3.3 Перевірка цехової мережі на втрату напруги	45
3.4 Розрахунок струмів КЗ в мережі напругою 0,4 кВ	46
3.5 Перевірка селективності роботи вибраних захисних апаратів	47
Розділ 4. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТРАНСФОРМАТОРАХ	51
4.1 ККД і втрати в трансформаторі	51
4.2 Охолодження обмоток силових масляних трансформаторів	56
4.3 Економічний режим роботи силових трансформаторів	56
Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	59
5.1 Технічні рішення з безпечної організації виконання робіт	59
5.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць	59
5.1.2 Електробезпека	61
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	63
5.2.1 Мікроклімат	63
5.2.2 Склад повітря робочої зони	63
5.2.3 Виробниче освітлення	64
5.2.4 Виробничий шум	65
5.2.5 Виробничі вібрації	66
5.3 Пожежна безпека	67
ВИСНОВКИ	70
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	71
ДОДАТКИ	75
Додаток А. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	76
Додаток Б. План приватного підприємства «Серебрійське»	77
Додаток В. Однолінійна схема електропостачання підприємства	78
Додаток Г. Силові мережі зерносушарки АВМ	79
Додаток Д. Розрахунково-монтажна таблиця	80
Додаток Є. Питання енергозбереження в трансформаторах	81

УДК 621.316

АНОТАЦІЯ

ВЕРБСЬКИЙ Ярослав Костянтинович. «Розробка системи електропостачання приватного підприємства «Серебрійське», Могилів-Подільський район». Бакалаврська кваліфікаційна робота. Вінниця. ВНТУ, 2024, 81 с. Іл.: 11, Табл: 28.

В дипломній роботі виконані розрахунки системи електропостачання приватного підприємства «Серебрійське». 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 ПП «Серебрійське». Проведені розрахунки підтверджують надійну роботу вибраного комутаційного обладнання як в нормальних режимах, так і в аварійних режимах роботи системи електропостачання.

Розроблена система електропостачання зерносушарки АВМ забезпечує допустимі відхилення напруги на затискачах всіх встановлених електроприймачів.

Запропоновано ряд технічних рішень, реалізація яких забезпечує зменшення втрат активної потужності в трансформаторах підприємства.

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

ANNOTATION

VERBSKY Yaroslav Kostyantynovich. "Development of the power supply system of the private enterprise "Serebriyske", Mogilev-Podilskyi district." Bachelor thesis. Vinnitsa. VNTU, 2024, 81 p. Illustration: 11, Table: 28

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 of the AVM grain dryer ensures permissible voltage deviations on the clamps of all installed electrical receivers.

A number of technical solutions are proposed, the implementation of which ensures the reduction of active power losses in the company's transformers.

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

ВСТУП

Актуальність теми.

На підприємстві використовується велика кількість застарілого електрообладнання. Протягом останніх десяти років відбулось суттєве розширення виробництва. З'явилися нові будівлі. Зазначені фактори свідчать про потребу розробки нової системи електропостачання, де будуть виристані сучасні проектні методики, та впроваджене новітнє електрообладнання

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 ЕСЕМ

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

Об'єкт дослідження – система електропостачання ПП «Серебрійське»

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

Наукова новизна одержаних результатів.

Розроблено комплекс пропозицій, що стосуються покращення системи електропостачання ПП «Серебрійське» 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 ПП «Серебрійське» (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 81 сторінок, з яких основний зміст викладений на 75 сторінках друкованого тексту, містить 11 рисунків, 28 таблиць, список використаних джерел із 33 найменувань.

Розділ 1.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПП «СЕРЕБРІЙСЬКЕ»

1.1 Загальна інформація про ПП «Серебрійське»

На балансі агропідприємства с. Серебрія знаходиться 1,5 тис. га ораної землі. На цих землях вирощують різні види зернових, пшеницю, ячмінь, кукурудзу, горох, овес, соняшники, цукровий буряк та багато іншої продукції. Для виробництва та виконання різних робіт в товаристві знаходиться 40 одиниць сільськогосподарської техніки, 23 трактори і комбайни та 17 автомобілів, які обслуговуються і ремонтуються майстернею товариства. Крім вирощування зернових підприємство займається також переробкою зерна (є сучасний зерносушильний комплекс АВМ) а також виробництвом молока та відгодівлею телят (молочно-товарний комплекс, який складається з чотирьох ферм). Одним з енергоємних об'єктів є зерносушарка АВМ.

Процес переробки зерна на АВМ відбувається в такій послідовності: зерно поступає із зернотоку та завантажується на гідропіднімач, потім норія завантажує зерно на транспортер, який подає його до барабану. У барабані знаходиться форсунка, яка створює температуру приблизно 350-400 градусів, температура самого барабана 150-170 градусів. В середині цього барабана знаходиться відсік. Далі зерно попадає в барабан, де переміщується по його стінках, таким чином сушиться, і за допомогою лопат перекидається в менший відсік. Тут зерно досушується і центральним вентилятором витягується до дозатора, в дозаторі повітря перекривається і зерно попадає в бункер. На стенді управління є два положення: «гранулятор» і «сухе зерно».

Коли включено положення «сухе зерно», то зерно, яке попало в бункер рухається по транспортеру і може загрузатися на транспортний засіб.

А коли включений «гранулятор», тоді зерно з бункера попадає до гранулятора, там воно подрібнюється, додається трохи води і за допомогою лопатних змішувачів безперервної дії перемішується, утворюючи кашоподібну масу. Ця маса проходить через живильні валики, проминається і спрямовується до горизонтального шнека, яким транспортується до основної камери преса, що ущільнює її. Вертикальні шнеки нагнітають тістоподібну масу в нижню камеру преса, який продавлює її через матриці. Під матрицею встановлено ножовий пристрій, який обертаючись відрізує від ущільненої маси, що виходить з матриці у вигляді ниток, гранули. Гранули сушать гарячим повітрям.

Підприємство за ступенем надійності електропостачання відноситься до споживачів III категорії, тваринницький комплекс – до II категорії.

1.2 Вихідні дані для розробки системи електропостачання

Генплан ПП «Серебрійське» наведений на рис.1.1.

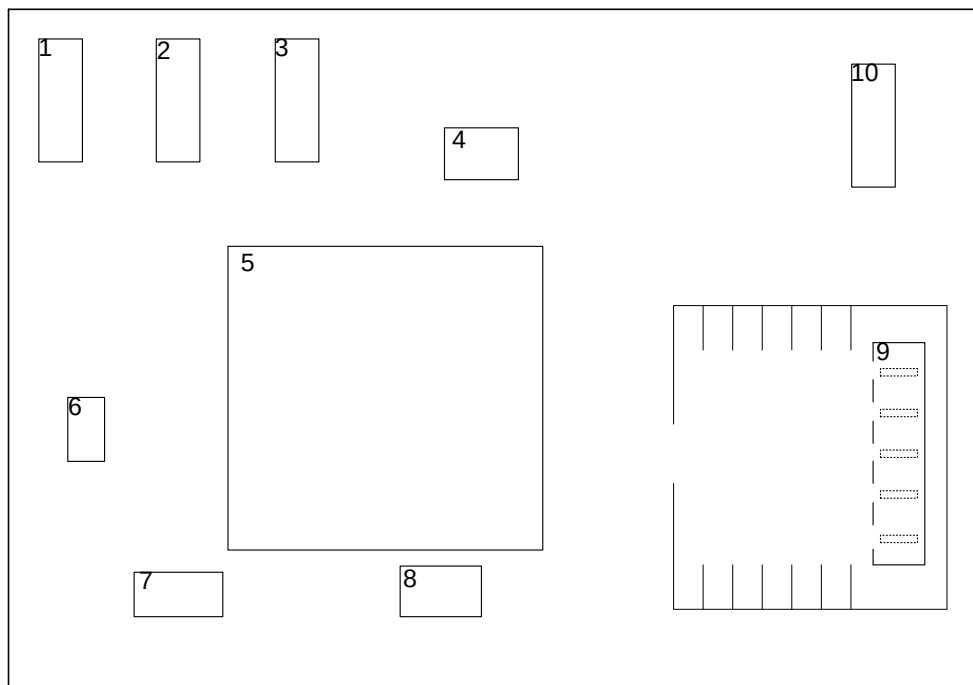


Рисунок 1.1 – Генплан підприємства «Серебрія»

Назви окремих об'єктів ПП «Серебрійське» наведені в таблиці 1.1. Відомості про електричні навантаження також наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1–Відомості про електричні навантаження підприємства

Назви підрозділів підприємства	P_n , кВт	K_n	$\cos\varphi/\text{tg}\varphi$	$F, \text{м}^2$	$\rho_{\text{нум}}, \text{Вт/м}^2$	$K_{\text{пра}}$	$K_{\text{по}}$
1. Ферма №1	44,6	0,5	0,75/0,88	400	0,02	1	0,8
2. Ферма №2	12,15	0,5	0,75/0,88	400	0,02	1	0,7
3. Ферма № 3	12,15	0,5	0,75/0,88	400	0,02	1	0,7
4. Зерносушарка АВМ	196,7			2030	0,0076		0,9
5. Зернотік	109,1	0,4	0,7/1,02	6400	0,01	1	0,6
6. Пилорама	50,6	0,4	0,7/1,02	170	0,01	1	0,8
7. Столярний цех	16,4	0,4	0,7/1,02	288	0,01	1	0,8
8. Кузня	5	0,3	0,7/1,02	308	0,01	1	0,9
9. Тракторна бригада	68,4	0,3	0,7/1,02	840	0,01	1,2	0,9
10. Ферма № 4	38,4	0,5	0,75/0,88	400	0,01		0,8

План одного з підрозділів підприємства – зерносушарки АВМ – наведений на рис. 1.2.

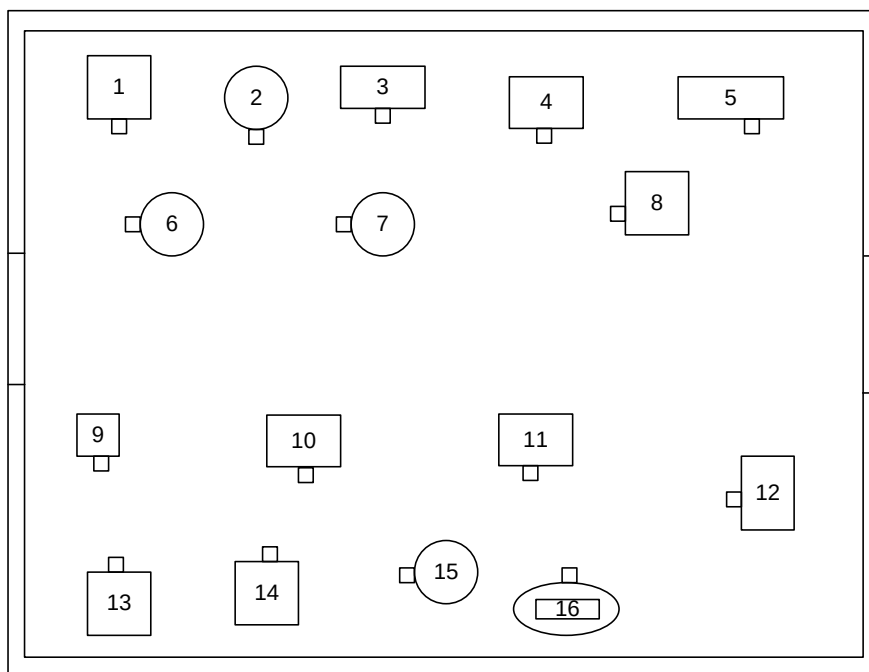


Рисунок 1.2 – План зерносушарки АВМ

Відомості про електричні навантаження зерносушарки наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Відомості про електричні навантаження зерносушарки АВМ

№ на плані	Назва споживача	P _н , кВт	n, шт	cosφ/tgφ	K _в
1	Гідропіднімач	4	1	0,8/0,75	0,5
2	Кормороздріблювач	40	1	0,8/0,75	0,55
3	Норія загрузна	2,2	1	0,8/0,75	0,55
4	Привод форсунки барабана	4	1	0,75/0,88	0,5
5	Норія подачі зерна	2,2	1	0,8/0,75	0,55
6	Кормозмільчувач	26	1	0,8/0,75	0,55
7	ЦВК	12	1	0,75/0,88	0,5
8	ДКУ	22	1	0,75/0,88	0,5
9	Вигрузний шнек	4	1	0,8/0,75	0,55
10-12	Дозатор	3	3	0,8/0,75	0,5
13	Погрузний транспортер	1,1	1	0,8/0,75	0,55
14	Погрузний транспортер	2,2	1	0,8/0,75	0,55
15	Гранулятор	26	1	0,75/0,88	0,5
16	Екструдер	42	1	0,75/0,88	0,5

Площа приміщення зерносушарки становить 58*35м², Висота приміщення 5м. В повітрі приміщення міститься темний пил в обсязі 5-10 мг/м³.

Живлення ПП «Серебрійське» можна здійснити від районної трансформаторної підстанції, що знаходиться на віддалі 1,5 км. На районній підстанції встановлено трансформатор ТМН-1600/35. Потужність короткого замикання на стороні 35 кВ становить 200 МВА

Вхідна реактивна потужність, що визначена енергопостачальною компанією для споживання приватним підприємством в години максимальних навантажень становить 100 квар

Розділ 2.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок електричних навантажень

2.1.1 Розрахунок електричних навантажень зерносушарки

Розрахунок електричних навантажень здійснюється, виходячи з вибраної схеми електропостачання об'єкту – в даному випадку зерносушарки.

Для живлення її споживачів приймемо радіальну схему живлення, чого вимагають технологічні умови. План силових мереж зерносушарки наведено на рис. 2.1.

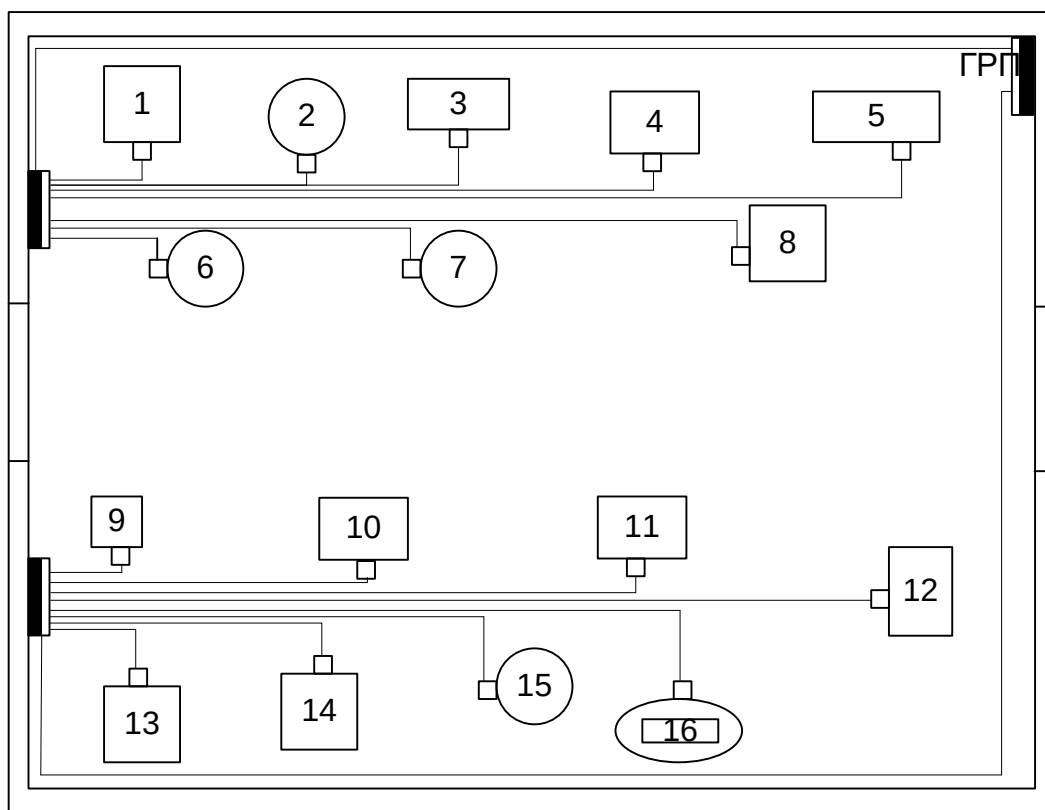


Рисунок 2.1 – План силових мереж зерносушарки

Розрахункові навантаження окремих електроприймачів (ЕП) або ліній, від яких живляться два чи три ЕП (І рівень), приймаються рівними номінальним

$$P_M = P_H, \quad Q_M = P_M \operatorname{tg} \varphi_H, \quad (2.1)$$

де P_H - номінальна активна потужність ЕП;

$\operatorname{tg} \varphi_H$ - номінальний коефіцієнт реактивної потужності.

Номінальні величини визначають за паспортними даними ЕП. При відсутності паспортних даних приймають $\operatorname{tg} \varphi_H = 0,75$ - для ЕП тривалого режиму роботи і $\operatorname{tg} \varphi_H = 0,87$ - для ЕП повторно-короткочасного режиму роботи.

На II рівні електропостачання використовують метод упорядкованих діаграм. За цим методом ЕП кожного розподільчого пункту поділяють на дві групи: ЕП із змінним графіком навантаження (група А) і ЕП з практично постійним графіком навантаження (група Б).

В приміщенні зерносушарки всі електроприймачі відносяться до групи А.

Середні навантаження за найбільш завантажену зміну:

$$T_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n k_{\%i} P_{Hi}, \quad Q_{CM} = \sum_{i=1}^n k_{Bi} P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi_{Ci}, \quad (2.2)$$

де $\operatorname{tg} \varphi_{Ci}$ - усереднені значення $\operatorname{tg} \varphi$ для даного типу ЕП [1, 2].

k_{Bi} - індивідуальний коефіцієнт використання, характерний для даного ЕП;

n - число ЕП.

де P_H - номінальна потужність всіх ЕП.

Розрахункові навантаження визначають за формулами:

$$\text{для групи А:} \quad P_M = K_M P_{CM}, \quad Q_M = \begin{cases} 1,1 Q_{CM} & \text{при } n_e \leq 10, \\ Q_{CM} & \text{при } n_e > 10; \end{cases} \quad (2.3)$$

Значення K_M визначають за таблицями або графіками $K_M = f(n_e, K_B)$.

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_B = \frac{P_{CM}}{P_H} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}}, \quad (2.4)$$

Точний вираз для визначення ефективного числа ЕП:

$$n_{\text{э}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2} \quad (2.5)$$

Виконаємо розрахунки для РП-1.

Знайдемо значення $P_{\text{см}}$ і $Q_{\text{см}}$ для групи споживачів, що живляться від даного РП за формулами:

$$P_{\text{см}} = P_{\text{н}} \cdot K_{\text{в}} = 4 \cdot 0,5 = 2 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \tan \varphi = 2 \cdot 0,75 = 1,5 \text{ кВт}$$

Аналогічно розраховуються $P_{\text{см}}$ та $Q_{\text{см}}$ для інших споживачів РП-1
Знаходимо $\Sigma P_{\text{см}}$ та $\Sigma Q_{\text{см}}$ по РП-1, а також сумарну встановлену потужність споживачів.

$$\Sigma P_{\text{см}} = 59,72 \text{ кВт}; \Sigma Q_{\text{см}} = 47,24 \text{ вар}; \Sigma P = 112,4 \text{ кВт}$$

Визначаємо груповий коефіцієнт використання:

$$K_{\text{в}} = K_{\text{в}} = \frac{59,72}{112,4} = 0,53$$

Знаходимо ефективну кількість споживачів

$$n_{\text{эф}} = \frac{112,4^2}{2 \cdot 4^2 + 40^2 + 2 \cdot 2,2^2 + 26^2 + 12^2 + 22^2} = 4$$

В залежності від $K_{\text{в}}$ та $n_{\text{эф}}$ визначаємо коефіцієнт максимуму для групи споживачів.

$$K_{\text{мах}} = f(K_{\text{в}}; n_{\text{эф}}) = 1,5$$

Приймаючи це до уваги, приведемо приклад розрахунків:

$$P_{\text{м}} = 59,72 \cdot 1,5 = 89,6 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{м}} = 1,1 Q_{\text{см}} = 1,1 \cdot 47,24 = 51,96 \text{ (квар)}, \text{ оскільки } n_{\text{э}} < 10;$$

$$S_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{м}}^2 + Q_{\text{м}}^2} = \sqrt{89,6^2 + 51,96^2} = 103,6 \text{ кВА}$$

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}}} = \frac{103,6}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 149,7 \text{ А}$$

Розрахунки для всіх інших електроприймачів даного підрозділу підприємства виконаємо аналогічно в табличній формі. (Таблиця 2.1)

2.1.2 Розрахунок навантажень підприємства

Визначення електричних навантажень підприємства виконується з метою вибору кількості й потужності трансформаторів, перевірки струмоведучих частин і елементів по нагріву і по втраті напруги, вірного вибору захисних пристроїв і комутуючих апаратів. Електричні навантаження підприємства визначають вибір всіх елементів системи.

Розрахункова потужність підрозділів підприємства визначається за допомогою методу коефіцієнта попиту (на прикладі ферми №1):

$$P_{mc} = K_p P_n \quad (2.10)$$

де P_{mc} - розрахункова активна потужність силового обладнання ферми, кВт;

K_p - коефіцієнт попиту;

P_n - номінальна потужність споживачів ферми, кВт.

$$P_{mc} = 0,5 \cdot 44,6 = 22,3 \text{ кВт.}$$

Розрахункова реактивна потужність ферми визначається за формулою, квар:

$$Q_{mc} = P_{mc} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.7)$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ - коефіцієнт потужності.

Визначимо розрахункову потужність електричного освітлення, кВт:

$$P_{mo} = P_{пит} \cdot K_{по} \cdot K_{пра} \cdot F, \quad (2.8)$$

де P_{mo} - розрахункова потужність освітлення кВт,

$P_{пит}$ - питома щільність освітлювального навантаження, кВт/м²;

$K_{по}$ - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження, визначаємо по [1];

$K_{пра}$ - коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі;

F - площа приміщення, м².

Таблиця 2.1 Розрахунок навантаження зерносушарки АВМ

Найменування ЕП	п, шт	P _н , кВт	pP _н , кВт	K _в	cosφ	tgφ	K _в pP _н кВт	K _в pP _н tgφ квар	п _е	к _м	P _м кВт	Q _м квар	S _м кВА	I _м , А
РП - 1														
Гідропіднімач (1)	1	4	4	0,5	0,8	0,75	2	1,5						
Кормороздріблювач (2)	1	40	40	0,55	0,8	0,75	22	16,5						
Норія загрузна (3)	1	2,2	2,2	0,55	0,8	0,75	1,21	0,9						
Привод форсунка барабана (4)	1	4	4	0,5	0,75	0,88	2	1,76						
Норія подачі зерна (5)	1	2,2	2,2	0,55	0,8	0,75	1,21	0,9						
Кормозмілчувач (6)	1	26	26	0,55	0,8	0,75	14,3	10,72						
ЦВК (7)	1	12	12	0,5	0,75	0,88	6	5,28						
ДКУ (8)	1	22	22	0,5	0,75	0,88	11	9,68						
Всього групи А	8		112,4	0,53			59,72	47,24	4	1,5	89,6	51,9	103,6	149,7
Всього по РП - 1	8		112,4				59,72	47,24						
РП - 2														
Вигрузний шнек (9)	1	4	4	0,55	0,8	0,75	2,2	1,65						
Дозатор (10-12)	3	3	9	0,5	0,8	0,75	4,5	3,38						
Погрузний транспортер (13)	1	1,1	1,1	0,55	0,8	0,75	0,61	0,46						
Погрузний транспортер (14)	1	2,2	2,2	0,55	0,8	0,75	1,21	0,91						
Гранулятор (15)	1	26	26	0,5	0,75	0,88	13	11,44						
Екструдер (16)	1	42	42	0,5	0,75	0,88	21	18,48						
Всього групи А	8		84,3	0,5			42,52	36,32	3	2,4	102,05	40,0	109,6	158,4
Всього по РП - 2	8		84,3				42,52	36,32			102,05	40,0	109,6	158,4
Всього по цеху	16		196,7				102,24	83,56			191,7	91,9	212,5	307,1

$$P_{mo} = 0,02 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 400 = 6,4 \text{ кВт.}$$

Визначимо сумарну розрахункову активну потужність, кВт,квар:

$$P_p = P_{mc} + P_{mo} ;$$

$$P_p = 22,3 + 6,4 = 28,7 \text{ кВт.}$$

Повна розрахункова потужність ферми визначається за формулою:

$$S_M = \sqrt{28,7^2 + 19,62^2} = 34,77 \text{ кВА.}$$

Для всіх інших підрозділів підприємства розрахунки будемо проводити аналогічно в табличній формі, таблиця 2.2.

Розраховуємо максимально-розрахункову активну реактивну та повну потужності по підприємству в цілому:

а) активна потужність

$$P_{ma} = K_o \cdot \sum_{i=1}^{10} P_{mi} = 0,85 \cdot 424,8 = 361,08 \text{ кВт,} \quad (2.9)$$

де k_o – коефіцієнт одночасності максимумів активного навантаження

б) реактивна потужність

$$Q_{mp} = 233,4 \text{ квар}$$

в) повна потужність

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{361,08^2 + 233,4^2} = 430 \text{ кВА.}$$

2.2 Компенсація реактивної потужності

Одним із способів зменшення втрати активної потужності та електроенергії в діючій системі електропостачання є зменшення потоків реактивних навантажень.

Таблиця 2.2 – Розрахунок навантажень господарства

Назва цеху/об'єкту	$P_H, \text{кВт}$	K_P	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	$P_M, \text{кВт}$	$Q_M \text{ квар}$	$F, \text{м}^2$	$p \text{ пит. кВТ/м}^2$	$K_{\text{пр а}}$	$K_{\text{по}}$	$P_{\text{мо кВТ}}$	$P_p \text{ кВт}$	$Q_p \text{ квар}$	$S_p \text{ кВ)}$
1.Ферма№1	44,6	0,5	0,75	0,88	22,30	19,62	400	0,02	1	0,8	6,40	28,70	19,62	34,77
2.Ферма№2	12,15	0,5	0,75	0,88	6,08	5,35	400	0,02	1	0,7	5,60	11,68	5,35	12,85
3.Ферма№3	12,15	0,5	0,75	0,88	6,08	5,35	400	0,02	1	0,7	5,60	11,68	5,35	12,85
4.Зерносушарка АВМ	196,7				191,7	91,9	2030	0,0076	1	0,8	12,3	204	91,9	223,7
5.Зернотік	109,1	0,4	0,7	1,02	43,64	44,51	6400	0,01	1	0,6	38,40	82,04	44,51	93,34
6.Пилорама	50,6	0,4	0,7	1,02	20,24	20,65	170	0,01	1	0,8	1,36	21,60	20,65	29,88
7.Столярний цех	16,4	0,4	0,7	1,02	6,56	6,69	288	0,01	1	0,8	2,30	8,86	6,69	11,1
8.Кузня	5	0,3	0,7	1,02	1,50	1,53	308	0,01	1	0,9	2,77	4,27	1,53	4,54
9.Тракторна бригада	68,4	0,3	0,7	1,02	20,52	20,93	840	0,01	1,2	0,9	9,07	29,59	20,93	36,24
10.Ферма№4	38,4	0,5	0,75	0,88	19,20	16,90	400	0,01	1	0,8	3,20	22,40	16,90	28,06
	553,5				337,8	233,4	11636				87	424,8	233,4	484,7

Примітка. Розрахунок електричних навантажень зерносушарки виконано методом упорядкованих діаграм, розрахунок потужності системи освітлення – методом коефіцієнта використання світлового потоку. В таблицю занесені результати цих розрахунків.

З цією метою передбачимо установку в системі електропостачання конденсаторних батарей, що генерують реактивну потужність в безпосередньої близькості від споживачів потужності. Крім цього енергосистемою встановлено вхідну реактивну потужність для підприємства $Q_{вх}=100$ квар.

Установка конденсаторних батарей дозволить розвантажити електричні мережі, а значить зменшити перерізи провідників, потужності силових трансформаторів, комутаційних апаратів. Одночасно підвищуються рівні напруги у вузлах промислової мережі.

Підвищити коефіцієнт потужності можливо зменшенням використання реактивної потужності приймачами електричної енергії без використання компенсуючих пристроїв. Ці заходи повинні розглядатись в першу чергу, оскільки для їх реалізації, як правило, не потрібно значних капітальних витрат.

Величина потрібної потужності компенсуючих пристроїв знаходиться з виразу:

$$Q_{ky}=Q_p-Q_{вх}=233,4 - 100=133,4 \text{ квар}, \quad (2.10)$$

де $P_{p\Sigma}$ -розрахункова активна потужність підприємства, кВт.

В системах електропостачання промислових і сільськогосподарських підприємств використовуються конденсаторні установки напругою 10 та 0,4 кВ. Вибір напруги КУ може бути обґрунтований розрахунками, однак з проектної практики відомо, що завжди більш вигідним варіантом у разі незначних потужностей конденсаторних батарей є напруга 0,4 кВ. При виборі КУ перевагу надамо комплектній установці, що полегшить процес її монтажу та експлуатації. Приймаємо рішення про встановлення двох комплектних конденсаторних установок потужністю по 50 квар. Тип - УК 05–0,4-50/5-2,5-21УЗ, що мають 5 ступенів регулювання реактивної потужності, при цьому мінімальна потужність ступеня становить 2,5 квар. Така установка дозволить плавно змінювати величину реактивної потужності залежно від навантаження,

підтримуючи оптимальний економічний режим споживання реактивної потужності.

Потужність, яка споживається системою автоматичного керування установки не перевищує 200 Вт. Час увімкнення ступеня при відповідній зміні навантаження 1 – 99 с.

Встановити конденсаторну батарею можна тільки в РП 0,4 кВ трансформаторної підстанції. При цьому змінюються навантаження підприємства, трансформаторів, мережі 10 кВ.

Виконаємо уточнення розрахункового навантаження підприємства:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{\sum_1^{10} (P_p + P_{po})^2 + \sum_1^{10} (Q_p - Q_{ky})^2} = \sqrt{361,08^2 + (233,4 - 100)^2} = 384,9 \text{ кВА}. \quad (2.11)$$

2.3 Вибір схеми та основних елементів внутрішньозаводської мережі підприємства

На підприємствах, розташованих в сільській місцевості, всі розподільні мережі 0,38/0,22 кВ в основному виконуються повітряними, тому що вони дешевші і простіші в монтажі й експлуатації, ніж кабельні.

Кабельні лінії в сільському енергопостачанні застосовуються для розподілу електроенергії на тваринницьких комплексах, птахофабриках та у випадках виключення використання повітряних ліній.

Враховуючи те, що на території об'єкту проектування знаходиться тваринницький комплекс, який складається з чотирьох ферм, а сам об'єкт розташований компактно на площі 800×500 м², використаємо в процесі проектування кабельні лінії.

Згідно ПУЕ прокладені на глибині 1- 2м кабелі 20 кВ та нижче (крім кабелів міських електромереж) допускається не захищати від механічних пошкоджень, тому при проектуванні кабельних ліній в сільській місцевості необхідно переважно використовувати полегшені кабелі з пластмасовою

ізоляцією та оболонкою при прокладанні їх в траншеї. Такими кабелями є кабелі АВВБ, які використовується для прокладання в землі (траншеї). Кабелі прокладаються на трасах з необмеженою різницею рівнів та при температурі навколишнього середовища від +50°C до -50°C і мають переріз від 4 до 185мм².

Виконання внутрішньої розподільчої мережі здійснюється магістрального, радіального або змішаного типу. Вибір схеми виконується на основі всебічного аналізу технічних і економічних показників.

Вибираємо змішану схему електропостачання підприємства, для чого необхідно сформувати навантаження по цехових РП, таблиця 2.3.

Таблиця 2.3 – Навантаження цехових РП підприємства

№ за планом	Найменування цехів	P _p , кВт	Q _p , квар	S _p ,кВА	I _p , А
1	Ферма №1	28,7	19,62	34,76	50,3
2	Ферма №2	11,68	5,35	46,7	67,5
3	Ферма №3	11,68	5,35		
Всього по РП - 3		52,06	30,3	60,25	87,06
4	Зерносушарка АВМ	424,8	233,4	454,7	
Всього по РП - 4		424,8	233,4	454,7	307,4
5	Зернотік	82,04	44,51		
6	Пилорама	21,6	20,65	122,4	176,9
7	Столярний цех	8,86	6,69	11,1	16,04
8	Кузня	4,27	1,53	4,54	6,6
Всього по РП – 5		116,8	73,4	137,9	199,3
9	Тракторна бригада	29,59	20,93	36,24	52,4
10	Ферма №4	22,4	16,9		
Всього по РП -6		60,0	37,8	70,9	102,5

Конструктивно мережа 0,4 кВ підприємства виконується кабелем АВВБ, прокладеним у земляній траншеї від окремозбудованої ТП.

Вибір перерізів кабелів та захисних апаратів виконується аналогічно вибору для цехової мережі 0,4 кВ зерносушарки, тому результати вибору зведені до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Вибір вимикачів і перерізу провідників мережі 0,4 кВ підприємства.

Лінія	I _м , А	Вимикач	I _{ном.в} , А	Провідник	I _{доп} , А
КТП-РПЗ	87,06	ВА 51-33	160	АВВБ(4*50)	175
КТП-РП4	307,4	ВА 51-37	400	ААБ(4*185)	345
КТП-РП5	199,3	ВА 51-35	250	АВВБ(4*95)	255
КТП-РП6	102,5	ВА 51-33	160	АВВБ(4*50)	175

Виконаємо перевірку вибраної мережі 0,4 кВ підприємства на втрату напруги. Перевірка здійснюється аналогічно мережі 0,4 кВ зерносушарки, тому результати перевірки наведемо в табличній формі, таб. 2.5.

Таблиця 2.5 – Перевірка заводської мережі 0,4 кВ на втрату напруги

Дільниця мережі	P _р , кВт	Q _р , квар	Марка і переріз кабеля	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	L, м	ΔU, %
КТП – РПЗ	52,06	30,3	АВВБ(4*50)	0,66	0,075	280	7,1
КТП-ГРП4	424,8	233,4	ААБ(4*185)	0,179	0,07	56	3,58
КТП – РП5	116,8	73,4	АВВБ (4*95)	0,35	0,07	84	2,67
КТП-РП6	60,0	37,8	АВВБ(4*50)	0,66	0,075	295	8,6

Виконаємо перевірку магістральних дільниць мережі.

КТП-РПЗ

$$\Delta U_1 = I \cdot \frac{P_M R_{\text{пит}} + Q_M X_{\text{пит}}}{U_H} = 280 \frac{52,06 \cdot 0,66 + 30,3 \cdot 0,075}{380} = 27\text{В};$$

Для ГРП4

$$\Delta U_1 = I \cdot \frac{P_M R_{\text{пит}} + Q_M X_{\text{пит}}}{U_H} = 56 \frac{424,8 \cdot 0,179 + 233,4 \cdot 0,07}{380} = 13,6\text{В};$$

КТП-РП5

$$\Delta U_1 = I \cdot \frac{P_M R_{\text{пит}} + Q_M X_{\text{пит}}}{U_H} = 84 \frac{116,8 \cdot 0,35 + 73,4 \cdot 0,07}{380} = 10,2\text{В};$$

КТП-РП6

$$\Delta U_1 = I \cdot \frac{P_M R_{\text{пит}} + Q_M X_{\text{пит}}}{U_H} = 295 \frac{60 \cdot 0,66 + 37,8 \cdot 0,07}{380} = 32,8\text{В}.$$

Перевірка показала, що в силу значної протяжності ліній до РПЗ та РП6 втрати напруги перевищують допустимі. Необхідно збільшити переріз кабелю і виконати перевірочний розрахунок.

Для РПЗ та РП6 виберемо кабель АВВБ(4*120) і виконаємо остаточний розрахунок

$$\Delta U_1 = I \cdot \frac{P_M R_{\text{пит}} + Q_M X_{\text{пит}}}{U_H} = 280 \frac{52,06 \cdot 0,276 + 30,3 \cdot 0,07}{380} = 12,2\text{В};$$

$$\Delta U_1 = I \cdot \frac{P_M R_{\text{пит}} + Q_M X_{\text{пит}}}{U_H} = 295 \frac{60 \cdot 0,276 + 37,8 \cdot 0,07}{380} = 14,9\text{В};$$

Проведені розрахунки показали правильність вибору перерізів струмоведучих частин схеми електропостачання.

Результати остаточного розрахунку заводської мережі на втрату напруги зведені до таблиці 2.6

Таблиця 2.6 - Остаточна перевірка заводської мережі на втрату напруги

Дільниця мережі	P_p , кВт	Q_p , квар	Марка і переріз кабеля	R_0 , Ом/км	X_0 , Ом/км	L, м	ΔU , %
КТП – РПЗ	52,06	30,3	АВВБ(4*50)	0,276	0,07	280	3,2
КТП-ГРП4	424,8	233,4	ААБ(4*185)	0,179	0,07	56	3,58
КТП – РП5	116,8	73,4	АВВБ (4*95)	0,35	0,07	84	2,67
КТП-РП6	60,0	37,8	АВВБ(4*50)	0,276	0,07	295	3,9

2.4 Вибір трансформаторів живлячої підстанції

При виборі числа трансформаторів на ТП слід враховувати, що одно-трансформаторні цехові підстанції рекомендується застосовувати: при навантаженнях III і II категорій, які допускають у випадку аварії перерву живлення на час доставки і улаштування трансформатора зі складського резерву; при незначній (до 15-25%) потужності споживачів I категорії і можливості забезпечення резервування на вторинній напрузі від сусідньої підстанції.

Двотрансформаторні підстанції застосовуються, якщо більшість споживачів I і II категорій, які не допускають перерви живлення на час заміни пошкодженого трансформатора.

Потужність і число цехових ТП істотно впливають на техніко-економічні показники як заводської, так і цехових мереж.

Визначимо загальне значення максимальної потужності виробничих підрозділів підприємства і їх загальну площу (значення взято з таблиці 2.2).:

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_{MI} ;$$

$$S_{\Sigma}=384,9\text{кВА};$$

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_I ;$$

$$F_{\Sigma}=11636 \text{ м}^2.$$

Середнє питоме навантаження на 1м^2 площі

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}, \quad (2.13)$$

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{384,9}{11636} = 0,033 \text{ кВА/м}^2.$$

Із розрахунку видно, що середня густина розрахункового навантаження для сільгосппідприємства дорівнює $0,033 \text{ кВА/м}^2$. За такої густини розрахункового навантаження доцільно вибирати потужності трансформаторів значно менше 630 кВА. Тому будемо розраховувати на трансформатори потужністю 250 кВА та 400 кВА. Отже, можна вибрати трансформаторні підстанції з $S_{\text{ном.т}} = 250 \text{ кВ}\cdot\text{А}$. або $S_{\text{ном.т}} = 400 \text{ кВ}\cdot\text{А}$.

Необхідну електроенергію підприємству можна передавати тільки напругою 10 кВ, тому що воно знаходиться в межах населеного пункту і номінальний рівень напруги мережі становить 10 кВ. Технологічні споживачі мають номінальну напругу $380/220 \text{ В}$. Тому виникає необхідність використання трансформатора з номінальними рівнями напруги $10/0,4 \text{ кВ}$.

При виборі трансформаторів виходять з того, що оптимальний коефіцієнт завантаження трансформатора в нормальному режимі має становити 0,5-0,7. В післяаварійному режимі допускається перевантаження на 40% від номінальної потужності трансформатора [5].

Враховуючи що на підприємстві є чотири молочно-товарних ферми, які відносяться до II категорії за вимогами до надійності сільських споживачів електроенергії, перерва в електропостачанні яких понад 3,5 години призводить до порушення виробничого процесу, зниженню виходу продукції та її частковому псуванню, а відключення в години роботи електродоїльних апаратів взагалі недопустимі, плануємо встановлюємо на підприємстві двотрансформаторної КТП з двома трансформаторами.

Найближча стандартна потужність силових трансформаторів - 250 кВА. Приймаємо до встановлення такі трансформатори на ТП.

Визначаємо коефіцієнт завантаження трансформаторів.

$$K_{з.тр} = \frac{S_{\max}}{n \cdot S_{н.тр}}, \quad (2.14)$$

де, $S_{н.тр}$ - номінальна потужність вибраного трансформатора,

$$K_{зтр} = \frac{384,9}{2 \cdot 250} = 0,77.$$

Визначаємо коефіцієнт завантаження трансформаторів у післяаварійному режимі.

$$K_{зтрав} = \frac{384,9}{250} = 1,54.$$

У післяаварійному режимі допускається перевантаження трансформаторів на 40%, це означає, що у післяаварійному режимі частину споживачів III категорії, що становить $384,9 \cdot 0,14 = 53,8$ кВА необхідно відключити. Доля споживачів III категорії на підприємстві становить 81,3кВА. Значить умови

перевірки трансформаторів на перевантаження у післяаварійному режимі відповідають вимогам.

Технічні дані вибраних трансформаторів наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики трансформаторів ТП

Тип	$S_{\text{н}},$ кВ·А	$U_{\text{н1}},$ кВ	$U_{\text{н2}},$ кВ	$P_{\text{хх}},$ кВт	$P_{\text{к.з}},$ кВт	$I_{\text{х.х}},$ %	$U_{\text{к.з}},$ %
ТМ	250	10	0,4	1,05	4,2	3,7	4,7

2.5 Вибір місця розташування живлячої підстанції. Побудова картограми електричних навантажень

Для вибору місця розташування підстанції будується картограма та визначається центр електричних навантажень підприємства.

Картограма електричних навантажень - це схематичний генплан підприємства, на якому на площі окремих об'єктів наносяться навантаження з поділом за характером (силове, освітлювальне) у вигляді кіл, радіус яких визначається за формулою:

$$R_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi m}}, \quad (2.15)$$

де- m - масштаб картограми навантажень; кВт/м²;

Сектор кола картограми, що відповідає освітлювальному навантаженню, визначається:

$$\alpha_{ос\ i} = \frac{P_{po} \cdot 360}{P_m}, \quad (2.16)$$

де P_{po} - розрахункова потужність освітлювального навантаження, кВт;

P_{pi} - розрахункова потужність силового навантаження, кВт.

Для прикладу розрахуємо радіус кола для елеватора. Вибираємо масштаб побудови картограми навантажень. Приймаємо радіус круга навантажень зерносушарки АВМ (№4 на плані) $r_2 \approx 50$ мм. Тоді:

$$m_p = \frac{P_4}{\pi \cdot r_4^2} = \frac{191,7}{3,14 \cdot 50^2} = 0,024 \text{ кВт/мм}^2.$$

Вибираємо $m_p = 0,025 \text{ кВт/мм}^2$;

Визначаємо радіуси кругів при даному масштабі для ферми №1:

$$R_1 = \sqrt{\frac{28,7}{3,14 \cdot 0,02}} = 19,1 \text{ мм}.$$

Розмір сектора освітлювального навантаження на картограмі навантажень для ферми №1 розраховується так:

$$\alpha^0 = \frac{360^0 \cdot P_{\text{м.о.}}}{P_{\text{м}}} = \frac{360^0 \cdot 6,4}{28,7} = 80,28^0.$$

Таблиця 2.8 – Розрахунок картограми електричних навантажень

№ п/п	Назва цеха	Р _{р.} кВт	Р _{ро.} кВт	R, мм	α, град
1	Ферма№1	28,70	6,4	19,1	80,28
2	Ферма№2	11,68	5,60	12,2	172,6
3	Ферма№3	11,68	5,60	12,2	172,6
4	Зерносушарка АВМ	191,7	12,3	49,4	23,0
5	Зернотік	82,04	38,40	32,3	168,5
6	Пилорама	21,60	1,36	16,6	22,6
7	Столярний цех	8,86	2,30	10,6	93,45
8	Кузня	4,27	2,77	7,4	233,5
9	Тракторна бригада	29,59	9,07	19,4	110,35
10	Ферма№4	22,40	3,20	16,9	51,43

Координати виробничих підрозділів підприємства знаходимо з генплану підприємства. Відлік координат центрів приміщень здійснюється з нижнього лівого кута креслення. Координати приміщень визначено в масштабах креслень.

Центр електричних навантажень підприємства знаходиться за формулами:

$$x_o = \frac{\sum_{k=1}^N P_{mk} \cdot x_k}{\sum_{k=1}^N P_{mk}}, \quad y_o = \frac{\sum_{k=1}^N P_{mk} \cdot y_k}{\sum_{k=1}^N P_{mk}}, \quad (2.17)$$

де X_i, Y_i , - координати центру навантажень i -го виробничого об'єкту.

Розрахунок центру електричних навантажень (ЦЕН) підприємства здійснюємо в табличній формі, таблиця 2.9

Таблиця 2.9 – Розрахунок ЦЕН підприємства

№ п/п	Назва цеха	P _p , кВт	X, см	У, см	P _p · X, кВт · см	P _p · У, кВт · см
1	Ферма№1	28,70	2,3	21,9	66,0	628,5
2	Ферма№2	11,68	7,0	21,9	81,8	255,8
3	Ферма№3	11,68	11,5	21,9	134,3	255,8
4	Зерносушарка АВМ	204	19	19,9	3876	4059,6
5	Зернотік	82,04	15,5	11,0	1271,6	902,4
6	Пилорама	21,60	3,2	9,5	69,1	205,2
7	Столярний цех	8,86	7,0	3,5	62,0	31,0
8	Кузня	4,27	17,5	3,5	74,7	14,9
9	Тракторна бригада	29,59	35,5	9,0	1050,4	266,3
10	Ферма№4	22,40	34,5	20,4	772,8	457
		424,8	Разом		7458,9	7076,5

$$X_0 = \frac{7458,9}{424,8} = 17,6 \text{ см}$$

$$Y_0 = \frac{7076,5}{424,8} = 16,7 \text{ см}$$

ТП підприємства слід розміщувати якомога ближче до центру електричних навантажень, що дозволить зменшити втрати енергії та витрати провідникових матеріалів.

Місце розташування центра електричних навантажень, що розраховано, показано на генплані підприємства., рис. 2.2

Розташувати КТП безпосередньо в ЦЕН неможливо, оскільки ця точка знаходиться на проїжджій частині. Тому виберемо місце розташування КТП, змістивши її в сторону джерела живлення.

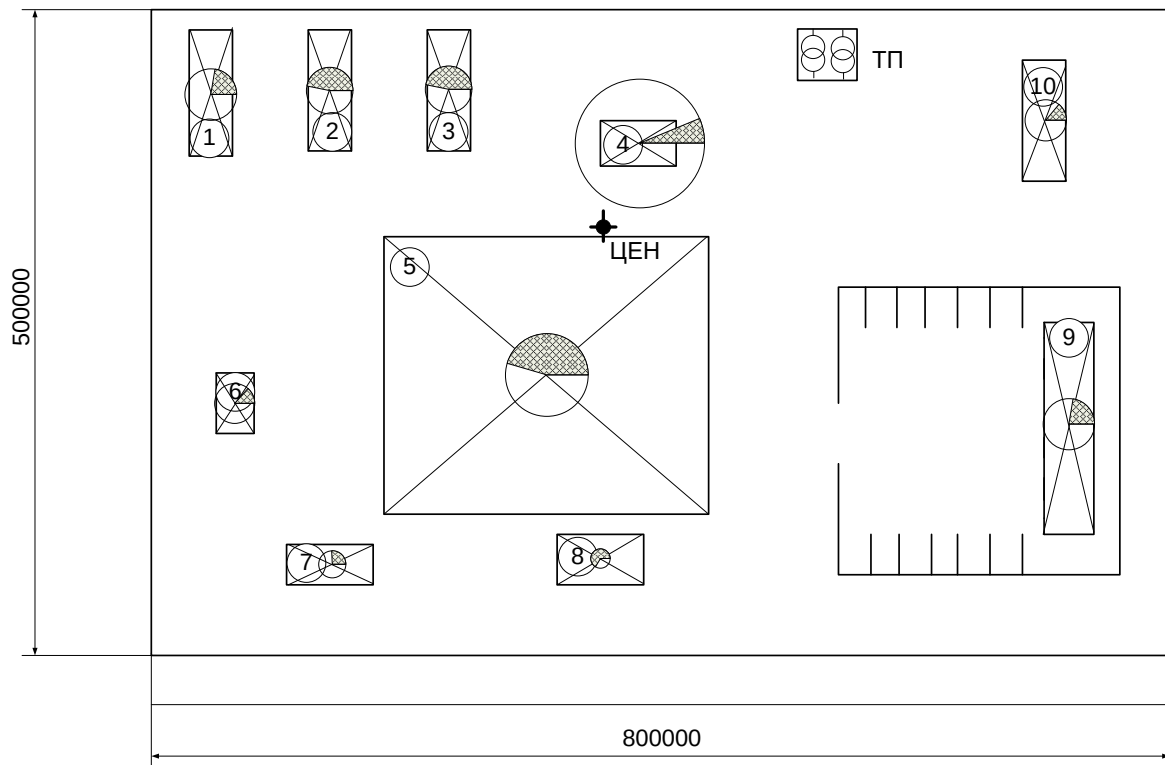


Рисунок 2.2 – Картограма електричних навантажень та ЦЕН

2.6 Вибір елементів схеми зовнішнього електропостачання

Враховуючи те, що споживання потужності підприємством є невеликим, а відстань до підстанції системи незначна (1,5 км), то втрати в лініях 10 кВ не набагато перевищують втрати в лініях 35 кВ, тому електропостачання підприємства здійснюємо на напрузі 10 кВ. Джерело живлення - підстанція 35/10 кВ. Живлення підприємства здійснюється по двухцепній повітряній лінії. Схема зовнішнього живлення приведена на рис. 2.3.

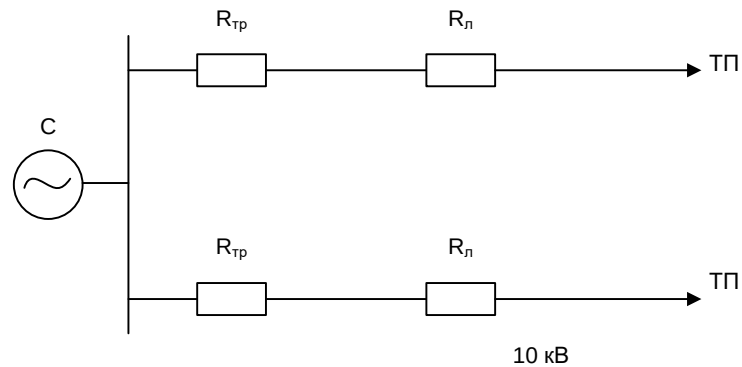


Рисунок 2.3 - Схема живлення підприємства.

$$I_p = \frac{S_p}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} \quad (2.18)$$

де I_p - розрахунковий струм лінії, А;

S_p - повна розрахункова потужність підприємства, кВА;

U_H - номінальна напруга мережі, кВ.

$$I_p = \frac{384,9}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 11,1 \text{ А}.$$

Переріз живлячої лінії буде рівним, мм :

$$F = I_p / j_T \quad (2.19)$$

де $j_T = 1,1 \text{ А/мм}^2$ - економічна густина струму для неізолюваних проводів при $T_m > 3000$ год/рік. [9].

$$F = 11,1 / 1,1 = 10,09 \text{ мм}^2$$

Оптимальний переріз 10 мм^2 . Згідно рекомендації з вибору марки та перерізу проводів для ПЛ 10 кВ для різних кліматичних умов та з урахуванням необхідної міцності ліній, мінімальний переріз проводів марки АС є 10 мм^2 . Обираємо провід марки АС-10 з $I_{\text{доп}} = 84 \text{ А}$. $84 \text{ А} > 11,1 \text{ А}$.

2.6.1 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі підприємства

1 Розрахунок струмів КЗ з боку 10 кВ

Розрахунок струмів короткого замикання виконується з метою перевірки вибраних вимикачів і провідників.

Складаємо схему заміщення для точки К₁, рис.2.4.

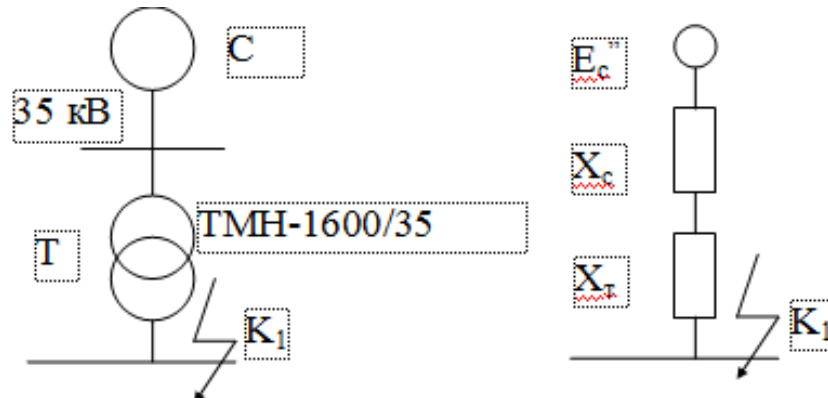


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема і схема заміщення

Задаємось базисними умовами: $S_6=100$ МВА, $U_6=10,5$ кВ, $S_{к\text{ сист}}=200$ МВА

Визначаємо опори елементів, що зведені до базисних умов:

$$x_c = \frac{S_6}{S_k} = \frac{100}{200} = 0,2; \quad (2.20)$$

$$X_T = \frac{U_k}{100} * \frac{S_6}{S_{н\text{т}}} = \frac{6,5}{100} * \frac{100}{1,6} = 4,06 \quad (2.21)$$

$$x_{л1} = x_{пит} \cdot \ell \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,4 * 1,5 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,54; \quad (2.22)$$

$$R_{л1} = R_{пит} \cdot \ell \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 3,3 \cdot 1,5 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 2,1; \quad (2.23)$$

Початкове діюче значення струму КЗ:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{сер}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ (кА)},$$

$$I_{к1} = \frac{I_6}{Z_{к1}} = \frac{5,5}{\sqrt{(X_c + X_T + X_{л1})^2 + R_{л1}^2}} = \frac{5,5}{\sqrt{(0,2 + 4,06 + 0,54)^2 + 2,1^2}} = 1,05 \text{ кА} \cdot \quad (2.24)$$

Потужність короткого замикання в точці К1

$$S_{к1} = \sqrt{3} * U_6 * I_{к1} = \sqrt{3} * 10,5 * 1,05 = 19,07 \text{ МВА}.$$

Миттєве значення ударного струму

$$i_y = K_y * \sqrt{2} * I = 1,24 * \sqrt{2} * 1,05 = 1,84 \text{ кА}; \quad (2.25)$$

де- K_y -ударний коефіцієнт; $K_y = 1,24$ при $\frac{X}{R} = \frac{4,8}{2,1} = 2,28$.

Визначимо тепловий імпульс.

Час відключення КЗ:

$$t_{\text{від}} = t_{\text{кз}} + t_{\text{пВ}} = 0,01 + 0,08 = 0,09 \text{ с.} \quad (2.26)$$

Тепловий імпульс:

$$B_k = I_{\text{к1}}^2 (t_{\text{відкл}} + T_a) = 1,05^2 * (0,09 + 0,009) = 0,1 \text{ кА}^2\text{с} \quad (2.27)$$

Розрахунок струмів КЗ з боку 0,4 кВ.

Розрахункова схема і схема заміщення показані на рис. 2.5.

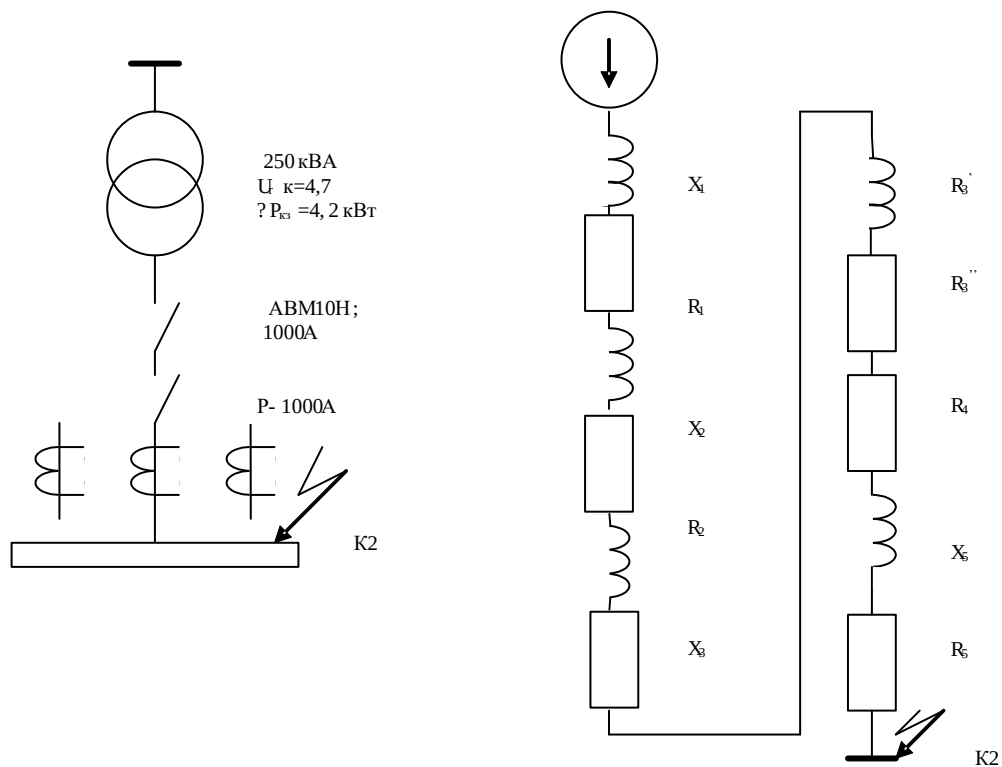


Рисунок 2.5 – Схеми для розрахунку струму КЗ на стороні 0,4 кВ

Визначимо опори всіх елементів, якими обмежується струм КЗ в наміченій точці.

Для даної схеми з деяким наближенням можна вважати, що напруга на шинах 10 кВ трансформаторної підстанції при короткому замиканні в точці К₂ буде постійною. Значить, опір системи в розрахунковій схемі дорівнює 0.

Розраховуємо опір трансформатора:

$$U_{kp\%}=100\sqrt{\left(\frac{U_k}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{кз}}{S_H}\right)^2} = 100\sqrt{\left(\frac{4,7}{100}\right)^2 - \left(\frac{4,2}{250}\right)^2} = 4,4\%; \quad (2.28)$$

$$X_1 = \frac{U_{kp}}{100} * \frac{U_6^2}{S_H} = \frac{4,4}{100} * \frac{400^2}{250} = 28,2 \text{ мОм}; \quad (2.29)$$

$$R_1 = \Delta P_{кз} * \left(\frac{U_6}{S_H}\right)^2 = 4,7 * \left(\frac{400}{250}\right)^2 = 12,03 \text{ мОм}. \quad (2.30)$$

Для визначення опору шин скористуємось даними типової трансформаторної підстанції потужністю 250 кВА. (Шини перерізом 40*4 мм; розташовані в одній площині; відстань між ними 240 мм; загальна довжина шин -15 м).

$$a_{cp} = \sqrt{a_{12} * a_{13} * a_{23}} = \sqrt{240 * 240 * 480} = 300 \text{ мм}. \quad (2.31)$$

З [5] встановлюємо, що питомі опори шин такі:

активний-0,211 мОм\м;

реактивний-0,214 мОм\м.

$$X_2 = 0,211 * 15 = 3,17 \text{ мОм};$$

$$R_2 = 0,214 * 15 = 3,21 \text{ мОм}.$$

Згідно [5] опір котушок ввідного автоматичного вимикача $R_{ка}=0,15 \text{ мОм}$, $X_{ка}=0,1 \text{ мОм}$

Опір розчеплювача $X_3=0,2 \text{ мОм}$; опір контактів автомата $R_3''=0,4 \text{ мОм}$. Опір контактів ввідного рубильника $R_4=0,2 \text{ мОм}$; опір трансформаторів струму, встановлених на вводі, $X_5=0,17 \text{ мОм}$; $R_5=0,11 \text{ мОм}$.

Визначимо результуючий опір і струм трифазного короткого замикання.

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2} = \sqrt{(12,03 + 3,21 + 0,15 + 0,4 + 0,2 + 0,11)^2 + (28,2 + 3,17 + 0,1 + 0,2 + 0,17^2)} = 35,7 \text{ мОм};$$

$$I_k = \frac{U_\phi}{\sqrt{3} * Z_\Sigma} = \frac{400}{\sqrt{3} * 35,7} = 6,5 \text{ кА}.$$

Ударний коефіцієнт $K_y=1,2$, що відповідає $X/R=1,98$.

Миттєве значення ударного струму:

$$i_y = \sqrt{2} * K_y * I_k = \sqrt{2} * 1,2 * 6,5 = 11 \text{ кА}.$$

Потужність КЗ в точці К2

$$S_{K2} = \sqrt{3} * U_H * I_{K2} = \sqrt{3} * 0,4 * 6,5 = 4,5 \text{ МВА}.$$

2.6.2 Вибір високовольного електрообладнання

Вимикачі вибираються за номінальною напругою і розрахунковим струмом з урахуванням післяаварійних режимів.

$$\begin{aligned} U_{\text{ном.в}} &\geq U_{\text{ном.мережі}}, \\ I_{\text{ном.в}} &\geq I_{\text{max}}. \end{aligned} \quad (2.32)$$

Струм для нормального і післяаварійного режимів для ліній живлення підприємства напругою 10 кВ:

$$\begin{aligned} I_p &= 11,1 \text{ А}; \\ I_{\text{max}} &= 2 * 11,1 = 22,2 \text{ А}. \end{aligned}$$

Для установки на стороні 10 кВ вибираємо вимикач навантаження типу ВНРЗ-10/400-20УЗ.

$$\begin{aligned} I_{\text{доп}} &\geq I_{\text{max}} \\ 400 \text{ А} &\geq 11,1 \text{ А}. \end{aligned} \quad (2.33)$$

Відповідно до ГОСТ687-78 високовольтні вимикачі повинні бути перевірені на комутаційну здатність, на динамічну стійкість, а також на термічну стійкість до дії струмів КЗ.

Перевірку вибраних вимикачів і провідників покажемо на прикладі вибраного вимикача ВНРЗ-10/400-203УЗ. Дані занесені у таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Перевірка виконання умов вибору вимикача

Умова вибору	Дані для вимикачів	Дані розрахунку
$I_{н.від} \geq I_{пт}$	$I_{н.від} = 20 \text{ кА}$	$I_{кл}=1,05 \text{ кА}$
$\sqrt{2} \cdot I_{н.від} \cdot \left(1 + \frac{B_n}{100}\right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{пт} + i_{ат}$	$\sqrt{2} \cdot 20 \cdot \left(1 + \frac{21}{100}\right) = 34,2 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{нт} + i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 1,05 + 1,48 = 2,96 \text{ кА}$
$i_{дин} \geq i_{уд}$	$i_{дин} = 25 \text{ кА}$	$i_{уд} = i_{уд.с} = 1,84 \text{ кА}$
$I_{дин} \geq I_{по}$	$I_{дин} = 8,7 \text{ кА}$	$I_{по}=1,05 \text{ кА}$
$I_T^2 \cdot t_T \geq B_K$	$I_m^2 \cdot t_m = 8,7^2 \cdot 1 = 75,69 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$B_K = 0,1 \text{ кА}^2 \text{ с}$

Даний вимикач задовольняє усім умовам перевірки.

Вибираємо запобіжник ПК-10 теж у табличній формі

Таблиця 2.10 – Вибір високовольтного запобіжника

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{уст} \leq U_{н.}, \text{ кВ}$	10	10
$I_{р \text{ max}} \leq I_n, \text{ А}$	22,2	50
$I_1'' \leq I_{н \text{ отк}}, \text{ кА}$	1,05	12
$S_{откл} \leq S_{кз}, \text{ МВА}$	19,07	200

Вибраний вимикач навантаження ВНР₃ -10 у комплекті із запобіжником приймаються до установки, тому що виконуються умови вибору.

2.7 Вибір електроапаратів на стороні 0,4 кВ

Вибір автоматичних вимикачів

Складемо порівняльну таблицю розрахункових та каталожних даних для автоматичного вимикача АВМ 10Н.

Таблиця 2.11 – Порівняльна таблиця для вибору автоматичного вимикача

Розрахункові дані	Каталожні дані автоматичного вимикача АВМ10Н
$U=0,4 \text{ кВ}$	$U_H=0,4 \text{ кВ}$
$I_{p \max} = \frac{1,4 * 250}{\sqrt{3} * 0,4} = 505,8 \text{ А}$	$I_H=1000 \text{ А}$

Вибір шин 0,4 кВ КТП

По тривалодопустимому струму вибираємо алюмінієві шини 40*4 мм.
Перевіримо шини по умовам короткого замикання.

Зусилля на середню фазу:

$$F=1,76 * i_y^2 * \frac{l}{a} * 10^{-2}; \quad (2.34)$$

де l -довжина прольоту; $l=100 \text{ см}$

a -відстань між шинами; $a=24 \text{ см}$.

$$F=1,76 * 11^2 * \frac{100}{24} * 10^{-2} = 8,87 \text{ кгс}.$$

Момент, що вигибає шину:

$$M = \frac{F * l}{8} = \frac{8,87 * 100}{8} = 110,9 \text{ кгс * см}. \quad (2.35)$$

Момент опору шини

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{0,4 * 4^2}{6} = 1,07 \text{ см}^3. \quad (2.36)$$

Напруга в матеріалі шин

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{M}{W} = \frac{110,9}{1,07} = 103,6 \text{ кгс/см}^2 = 10,3 \text{ МПа}. \quad (2.37)$$

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

Визначимо мінімальний переріз шин по умові термічної стійкості.

$$S_{\min} = I_{\infty} * \alpha * \sqrt{tn} = 6,5 * 10,5 * \sqrt{1,2} = 74,8 \text{ мм}^2, \quad (2.38)$$

що менше фактичного $40 * 4 = 160 \text{ мм}^2$.

Шини задовольняють умови вибору по термічній та динамічній дії струмів КЗ.

2.8 Релейний захист трансформаторів

Основними пошкодженнями трансформаторів є:

- замикання між фазами всередині кожуха трансформатора та на зовнішніх виводах обмоток;
- замикання в обмотках між витками однієї фази;
- замикання на землю обмоток або їх зовнішніх виводів.

Коротке замикання на виводах та виткові замикання в обмотках трансформаторів є найбільш поширеними пошкодженнями.

Міжфазні пошкодження всередині трансформатора виникають значно рідше за рахунок значної діелектричної міцності між фазної ізоляції. При виткових замиканнях струми, що ідуть до місця пошкодження від джерел живлення, можуть бути незначними. Чим менше витків, що замкнулися, тим менше струм короткого замикання.

При замиканнях на землю обмотки трансформатора, що підключена до мережі з малим струмом замикання на землю, струм пошкодження визначається величиною ємнісного струму мережі. Тому захист трансформатора від виткових замикань, а також від замикань на землю в обмотці, що працює на мережу з ізольованою нейтраллю, повинен мати високу чутливість.

Для обмеження пошкоджень захист повинен діяти швидко. Пошкодження, що супроводжується великим струмом КЗ повинні відключатись без витримки часу за 0,05 – 0,1 секунди.

Система АВР на підстанції не передбачається, тому що споживачі її відносяться до II категорії за надійністю електропостачання.

В даному проекті захист від пошкоджень в трансформаторі і на його виводах забезпечується високовольтним запобіжником ПК-10.

Захист від зовнішніх пошкоджень в мережі 0,4 кВ виконується ввідним автоматичним вимикачем АВМ10Н і запобіжниками, встановленими на лініях, що відходять.

Розділ 3.

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗЕРНОСУШАРКИ АВМ

3.1 Вибір схеми і конструктивного виконання цехової мережі

В залежності від схеми цехові мережі поділяють на радіальні, магістральні і змішані.

Радіальними називають мережі, в яких для передачі електричної енергії до споживача використовується окрема лінія.

Магістральними називають мережі, в яких для передачі електроенергії до декількох споживачів використовується одна лінія електропередачі.

На основі аналізу розміщення технологічного обладнання вибираємо для живлення споживачів зерносушарки АВМ радіальну схему цехової мережі, рис. 3.1. Передбачається використання двох розподільчих пунктів; кабелі від головного цехового розподільчого пункту (ЦРП) до РП прокладені відкрито на лотках, які закріпленні на стінах. Приєднання ЕП здійснюється проводом марки АПВ в трубах.

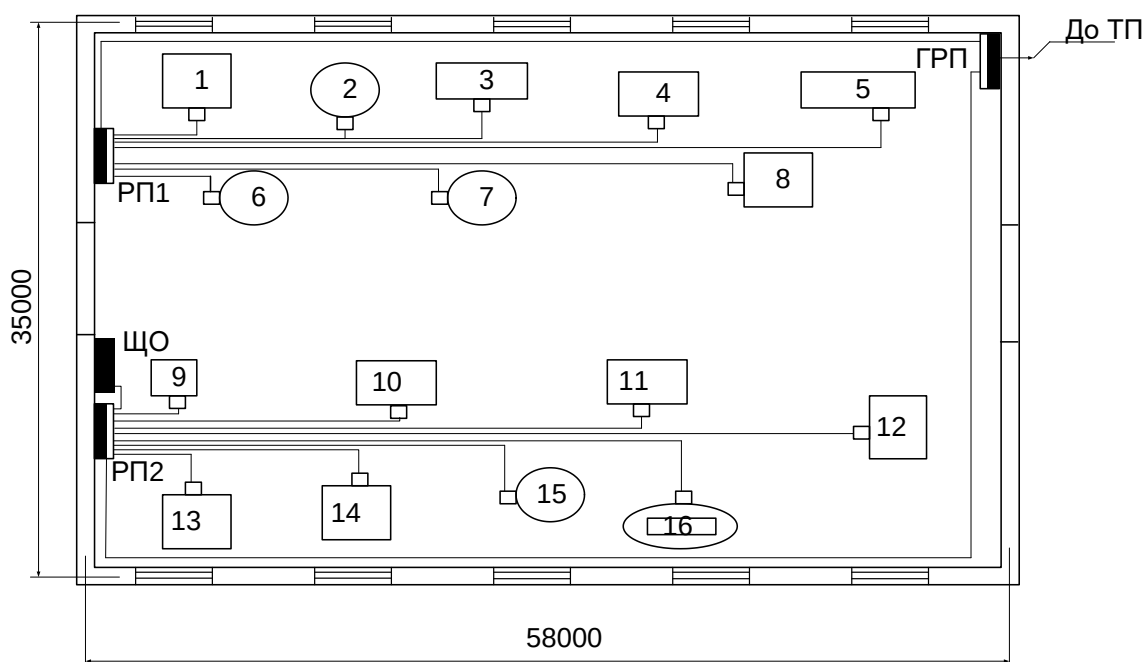


Рисунок 3.1 – Силові мережі зерносушарки АВМ

3.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури і провідників цехової мережі

Вибір цехової мережі 0,4 кВ виконується за умовою нагрівання.

Так, вибір мережі до ЦРП зерносушарки виконується за умовою:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_n} = \frac{212,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 307 \text{ А}.$$

Вибираємо кабель ААБ(4*185), прокладений у земляній траншеї від ТП.

$$I_{\text{доп}} = 345 \text{ А} > I_p = 307 \text{ А}.$$

Для живлення РП1 вибираємо кабель АВВГ, прокладений відкрито.

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_n} = \frac{103,6}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 149,7 \text{ А}$$

Приймаємо кабель АВВГ (4*120) з $I_{\text{доп}} = 190 \text{ А} > I_p = 149,7 \text{ А}$.

Для живлення РП2 вибираємо кабель АВВГ, прокладений відкрито.

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_n} = \frac{109,6}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 158,4 \text{ А}.$$

Приймаємо кабель АВВГ (4*120) з $I_{\text{доп}} = 190 \text{ А} > I_p = 158,4 \text{ А}$.

При виборі автоматичних вимикачів повинні виконуватись такі умови:

$$I_{n.\text{розч}} \geq K_{\text{відс}} I_n, \quad (3.1)$$

$$I_{c.в} \geq K_n I_n, \quad (3.2)$$

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

$I_{c.в}$ - 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 само запуску;

$I_m = \frac{S_m}{\sqrt{3}U_n}$ - розрахунковий струм окремого електроприймачі, ШР чи РП

в цілому при $U_n = 0,38 \text{ кВ}$;

K_n - коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки;

I_n - піковий (пусковий) струм.

Вибираємо комутаційно-захисну апаратуру від ліній ГРП до РП. Для захисту цих ліній передбачено використання селективних вимикачів ВА51.

Лінія ГРП - РП1.

Розрахунковий максимальний струм:

$$I_m = 149,7 \text{ А.}$$

Найбільший пусковий струм:

$$I_{пmax} = 5 \cdot I_{нmax} = 5 \cdot 75,5 = 377,5 \text{ А.} \quad (3.3)$$

де $I_{нmax}$ - номінальний струм ЕП, пусковий струм якого найбільший,

$$I_{нmax} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \phi_n \cdot \eta_n} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,88 \cdot 0,87} = 75,5 \text{ А}$$

Піковий струм лінії ГРП-РП1:

$$I_{п} \approx I_m + I_{пmax} = 149,7 + 377,5 = 527,2 \text{ А} \quad (3.4)$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА55-37 з номінальним струмом $I_{ном.в.} = 250 \text{ А}$ і номінальним струмом розчеплювача:

$$I_{ном.розч.} = 200 \text{ А} > K_{відс.} I_m = 1,1 \cdot 149,7 = 164,7 \text{ А} \quad (3.5)$$

де $K_{відс.}$ - коефіцієнт відсічки для вимикачів типу ВА55-37 дорівнює 1.1 [9].

Струм спрацювання відсічки:

$$I_{с.в.} = 1000 > K_n I_{п} = 1,5 \cdot 527,2 = 790,8 \text{ А} \quad (3.6)$$

де K_n - коефіцієнт надійності відстройки струмової відсічки для вимикачів типу ВА $K_n = 1,5$ [9].

Вибираємо найменший час спрацювання відсічки $t_{св} = 0,1 \text{ с}$. Для вимикачів ВА55-37 струм спрацювання миттєвого розчеплювача 47,5 кА [9].

Результати подальших розрахунків зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 Вибір комутаційно-захисної апаратури і провідників цехової мережі

Лінія	I_m, A	I_n, A	Тип захисного апарата	$I_{ном. в} A$	$I_{нр}, A$	$I_{нв}, кА$	$I_{св}, A$	Тип провідника	Спосіб прокладання	$S, мм^2$	$I_{доп}, A$	L_m
ГРП-РП1	149,7	527,2	ВА55-37	250	200	47.5	2000	АВВГ	відкрите	4*150	212	62
ГРП-РП2	158,4	543,4	ВА55-37	250	200	47.5	2000	АВВГ	відкрите	4*150	212	62
РП1-ЕП1	7,6	38	ВА51-25	25	10	6	80	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	7
РП1-ЕП2	75,97	379,85	ВА51-31	100	80	6	800	АПВ	в трубах	4(1x35)	85	16
РП1-ЕП3	4,18	20,9	ВА51-25	25	6,3	6	44,1	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	25
РП1-ЕП4	8,1	40,5	ВА51-25	25	10	6	100	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	35
РП1-ЕП5	4,18	20,9	ВА51-25	25	6,3	6	44,1	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	49
РП1-ЕП6	49,38	246,9	ВА51-31	100	63	6	630	АПВ	в трубах	4(1x25)	70	8
РП1-ЕП7	24,3	121,5	ВА51-31	100	31,5	6	315	АПВ	в трубах	4(1x8)	37	22
РП1-ЕП8	44,57	222,85	ВА51-31	100	50	6	500	АПВ	в трубах	4(1x16)	55	4
РП2-ЕП9	7,6	38	ВА51-25	25	8	6	80	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	6
РП2-ЕП10	5,7	28,5	ВА51-25	25	8	6	80	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	19
РП2-ЕП11	5,7	28,5	ВА51-25	25	8	6	80	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	35
РП2-ЕП12	5,7	28,5	ВА51-25	25	8	6	80	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	48
РП2-ЕП13	2,09	10,45	ВА51-25	25	6,3	6	44,1	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	7
РП2-ЕП14	4,18	20,9	ВА51-25	25	6,3	6	44,1	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19	17
РП2-ЕП15	49,38	246,9	ВА51-31	100	63	6	630	АПВ	в трубах	4(1x25)	70	25
РП2-ЕП16	85,08	425,42	ВА51-31	100	100	6	1000	АПВ	в трубах	4(1x50)	120	37

3.3 Перевірка цехової мережі на втрату напруги

Згідно вимог ПУЕ мережі напругою до 1000В підлягають перевірці на втрату напруги. Перевіримо вибрані перерізи провідників цехової мережі за допустимими втратами напруги.

Втрати напруги в лінії ТП-ГРП:

$$\Delta U_1 = I \cdot \frac{P_M R_{\text{ПІТ}} + Q_M X_{\text{ПІТ}}}{U_H} = 56 \frac{424,8 \cdot 0,179 + 233,4 \cdot 0,07}{380} = 13,6 \text{ В.}$$

Втрати напруги в лінії ГРП-РП1:

$$\Delta U_2 = I \cdot \frac{P_M R_{\text{ПІТ}} + Q_M X_{\text{ПІТ}}}{U_H} = 62 \frac{89,6 \cdot 0,276 + 51,9 \cdot 0,07}{380} = 4,6 \text{ В.}$$

Втрати напруги в лінії РП1-ЕП-2:

$$\Delta U_3 = I \cdot \frac{P_M R_{\text{ПІТ}} + Q_M X_{\text{ПІТ}}}{U_H} = 8 \frac{22 \cdot 0,95 + 16,5 \cdot 0,075}{380} = 0,5.$$

Таким чином, загальні втрати напруги:

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 = 13,6 + 4,6 + 0,5 = 18,7 \text{ В ,}$$

що є меншим допустимого значення 5% (19В).

Виконаємо аналогічну перевірку для РП2

Втрати напруги в лінії ГРП-РП2:

$$\Delta U_2 = I \cdot \frac{P_M R_{\text{ПІТ}} + Q_M X_{\text{ПІТ}}}{U_H} = 82 \frac{102,05 \cdot 0,276 + 40 \cdot 0,07}{380} = 6,7 \text{ В.}$$

Втрати напруги в лінії РП2-ЕП-10:

$$\Delta U_1 = I \cdot \frac{P_M R_{\text{пит}} + Q_M X_{\text{пит}}}{U_H} = 10 \frac{4,5 \cdot 13,2}{380} = 1,6 \text{ В}.$$

Таким чином загальні втрати напруги:

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 = 6,3 + 6,7 + 1,6 = 14,6 \text{ В},$$

що є меншим допустимого значення 5% (19В).

Значить, цехові мережі зерносушарки вибрані вірно і відповідають умові перевірки.

3.4 Розрахунок струмів КЗ в мережі напругою 0,4 кВ

Розрахунок струмів короткого замикання проводиться з метою перевірки захисних апаратів за умовою комутаційної здатності [3].

Виконаємо розрахунок струмів короткого замикання для ділянки ТП-РП1- ЕП2 (кормороздріблювач). Складемо розрахункову схему.

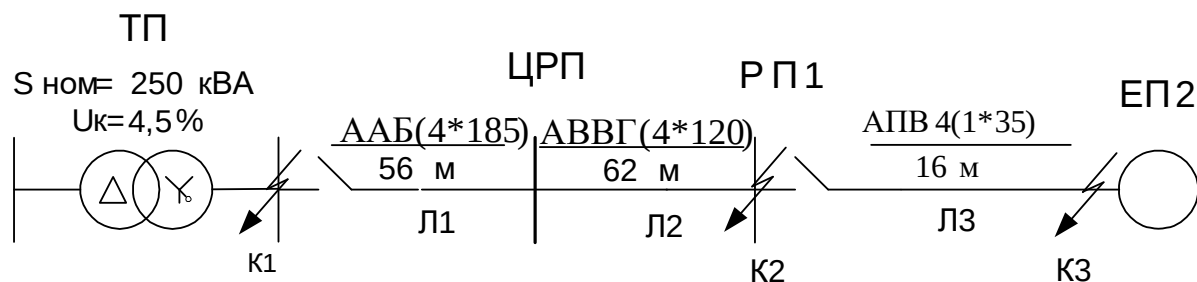


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема мережі

Номінальна потужність трансформатора: $S_{\text{ном.Т}} = 250 \text{ (кВА)}$.

Визначимо опір трансформатора:

$$Z_{\text{Т.}} = \frac{U_k}{100} * \frac{U_H^2}{S_{\text{нтр}}} = \frac{4,5}{100} * \frac{380^2}{250} = 26 \text{ мОм}. \quad (3.7)$$

Визначаємо опори ліній Л1, Л2,Л3 :

$$Z_{Л1}=Z_{ТП1-ГРП}=\sqrt{R_{\text{пит}}^2 + X_{\text{пит}}^2} \cdot 56 = \sqrt{0,179^2 + 0,07^2} \cdot 56=10,8 \text{ мОм};$$

$$Z_{Л2}=Z_{ГРП-РП1}=\sqrt{R_{\text{пит}}^2 + X_{\text{пит}}^2} \cdot 62 = \sqrt{0,276^2 + 0,07^2} \cdot 62=17,7 \text{ мОм};$$

$$Z_{Л2}=Z_{РП1-ЕП2}=\sqrt{R_{\text{пит}}^2 + X_{\text{пит}}^2} \cdot 16 = \sqrt{0,95^2 + 0,075^2} \cdot 16=15,2 \text{ мОм}.$$

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

$$I_{\text{к.мах}}^{(3)} = \frac{1,05U_{\text{ном}}}{\sqrt{3}Z_{\Sigma}}, \quad (3.8)$$

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

- для точки К1

$$I_{\text{кмах}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 26} = 8,87 \text{ кА};$$

;

-для точки К2

$$I_{\text{кмах}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (26 + 10,8 + 17,7)} = 4,23 \text{ кА};$$

- для точки К3

$$I_{\text{кмах}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (26 + 10,8 + 17,7 + 15,2)} = 3,3 \text{ кА}.$$

3.5 Перевірка селективності роботи вибраних захисних апаратів

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

- для точки К1

$$I_{\text{нвідкл}}=47,5>8,87 \text{ кА};$$

- для точки К2

$$I_{\text{н відкл}} = 6 \text{ кА} \geq I_{\text{к max}}^{(3)} = 4,23 \text{ кА};$$

- для точки КЗ

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

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

Перевірка чутливості і селективності захисту цехових мереж.

Виконаємо перевірку селективності дії захисту.

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

$$I_{\text{к2}}^{(1)} = \frac{U_{\text{ф.ном}}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\text{ф-н}} \cdot l}, \quad (3.9)$$

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

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

l – відстань до місця КЗ.

$$Z_{\Sigma}^{(1)} = 3Z_{\text{T}} = 3 \frac{U_{\text{к}}}{100} * \frac{U^2}{S_{\text{ном ТТ}}} = 3 \frac{4,5}{100} * \frac{380^2}{250} = 78 \text{ МОм};$$

$$I_{\text{к2}}^{(1)} = \frac{220}{\frac{78}{3} + 0,45 \cdot 56 + 0,71 \cdot 62} = 2,3 \text{ кА}.$$

струм однофазного КЗ на затискачах ЕП-2(кормороздріблювача):

$$I_{\text{к3}}^{(1)} = \frac{U_{\text{ф.ном}}}{\frac{Z_{\text{T}}^{(1)}}{3} + Z_{\text{ф-н}} \cdot l}; \quad (3.10)$$

$$I_{k3}^{(1)} = \frac{220}{\frac{78}{3} + 0,45 \cdot 56 + 0,71 \cdot 62 + 1,85 \cdot 16} = 1,76 \text{ кА}.$$

Перевіримо чи виконується умова:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_{к.міп}^{(1)}}{3}. \quad (3.11)$$

Перевіримо чутливість захисту лінії ТП1-РП1:

$$I_{н.розч} = 200 \text{ А} < \frac{I_{к2}^1}{3} = \frac{2300}{3} = 766,7 \text{ А}.$$

Перевіримо чутливість захисту лінії РП1- ЕП2:

$$I_{н.розч} = 80 \text{ А} < \frac{I_{к3}^1}{3} = \frac{1760}{3} = 586,7 \text{ А}.$$

Умови перевірки чутливості автоматичних вимикачів виконуються [4].

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

$$\begin{cases} I_{с.В1} > (1,3..1,5)I_{с.В2}, \\ t_{с.В1} = t_{с.В2} + \Delta t. \end{cases} \quad (3.12)$$

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

$$\begin{cases} I_{ВВ1} = 2000 \text{ А} > 1,3..1,5 I_{СВ2} = 1040...1200 \text{ А} \\ t_{сВ1} = 0,2. > t_{сВ2} + \Delta t = 0,015 + 0,1 = 0,115 \end{cases}$$

Умови селективності виконуються [6].

Будуємо карту селективності дії захисту для даних вимикачів.

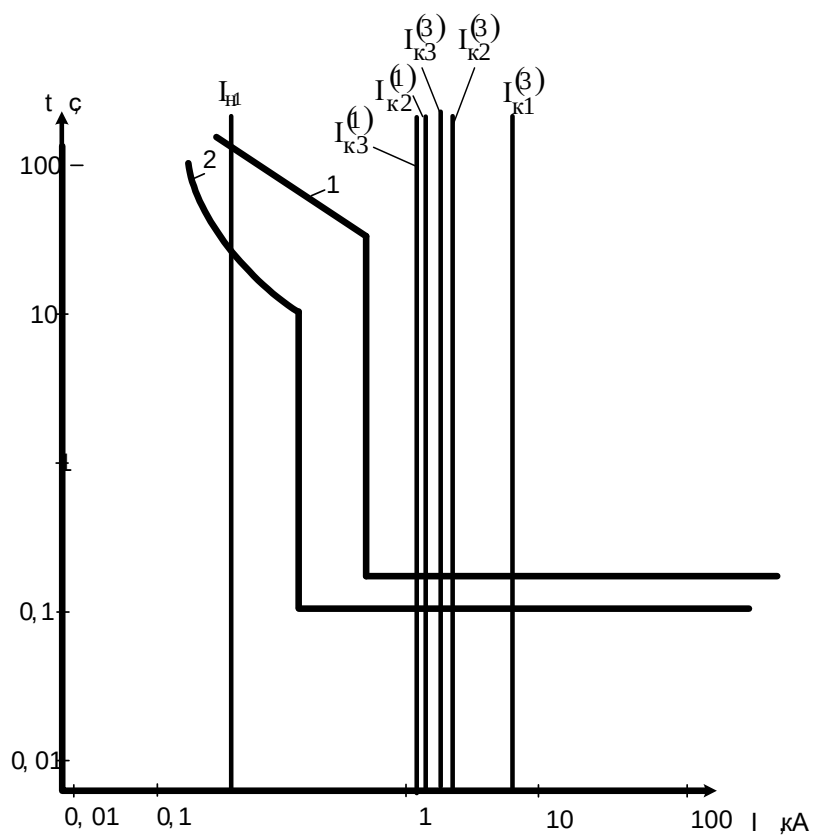


Рисунок 3.3 - Карта селективності захисту

Розділ 4.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТРАНСФОРМАТОРАХ

4.1 ККД і втрати в трансформаторі

Потужність P_2 , що отримується навантаженням трансформатора, менша ніж потужність P_1 , що споживається на вході первинної обмотки, внаслідок наявності втрат. Втрати в трансформаторі в процесі перетворення енергії поділяються на втрати в міді P_m та втрати в сталі $P_{ст}$. Коефіцієнт корисної дії

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{ст} + P_m} 100 = \frac{P_1 - P_{ст} - P_m}{P_1} 100 \quad (4.1)$$

Втрати в обмотках трансформатора пропорційні квадрату струму навантаження (втрати КЗ (P_k), що являють собою втрати в міді обмоток, а також додаткові втрати в стінках бака та інших металевих частинах, викликані потоком розсіювання).

Втрати в сталі пропорційні квадрату наведеної ЕРС (втрати ХХ (P_x), що виникають внаслідок перемагнічування активної сталі осердя і навантажувальних втрат). Якщо навантаження не перевищує номінального, наведена ЕРС майже дорівнює напрузі на виводах первинної обмотки (за виключенням падіння напруги, що складає декілька відсотків в первинному колі трансформатора). З цього випливає, що у випадку незмінної первинної напруги втрати в сталі трансформатора можна прийняти незалежними від навантаження.

У разі постійного коефіцієнта потужності ККД залежить від повної потужності і має екстремальне значення. У випадку заданого коефіцієнта потужності найбільший ККД буде отриманий за такої повної потужності, за якої електричні втрати в обмотках і втрати в сталі однакові.

Трансформатори виготовляють з різними відношеннями втрат для того, щоб можна було вибрати найбільш економічний трансформатор для даного режиму навантаження. Відношення втрат практично може дорівнювати 3,6-6,0. Менше значення відноситься до трансформаторів великої потужності з кращим використанням за навантаженням; більші значення підносяться до трансформаторів меншої потужності і з гіршим використанням за навантаженням.

Середній ККД стандартного трансформатора становить 98%, тобто ККД трансформаторів перевищує. ККД решти виробничого обладнання.

Підвищення вартості електроенергії стимулює зниження як втрат ХХ, так і навантажувальних (особливо в генераторних та інших трансформаторах, що мають високий коефіцієнт завантаження). За останні 30 років втрати в трансформаторах знижені в середньому на 50%. Зниження втрат ХХ відбувалось завдяки.

- використанню високоякісних марок сталі;
- удосконаленню технології виготовлення магнітної системи і особливо технології різання сталі;
- вдосконаленню конструкції осердя і, перш за все, стиків листів сталі.

Загалом, біля 50% втрат в сталі складають втрати на вихрові струми і 50 % на гістерезис, тому виробники намагаються зменшити товщину листів. Втрати можна зменшити шляхом використання новітніх технологій виготовлення трансформаторів. Так, останні розробки з аморфною сталлю завдяки зменшенню втрат, що виникають під час намагнічування осердя трансформатора, дозволяють скоротити втрати в трансформаторах до 60%, хоча трансформатори, виготовлені з аморфної сталі, мають набагато важчі осердя і тому більші за розміром, ніж трансформатори традиційної конструкції.

Наприклад, для трансформатора з залізним осердям потужністю 250 кВ А втрати в сталі складають приблизно 0,65 кВт. тоді як для трансформатора з аморфним осердям вони складають тільки 0.215 кВт. Використання аморфного

металу для осердя трансформатора дозволяє знизити втрати приблизно на третину, таблиця 4.1.

Таблиця 4.1 – Порівняльна таблиця активних втрат ХХ при різних матеріалах осердя

Трансформатор (кВА)	Втрати в осерді, Вт		Втрати в обмотці, Вт	
	Кремнієво-металевий	Аморфний	Кремнієво-металевий	Аморфний
300	516	167	1854	1538
750	864	269	4886	5388
100	1129	374	5983	5626

Істотним резервом зниження втрат ХХ є вдосконалення різання сталі та складання магнітної системи.

Зниження навантажувальних втрат досягається зменшенням густини струму на проводі внаслідок збільшення площі його поперечного перерізу. Проте, це призводить до двох негативних наслідків: збільшення розмірів осердя і збільшення втрат від вихрових струмів.

Додаткові втрати у зовнішніх відносно до обмоток металевих частинах в сучасних трансформаторах можуть складати від 10 до 50% навантажувальних. Ці втрати викликані потоком розсіювання обмоток, що залежить від конфігурації обмоток і не залежить від густини струму. У міру зниження втрат в проводі у навантажувальних втратах зростає частка додаткових втрат поза обмотками, особливо в трансформаторах з великим значенням опору КЗ. Екранування дозволяє знизити додаткові втрати в захищених деталях більш ніж на 50%.

За даними ВАТ "Укрелектроапарат" (м. Хмельницький), в Україні на сьогодні знаходиться в експлуатації 197360 трансформаторів. На підставі аналізу технічного стану і характеристик трансформаторів потужністю 25-2500 кВА напругою до 35 кВ встановлено, що 75% з них було виготовлено в 1970-1980 роках.

Ці трансформатори морально застарілі і дають підвищені втрати ХХ і КЗ. ВАТ "Укрелектроапарат" через модернізацію розподільних трансформаторів із застосуванням високоякісних матеріалів досяг зниження втрат ХХ та КЗ порівняно з трансформаторами, виготовленими у 70-х роках, таблиця 4.2.

Таблиця 4.2 – Порівняльна характеристика втрат ХХ для трансформаторів різних років виготовлення

Потужність, кВА	250			630			1000		
Рік виготовленн я	1965	1975	2002	1965	1975	2002	1965	1975	2002
Втрати ХХ, кВт	1,05	0,78	0,48	1,95	1,68	0,96	2,95	2,35	1,5
Втрати КЗ, кВт	3,9	3,7	3,7	7,8	7,6	7,6	11,5	10,8	10,2
Маса, кг	1280	1125	1020	2765	2340	1980	3950	3560	3250

Заміна застарілих конструкцій трансформаторів на сучасні дозволяє значно скоротити втрати електроенергії в електромережах України.

Як приклад, за умови, що середня потужність трансформаторів, що експлуатуються в Україні, — 250 кВА, зменшення втрат ХХ у разі використання нових трансформаторів лише для одного трансформатора складає $P_x = 0,78 - 0,48 = 0,3$ кВт. У разі повної заміни 197360 трансформаторів потужністю 25-2500 кВА випуску 1965-1980 років на нові модернізовані можна зменшити втрати під час трансформації на:

$$\Delta W = P_x \cdot \zeta \cdot t_p \cdot 197360 = 0,3 \cdot 0,7 \cdot 8760 \cdot 197360 \cdot 10^{-3} = 363063,4 \text{ тис.гр,}$$

де C - ціна 1 кВтгод, що дорівнює 0,5 грн/кВт*год; t_p - тривалість роботи трансформатора протягом року; $t_p = 8760$ год.

Підвищення технічного рівня трансформаторів можна досягнути:

- застосуванням для магнітних систем високоякісних марок електротехнічних сталей з питомими втратами на рівні 1 Вт/кг і нижче;
- впровадженням сучасних схем шихтовки магнітних систем, в тому числі повної схеми шихтовки "степ-леп";
- впровадженням для трансформаторів 110 кВ вакуумного заливання активних частин трансформаторним маслом у власних баках, що здійснюється в спеціальних камерах;
- використанням в багатопаралельних обмотках емальпроводів прямокутного перерізу;
- впровадженням технології, що забезпечує стабілізацію висоти обмоток;
- застосуванням для обмоток, що стискаються у випадку КЗ, циліндрів із склопластика;
- застосуванням пресувальних кілець із склопластика або твердого електрокартону;
- впровадженням сучасних конструкцій перемикальних пристроїв регулювання напруги під навантаженням (РПП);
- зниженням додаткових втрат в елементах конструкцій трансформаторів;
- підвищенням ефективності систем охолодження

Актуальність вирішення проблеми зниження втрат під час експлуатації трансформаторів зумовлена тим, що створення досконалих конструкцій трансформаторів, які не вимагають капітального ремонту протягом всього терміну експлуатації, дозволить суттєво знизити втрати під час їхньої експлуатації, адже вартість капітального ремонту трансформатора становить більше 50% його початкової ціни.

4.2 Охолодження обмоток силових масляних трансформаторів

Охолодження потужних силових трансформаторів є актуальною проблемою щодо утилізації втрат в трансформаторах, в яких втрати тепла в трансформаторах протягом року досягають сотень мільйонів кіловат-годин, і це тепло витрачається на нагрівання довкілля. В ряді країн широкого поширення набули роботи зі створення установок для вторинного використання тепла, які дають істотну економію енергетичних ресурсів. Наприклад, у США понад 60 фірм займається виробництвом таких установок з використанням теплових насосів, одинична потужність яких становить від 1-2 до 500 кВт.

В Україні протягом останніх років розроблено та виготовлено установки з утилізації втрат силових трансформаторів тепловими насосами потужністю 20, 40 і 60 кВт. Розроблені також установки на 1 кВт електроенергії, що витрачається, дозволяють отримати 4 кВт тепла. Такі установки виконують подвійну функцію: вони охолоджують трансформатори, а також перетворюють тепло до температури нагрітої води 50-65°C, за якої це тепло може бути використане для опалення.

Значний інтерес представляє створення установок більшої потужності, наприклад, 100-110 кВт. За зазначеної потужності функції установок з охолодження та утилізації практично зрівнюються. Роботи щодо створення потужних (понад 110 кВт) установок з утилізації втрат силових трансформаторів слід було б продовжити, зважаючи на існуючі в Україні енергетичні проблеми.

4.3 Економічний режим роботи силових трансформаторів

На промисловому підприємстві силові трансформатори встановлюють на головних знижувальних, на цехових і спеціальних підстанціях

(перетворювальних, електропічних, зварювальних та ін). Втрати електроенергії в трансформаторах є неминучими, однак вони повинні бути доведені до можливого мінімуму шляхом правильного вибору потужності і числа силових трансформаторів, а також раціонального режиму їх роботи. Крім того, варто прагнути до зменшення втрат електроенергії шляхом виключення ХХ трансформаторів при малих навантаженнях. Цей захід має особливе значення під час експлуатації цехових трансформаторів підприємств, що працюють в одну чи дві зміни, а також у вихідні дні. Під час встановлення п трансформаторів на підстанції економічний режим роботи визначається числом одночасно увімкнених трансформаторів, які забезпечують мінімум втрат електроенергії. Криві приведених втрат потужності в трансформаторах залежно від потужності навантаження показані на рисунку 4.1. Крива 1 — залежність під час роботи одного трансформатора, крива 2 — під час роботи другого трансформатора. У разі одночасної роботи двох трансформаторів приведені втрати потужності залежно від навантаження визначаються кривою 3.

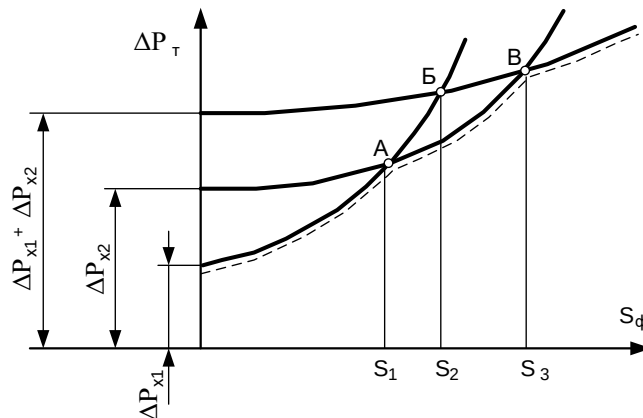


Рисунок 4.1 – Втрати потужності в трансформаторах

Вираз приведених втрат можна переписати таким чином:

$$\Delta P_T = \Delta P_x + \left(\frac{\Delta P_K}{S_{HT}^2} \right) S_\phi^2 \quad (4.2)$$

де ΔP_X і ΔP_K - приведені втрати потужності у разі XX і КЗ трансформатора відповідно; $S_{нт}$ - номінальна потужність трансформатора; $S_{ф}$ – фактична потужність трансформатора.

Отримане рівняння параболи дозволяє визначити точки перетину А, Б, В (рисунок 4.1), що відповідають навантаженням S_1 , S_2 , S_3 . Координати, що відповідають спільному розв'язку рівнянь, що відображають втрати потужності в трансформаторах у разі почергової та одночасної роботи, дають значення навантаження, за якого слід переходити від роботи з першим до роботи з другим чи двома трансформаторами одночасно. В рівняннях індекси відповідають позначенням кривих на рисунку 4.1 .

Точку А і відповідне їй навантаження $S_{ф1}$ можна знайти як графічним, так і аналітичним способом. У разі навантаження, меншого ніж S_1 , економічно виправдана робота з одним трансформатором, втрати в якому відповідають кривій 1. У разі збільшення навантаження до значення S_2 ,. раціональніше використовувати замість першого другий, потужніший трансформатор. У разі подальшого збільшення навантаження від S_3 менші втрати потужності відповідають одночасній роботі обох встановлених трансформаторів.

Розділ 5.

ОХОРОНА ПРАЦІ

Бакалаврська робота направлена на розробку системи електропостачання Приватного підприємства «Серебріївське», Могилів-Подільський район. Отже на будівельно-монтажний персонал, що здійснює монтаж системи електропостачання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [23, 24]:

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 виконання робіт

5.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць під час робіт на комутаційних апаратах і комплектному розподільчому устаткуванні

В КРУ з обладнанням на візках, що викочуються, забороняється без зняття напруги з шин та їх заземлення проникати у відсіки комірок, не відокремлених суцільними металевими перегородками від шин або від

безпосередньо з'єднаного з КРУ обладнання. Під час роботи у відсіку комірки КРУ візок з обладнанням необхідно викотити і шторку відсіку, в якому струмопровідні частини залишилися під напругою, замкнути на замок і вивісити плакат «Стій! Напруга». У відсіку вивісити плакат «Працювати тут!». В КРУ, оснащених заземлювальними ножами, на приєднаннях, схема яких виключає можливість подавання напруги з іншого боку, відсутність напруги перед вмиканням цих ножів допускається перевіряти прослідковуванням схеми в натурі.

Під час робіт зовні КРУ на підключеному до нього устаткуванні або на ПЛ чи КЛ, що відходять, візок з вимикачем необхідно викотити з комірки; верхню шторку або дверцята замкнути на замок і вивісити плакати «Не вмикати! Працюють люди» або «Не вмикати! Робота на лінії».

В комірках КРУ під час робіт допускається:

- за наявності блокування між заземлювальними ножами і візком з вимикачем встановлювати візок в контрольне положення після вмикання цих ножів;

- за відсутності блокування між заземлювальними ножами і візком вимикача, а також заземлювальних ножів в комірках, встановлювати візок в проміжне між контрольним і викоченим положенням за умови замикання його на замок в цьому положенні. Візок може бути встановлений в проміжне положення незалежно від наявності заземлення на приєднанні.

Встановлювати в контрольне положення візок з вимикачем для його випробування і роботи в колах керування і захисту дозволяються в тих випадках, коли роботи зовні КРУ на ПЛ і КЛ, що відходять, або на підключеному до них устаткуванні, враховуючи механізми, з'єднані з електродвигунами, не провадять або на цьому приєднанні встановлене заземлення в комірці КРУ.

5.1.2 Електробезпека

Для живлення технологічного обладнання та системи освітлення на будівництві об'єкту використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у будівлі є струмопровідною.

Улаштування та експлуатація електроустановок повинні здійснюватися відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (наказ від 25.07.2006 № 258 Мінпаливенерго України), Правил улаштування електроустановок (наказ від 28.08.2006 № 305 Мінпаливенерго України), НПАОП 0.00-1.29, НПАОП 40.1-1.01, НПАОП 40.1-1.07, НПАОП 40.1-1.21, НПАОП 40.1-1.32. Електробезпека на будівельному майданчику повинна забезпечуватися відповідно до вимог ГОСТ 12.1.013.

Улаштування і технічне обслуговування тимчасових і постійних електричних мереж на виробничій території повинен здійснювати персонал, що має відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

Розведення тимчасових електромереж напругою до 1000 В, що використовуються для електрозабезпечення об'єктів будівництва, необхідно виконати ізольованими проводами чи кабелями на опорах або конструкціях, розрахованих на відповідну механічну міцність під час прокладання по них проводів і кабелів на висоті над рівнем землі та настилу не менше ніж, м: 2,5 – над робочими місцями; 3,5 – над проходами; 6,0 – над проїздами.

Світильники загального освітлення напругою 127 В і 220 В необхідно встановлювати на висоті не менше ніж 2,5 м від рівня землі, підлоги, настилу. За висоти підвішування менше ніж 2,5 м необхідно згідно з ПУЕ (наказ Мінпаливенерго України від 28.08.06 № 305) використовувати напругу не вище ніж 25 В. Живлення світильників напругою до 25 В повинно

здійснюватися від знижувальних трансформаторів, машинних перетворювачів, акумуляторних батарей. Застосовувати для зазначених цілей автотрансформатори, дроселі та реостати забороняється. Корпуси знижувальних трансформаторів і їх вторинні обмотки слід заземлити. Переносні світильники мають бути тільки промислового виготовлення. Інші світильники застосовувати в якості переносних забороняється.

Вимикачі, автомати та інші комутаційні електричні апарати, що застосовуються на відкритому повітрі або у вологих цехах, повинні бути у пожежо- вибухозахищеному виконанні. Усі електропускові пристрої слід розміщувати так, щоб унеможлиблювався пуск машин, механізмів і устаткування сторонніми особами. Забороняється вмикання декількох струмоприймачів одним пусковим пристроєм. Розподільні щити і рубильники необхідно закривати на замок.

Металеві будівельні риштування, металеві огорожі місць, де виконуються роботи, полиці та лотки для прокладання кабелів і проводів, рейкові колії вантажопідіймальних кранів і транспортних засобів з електричним приводом, корпуси устаткування, машин і механізмів з електроприводом необхідно заземлювати відповідно до Правил улаштування електроустановок одразу після їх встановлення на місце до початку виконання будь-яких робіт.

Струмопровідні частини електроустановок повинні бути ізольовані, огорожені чи розміщені в місцях, недоступних для випадкового дотику до них. Захист електричних мереж і електроустановок від несанкціонованого втручання на виробничій території необхідно забезпечити за допомогою автоматичних вимикачів відповідно до НПАОП 40.1-1.32.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні встановлюють оптимальну та допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	до 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони та зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

3. Для забезпечення нормованих значень руху повітря проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

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 при свердлінні отворів і різанні металевих виробів їх ГДК наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони в кабіні проектувальника установки

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
Пил нетоксичний	Максимально разова	Середньо добова	4
	0,5	0,15	

Для забезпечення параметрів мікроклімату та складу повітря робочої зони відповідно до проектом передбачено-періодичне провітрювання приміщень та використання засобів індивідуального захисту.

5.2.3 Виробниче освітлення

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормуємо освітлення у виробничих приміщеннях. Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «Г».

Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 4. 3.

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 освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характеристика 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	г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	4	2,4

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».

Основним джерелом шуму є механічний інструмент: дрелі, перфоратори, зварювальний апарат. Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території підприємств представлені в таблиці 5.4.

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	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 потрібно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.
- організувати перерви в роботі (15 хвилин), після кожної години роботи з пристроями що є джерелом шуму;

5.2.5 Виробничі вібрації

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються насосні агрегати, вентилятори, дрілі, болгарки, перфоратори, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		м·с ⁻²	ДБ	м·с ⁻² ·10 ⁻²	ДБ
За	Zo, Yo, Xo	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

5.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують ССБТ «Пожежна безпека. Загальні вимоги». Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств і інструкції на окремих об'єктах.

Приміщення Приватного підприємства «Серебрійське» за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою 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 II-III (місця, де зберігаються тверді горючі речовини).

Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів – сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування.

Будівля, в якій розташовані приміщення Приватного підприємства «Серебрійське», характеризується II ступенем вогнестійкості. До II ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості і будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхів (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, настили, прогони	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

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН

В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

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

Найбільшу відстань до евакуаційного виходу визначаємо за об'ємом приміщення та ступені вогнестійкості будівлі.

В виробничому приміщенні, відстань при щільності людського потоку в загальному проході, чол/м² наступна: до 1 – 100 м².

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 5.8 (знаменник).

Таблиця 5.8 – 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

На території підприємства встановлено 6 вогнегасників ВП-5.

ВИСНОВКИ

1. Розроблена система електропостачання ПП «Серебрійське» відповідає всім вимогам ПУЕ.

2. Відповідними розрахунками підтверджується надійна робота всіх елементів системи електропостачання як в нормальних, так і в аварійних режимах роботи мережі.

3. В роботі прийнято такі енергозберігаючі технічні рішення:

- установка двох комплектних батарей статичних конденсаторів типу УК-05-0,4-50/5-2,5-21УЗ загальною потужністю 100 квар, що зменшує активні втрати в елементах мережі живлення;

- розміщення трансформаторної підстанції поблизу центра електричних навантажень підприємства, що мінімізує втрати електричної енергії в мережах 0,4 кВ підприємства.

4. Запропоновано ряд технічних рішень, реалізація яких забезпечує зменшення втрат активної потужності в трансформаторах підприємства.

5. Розроблено комплекс заходів з безпечної експлуатації об'єкту, з гігієни праці та виробничої санітарії і пожежної безпеки для підприємства.

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. 312 с.
17. В. А. Попов, В. В. Ткаченко, Ярмолюк О. С. Проектування 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://profidom.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

31. 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>.

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

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

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

35 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>.

36. 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.

37. 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.

38. 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

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Розробка системи електропостачання приватного підприємства «Серебрійське», Могилів-Подільський район

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	79,2 %
Схожість	20,8 %

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 _____ Вербський Я.К.

Опис прийнятого рішення

Магістерська кваліфікаційна робота допускається до захисту

Особа відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В.

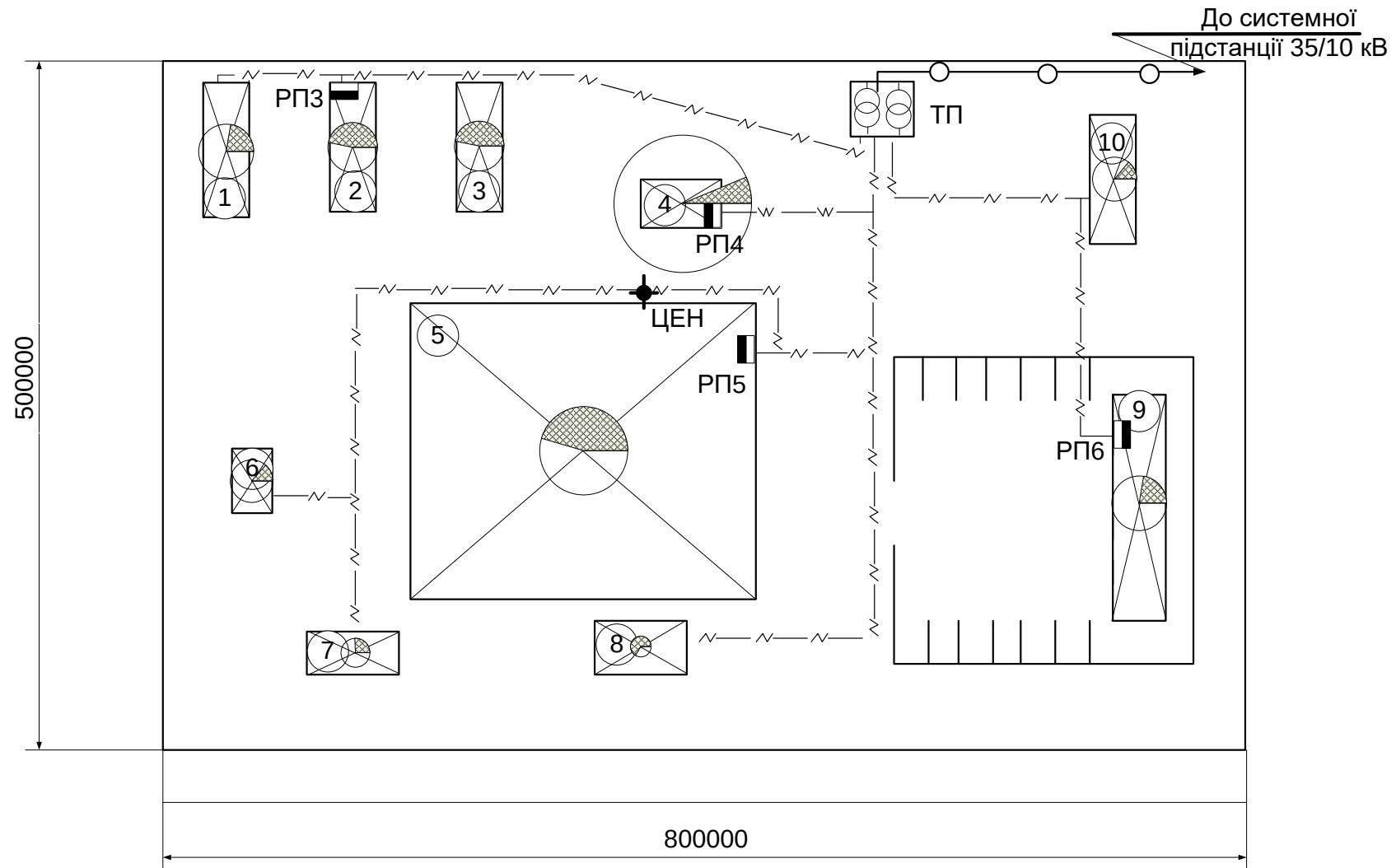
Керівник роботи _____

Терешкевич Л.Б.

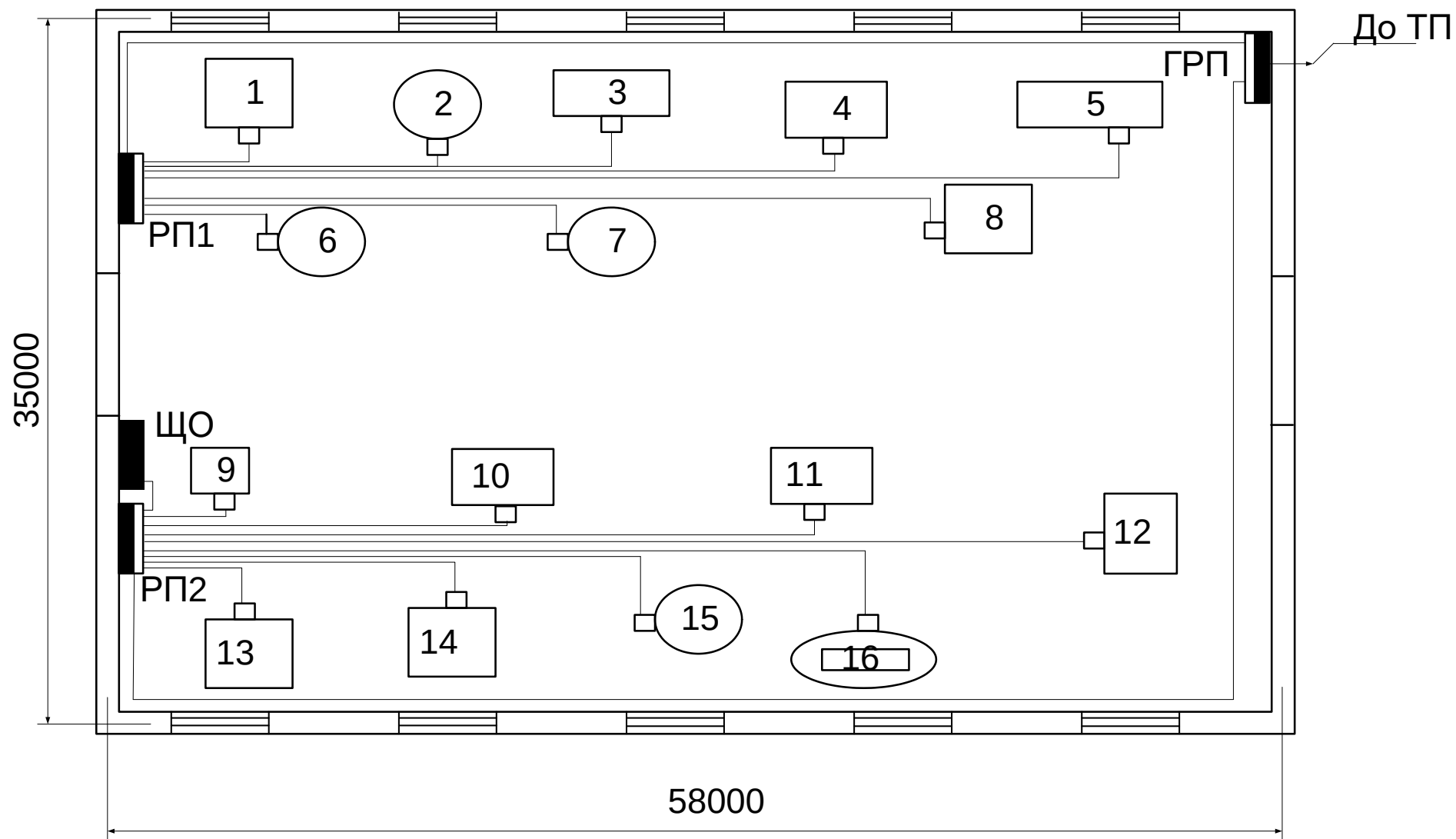
Експерт _____

Бурбело М.Й., зав кафедри ЕСЕМ

Додаток Б. План приватного підприємства «Серебрійське»



Додаток Г. Силові мережі зерносушарки АВМ



Додаток Є. Питання енергозбереження в трансформаторах

ККД і втрати в трансформаторі

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{\text{ст}} + P_{\text{м}}} 100 = \frac{P_1 - P_{\text{ст}} - P_{\text{м}}}{P_1} 100$$

Порівняльна таблиця активних втрат ХХ при різних матеріалах осердя

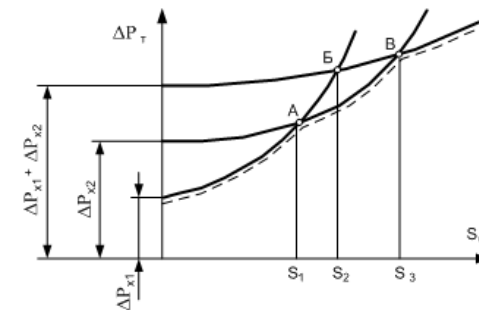
Трансформатор (кВА)	Втрати в осерді, Вт		Втрати в обмотці, Вт	
	Кремнієво-металевий	Аморфний	Кремнієво-металевий	Аморфний
300	516	167	1854	1538
750	864	269	4886	5388
100	1129	374	5983	5626

Порівняльна характеристика втрат холостого ходу для трансформаторів різних років виготовлення

Потужність, кВА	250			630			1000		
Рік виготовлення	1965	1975	2002	1965	1975	2002	1965	1975	2002
Втрати ХХ, кВт	1,05	0,78	0,48	1,95	1,68	0,96	2,95	2,35	1,5
Втрати КЗ, кВт	3,9	3,7	3,7	7,8	7,6	7,6	11,5	10,8	10,2
Маса, кг	1280	1125	1020	2765	2340	1980	3950	3560	3250

Економічний режим роботи силових трансформаторів

$$\Delta P_{\text{т}} = \Delta P_{\text{х}} + \left(\frac{\Delta P_{\text{к}}}{S_{\text{нт}}^2} \right) S_{\Phi}^2$$



Втрати потужності в трансформаторах

