

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

Бакалаврська дипломна робота на тему:

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ФЕРМЕРСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА «АГРО-ВАС», ГАЙСИНСЬКИЙ РАЙОН»**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЗЕЕ-206
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика та
електротехніка», Бородавка О.П.

Керівник: д.т.н., проф. Терешкевич Л.Б.
«15» 06 2024 р.

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

«17» 06 2024 р.

Доопущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСЕМ
д.т.н., проф. Бурбело М. Й.
«13» 06 2024 р.

Вінниця, ВНТУ – 2024 рік

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕМ
проф. Бурбело М.Й

„ 11 ” 03 2024 р

ЗАВДАННЯ
на бакалаврську дипломну роботу
Бородавкові Олексію Павловичу

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання фермерського господарства «Агровас», Гайсинський 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 фермерського господарства; план одного із об'єктів з технологічними плануваннями, відомості про особливості об'єкту; інформація про електричні навантаження Фермерського господарства 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. Аналіз способів і пристроїв компенсації реактивної потужності
 - 3.1 Компенсація реактивної потужності – один із ефективних способів зниження активних втрат в електричних мережах
 - 3.2 Технічні задачі, що виникають при експлуатації БСК

3.3 Технічні задачі, що виникають при експлуатації БСК

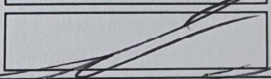
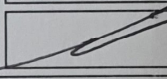
4. Охорона праці

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу.

1. Генплан фермерського господарства і його розподільна мережа
2. Однолінійна схема електропостачання фермерського господарства
3. План одного із об'єктів і його силової мережі
4. Розрахунково-монтажна таблиця
5. Креслення із спецпитання

6. Консультанти розділів дипломної роботи

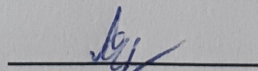
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		

7. Дата видачі завдання « 30 » квітня 2024 року

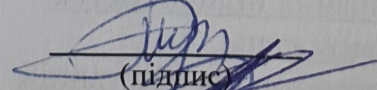
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

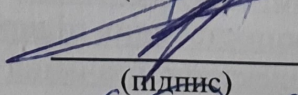
Студент


(підпис)

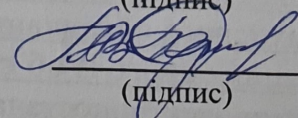
Керівник дипломної роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Рецензент


(підпис)

Бородавка О.П.
(прізвище та ініціали)

Терешкевич Л.Б.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

доц. канд. тех. наук О.В. Савченко
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	7
ANNOTATION	8
ВСТУП	9
Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ФЕРМЕРСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО.....	11
1.1 Характеристика фермерського господарства та електроприймачів, що експлуатуються.....	11
1.2 Відомість виробничих об'єктів фермерського господарства «Агро-вас».....	12
Розділ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА.....	15
2.1 Розрахунок електричних навантажень.....	15
2.1.1 Розрахунок електричних навантажень ремонтно-механічної майстерні	15
2.1.2 Розрахунок навантажень окремих об'єктів та по фермерському господарству в цілому	18
2.2 Побудова картограми навантажень та визначення центру електричних навантажень	22
2.3 Компенсація реактивної потужності.....	25
2.4 Вибір трансформаторів живлячої підстанції.....	26
2.5 Розрахунок струмів КЗ	29
2.5.1 Розрахунок струмів КЗ на високій напрузі.....	29
2.5.2 Перевірка електроустаткування на термічну та динамічну стійкість дії струмів КЗ	31
2.6 Релейний захист трансформаторів	31
2.7 Розрахунок струму КЗ на напрузі 0,4 кВ	35
2.8 Вибір електроустаткування підстанції з боку 0,4 кВ	38
2.9 Облік електроенергії	39
Розділ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ РЕМОНТНО- МЕХАНІЧНОЇ МАЙСТЕРНІ.....	42

3.1 Вибір внутрішньоцехової схеми електропостачання	42
3.2 Вибір пускової та захисної апаратури для внутрішньоцехових силових мереж	43
3.3 Вибір струмоведучих частин силової та освітлювальної мереж цеху	44
3.4 Перевірка мережі 0,4 кВ за допустимими втратами напруги.....	45
3.5 Розрахунок струмів КЗ в мережі напругою до 1000 В	47
3.6 Перевірка вибраних захисних апаратів.....	48
Розділ 4. АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ПРИСТРОЇВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ	52
4.1 Компенсація реактивної потужності – один із ефективних способів зниження активних втрат в електричних мережах	52
4.2 Технічні задачі, що виникають при експлуатації БСК.....	54
Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	64
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	64
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць в пожежонебезпечних зонах	64
5.1.2 Електробезпека.....	66
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	69
5.2.1 Мікроклімат	69
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	69
5.2.3 Виробниче освітлення	70
5.2.4 Виробничий шум.....	71
5.3 Пожежна безпека.....	72
ВИСНОВКИ.....	75
ДОДАТКИ.....	75
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	76
Додаток А. Генплан фермерського господарства з електричними Мережами.....	81
Додаток Б. Однолінійна схема електропостачання фермерського господарства	82

Додаток В. Силові мережі ремонтно-мехнічної майстерні	83
Додаток Г. Розрахунково-монтажна таблиця.....	84
Додаток Д. Аналіз способів і пристроїв компенсації реактивної Потужності.....	85
Додаток Е Протокол перевірки кваліфікаційної роботи.....	86

АНОТАЦІЯ

БОРОДАВКА Олексій Павлович, Розробка системи електропостачання фермерського господарства «Агро-вас», Гайсинський район. Бакалаврська кваліфікаційна робота. Вінниця. ВНТУ, 2024, 85 с. Іл.: 15, Табл: 14.

В бакалаврській дипломній роботі розробляється система електропостачання фермерського господарства «Агро-вас», Гайсинський район

Усі рішення, прийняті в роботі, базуються на результатах розрахунків, що проведені відповідно до діючих норм та із врахуванням вимог ПУЕ. В роботі розрахована живильна мережа 10 кВ та розподільні мережі 0,4 кВ. Місце установки ТП прийнято за результатами розрахунку ЦЕН. Вибрані трансформатори, комутаційне і захисне електрообладнання. Для зниження активних втрат в трансформаторах та мережах 10 кВ передбачена установки БСК. Їх потужності забезпечують вимоги енергопостачальної організації

Цехова мережа, що розроблена в роботі, забезпечує допустимі значення відхилень напруг на затискачах електроприймачів, та допустимі нагрівання струмом. Для захисту мережі вибрано сучасне електрообладнання

Проведено аналіз способів і пристроїв компенсації реактивної потужності, які використовуються на виробництвах

Ключеві слова: система електропостачання, трансформаторна підстанція, коротке замикання, термічна стійкість, динамічна стійкість, комутаційний апарат.

ANNOTATION

Oleksiy Pavlovich BORODAVKO, Development of the power supply system of the farm "Agro-vas", Haysynskyi district. Bachelor thesis. Vinnitsa. VNTU, 2024, 85 p. Illustration: 15, Table: 14.

In the bachelor thesis, the power supply system of the Vinnytsia educational and production enterprise UTOS is developed.

All decisions made in the work are based on the results of calculations carried out in accordance with the current norms and taking into account the requirements of the PUE. In the work, 10 kV feeder networks and 0.4 kV distribution networks are calculated. The place of installation of the TP was adopted based on the results of the price calculation. Selected transformers, switching and protective electrical equipment. To reduce active losses in transformers and 10 kV networks, BSK installations are provided. Their capacities meet the requirements of the energy supply organization

The workshop network, developed in the work, provides permissible values of voltage deviations on the clamps of electrical receivers, and permissible current heating. Modern electrical equipment was chosen to protect the network

An analysis of reactive power compensation methods and devices used in production was carried out

Key words: power supply system, transformer substation, short circuit, thermal stability, dynamic stability, switchgear.

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасна система електропостачання будь-якого споживача повинна мати необхідну надійність, бути економічною та зручною, безпечною при експлуатації. В мережах такої системи має бути забезпечена якість електричної енергії.

Процес монтажу мережі системи електропостачання пов'язаний з великими матеріальними витратами. Виходячи з цього при розробці системи електропостачання має проводитись аналіз економічності рішень, що приймаються.

Всі прийняті в роботі рішення, що стосуються обсягів і трудомісткості монтажних робіт, зручності та безпечності експлуатації систем електропостачання, обгрунтовані. Тому робота, в якій розроблена система електропостачання фермерського господарства «Агро-вас» із врахуванням зазначених факторів, є актуальною.

Мета бакалаврської роботи – провести аналіз системи електропостачання фермерського господарства «Агро-вас» з метою забезпечення економічного та надійного електропостачання.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язуються такі основні задачі:

- визначення розрахункових навантажень підприємства та його виробничих підрозділів;
- вибір необхідного комутаційного та захисного електрообладнання;
- розрахунок зовнішньої та внутрішньої системи електропостачання фермерського господарства;
- розрахунок мереж 0,4 кВ одного із об'єктів господарства.

Об'єктом дослідження є процес проектування системи електропостачання фермерського господарства «Агро-вас».

Предметом дослідження є розробка систем зовнішнього, внутрішнього та цехового електропостачання.

Методи розрахунку. Розрахунок навантажень ремонтно-механічної майстерні проводиться за методом упорядкованих діаграм. Розрахунок активної і реактивної потужності силового обладнання по об'єкту проводиться за методами коефіцієнта попиту та питомої потужності освітлювального навантаження.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в подальшому розвитку методик проектування для умов фермерського господарства «Агро-вас».

Практичне значення одержаних результатів полягає в отриманні практичних рішень, які задовільняють вимогам нормативних документів: надійності, економічності, зручності, і безпечної експлуатації і забезпечують нормовану якість електроенергії для системи електропостачання фермерського господарства «Агро-вас».

Особистий внесок автора. Усі результати, що представлені в бакалаврській дипломній роботі, отримані особисто.

Апробація результатів бакалаврської дипломної роботи. Викладені в роботі результати апробацію на конференціях не проходили.

Публікації. Публікації по роботі відсутні.

Розділ 1.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ФЕРМЕРСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

1.1 Характеристика фермерського господарства та електроприймачів, що експлуатуються

На балансі фермерського господарства «Агро-вас» с. Василівка Гайсинського району Вінницької області знаходиться 1,2 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 господарстві знаходиться 20 одиниць сільськогосподарської техніки, 23 трактори і комбайни та 17 автомобілів, які обслуговуються і ремонтуються майстернею товариства

В складі підрозділів господарства знаходяться зерносклади, призначені для сушки та зберігання вирощеного зерна.

Одним із функціональних підрозділів фермерського господарства є ремонтно-механічна майстерня, яка територіально знаходиться в селі Василівка. Ремонтно-механічна майстерня споряджена обладнанням для холодної обробки металу та виконання зварювальних робіт. Оскільки господарство має достатньо сільськогосподарської техніки, виникає необхідність її ремонту та заміни зношених частин. В майстерні працюють досвідчені робітники, які в змозі утримувати техніку у робочому стані.

1.2 Відомість виробничих об'єктів фермерського господарства «Агровас»

Інформація про споживачів, що живляться від трансформаторної підстанції, наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Дані про споживачів фермерського господарства

Назва	$P_{уст},$ кВт	K_c	$\cos\varphi/\operatorname{tg}\varphi$	$F, \text{м}^2$	$\rho_{пит.о}$ кВт/м ²	$K_{посв}$
1.Ремонтна майстерня				360	0,015	0,9
2.Склад №1	8	0,4	0,9/0,48	320	0,008	0,85
3. Зерносховище №1	40	0,6	0,9/0,48	380	0,008	0,85
4 Зерносховище №2	74	0,7	0,9/0,48	400	0,008	0,85
5. Навантажувачі зерна	80	0,5	0,8/0,75			
6. Зерноочисна машина	20	0,4	0,7/1,02			0,6
7.Гараж	10	0,4	0,9/0,48	150	0,008	0,8
8.Офіс господарства	26	0,6	0,9/0,48	250	0,015	0,9
Субабоненти ТП						
9. Двоповерхові будинки	96	0,6	0,9/0,48	800	0,016	0,9
10. Кафе	44	0,6	0,9/0,48	420	0,016	0,9

Категорія за надійністю електропостачання – III..

Будівельні планування фермерського господарства, що необхідні для виконання роботи, наведені на рис. 1.1

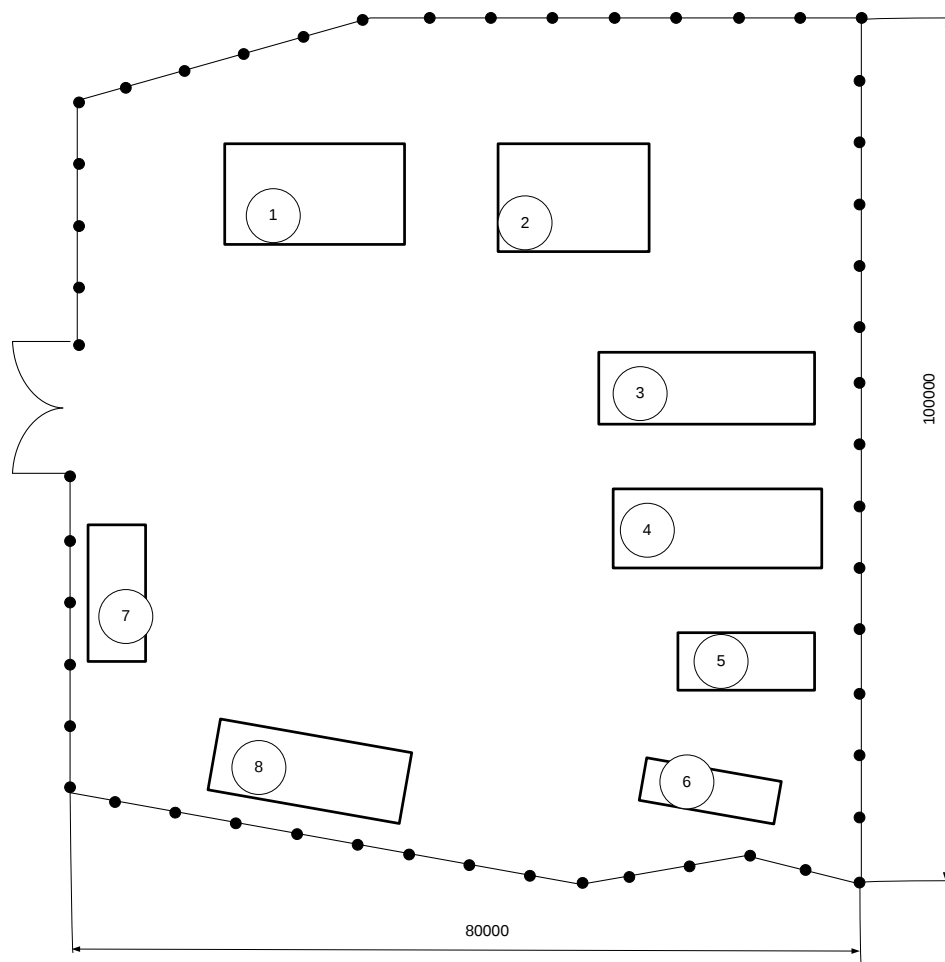


Рисунок 1.1 Генплан фермерського господарства «Агро-вас»

Для розробки цехової силової мережі вибрано ремонтно-механічну майстерню. Необхідна для цього інформація про будівельні та технологічні планування наведені на рис. 1.2 та в таблиці 1.2

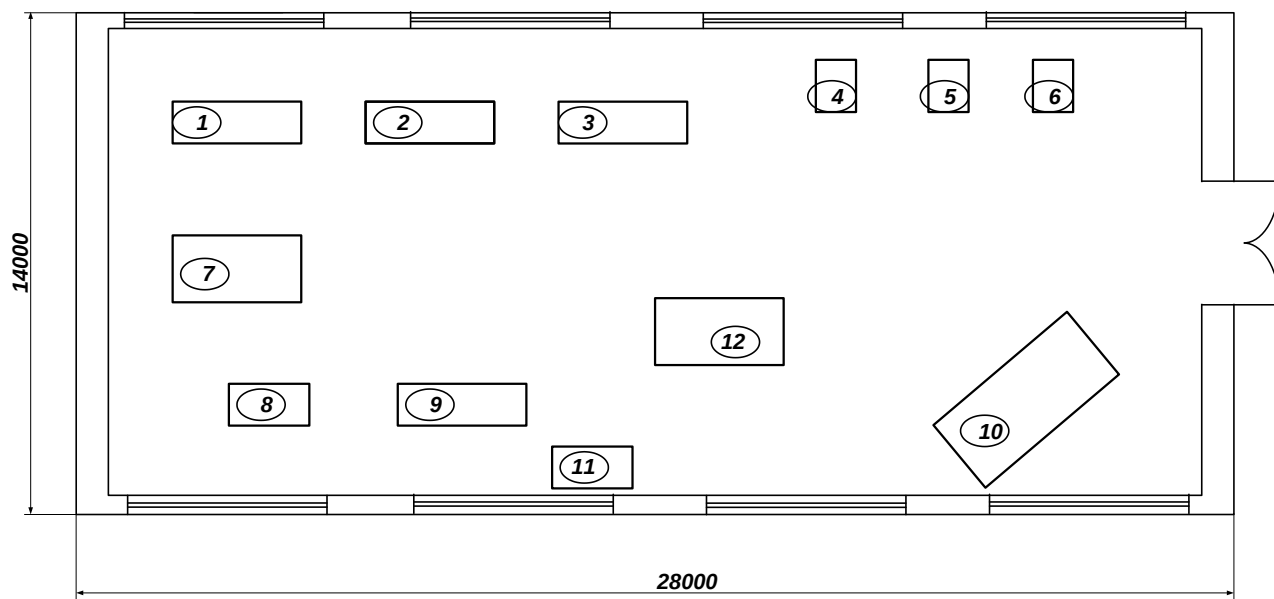


Рисунок 1.2 – Технологічні планування ремонтно-механічної майстерні

Таблиця 1.1 – Технічні дані споживачів ремонтно-механічної майстерні

Назва електроспоживача	Кільк	$P_{\text{вст. кВт}}$	$\cos\varphi/\text{tg}\varphi$	$K_{\text{и}}$
1.Токарний верстат	1	9	0,65/1,17	0,13
2. Радіально-свердлильний верстат	1	12	0,5/1,73	0,13
3. Труборіз	1	14	0,65/1,17	0,3
4. Точильно-шліфувальний верстат	1	10	0,5/1,73	0,13
5.Універсальний комбінований верстат Doligno	1	10	0,5/1,73	0,13
6. Свердлильний верстат	1	10	0,5/1,73	0,13
7. Гріндер	1	5	0,65/1,17	0,3
8. Компресор повітряний	1	12,5	0,8/0,75	0,5
9. Фрезерний верстат	1	7,5	0,5/1,73	0,13
10.Прес	1	6	0,8/0,75	0,5
11. Точило	1	1,22	0,5/1,73	0,12
12. Зварювальний пост ПВ=40%	1	10	0,5/1,73	0,4

Приміщення має розміри: 12*30 м², висота 6м.

Умови приміщення – нормальні, воно опалюється.

Розділ 2.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

2.1 Розрахунок електричних навантажень

2.1.1 Розрахунок електричних навантажень ремонтно-механічної майстерні

Вибір перерізів провідників, потужності трансформаторів, комутаційної та захисної апаратури здійснюється на основі значення розрахункових навантажень підрозділів господарства. Розрахунки виконаємо за методом упорядкованих діаграм [1, 2], який дозволить досить точно визначити навантаження промислових та споріднених до них споживачів. Метод знайшов поширене використання в проектній практиці у випадках, коли відомі точні дані про розташування обладнання, його технічні характеристики та будівельні планування.

Розрахунок електричних навантажень цим методом виконаємо для холодильника, дані про споживачів якого наведені в таблиці 1.1.

Навантаження можна розрахувати за таким алгоритмом:

1. Намічається схема, за якою буде виконуватися електропостачання споживачів. Для цього споживачі потрібно об'єднати у відповідні групи в залежності від розміщення в плані.

2. В кожній групі визначаються такі споживачі, що мають змінний графік роботи (група А), а також такі, що мають постійний графік (група Б). В даному приміщенні є в наявності ці дві групи.

3. Приведемо паспортну потужність електроприймачів з повторно-короткочасним режимом роботи до номінальної тривалої при $PB = 1$. Зварювальний пост (за планом №12):

$$P = P_n \sqrt{PB} = 30 \cdot \sqrt{0,4} = 19 \text{ кВт.}$$

Визначимо середні активну та реактивну потужності за найбільш завантажену зміну

$$P_{зм} = K_B \cdot P_n;$$

$$Q_{зм} = P_{зм} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{зм},$$

де $P_{зм}$ - середня активна потужність, кВт;

P_n - сумарна встановлена потужність групи ЕП, кВт;

$Q_{зм}$ - середня реактивна потужність, кВА;

$\operatorname{tg}\varphi_{зм}$ - Коефіцієнт реактивної потужності за найбільш завантажену зміну, визначається за [1].

4. Розраховуємо $K_{и}$ для групи ЕП:

$$K_{и.гр} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{зм}}{\sum_{i=1}^n P_{вст}}. \quad (2.1)$$

5. Знаходимо коефіцієнти максимуму активної потужності за кривими $K_m = f(K_{и}, n_e)$ [1], де n_e - ефективне число електроприймачів

$$n_{ef} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_n \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_n}, \quad (2.2)$$

або за спрощеним методом згідно [1].

7. Визначаємо розрахункову активну потужність, а саме максимальне середнє навантаження за інтервал усереднення 30 хв.:

$$P_p = K_m \cdot P_{zm}. \quad (2.3)$$

8. Знаходимо реактивну розрахункову потужність якщо:

$$Q_p = Q_{zm} \text{ при } n_e > 10;$$

$$Q = 1,1 Q_{zm} \text{ при } n_e \leq 10.$$

9. Визначимо повну розрахункову потужність:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}.$$

10. Визначимо розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}.$$

Розрахунок навантажень виконуємо в табличній формі (табл. 2.1), куди заносимо дані основних та потужних споживачів майстерні, які живляться від РП-1.

Для розрахунку потужності освітлювального навантаження по об'єктах господарства використовуємо метод коефіцієнта попиту та питомої потужності освітлювального навантаження за формулою (наприклад, для реммайстерні):

Для силового навантаження:

$$P_{MC} = P_{BCT} \cdot K_{\Pi}, \text{ кВт},$$

$$Q_{MC} = P_{MC} \cdot \operatorname{tg} \varphi_B.$$

Для розрахунку потужності освітлення враховується питома потужність оювального навантаження на одиницю площі.

$$P_{MOCB} = k_{\Pi OCB} \cdot \rho_{OCB} \cdot F = 0,9 \cdot 360 \cdot 0,015 = 4,9 \text{ кВт}; \quad (2.4)$$

$$Q_{MOCB} = P_{CMOCB} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{OCB} = 4,9 \cdot 0,33 = 1,6 \text{ квар}; \quad (2.5)$$

де $k_{\Pi OCB}$ – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження.

Дані по розрахунку спожитої потужності ремонтно-механічної майстерні наведено в таблиці 2.1

2.1.2 Розрахунок навантажень окремих об'єктів та по фермерському господарству в цілому

Розрахунок виконаємо методом коефіцієнта попиту [2]. Зробимо розрахунок для зерносховища №1, по іншим підрозділам підприємства проведемо аналогічні розрахунки відповідно.

Таблиця 2.1 Розрахунок навантаження ремонтно-механічної майстерні

Вузли живлення та гр. споживачів.	Кільк спож	Встановлена потужність приведена до ПВ=100%, кВт		К _в	cosφ / tgφ	Середнє наванта- ження за макс. завантаж. зміну		п _е	К _м	Максимальне навантаження			I _р , А
		Одного	загаль на			Р _{см} , кВт	Q _{см} , квар			Р _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	
1.Токарний верстат	1	9	9	0,13	0,65/1,17	1,17	1,4						
2.Радіально-свер.верстат	1	12	12	0,13	0,5/1,73	1,6	2,8						
3. Труборіз	1	14	14	0,3	0,65/1,17	4,2	4,9						
4. Точильн-шліфувальний верстат	1	10	10	0,13	0,5/1,73	1,3	2,25						
5.Універс комб. верстат	1	10	10	0,13	0,5/1,73	1,3	2,25						
6. Свердлильний верстат	1	10	10	0,13	0,5/1,73	1,3	2,25						
7. Гріндер	1	5	5	0,3	0,65/1,17	1,5	1,75						
8. Компресор повітряний	1	12,5	12,5	0,5	0,8/0,75	6,25	4,7						
9. Токарний верстат	1	7,5	7,5	0,13	0,5/1,73	1,59	2,7						
10.Прес	1	6	6	0,5	0,8/0,75	3	2,25						
11.Точило	1	1,22	1,22	0,12	0,5/1,73	0,14	0,25						
12.Зварюв. пост ПВ=40 %	1	10	6,3	0,4	0,5/1,73	2,5	4,4						
Разом	12		106,4	0,27		25,9	31,9	11	1,68	43,4	31,9	53,9	
ЩО										4,9	1,6	5,15	
Разом по РП										48,3	33,5	58,8	84,9

Потужність силового обладнання зерносховища(на плані №3) дорівнює:

$$P_{MC} = k_{\Pi} \cdot P_H = 0,6 \cdot 40 = 24 \text{ кВт}; \quad (2.6)$$

$$Q_{MC} = P_{CM} \operatorname{tg} \varphi_H = 24 \cdot 0,48 = 11,5 \text{ квар}, \quad (2.7)$$

де k_{Π} – коефіцієнт попиту силового навантаження.

Потужність освітлювального навантаження:

$$P_{MOCB} = k_{\Pi} \cdot \rho_{OCB} \cdot F = 0,85 \cdot 380 \cdot 0,008 = 2,2 \text{ кВт}; \quad (2.8)$$

$$Q_{MC} = P_{CMOCB} \operatorname{tg} \varphi_{OCB} = 2,2 \cdot 0,33 = 0,7 \text{ квар}.$$

Розрахункова потужність по ТП:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{\left[\sum_1^9 (P_{pc} + P_{ocb}) \right]^2 + \left(\sum_1^9 (Q_{pc} + Q_{ocb}) \right)^2} \cdot K_0 =$$
$$\sqrt{287,9^2 + 153^2} \cdot 0,85 = 277,1 \text{ кВА},$$

де K_0 – коефіцієнт одночасності електричних навантажень при кількості приєднань до збірних шин 10 та $0,3 \leq K_0 \leq 0,5$.

Повне навантаження по виробничих підрозділах і прилеглих територій знайдеться по даних таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок повних навантажень по ТП

Назва		$P_{вст},$ кВт	$K_{п}$	$P_{рс}$ кВт	$\cos \varphi / \operatorname{tg} \varphi$	$Q_{розр},$ квар	$P_{росв},$ кВт	$Q_{р\text{ осв}},$ квар	$P_{рс}+P_{осв},$ кВт	$Q_{рс}+Q_{осв},$ квар	$S_{розр},$ кВА
1. Ремонтна майстерня		106,4		43,4	0,8/0,75	31,9	4,9	1,6	48,3	33,5	58,8
2. Склад №1		8	0,4	3,2	0,9/0,48	1,5	2,2	0,7	5,4	2,2	5,8
3. Зерносковище №1		40	0,6	24	0,9/0,48	11,5	2,2	0,7	26,2	12,2	28,9
74	4. Зерносковище №2	40,7	0,7	51,8	0,9/0,48	24,9	5,1	0,9	54,5	25,8	60,3
5. Навантажувач зерна		40	0,5	20	0,8/0,75	15					25
6. Зерноочисна машина		17	0,4	6,8	0,7/1,02	6,9					9,7
7. Гараж		10	0,4	4	0,9/0,48	1,9	0,96	0,32	4,96	2,22	5,4
8. Офіс господарства		26	0,6	15,6	0,9/0,48	7,5	3,4	1,1	19	8,6	20,9
9. Двоповерховий будинок		96	0,6	57,6	0,9/0,48	27,6	11,5	3,8	69,1	31,4	75,9
10. Кафе		46	0,6	27,6	0,9/0,48	13,2	6,0	2,0	33,6	15,2	36,9*
Разом		463,4		254		141,9	33,9	11,1	287,9	153	326,02

2.2 Побудова картограми навантажень та визначення центру електричних навантажень

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

$$R_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi m}}, \quad (2.9)$$

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

$$\pi = 3,14.$$

Сектор кола картограми, що відповідає освітлювальному навантаженню, визначається:

$$\alpha_{\text{осв } i} = \frac{P_{po} * 360}{P_{po} + P_{pi}}, \quad (2.10)$$

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

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

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

Центр електричних навантажень підприємства знаходиться за формулами:

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^{10} (P_{p.i} + P_{p.o.i}) X_i}{\sum_{i=1}^{10} (P_{p.i} + P_{p.o.i})}; \quad Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{10} (P_{p.i} + P_{p.o.i}) Y_i}{\sum_{i=1}^{10} (P_{p.i} + P_{p.o.i})}, \quad (2.11)$$

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

Розрахуємо необхідні величини на прикладі ремонтно-механічної майстерні

$$R_1 = \sqrt{\frac{48,3}{3,14 * 0,025}} = 24,8 \text{ мм},$$

де $m=0,025 \text{ кВт/мм}^2$ -довільно вибраний масштаб картограми,

$$\alpha_{\text{осв}} = \frac{360 * 4,9}{48,3} = 36,5 \text{ град.}$$

Розрахунок ЦЕН виконано в координатах креслення, початок яких співпадає з лівим нижнім кутом границі підприємства на кресленні. Результати розрахунку зведені до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Розрахунок картограми електричних навантажень

№ за планом	Назва об'єкту	P_{Σ} , кВт	$P_{\text{доп}}$, кВт	R,мм	$\alpha_{\text{осв}}$, град.
1	Ремонтна майстерня	48,3	4,9	24,8	36,5
2	Склад №1	3,2	2,2	6,4	247,5
3	Зерносховище №1	24	2,2	17,5	33
4	Зерносховище №2	51,8	2,7	25,7	18,8
5	Навантажувач зерна	20		16	
6	Зерноочисна машина	6,8		9,3	
7	Гараж	4	0,96	7,1	86,4
8	Офіс господарства	15,6	3,4	14,0	78,5
9	Двоповерховий будинок	57,6	11,5	27,0	71,9
10	Кафе	27,6	6,0	18,8	78,3

Визначення координат центру електричних навантажень виконаємо в табличній формі, табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Визначення координат центру електричних навантажень

№ за плано м	Найменування цехів	$P_{роз}+P_{осв.}$ кВт	X, см	У, см	$P_{роз}*X,$ кВт*м	$P_{роз}*У,$ кВт*м
1	Ремонтна майстерня	48,3	10	27,7	483	1337,9
2	Склад №1	3,2	20	27,7	64	88,6
3	Зерносховище №1	24	25,5	20,2	612	484,8
4	Зерносховище №2	51,8	26,2	14,2	1357,2	735,6
5	Навантажувач зерна	20	27,1	9	542	180
6	Зерноочисна машина	6,8	26,2	3,5	178,2	23,8
7	Гараж	4	1,7	11,6	6,8	46,4
8	Офіс	15,6	10	4,7	156	73,3
Всього по підприємству		173,7			3399,2	2969,8

Координати центру електричних навантажень підприємства (місця розташування ТП), визначені за наведеними формулами, становлять:

$$X_0 = \frac{3399,2}{173,7} = 19,6 \text{ см}; \quad Y_0 = \frac{2969,8}{173,7} = 17,0 \text{ см.}$$

Розташувати трансформаторну підстанцію безпосередньо в ЦЕН неможливо, оскільки ця точка знаходиться на проїжджій частині території підприємства. Тому виберемо місце розташування ТП, змістивши її в сторону джерела живлення, як це показано на рис. 2.1. Підстанція, що живить підприємство, буде виконуватись окремо збудованою та комплектною.

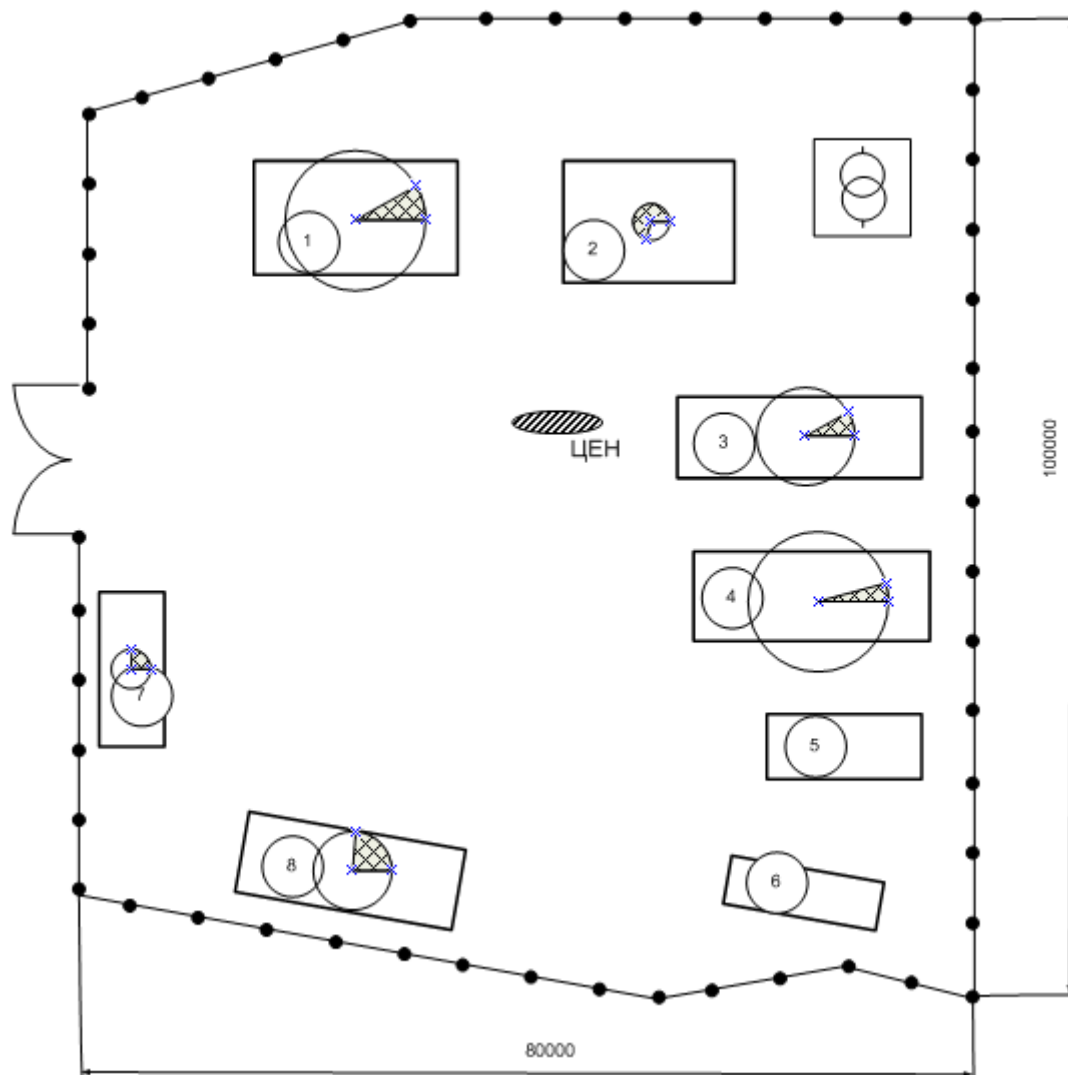


Рисунок 2.1 – Картограма електричних навантажень та ЦЕН підприємства за проведеними розрахунками

2.3 Компенсація реактивної потужності

Одним з енергоощадних заходів, який реалізований в даній бакалаврській роботі, є компенсація реактивної потужності, що дозволяє зменшити втрати активної потужності, збільшити пропускну здатність елементів мережі, стабілізувати напругу у вузлах схеми.

Основними споживачами реактивної енергії є асинхронні двигуни і трансформатори, тому що реактивна енергія в них витрачається на створення магнітних полів.

Заходи по компенсації реактивної потужності повинні обґрунтовуватись техніко – економічними розрахунками і використовуватись при узгодженні з енергосистемою.

Плануємо використання групової компенсації з встановленням на трансформаторній підстанції в РП 0,4 кВ комплектних компенсуючих пристроїв.

У відповідності до вихідних умов по ТП, від якої живиться підприємство, задано значення вхідної реактивної потужності, $Q_{вх}=80$ квар. Тоді потужність компенсуючого пристрою, що має бути встановленим, становить:

$$Q_{кy} = Q_{\Sigma TP} - Q_{вх} = 153 - 80 = 73 \text{ квар}$$

Відповідно до розрахунку вибираємо кількість та потужність низьковольтних компенсуючих пристроїв. Для встановлення приймаємо комплектний конденсаторний пристрій УКРП-0,4-70-10УЗ, що має 7 ступенів регулювання реактивної потужності в кількості 1 штука, $Q_{кy}=70$ квар.

Визначаємо розрахункове максимальне навантаження підстанції з урахуванням компенсації реактивної потужності.

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma TP}^2 + (Q_{\Sigma TP} - Q_{KY})^2} \cdot K_{ом} = \sqrt{287,9^2 + (153 - 70)^2} \cdot 0,85 = 254,7 \text{ кВА}$$

2.4 Вибір трансформаторів живлячої підстанції

Необхідну електроенергію сільгоспгосподарству можна передавати тільки напругою 10 кВ, тому що підприємство знаходиться в межах села і номінальний рівень напруги мережі становить 10 кВ. Технологічні споживачі мають номінальну напругу 380\220 В. Тому виникає необхідність використання трансформатора з номінальними рівнями напруги 10\0,4 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].

Вибір потужності трансформаторів ТП підприємства виконаємо на основі розрахунків параметрів добового графіку активного навантаження, зібраних під час проходження переддипломної практики для даної ТП.

Добовий графік навантаження для зимового періоду наведено на рис. 2.2.

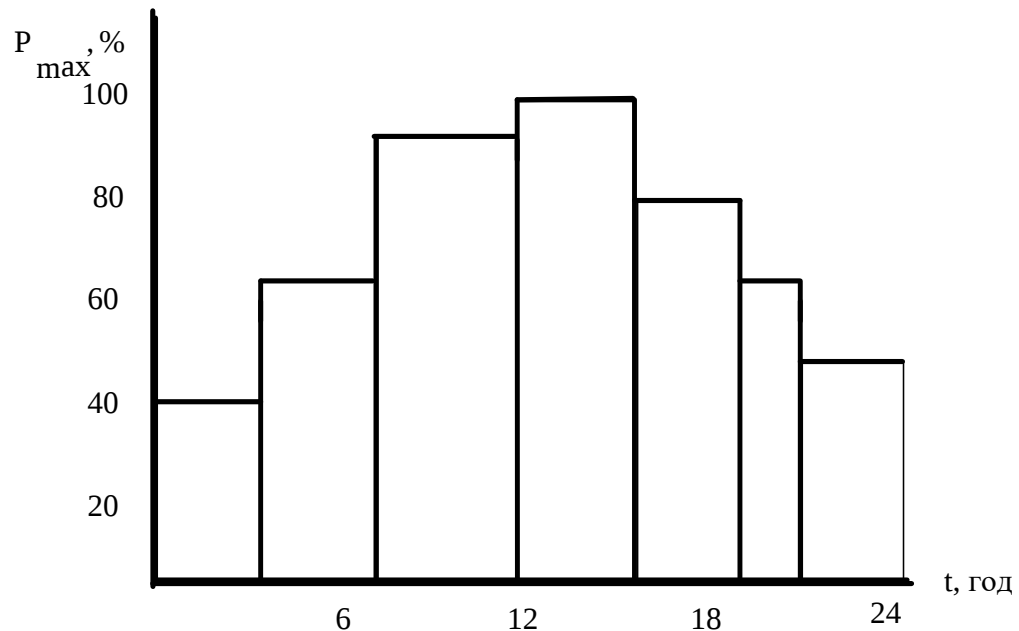


Рисунок 2.2 – Добовий графік активних навантажень ТП

За даним графіком визначимо:

а) добову витрату активної енергії :

$$W_{a,доб.} = \sum P_i \cdot t_i, \text{кВт} \cdot \text{год.} \quad (2.12)$$

$$P_1 = 0,66 \times P_{max} = 287,9 \times 0,66 = 190 \text{ кВт};$$

$$P_2 = 0,52 \times 287,9 = 149,7 \text{ кВт};$$

$$P_3 = 0,4 \times 287,9 = 115,2 \text{ кВт};$$

$$P_4 = 0,75 \times 287,9 = 215,9 \text{ кВт};$$

$$P_5 = 0,9 \times 287,9 = 259,1 \text{ кВт};$$

$$P_6 = 287,9 \text{ кВт}.$$

$$W_{a,доб.} = \sum P_i \cdot t_i = P_1 \times t_1 + P_2 \times t_2 + P_3 \times t_3 + P_4 \times t_4 + P_5 \times t_5 + P_6 \times t_6 = 190 \times 6 + 149,7 \times 3 + 115,2 \times 4 + 215,9 \times 4 + 259,1 \times 4 + 287,9 \times 3 = 4813,6 \text{ кВт};$$

$$\text{б) } P_{cp} = \frac{W_{a,доб.}}{24} = 4813,6 / 24 = 200,6 \text{ кВт.} \quad (2.13)$$

в) коефіцієнт заповнення графіка навантажень

$$K_{з.гр.} = \frac{P_c}{P_{max}} = \frac{200,6}{287,9} = 0,69 < 0,75. \quad (2.14)$$

г) річне активне навантаження . $T_d = 260$ днів

$$W_{a.річ.} = W_{a.доб.} \times T_d = 4813,6 \times 260 = 1251536 \text{ кВт} \times \text{год}. \quad (2.15)$$

д) Час використання максимального навантаження

$$T_{max} = \frac{W_{a.річ.}}{P_{max}} = 1251536 / 287,9 = 4347 \text{ год}. \quad (2.16)$$

2). Кількість трансформаторів на підстанції вибираємо, керуючись вимогами правил улаштування електроустановок, відповідно до надійності електропостачання споживачів підприємства. В даному випадку можливе встановлення одного трансформатора, оскільки передбачено резервування живлення від сусідньої ТП.

3) Вибираємо потужність трансформаторів на підстанції. Для цього, користуючись графіками [4], визначаємо коефіцієнт допустимого перевантаження трансформаторів:

$$K_H = f(K_{з.гр.}; t_{max});$$

$$K_H = 1,02.$$

4) Обчислюємо приблизну потужність трансформаторів.

$$S_{гр} = \frac{S_{max.д.}}{K_H} = \frac{254,7}{1,02} = 249,7 \text{ кВА}. \quad (2.17)$$

Вибираємо трансформатор найближчої більшої номінальної потужності.

Передбачаємо встановлення на живлячій ТП одного трансформатору ТМ-400/10 Хмельницького заводу трансформаторних підстанцій. Визначимо коефіцієнти завантаження трансформатору у нормальному та режимі.

$$K_{з.н} = \frac{S_{max}}{S_H} = \frac{254,7}{400} = 0,64 \quad (3.15)$$

Технічні характеристики трансформатора наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Технічні параметри трансформаторів ТП

Тип трансформатора	$S_n, \text{кВ}$ А	$U_{1H}/U_{1H},$ кВ	$P_0,$ кВт	$P_k, \text{кВт}$	$U_k, \%$	$I_0, \%$	Вартість, тис грн
ТМ-400	400	10/0,4	0,8	5,5	4,5	0,5	125

Це означає, що трансформатор ТП буде працювати в режимі, близькому до оптимального. Як видно з технічних характеристик, за рахунок зменшення втрат в сучасних трансформаторах зменшується оптимальний коефіцієнт завантаження. В сучасних умовах оптимальний коефіцієнт завантаження рекомендується 0,5-0,7.

Підстанція виконується окремозбудованою комплектною.

2.3 Розрахунок струмів КЗ

2.3.1 Розрахунок струмів КЗ на високій напрузі

Розрахунок струмів КЗ виконаємо у відносних одиницях, для цього приймемо базисну потужність $S_{\bar{o}} = 1000 \text{ МВА}$; за базисну напругу приймаємо напругу ступеня, на якому виникає КЗ $U_{\text{сер}} = 10,5 \text{ кВ}$; потужність КЗ на РТП $S_k = 75 \text{ МВА}$.

За базовими значеннями потужності і напруги визначимо базовий струм:

$$I_{\bar{o}} = \frac{S_{\bar{o}}}{\sqrt{3}U_{\bar{o}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55 \text{ кА}.$$

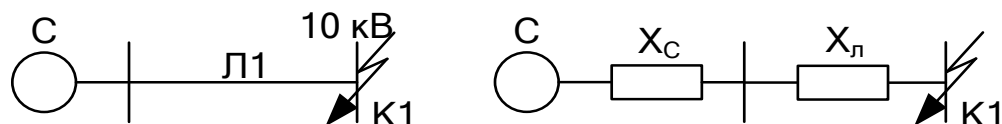


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема і схема заміщення системи електропостачання

Для розрахунку струму КЗ загальнозаводської мережі розрахуємо опори елементів, що зображені на рисунку 3.3.

Опір системи:

$$X_c = \frac{S_6}{S_k} = \frac{1000}{75} = 13,3. \quad (2.18)$$

Трансформаторна підстанція знаходиться в межах села, тому вона може живитись повітряною лінією 10 кВ. Переріз повітряної лінії виберемо за економічною щільністю струму.

$$I_{\text{мав}} = \frac{1,4 * S_{\text{нтр}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}}} = \frac{1,4 * 400}{\sqrt{3} * 10} = 32,4 \text{ А}. \quad (2.19)$$

При $T_{\text{мак}}=4347$ год для кабелів з алюмінію $j_{\text{ек}}=1,1 \text{ А/мм}^2$.

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{рмак}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{32,4}{1,1} = 29,45 \text{ мм}^2. \quad (2.20)$$

Вибираємо провід АС(3*25) з $I_{\text{доп}}=142 \text{ А}$.

$$X_{\text{л}} = X_{\text{пит}} l \frac{S_6}{U_{\text{сер}}^2} = 0,31 * 1,5 \frac{1000}{10,5^2} = 4,2; \quad (2.21)$$

$$R_{\text{л}} = R_{\text{пит}} l \frac{S_6}{U_{\text{сер}}^2} = 1,32 * 1,5 \frac{1000}{10,5^2} = 17,96. \quad (2.22)$$

Визначаємо результуючий опір:

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{(X_c + X_{\text{л}})^2 + R_{\text{л}}^2} = \sqrt{(13,3 + 4,2)^2 + 17,96^2} = 25,0.$$

Початкове діюче значення струму трифазного КЗ:

$$I_{\text{по.с}} = \frac{E''_C}{X_c} I_6 = \frac{1}{25} 55 = 2,2 \text{ кА}. \quad (2.23)$$

Періодична складова струму від енергосистеми не змінюється, тому

$$I_{н.т.С} = I_{но.С} = 2,2 \text{ кА.}$$

Розрахунковий час складає

$$\tau = t_{рз.мін} + t_{Б.В} = 0,01 + 0,105 = 0,115 \text{ с.} \quad (2.24)$$

Аперіодична складова струму КЗ при $t = \tau = 0,115 \text{ с}$ визначаємо:

$$i_{ах.С} = \sqrt{2} I_{но.С} \left(1 + e^{-\frac{\tau}{T_{оС}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 2,2 \cdot e^{-\frac{0,115}{0,03}} = 0,069 \text{ кА,} \quad (2.25)$$

де $T_{аС}$ - постійна часу аперіодичної складової.

Визначаємо ударний струм КЗ

$$i_{уд.С} = \sqrt{2} I_{но.С} \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_{оС}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 2,2 \left(1 + e^{-\frac{-0,01}{0,03}} \right) = 5,33 \text{ кА.} \quad (2.26)$$

Визначаємо тепловий імпульс:

$$B_K = I_{но.С}^2 (t_{відкл} + T_{оС}) = 2,2^2 (0,6 + 0,03) = 3,05 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}, \quad (2.27)$$

де $t_{відкл} = t_{рз} + t_{ПВ} = 0,5 + 0,1 = 0,6 \text{ с}$ - час відключення КЗ.

2.5.2 Перевірка електроустаткування на термічну та динамічну стійкість дії струмів КЗ

Перевіримо маломасляний вимикач ВММ–10-12/400–У2-41, що вибраний для встановлення на ТП, на комутаційну здатність і стійкість до дії струмів КЗ. Параметри вимикача вибираємо з прайсу «Вимикачі маломасляні».

Перевірку комутаційної здатності здійснюємо за умовами:

$$\begin{cases} I_{н.відкл} \geq I_{н\tau}, \\ \sqrt{2} I_{н.відкл} \left(1 + \frac{\beta_n}{100} \right) \geq \sqrt{2} I_{н\tau} + i_{а\tau}, \end{cases} \quad (2.28)$$

оскільки $\tau = 0,115 \text{ с} > 0,09 \text{ с}$, то приймаємо $\beta_n = 0$ і перевірку вимикача здійснюємо за наступними умовами:

$$\begin{cases} I_{н.відкл} \geq I_{н\tau}, \\ \sqrt{2}I_{н.відкл} \geq \sqrt{2}I_{н\tau} + i_{a\tau}, \end{cases} \quad (2.29)$$

$$\begin{aligned} I_{н.відкл} &= 10\text{кА} \geq I_{пх} = 2,2\text{кА} \\ \sqrt{2}I_{н.відкл} &= \sqrt{2} \cdot 10 = 14,1\text{кА} \geq \sqrt{2}I_{пх} + i_{ах} = \sqrt{2} \cdot 2,2 + 0,069 = 3,17\text{кА} \end{aligned}$$

Умови перевірки обраного вимикача на комутаційну здатність виконуються.

Перевірку вимикачів на динамічну стійкість до дії струмів КЗ здійснюємо за умовами:

$$\begin{cases} i_{дин} \geq i_{уд}, \\ I_{дин} \geq I_{по}, \end{cases} \quad (2.30)$$

$$\begin{aligned} i_{дин} &= 20\text{кА} \geq i_{уд} = 5,33\text{кА} \\ I_{дин} &= 10\text{кА} \geq I_{по} = 2,2\text{кА} \end{aligned}$$

Умови перевірки обраного вимикача на динамічну стійкість до дії струмів КЗ теж виконуються. Перевірку вимикачів на термічну стійкість до дії струмів КЗ здійснюємо за умовою:

$$I_T^2 t_T \geq B_K, \quad (2.31)$$

$$I_T^2 t_T = 12,5^2 \cdot 3 = 468,75 \text{ кА}^2\text{с} \geq B_K = 3,05\text{кА}^2\text{с}.$$

Умови перевірки обраного вимикача на термічну стійкість до дії струмів КЗ виконуються також. Отже, даний тип вимикачів може бути використаний для встановлення на ТП.

Перевірку вибраних повітряних ліній, що підходять до ТП на термічну стійкість до дії струмів КЗ виконувати не потрібно згідно вимог ПУЕ.;

2.6 Релейний захист трансформаторів

Релейними захистом називаються спеціальні пристрої, що складаються з реле та інших апаратів, які забезпечують автоматичне відключення пошкодженого елемента електричного кола, якщо дане пошкодження

становить безпосередню небезпеку для цього кола, або приводять в дію сигнальні пристрої, якщо така небезпека відсутня.

Релейний захист повинен задовольняти наступним вимогам:

1) релейний захист повинен бути вибірконим (селективним), тобто відключати високовольтними вимикачами або автоматами тільки пошкоджену ділянку електричного кола;

2) релейний захист повинен мати мінімально можливий час спрацювання. В окремих випадках для збільшення швидкодії допускається не вибірковість захисту, що працює разом з пристроями автоматики (АПВ, АРВ). По часу дії релейні захисти можна поділити на швидкодіючі та з витримкою часу;

3) релейний захист повинен бути достатньо чутливим до всіх видів пошкоджень і ненормальних режимів роботи на ділянці електричного кола, що захищається. Чутливість захисту оцінюється коефіцієнтом чутливості;

4) релейний захист повинен бути надійним. Надійність забезпечується застосуванням високоякісних і надійно працюючих реле та інших апаратів, виконанням більш простих схем захистів з можливо меншою кількістю реле, контактів і кіл, ретельним виконанням монтажу і постійним спостереженням і доглядом за захисними пристроями.

В процесі експлуатації силових трансформаторів мають місце пошкодження (в трансформаторах і на їх з'єднаннях з вимикачами) та небезпечні ненормальні режими роботи. Захист силових трансформаторів встановлюється від наступних пошкоджень і ненормальних режимів роботи: міжфазних КЗ в обмотках і на виводах, внутрішніх пошкоджень, замикань на землю, перевантажень. При виконанні захисту трансформатора слід враховувати деякі особливості їх нормальної роботи: кидки струму намагнічування при включенні трансформатора під напругу, вплив коефіцієнта трансформації і схем з'єднання обмоток трансформатора.

Максимальний струмовий захист трансформаторів КТП, може бути здійснений по схемі, що зображена на рисунку 2.4.

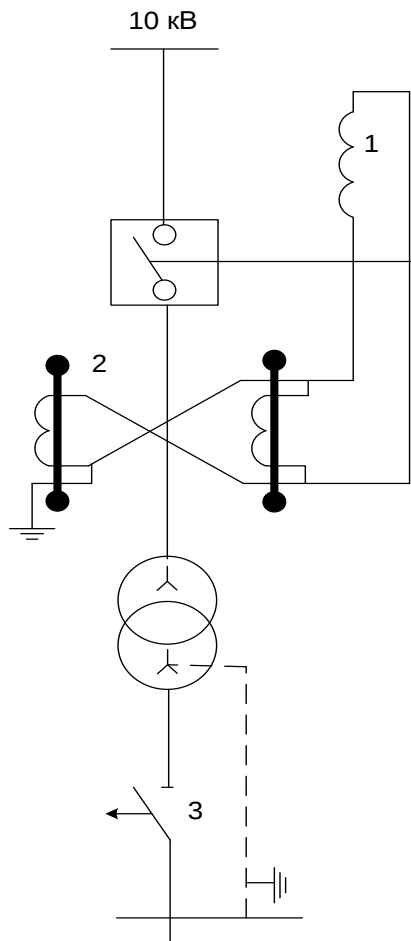


Рисунок 2.4 - Принципове виконання схеми захисту на змінному оперативному струмі трансформаторів КТП потужністю 400 кВА

На рис 2.4 1 - реле прямої дії; 2 - трансформатор струму на стороні високої напруги; 3 - вимикач з розчеплювачем в кожній фазі.

Визначаємо струм спрацювання пускових реле струму максимального струмового захисту по формулі:

$$I_{CЗ} = \frac{k_n \cdot k_z}{k_{\Pi}} \cdot I_{н.мах}, \quad (2.32)$$

де $k_n = 1,2$ - коефіцієнт надійності настроювання;

$k_z = 2$ - коефіцієнт запасу (по самозапуску двигунів);

$k_{\Pi} = 0,85$ - коефіцієнт повернення;

$I_{н.мах}$ - максимальне значення струму навантаження лінії з урахуванням вимикання резервної лінії, А.

$$I_{c3} = \frac{1,2 \cdot 2}{0,85} \cdot 32,4 = 91,5 \text{ A.}$$

Вторинний струм спрацювання реле, тобто вставка пускових реле, визначається по формулі:

$$I_{cp} = \frac{k_n \cdot k_{cx}}{k_{II} \cdot k_{T.T.}} \cdot I_{c3}, \quad (2.33)$$

де $k_{T.T.} = 5$ - коефіцієнт трансформації ТС;

$k_{cx} = 1$ - коефіцієнт схеми.

$$I_{c3} = \frac{2,2 \cdot 1}{0,85 \cdot 5} \cdot 91,5 = 47,4 \text{ A.}$$

Перевіримо чутливість захисту за умовою:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{K3}}{I_{cp} \cdot k_{T.T.}}; \quad (2.34)$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{10495}{47,4 \cdot 5} = 44,3 > 1,5,$$

де I_{K3} - мінімальний струм двофазного КЗ на шинах низької напруги трансформатора, А:

$$I_{K3} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{(2 \cdot R_T + R_{T.T.})^2 + (2 \cdot X_T + X_{T.T.})^2}} \quad (2.35)$$

$$I_{K3} = \frac{400}{\sqrt{(2 \cdot 6,1 + 1,05)^2 + (2 \cdot 16,9 + 1,07)^2}} = 10495 \text{ A}$$

де $R_{T.T.}, X_{T.T.}$ - опори трансформатора струму.

Захист повинен надійно працювати при КЗ на ділянці, що захищається, і мати коефіцієнт чутливості не менше 1,5, що і виконується.

2.7 Розрахунок струму КЗ на напрузі 0,4 кВ

Розрахункова схема та схема заміщення подані на рис. 2.5.

Визначимо максимальний струм трансформатора:

$$I_{\max} = \frac{1,4 * S_{i\ddot{o}\ddot{o}}}{\sqrt{3} * U_i} = \frac{1,4 * 400}{\sqrt{3} * 0,4} = 809,2 \text{ A.} \quad (2.36)$$

Відповідно до величини визначеного струму вибираємо апарати, шини, трансформатори струму.

Автоматичні вимикачі типу ВА 83-41 $I_H=1000\text{A}$, $I_{отк}=60 \text{ кА}$.

Трансформатори струму ТНШЛ – 0,66. $I_H = 1000 \text{ A}$.

Шини $\text{АТ } (60*6) \text{ мм}^2$ $I_{доп}=1125 \text{ A}$.

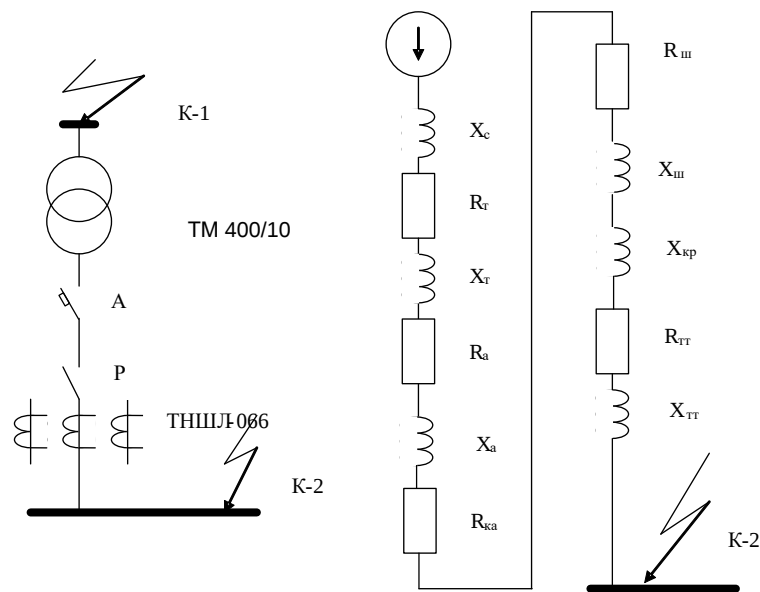


Рисунок 2.5 - Схема мережі та схема заміщення для розрахунку струму короткого замикання на напрузі 0,4 кВ

Розрахунок струмів КЗ в точці К-2 виконуємо в системі іменованих одиниць.

Опір схеми заміщення, приведений до базисної напруги

$$X_c = \frac{U_{\dot{a}}^2}{S_{i\ddot{o}\ddot{o}}} = \frac{400^2}{10000} = 1,6 \text{ мОм.} \quad (2.37)$$

Опір трансформатора [4]

$$U_{кр} = 100 \sqrt{\left(\frac{U_K}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_M}{S_H}\right)^2} = 100 \sqrt{0,045^2 - \left(\frac{6,1}{400}\right)^2} = 4,23; \quad (2.38)$$

$$X_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{кр}}}{100} * \frac{U_6^2}{S_{\text{н}}} = \frac{4,23}{100} * \frac{400^2}{400} = 16,9 \text{ мОм}; \quad (2.39)$$

$$R_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{м}} \left(\frac{U_6}{S_{\text{н}}} \right)^2 = 6,1 * \left(\frac{400}{400} \right)^2 = 6,1 \text{ мОм}. \quad (2.40)$$

Опір автоматичних вимикачів [4]

$$X_{\text{а}} = 0,094 \text{ мОм};$$

$$r_{\text{а}} = 0,12 \text{ мОм};$$

$$r_{\text{ка}} = 0,25 \text{ мОм};$$

$$r_{\text{кр}} = 0,15 \text{ мОм}.$$

Визначимо опір шин: $X_{\text{ош}} = 0,163 \text{ мОм/м}; \quad r_{\text{ош}} = 0,099 \text{ мОм/м} [4]; \quad L_{\text{ш}} = 5 \text{ м}.$

$$X_{\text{ш}} = X_{\text{ош}} * L = 0,163 * 5 = 0,815 \text{ мОм};$$

$$r_{\text{ш}} = r_{\text{ош}} * L = 0,099 * 5 = 0,495 \text{ мОм}.$$

Опір трансформаторів струму

$$X_{\text{тт}} = 0,07 \text{ мОм};$$

$$r_{\text{тт}} = 0,05 \text{ мОм}.$$

Визначимо результуючий опір та струм короткого замикання в точці К-2.

$$r_{\text{рез}} = r_{\text{ш}} + r_{\text{тр}} + r_{\text{а}} + r_{\text{ка}} + r_{\text{кр}} + r_{\text{тт}} = 6,1 + 0,495 + 0,12 + 0,25 + 0,15 + 0,05 = 7,2 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{рез}} = X_{\text{с}} + X_{\text{ш}} + X_{\text{тр}} + X_{\text{а}} + X_{\text{тт}} = 1,6 + 16,9 + 0,094 + 0,815 + 0,07 = 19,5 \text{ мОм};$$

$$Z_{\text{рез}} = \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2} = \sqrt{7,2^2 + 19,5^2} = 20,8 \text{ мОм}.$$

Струм КЗ в точці К-2

$$I_{\text{к2}} = \frac{400}{\sqrt{3} * 20,8} = 11,1 \text{ кА}. \quad (2.41)$$

Відношення $\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} = 3,0$, цьому відповідає $k_y = 1,4$.

Миттєве значення ударного струму:

$$i_y = \sqrt{2} * k_y * I_{\text{к}} = \sqrt{2} * 1,4 * 11,1 = 21,9 \text{ кА}. \quad (2.42)$$

Потужність КЗ в точці К-2

$$S_{\text{к2}} = \sqrt{3} * U_6 * I_{\text{к2}} = \sqrt{3} * 0,4 * 11,1 = 7,68 \text{ МВА}.$$

2.8 Вибір електроустаткування підстанції з боку 0,4 кВ

Перевіримо вибраний автоматичні вимикачі, встановлені на стороні 0,4 кВ типу ВА 83-41 в табличній формі.

Таблиця 2.6 - Вибір автоматичних вимикачів 0,4 кВ

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{\text{вст}} = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{\text{рmax}} = 809,2 \text{ А}$	$I_{\text{н}} = 1000 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 21,9 \text{ кА}$	$I_{\text{відкл}} = 60 \text{ кА}$

Уставки струму спрацювання захисту від к.з - 25 кА

Перевіримо вибрані шини на динамічну стійкість до дії струму к.з.

Навантаження на середню фазу:

$$F = 1,76 * i_y^2 * \frac{l}{a} * 10^{-2} = 1,76 * 21,9^2 * \frac{100}{20} * 10^{-2} = 42,2 \text{ кГс.} \quad (2.43)$$

Момент, що вигибає шину:

$$M = \frac{F * l}{8} = \frac{42,2 * 100}{8} = 527,5 \text{ кГс*см.} \quad (2.44)$$

Момент опору шини:

$$W = \frac{b * h^2}{6} = \frac{0,6 * 10^2}{6} = 10 \text{ см}^3. \quad (2.45)$$

Напруга в матеріалі шин:

$$\sigma_p = \frac{M}{W} = \frac{527,5}{10} = 52,8 \frac{\text{кГс}}{\text{см}^2} = 5,28 \text{ Мпа;} \quad (2.46)$$

$$\sigma_{\text{доп}} = 700 \frac{\text{кГс}}{\text{см}^2} = 70 \text{ Мпа;}$$

$\sigma_{\text{доп}} > \sigma_p$ - умова виконується.

Визначимо мінімально-допустимий переріз шин за умовою термічної стійкості.

$$S_{\text{min}} = \alpha * I_{\text{г т=0}} \sqrt{t_n} = 12 * 11,1 * \sqrt{1,2} = 145,9 \text{ мм}^2, \quad (2.47)$$

де $t_{\text{п}}$ – приведений час, що прийнятий рівним часу спрацювання автоматичного вимикача ВА 83-41.

$$60 \cdot 6 = 360 \text{ мм}^2 > 145,9 \text{ мм}^2 - \text{умова виконується.}$$

Для живлення електроспоживачів підприємства прийнято комплектну трансформаторну підстанцію КТП-400/10. Такі підстанції напругою 10/0,4 кВ призначені для прийому, розподілення електроенергії змінного трифазного струму промислової частоти 50 Гц для електропостачання промислових об'єктів в районах з помірним кліматом (від -45°C до $+40^{\circ}\text{C}$). Вид кліматичного виконання У1 по ГОСТ 15150.

Така КТП має:

- шафи вводу високої напруги ВВ-1 ;
- шаф ліній, що відходять ШНЛ-5;
- шафи секційної ШНС-4;
- шинопроводу для двотрансформаторної ТП;
- шафи обліку – за замовленням;
- шафи сигналізації - за замовленням

На ТП встановлені камери КРУ, які комплектуються вимикачами ВММ.

2.7 Облік електроенергії

В системі електропостачання, що проектується, є необхідність вимірювання деяких параметрів режиму. Перш за все необхідно виконувати вимірювання на трансформаторній підстанції. Вимірюванню підлягають величини струму, напруги, активної та реактивної енергії. Амперметри, які використовуються для вимірювання струму, включаються через трансформатори струму. До цих же трансформаторів струму повинні бути підключені також і струмові обмотки лічильників активної та реактивної енергії. Вольтметр на низькій стороні трансформаторів може бути підключено безпосередньо.

Перелік вимірювальних приладів, що підключаються до трансформатора струму наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Навантаження трансформатора струму

Назва приладу	Тип	Навантаження по фазах, ВА		
		A	B	C
Амперметр	Э-378	0,1	0,1	0,1
Лічильник	«NIK»	0,05	0,05	0,05
Разом		0,15	0,15	0,15

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

Підрахуємо опір вторинної обмотки трансформатора струму.

Опір приладів:

$$R_{np} = \frac{S_{np}}{I_{2н}^2} = \frac{0,15}{5^2} = 0,006 \text{ Ом.} \quad (2.48)$$

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

Для підключення приборів використовуємо мідні проводи перерізом $2,5 \text{ мм}^2$, довжиною $l = 4 \text{ м.}$

$$\text{Опір проводів: } R_{пр} = \frac{1}{\gamma * S} * l = \frac{1}{2,5 * 57} * 4 = 0,028 \text{ Ом.} \quad (2.49)$$

Опір вторинного кола трансформатора струму

$$R = R_{пр} + R_k + R_{пров} = 0,006 + 0,1 + 0,028 = 0,134 \text{ Ом.}$$

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

Таблиця 2.8 -Вибір трансформаторів струму

Розрахункові дані	Каталожні дані ТНШЛ-0,66
$U=0,4 \text{ кВ}$	$U_H=0,66 \text{ кВ}$
$I_{\max}=809,2 \text{ А}$	$I_H=1000 \text{ А}$
$S=0,15 \text{ ВА}$	$S_H=20 \text{ ВА}$
$R=0,134 \text{ Ом}$	$R_H=0,8 \text{ Ом}$
$\frac{I_{\infty} * \sqrt{tn}}{I_{на} * \sqrt{tn_{ту}}} = \frac{11,1 * \sqrt{1,2}}{1,0 * \sqrt{1}} = 12,16$	$K_{ty}=50$

З таблиці видно, що вибрані трансформатори струму відповідають умовам перевірки, оскільки всі розрахункові параметри менші за каталожні дані.

Розділ 3.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНОЇ МАЙСТЕРНІ

3.1 Вибір внутрішньоцехової схеми електропостачання

Наведемо обґрунтування конструктивного виконання для мереж 0,4 кВ ремонтно-механічної майстерні (силових та освітлювальних). Силові розподільчі мережі доцільно проектувати як радіальні, тому що вони більш зручні в експлуатації та більш надійні в роботі. Зважаючи на кількість споживачів в майстерні та їх розташуванні на плані приміщення, приймаємо рішення про встановлення силового РП. РП встановимо в місці, зручному для обслуговування. Мережі виконаємо алюмінієвими провідниками типу АПВ, які для забезпечення від механічних пошкоджень прокладені в пластмасових трубах. Для лінії від трансформаторної підстанції до майстерні, яка конструктивно виконується в земляній траншеї використаємо кабель АВВБ, який можна використовувати саме для таких випадків його прокладки.

Зважаючи на те, що для мереж, що проектуються, не встановлено будь-яких особливих умов щодо їх електробезпеки, виконаємо їх з глухозаземленою нейтраллю (трифазними чотирипровідними).

Освітлювальні мережі доцільно живити від одного щитка, який приєднано до силового РП кабелем АВВГ по стіні. Лінії від освітлювального щитка виконані як радіальні проводом АППВс у вигляді скритої проводки. Щиток освітлення встановлений в проході біля виходу з приміщення, що створює зручності при експлуатації системи освітлення. Живильну дільницю освітлювальної мережі виконаємо як трифазну чотирипровідну, а лінії, які відходять від освітлювального щитка – однофазні.

Для захисту силових мереж в аварійних режимах передбачимо установку автоматичних вимикачів. Захист освітлювальних мереж здійснимо однофазними автоматичними вимикачами.

3.2 Вибір пускової та захисної апаратури для внутрішньоцехових силових мереж

Для захисту електроустаткування майстерні від коротких замикань та перевантаження виберемо автоматичні вимикачі.

Умови вибору автоматичного вимикача:

$$I_{\epsilon} \geq I_p; \quad (3.1)$$

$$I_{\epsilon m} \geq 1,25 \cdot I_{кр}. \quad (3.2)$$

Наприклад, для споживача №1

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta_n} = \frac{9 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85 \cdot 0,82} = 19,9 \text{ А}$$

$$I_{пуск} = 5 \cdot I_n = 5 \cdot 19,9 = 99,5 \text{ А}$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА з комбінованим розчеплювачем.

Номінальний струм розчеплювача

$$I_{н \text{ розч}} \geq K_{відс} \cdot I_n$$

$$\text{де } K_{відс} = 1$$

Струм спрацювання електромагнітного розчеплювача

$$I_{\epsilon m} \geq K_n \cdot I_{пуск};$$

$$K_n = 2,1 \text{ – коефіцієнт надійності}$$

Вибір автоматичних вимикачів проведено в табличній формі, табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір автоматичних вимикачів

Дільниця мережі	I_p , А	$I_{пуск}$, А	Тип автоматичн вимикача	I_n , А	$I_{розч}$, А	$I_{ем розч}$, А
ТП-РП1	89,4	435,5	ВА 51-33	160	100	1000
РП1- №1	19,9	99,5	ВА 51-25	25	20	250
РП1- №2	34,7	173,5	ВА 51-31	100	40	400
РП1- №3	37	185	ВА 51-31	100	40	400
РП1-№4,5,6	28,9	144,5	ВА 51-31	100	31,5	315
РП1-№7	12	60	ВА 51-25	25	16	160
РП1-№8	27,2	136	ВА 51-31	100	31,5	315
РП1- №9	18,9	94,5	ВА 51-25	25	20	200
РП1-№10	16,1	80,5	ВА 51-25	25	20	200
РП1-№11	4,3	21,5	ВА 51-25	25	6,3	63
РП1- №12	19,2	95,8	ВА 51-25	25	20	200
РП1- ЩО	3,12		ВА 51-25	25	6,3	6

З таблиці видно, що для всіх електроприймачів майстерні умови вибору виконуються.

3.3 Вибір струмоведучих частин силової та освітлювальної мереж цеху

Згідно з ПУЕ [4] розрахунок електричних мереж напругою 0,4 кВ виконується за допустимим нагрівом та перевіряється на допустиму втрату напруги.

Виконаємо розрахунок розподільчої мережі цеху за допустимим нагрівом. Результати такого розрахунку зведені до табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Вибір провідників мережі майстерні

Дільниця мережі	P_p , кВт	$\cos \varphi / \operatorname{tg} \varphi$	S_p , кВА	I_p , А	Марка та переріз провідника	$I_{\text{доп}}$, А	$I_{\text{розч}}$, А
ТП – РП1			58,8	89,4	АВВБ(4*35)	126	100
РП1 - №1	9	0,65/1,17	13,8	19,9	АПВ4(1*3)	21	20
РП1 - №2	12	0,5/1,73	24	34,7	АПВ4(1*16)	55	40
РП1 - №3	14	0,65/1,17	21,5	31	АПВ4(1*16)	55	40
РП1 - №4,5,6	10	0,5/1,73	20	28,9	АПВ4(1*10)	39	31,5
РП1 - №7	5	0,65/1,17	7,7	12	АПВ4(1*2,5)	19	16
РП1 - №8	12,5	0,8/0,75	15,6	27,2	АПВ4(1*10)	39	31,5
РП1 - №9	7,5	0,5/1,73	15	18,9	АПВ4(1*4)	23	20
РП1 - №10	6	0,8/0,75	7,5	16,1	АПВ4(1*4)	23	20
РП1 - №11	1,22	0,5/1,73	2,4	4,3	АПВ4(1*2,5)	19	6,3
РП1 - №12	6,3	0,5/1,73	12,6	19,2	АПВ4(1*4)	23	20
РП1 - ЩО				3,12	АВВГ(4*2,5)	17	6,3

В таблиці наведено також перевірку вибраних перерізів струмопровідних частин на відповідність апарату захисту (автоматичному вимикачу) за умовою:

$$I_{\text{доп}} > I_{\text{розч}}$$

Перевірка вибраних провідників на допустиму втрату напруги виконана у відповідному розділі дипломного проекту.

3.4 Перевірка мережі 0,4 кВ за допустимими втратами напруги

Електричні мережі, вибрані за умовою нагрівання згідно ПУЕ підлягають перевірці на допустиму втрату напруги. Величина відхилення напруги радіальної ділянки довжиною L км та питомим опором R_0 , Ом/км, визначається за формулою:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_p * R_0 * L * \cos \varphi; \text{ В} \quad (3.3)$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U_H} * 100 : \quad (3.4)$$

Для проведення розрахунку довжини всіх ділянок мережі визначаються з плану цеху і наведені в графічній частині проекту.

Розрахуємо для прикладу ділянку мережі від ТП до РП1(цеху).

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 89,4 \cdot 0,95 \cdot 0,15 \cdot 0,82 = 18,07 \text{ В};$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{18,07}{380} * 100 = 4,75\% \approx 5\%.$$

Розрахунок показав, що живильна лінія від ТП до РП1 цеху в силу своєї значної довжини має значну втрату напруги. Для її зменшення необхідно збільшити переріз живильного кабелю і виконати перевірочний розрахунок.

Для живлення РП1 цеху виберемо кабель АВВБ(4*50), що має $R_0=0,66$ Ом/км.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 89,4 \cdot 0,66 \cdot 0,15 \cdot 0,82 = 12,6 \text{ В};$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{12,6}{380} * 100 = 3,3\% < 5\%.$$

Подальші розрахунки зведені до табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок мережі на втрату напруги

Дільниця мережі	$I_p, \text{ А}$	$R_0, \text{ Ом/км}$	$L, \text{ км}$	$\cos \varphi$	$\Delta U, \%$	Примітка
ТП-РП1	89,4	0,66	0,15	0,82	3,3	
РП1-№1	13,8	10,1	0,021	0,65	0,86	3,3+1,0<5%
РП1-№2	24	2,06	0,0165	0,5	0,18	3,3+0,18<5%
РП1-№3	21,5	2,06	0,012	0,65	0,15	3,3+0,15<5%
РП1-№4	20	3,3	0,0082	0,5	0,12	3,3+0,12<5%
РП1-№5	20	3,3	0,0054	0,5	0,08	3,3+0,08<5%
РП1-№6	20	3,3	0,003	0,5	0,043	3,3+0,043<5%
РП1-№7	7,7	13,2	0,0225	0,65	0,7	3,3+0,7<5%
РП1-№8	15,6	3,3	0,0258	0,8	0,48	3,3+0,48<5%
РП1-№9	15	8,3	0,019	0,5	0,53	3,3+0,53<5%
РП1 -№10	7,5	8,3	0,007	0,8	0,16	3,3+0,16>5%
РП1 - №11	2,4	13,2	0,019	0,5	0,13	3,3+0,13>5%

РП1 - №12	12,6	8,3	0,0124	0,5	0,29	$3,3+0,29<5\%$,
РП1 - ЩО	3,12	13,2	0,003	0,95	0,05	$3,3+0,05<5,$

Як свідчать проведені розрахунки, електричні мережі, вибрані за умовою нагрівання, відповідають перевірці по допустимій втраті.

3.5 Розрахунок струмів КЗ в мережі напругою до 1000 В

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(радіально-свердлильний верстат). Складемо розрахункову схему.

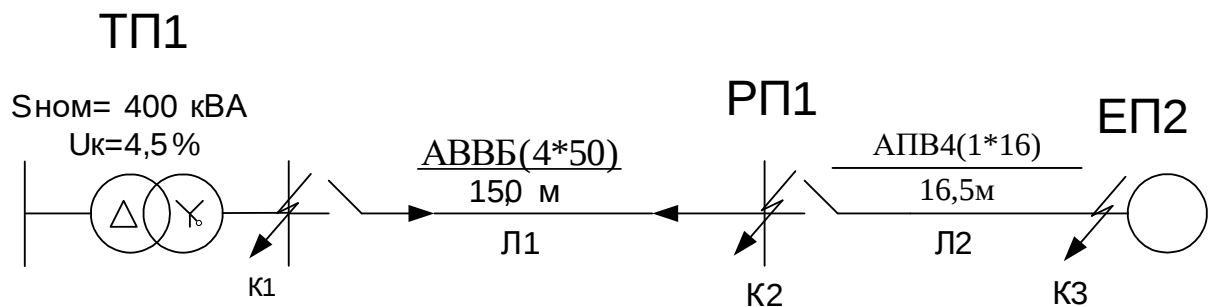


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема мережі

Номінальна потужність трансформатора: $S_{ном.т}=400$ (кВА).

Визначимо опір трансформатора:

$$Z_{т.} = \frac{U_{к}}{100} * \frac{U_{н}^2}{S_{нтр}} = \frac{4,5}{100} * \frac{380^2}{100} = 64,98 \text{ мОм.} \quad (3.5)$$

Визначаємо опори ліній Л1, Л2:

$$Z_{Л1} = Z_{ТП1-РП1} = \sqrt{R_{пит}^2 + X_{пит}^2} \cdot 150 = \sqrt{0,66^2 + 0,075^2} \cdot 150 = 99,6 \text{ мОм;} \quad (3.6)$$

$$Z_{Л2}=Z_{РП1-ЕП2}=\sqrt{R_{\text{пит}}^2 + X_{\text{пит}}^2} \cdot 16,5 = \sqrt{2,06^2 + 0,08^2} \cdot 16,5 = 34 \text{ мОм.}$$

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

$$I_{\text{к.мах}}^{(3)} = \frac{1,05U_{\text{ном}}}{\sqrt{3}Z_{\Sigma}}, \quad (3.7)$$

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

- для точки К1

$$I^{(3)}_{\text{кмах}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 64,98} = 3,55 \text{ кА};$$

-для точки К2

$$I^{(3)}_{\text{кмах}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (64,98 + 99,6)} = 1,4 \text{ кА};$$

- для точки К3

$$I^{(3)}_{\text{кмах}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (64,98 + 99,6 + 34)} = 1,16 \text{ кА.}$$

3.6 Перевірка вибраних захисних апаратів

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

- для точки К1

$$I_{\text{нвідкл}} = 6 \text{ кА} > 3,55 \text{ кА}$$

- для точки К2

$$I_{\text{н відкл}} = 6 \text{ кА} \geq I_{\text{к мах}}^{(3)} = 1,4 \text{ кА};$$

- для точки К3

$$I_{\text{н відкл}} = 6 \text{ кА} \geq I_{\text{к мах}}^{(3)} = 1,16 \text{ кА}$$

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:

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

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

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

l – відстань до місця КЗ.

$$Z_{\Sigma}^{(1)} = 3Z_T = 3 \frac{U_K}{100} * \frac{U^2}{S_{ном\ ТТ}} = 3 \frac{4,5}{100} * \frac{380^2}{400} = 194,94 \text{ мОм};$$

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{220}{\frac{194,94}{3} + 1,42 \cdot 150} = 0,79 \text{ кА}.$$

струм однофазного КЗ на затискачах ЕП-2(радіально-свердлильного верстату):

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

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{220}{\frac{194,94}{3} + 1,42 \cdot 150 + 5,92 \cdot 16,5} = 0,59 \text{ кА}.$$

Перевіримо чи виконується умова:

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

Перевіримо чутливість захисту лінії ТП1-РП1:

$$I_{н.розч}=100 \text{ А} < \frac{I_{к2}^1}{3} = \frac{790}{3} = 263,3 \text{ А}.$$

Перевіримо чутливість захисту лінії РП1- ЕП11:

$$I_{н.розч}=40 \text{ А} < \frac{I_{к3}^1}{3} = \frac{590}{3} = 196,7 \text{ А}.$$

Умови перевірки чутливості автоматичних вимикачів виконуються [4].

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

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

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

$$\begin{cases} I_{сВ1} = 1000 \text{ А} > 1,3..1,5 I_{сВ2} = 520...600 \text{ А} \\ t_{сВ1} = 0,2 > t_{сВ2} + \Delta t = 0,015 + 0,1 = 0,115 \end{cases}$$

Умови селективності виконуються [6].

Будуємо карту селективності дії захисту для даних вимикачів.

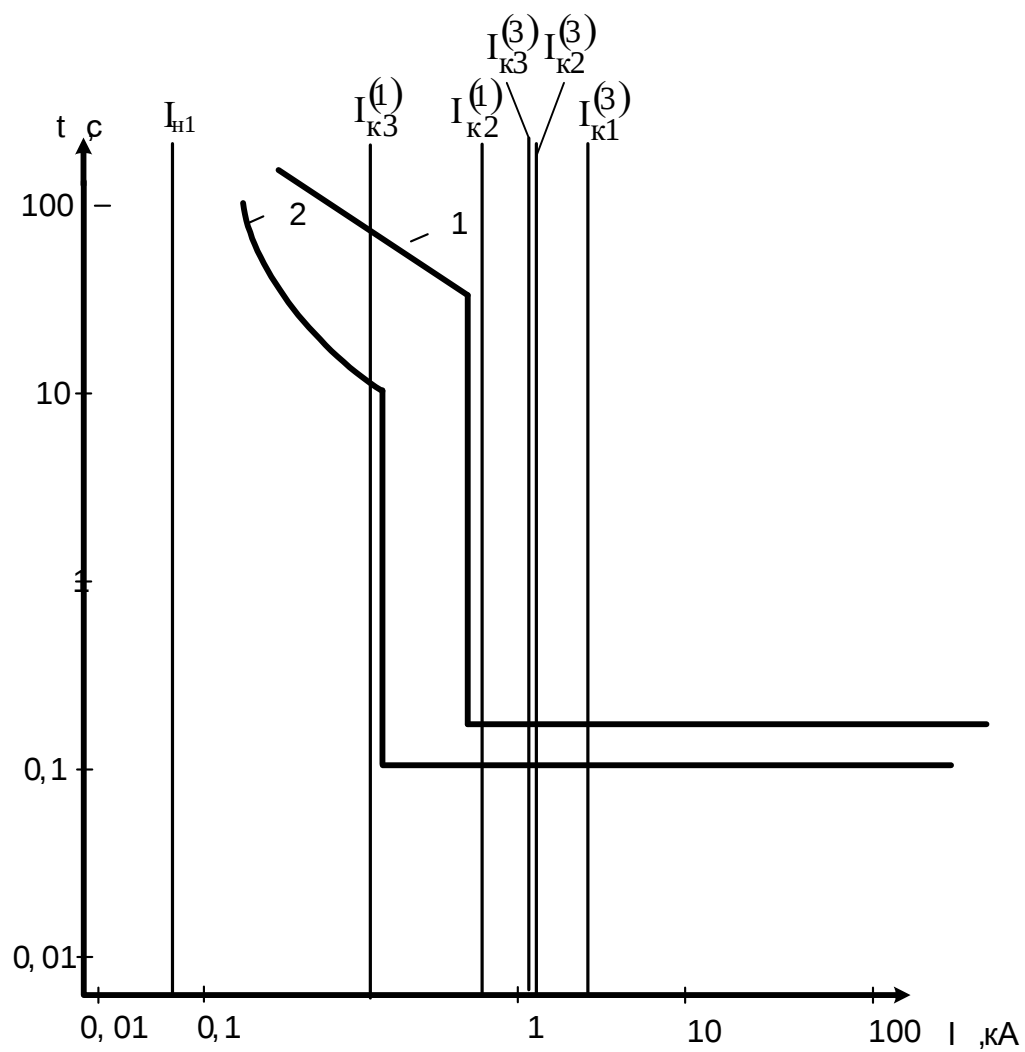


Рисунок 3.2 - Карта селективності захисту

Розділ 4.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ПРИСТРОЇВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

4.1 Компенсація реактивної потужності – один із ефективних способів зниження активних втрат в електричних мережах

Приймачі і перетворювачі електроенергії, що мають в конструкції обмотки (електродвигуни, трансформатори і ін.), споживають не тільки активну потужність, але і реактивну. При передачі по елементах системи електропостачання реактивної потужності в них виникають втрати активної потужності, за які розплачується підприємство-споживач.

Потреби в реактивній потужності можуть перевищувати можливості її покриття генераторами на електростанціях, оскільки більша частина промислових навантажень споживають також і реактивну потужність. Як відомо, чим більша реактивна потужність при постійній активній, тим нижче коефіцієнт потужності. Заходи з підвищення коефіцієнта потужності в електроустановках можна розділити на дві групи:

- перша – при яких не потрібна установка компенсуючих пристроїв;
- друга – при яких потребується установка компенсуючих пристроїв.

Компенсація реактивної потужності (КРП) є важливою складовою частиною комплексу організаційно-технічних заходів з регулювання режимів електроспоживання і обмеження максимумів навантаження на промислових підприємствах.

Найбільш дієвим і ефективним способом зниження споживаної з мережі реактивної потужності є застосування установок компенсації реактивній потужності (конденсаторних установок). Використання конденсаторних установок дозволяє:

- знизити плату постачальнику за спожиту електроенергію;

- знизити струм в елементах системи електропостачання, що призводить до зменшення поперечного розрізу проводів;
- зменшити повну потужність, що знижує потужність трансформаторів і їх число;
- зменшити втрати активної потужності, а відповідно, і потужності генераторів на електростанціях;
- розвантажити живлячі лінії електропередачі, трансформатори і розподільні пристрої;
- при використанні певного типу установок знизити рівень вищих гармонік;
- подавити мережеві перешкоди, понизити несиметрію фаз;
- зробити розподільні мережі надійнішими і економічнішими;
- покращити якість електроенергії за рахунок зменшення відхилень напруги від номінального значення.

Сутність будь-яких заходів із зниження споживання реактивної потужності полягає в обмеженні впливу електроприймача на мережу живлення шляхом впливу на сам електроприймач.

Зазвичай КРП реалізується за допомогою таких технічних засобів як компенсуючі пристрої різного роду [24]: синхронні двигуни (компенсатори), комплектні конденсаторні батареї, фільтрокомпенсуючі пристрої, статичні компенсатори (керовані тиристорами реактори або комутовані тиристорами конденсатори), які розміщуються в тих чи інших вузлах мережі споживача.

Одним із найважливіших показників економічності компенсуючих засобів є питомі витрати в них активної потужності на отримання реактивної потужності. Не можна вважати економічним і доцільним отримання реактивної потужності за рахунок великих витрат активної потужності.

Автоматичні компенсуючі пристрої (АКУ) мають ряд переваг перед іншими компенсуючими пристроями [1-8]:

- малі питомі втрати активної потужності 0,005 кВт на 1 квар;
- відсутні обертові частини;

- простий монтаж і експлуатація (не треба фундаменту);
- невисокі, порівняно з іншими компенсаторами, капіталовкладення;
- можливість підбирання будь-якої необхідної потужності;
- більше можливостей при встановленні в електричній мережі;
- відсутність шуму під час роботи;
- невеликі затрати на експлуатацію.

Сучасні БСК випускаються у трифазному та однофазному виконанні, мають вмонтовані розрядні опори та захист від перенапруг, який може мати місце в момент комутації, що забезпечує їх високу надійність. Розширено діапазон потужностей БСК: напругою 0,4 кВ від 2,5 квар і напругою 6,3 кВ від 25 квар. Використання сучасних матеріалів дозволило зменшити габаритні розміри. Розширено діапазон робочих температур від -40°C до 50°C у виконанні для внутрішнього та зовнішнього встановлення (IP 42) [2].

До основних їх недоліків слід віднести залежність генерованої потужності БСК від напруги та частоти; чутливість до спотворення живлячої напруги; недостатня міцність, особливо при коротких замиканнях та перенапругах [1].

4.2 Технічні задачі, що виникають при експлуатації БСК

Вибираючи потужність БСК необхідно слідкувати, щоб ця установка покривала реактивне навантаження цеха чи підприємства і не генерувала реактивну потужність в мережу енергосистеми [1, 6]. Така перекомпенсація приводить лише до втрат потужності, що викликається передачею в мережу від підприємства реактивної потужності. Оскільки таке явище має місце при спадах графіка навантаження (вночі, у вихідні дні) необхідно, щоб потужність під'єднаних БСК використовувалась в залежності від графіка реактивного навантаження підприємства (рис. 4.1).

Споживач електричної енергії зобов'язаний підтримувати рівень реактивної потужності в розподільчій мережі відповідно до значення економічно оптимальної реактивної потужності, яка може бути передана

підприємству в режимах найбільшого і найменшого активного навантаження енергосистеми.

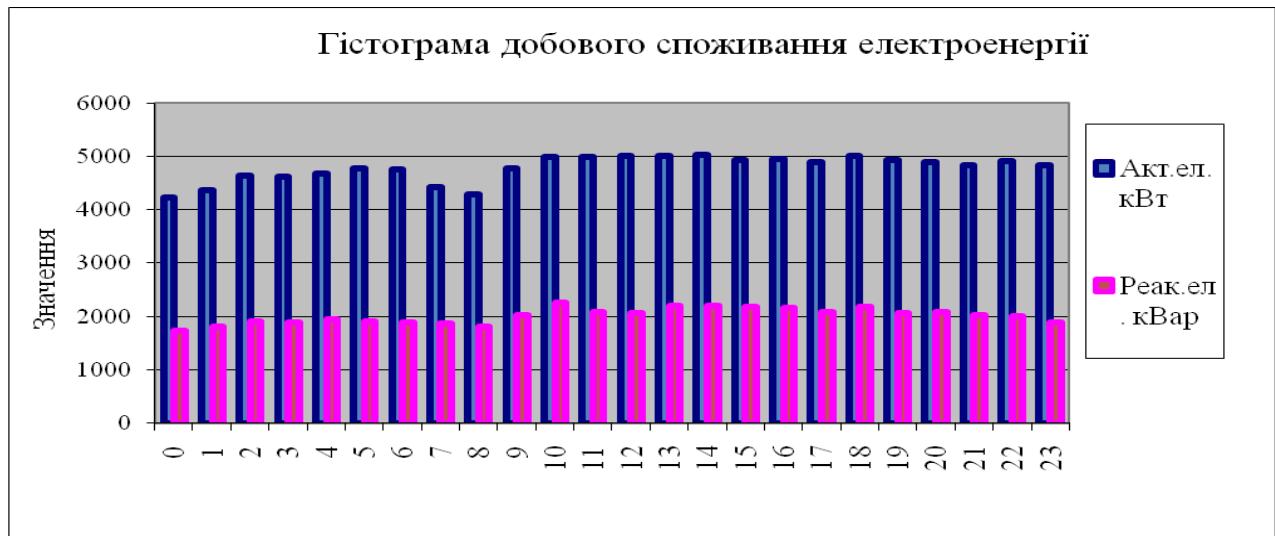


Рисунок 4.1 – Гістограма добового активного і реактивного навантаження підприємства харчової промисловості

Розглядаючи можливості максимального наближення компенсуючих установок (КУ) до електроприймачів, які споживають велику реактивну потужність, необхідно враховувати наступні чинники:

1. За інших рівних умов великий ступінь компенсації реактивної потужності слід забезпечувати у електроспоживачів, розташованих найбільш далеко від ТП.
2. Найбільш доцільно використання КУ у електроспоживачів з великим числом годин роботи в році.
3. При виборі місць установки КУ необхідно прагнути до підключення їх під загальний комутаційний апарат з електроприймачем, щоб уникнути витрат на додатковий апарат.
4. Відповідно до вимог електропостачальної організації необхідно забезпечувати не тільки задане споживання в максимум активного навантаження енергосистеми, але і витримувати необхідне споживання в її мінімум. З цієї умови випливають вимоги до регулювання КУ.

Вибір типу, потужності, місця встановлення і принципу керування БСК має забезпечувати найбільший ефект. При цьому слід враховувати, що:

- найбільший економічний ефект досягається при розміщенні БСК безпосередньо поблизу електроприймача;
- БСК можуть встановлюватися поблизу одиничного навантаження, з великим коефіцієнтом використання;
- індивідуальна компенсація найбільш ефективна і доцільна для потужних електроприймачів, але повинна супроводжуватись відключенням компенсуючого пристрою з відключенням споживача.

Економічно доцільним варіантом КРП є варіант, що забезпечує мінімум приведених річних затрат, які включають затрати на БСК і затрати обумовлені виробництвом та розподілення реактивної потужності. На керовані змінні функції затрат накладаються режимні і технічні обмеження:

- 1) за умовою балансу реактивної потужності [1-6]:

$$Q_{\text{сум}} - Q_{\text{н.сум}} - \Delta Q_{\text{сум}} + Q_{\text{е1}} = 0, \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{сум}}$ - сумарна потужність БСК;

$Q_{\text{н.сум}}$ - сумарне навантаження;

$\Delta Q_{\text{сум}}$ - втрати реактивної потужності;

$Q_{\text{е1}}$ - вхідна реактивна потужність.

- 2) за допустимим режимом роботи БСК:

$$Q_{\text{min}} \leq Q \leq Q_{\text{max}}, \quad (4.2)$$

де Q_{min} , Q_{max} - мінімальне та максимальне значення реактивної потужності споживання чи генерації відповідно.

Способи КРП [2-4, 7, 8].

4.3 Способи компенсації реактивної потужності, їх переваги та недоліки

Найбільш дієвим і ефективним способом зниження споживаної з мережі реактивної потужності є застосування установок компенсації реактивної потужності (конденсаторних батарей, синхронних двигунів і синхронних компенсаторів). За рахунок приєднання до мережі компенсуючого пристрою КП зменшуються втрати потужності і напруги. На практиці коефіцієнт потужності після компенсації знаходиться в межах від 0,93 до 0,99.

Відносну ефективність зменшення реактивного навантаження в тому чи іншому пункті електричної мережі можна оцінити за допомогою так званого економічного еквівалента реактивної потужності. Економічний еквівалент чисельно дорівнює зменшенню втрат активної потужності в мережах при зменшенні реактивного навантаження на 1 кВАр.

1. Індивідуальна КРП – БСК під'єднують безпосередньо біля електроприймачів, рис. 4.2. В даному випадку вимикач електроприймача одночасно є вимикачем БСК. Використовується при компенсації одиничних, постійно під'єднаних протягом довгого часу потужностей. Краща там, де: потрібна компенсація потужних (понад 20 кВт) споживачів; потужність, яка споживається постійна протягом тривалого часу. Недолік - залежність часу під'єднання КУ від часу вмикання електроспоживачів і необхідність узгодження ємності КУ з індуктивністю компенсованого електроспоживача для запобігання виникненню резонансних явищ або застосування спеціальних схем під'єднання (перемикання з "зірки" на "трикутник", коли паралельно під'єднуються до обмоток двигуна три однофазні конденсатори). Потребує значних капіталовкладень.

Індивідуальна компенсація – це найпростіше технічне рішення. БСК підбирається по потужності і $\cos\phi$ двигуна, тому реактивна потужність двигуна компенсується постійно протягом всього дня, $\cos\phi$ достатньо високий. Додаткова перевага індивідуальної КРП це те, що експлуатаційні затрати на неї порівняно невеликі.

Індивідуальна компенсація найбільш ефективна, коли більша частина реактивної потужності генерується невеликою кількістю навантаження, що споживає найбільшу потужність достатньо довгий період часу.

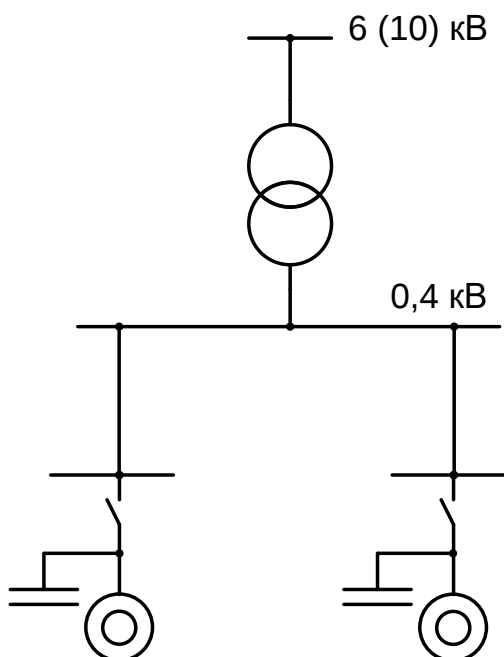


Рисунок 4.2 – Схема під'єднання БСК при індивідуальній КРП

2. Групова – застосовується для випадку компенсації декількох індуктивних навантажень, які розташовані поруч і вмикаються одночасно, підімкнених до одного розподільного пристрою і які компенсуються однією конденсаторною батареєю, рис. 4.3. Збільшення коефіцієнта одночасності ввімкнення навантаження зменшує потужність і підвищує ефективність роботи БСК, яка може встановлюватись на стороні 0,4 кВ або 6 (10) кВ. З підвищенням коефіцієнта одночасності вмикання навантаження знижується потужність і підвищується ефективність роботи КУ, який можна встановлювати на стороні 0,4 кВ або 6 (10) кВ. Недоліки – окрема комутація БСК і неповне розвантаження розподільчих мереж підприємства від реактивної потужності.

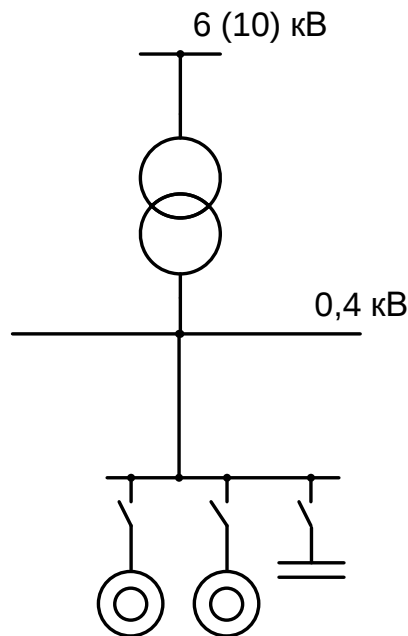


Рисунок 4.3 – Схема під'єднання БСК при груповій КРП

3. Загальна (централізована) компенсація – КРП за допомогою однієї БСК встановлюваної на комплектній трансформаторній підстанції або у складі головного розподільного пристрою [13], рис. 4.4. Використовується для підприємств, які потребують змінної реактивної потужності постійно ввімкнені батареї конденсаторів не прийнятні, оскільки при цьому може виникнути режим недокомпенсації або перекомпенсації. У цьому випадку конденсаторна установка оснащується спеціалізованим контролером і комутаційно-захисною апаратурою. При відхиленні значення $\cos\phi$ від заданого значення контролер підмикає або відмикає ступені конденсаторів. Перевага централізованої компенсації полягає в наступному: ввімкнена потужність конденсаторів відповідає спожитій в конкретний момент часу реактивній потужності без перекомпенсації або недокомпенсації. Загальна КРП вимагає менших витрат, але не розвантажує цехові кабелі і кабелі індивідуальних споживачів.

Для вузлів навантаження із широким діапазоном зміни споживання РП. Потужність КУ можна регулювати у функції реактивного струму навантаження, але для цього КУ повинна бути обладнана спеціальним автоматичним регулятором, а її повна компенсаційна потужність (що

дорівнює РП установлених конденсаторів) поділена на щаблі, що комутуються окремо. Такі комплектні КУ називаються автоматизованими (АКУ).

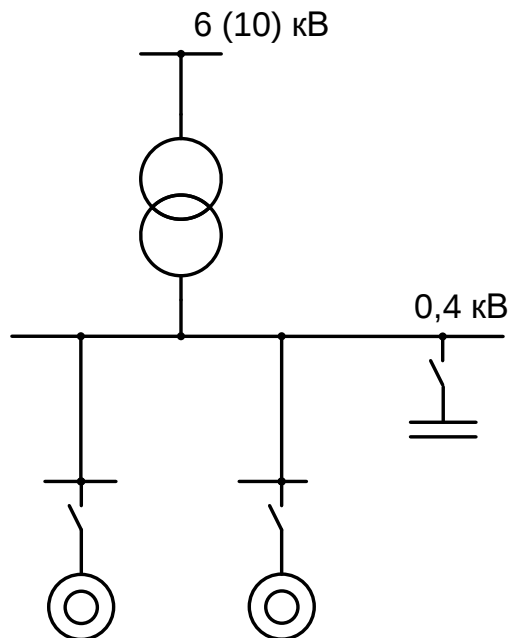


Рисунок 4.4 – Схема під'єднання БСК при загальній КРП

Денний тренд (характер зміни навантаження), є основним чинником, що впливає на вибір схеми КРП. На багатьох підприємствах не все устаткування працює одночасно, багато верстатів задіяно всього декілька годин в день. Тому індивідуальна компенсація стає дуже дорогим рішенням, при великій кількості устаткування і відповідно великому числі встановлюваних БСК. Більшість цих БСК не буде задіяна довгий період часу.

Централізована компенсація застосовується там, де навантаження змінюється протягом дня [9]. При цьому споживання реактивної потужності протягом дня теж змінюється, тому використання автоматично керованих БСК переважає, ніж некерованих.

При виборі конденсаторної установки необхідна потужність конденсаторів визначається як:

$$Q_c = P \times (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) \text{ [квар]}, \quad (4.4)$$

де $\text{tg}\varphi_1$ — коефіцієнт потужності споживача до встановлення компенсувальних пристроїв;

$\text{tg}\varphi_2$ — коефіцієнт потужності після встановлення компенсувальних пристроїв (бажаний або коефіцієнт, який задає енергосистема).

Режим роботи конденсаторних установок повинен виключати можливість роботи підприємств із випереджальним коефіцієнтом потужності. У зв'язку із цим найдоцільнішим є застосування автоматичного регулювання потужності конденсаторних установок за напругою, за часом доби і за іншими параметрами.

Для розрахунку параметрів компенсаторної установки в мережі знімають характерні добові графіки навантаження і поточне значення $\cos\varphi$, за якими визначають середнє значення коефіцієнта потужності за період. Знаючи фактичний і потрібний (за умовами компенсації) коефіцієнт потужності, а також споживання активної електроенергії, можна розрахувати потрібну потужність конденсаторної установки.

Широке застосування споживачів енергії з різкоперемінним навантаженням і несинусоїдальним струмом супроводиться значним споживанням електричної потужності і спотворенням живлячої напруги. Це призводить до зростання втрат електроенергії за рахунок низького $\cos(\varphi)$ і порушення нормального функціонування споживання електроенергії.

Застосування установок компенсації реактивній потужності необхідне на підприємствах, що використовують [11]:

1. Асинхронні двигуни ($\cos(\varphi) \sim 0.7$);
2. Асинхронні двигуни, при неповному завантаженні ($\cos(\varphi) \sim 0.5$);
3. Випрямні електролізні установки ($\cos(\varphi) \sim 0.6$);
4. Печі електродуг ($\cos(\varphi) \sim 0.6$);
5. Водяні насоси ($\cos(\varphi) \sim 0.8$);
6. Компресори ($\cos(\varphi) \sim 0.7$);
7. Машини, верстати ($\cos(\varphi) \sim 0.5$);

8. Зварювальні трансформатори ($\cos(\varphi) \sim 0.4$).

Застосування установок компенсації реактивної потужності ефективно у виробництвах:

1. Пивоварний завод ($\cos(\varphi) \sim 0.6$);
2. Цементний завод ($\cos(\varphi) \sim 0.7$);
3. Деревообробне підприємство ($\cos(\varphi) \sim 0.6$);
4. Гірський розріз ($\cos(\varphi) \sim 0.6$);
5. Сталеливарний завод ($\cos(\varphi) \sim 0.6$).

По місцю підключення розрізняють наступні схеми компенсації:

- загальна - на вводі цеху або підприємства;
- групова - на лінії живлення групи однотипних споживачів;
- індивідуальна - в безпосередній близькості до споживача.

За типом регуляторів компенсуючі установки діляться на:

- звичайні (релейні) - в яких комутація конденсаторів проводиться з допомогою електромеханічних реле;
- статичні (тиристори) - в яких застосовуються ключі тиристорів. У статичних установках комутація конденсаторів відбувається у момент нульової напруги, внаслідок чого вони набувають в порівнянні із звичайними наступних переваг:
 - висока швидкодія - до 14 комутацій в секунду замість одного в 5...20 секунд;
 - малий рівень перешкод внаслідок відсутності стрибків струму у момент комутації;
 - малий знос конденсаторів з тієї ж причини;
 - висока надійність ключової апаратури внаслідок відсутності механічних частин;
 - знижені втрати внаслідок відсутності розрядних резисторів.

Ємнісні компенсатори реактивної потужності критичні до гармонійних спотворень напруги.

При їх застосуванні рівень гармонік може зрости завдяки явищу резонансу. Крім того, гармоніки дають додаткове навантаження на конденсатори, що може вивести їх з ладу.

Сучасні установки мають захист, що відключає конденсатори при перевищенні встановленого порогу гармонік [7]. Для завідомо "брудних" мереж застосовуються так звані фільтрокомпенсуючі установки (ФКУ) з вбудованими фільтрами вищих гармонік.

При виборі установки визначають наступні характеристики:

- тип установки - звичайний або статичний;
- потужність - максимальна реактивна потужність, яка може компенсуватися;
- крок (ступінь) компенсації - мінімальна величина приросту, на яку змінюється ємність включених конденсаторів;
- необхідність фільтрації гармонік;
- номінал трансформатора струму для підключення регулятора.

Розділ 5.

ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розробляються заходи з охорони праці під час монтажу системи електропостачання ФГ «Агро-Вас». Отже на будівельно-монтажний персонал, що здійснює монтаж системи електропостачання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [1, 2]:

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

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

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

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць в пожежонебезпечних зонах

Вимоги поширюються на електроустановки, що розміщуються в пожежонебезпечних зонах всередині і зовні приміщень. До експлуатації в

пожежонебезпечних зонах допускається електрообладнання, що відповідає вимогам з урахуванням показників пожежо- вибухонебезпеки матеріалів (рідин, пилу, волокон).

Електрообладнання з частинами, що іскрять під час нормальної роботи або нагріваються понад небезпечні температури (тобто є імовірними джерелами займання) рекомендується встановлювати поза межами пожежонебезпечних зон. Для забезпечення ступеня захисту оболонок електрообладнання від проникнення пилу на рівні IP54, кришки, інші з'ємні частини оболонки і місця вводу кабелів слід ущільнювати за допомогою еластичних (гумових) прокладок, ущільнювальних кілець, сальників тощо.

Відкриті частини електричних машин, які нормально іскрять (наприклад, контактні кільця), слід розташовувати на відстані не менше 1 м від місць розміщення горючих матеріалів, або відокремлювати від них екраном з негорючого матеріалу. Переносні електричні ручні машини (електрифікований інструмент), які застосовуються в пожежонебезпечних зонах, повинні мати ступінь захисту оболонок не менше IP44.

При використанні електронагрівальних приладів їх робочі частини, які нагріваються, слід захищати від контакту з горючими речовинами, а самі прилади встановлювати на поверхні із негорючих матеріалів і відділяти від горючих речовин екранами.

Електроустановки в пожежонебезпечних зонах будь-яких класів в разі необхідності повинні мати апарати, що відключають частково або повністю технологічне і сантехнічне устаткування у випадках аварій і пожеж. Обсяг відключення визначається технологами і сантехніками проектною організацією і спеціалістами служб охорони праці, з урахуванням особливостей технологічного процесу. В пожежонебезпечних зонах всіх класів рекомендується використовувати силові і освітлювальні розподільчі пункти, що мають ступінь захисту оболонок IP54. Електрообладнання вантажопідіймальних механізмів (кранів, талей тощо), котрі перебувають в пожежонебезпечних зонах і зв'язані з технологічним процесом, повинне мати

ступінь захисту оболонок згідно з таблицями 7.4.1, 7.4.2 ПВЕ (як для пересувних механізмів).

В пожежонебезпечних зонах слід використовувати світильники, що мають ступінь захисту не менший, ніж IP44. Світильники з лампами розжарювання не повинні мати відбивачів і розсіювачів з горючих матеріалів. В разі встановлення світильників, що не мають штепсельних роз'ємів, на металевих кронштейнах (стійках), заземлення кронштейна слід забезпечувати жорстким кріпленням до нього заземленого металевого корпусу. В свою чергу, заземлення корпусу світильника слід виконати за допомогою перемички між заземлювальним і нульовим затискачами всередині ввідного пристрою світильника. В пожежонебезпечних зонах всіх класів крім захисту від струмів КЗ провідники освітлювальних мереж слід захищати від перевантажень. Крім того, від перевантажень слід захищати силові мережі, які прокладаються в пожежонебезпечних зонах складських приміщень, і в інших випадках, якщо перевантаження може виникнути за умовами технологічного процесу. В пожежонебезпечних зонах будь-якого класу кабелі і проводи повинні мати покриття і оболонку з матеріалів, що не розповсюджують горіння.

Складські приміщення з пожежонебезпечними зонами будь-якого класу, які замикаються, повинні мати апарати для відключення іззовні силових і освітлювальних мереж незалежно від наявності апаратів для відключення всередині приміщень. В пожежонебезпечних зонах будь-якого класу складських приміщень забороняється застосування електронагрівальних приладів.

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання підприємства та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – особливо небезпечні, так як виконуються назовні. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізолювані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

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

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

Є неприпустимими:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізольованими провідниками;

- застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам до переносних електропроводок;

- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;

- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання.

- підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);

- використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені. Заземлення повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів". Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі проводи в надійній ізоляції.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

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

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

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Iб	22-28	55 при 28°C	0,1-0,2
Холодний	Iб	21-25	75 при 25°C	Не більше 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається:

- в холодну пору року використання калорифера;
- в літню пору застосування вентиляторів обдуву;
- провітрювання приміщення.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 2.

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

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено:

- провітрювання приміщення;
- цілісність вікон для перешкодження попадання пилу в приміщення під час роботи лінії;
- встановлення пиловловлюючих засобів.

5.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

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

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загально го		

Середн ьої точност і	Від 0,5 до 1,0 включн о	IV	г	середн ій велики й велики й	світли й світли й середн ій	-	200	4	2,4
-------------------------------	----------------------------------	----	---	--	--	---	-----	---	-----

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості. При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

5.2.4 Виробничий шум

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» (таблиця 5.4).

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

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

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

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі;
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [11, 12]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і

матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [13], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [14].

Основні виробничі приміщення ФГ «Агро-вас» за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д – негорючі речовини і матеріали в холодному стані з зонами П-ІІІ (місця, де зберігаються тверді горючі речовини). Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується ІІ ступенем вогнестійкості.

До ІІ ступеня вогнестійкості відносяться будівлі з несучими і огорожувальними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових та плиткових негорючих матеріалів. В покриттях будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 5.5

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

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площад-ки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між по-верхові (у т.ч. горищні та над підва-лами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі і (перегородки				пли-ти, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
ІІ	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 6.

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.

Кількість людей для розрахунку ширини евакуаційних виходів показана в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

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

Таблиця 5.7 – Кількість людей для розрахунку ширини евакуаційних виходів

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості будівлі	Кількість людей на 1 м ширини Евакуаційного виходу(дверей)
0,126	Д	II	100

На території виробничої будівлі встановлено 5 вогнегасників ВП-5.

ВИСНОВКИ

1. Розроблена система електропостачання фермерського господарства «Агро-вас» забезпечує вимоги надійності електроспоживача та відповідає нормам ПУЕ

2. Вибране електрообладнання 10 та 0,4 кВ буде надійно працювати як в нормальних, так і в аварійних режимах, що підтверджується проведеними розрахунками.

3. Врати потужності в розподільних мережах фермерського господарства будуть мінімальними оскільки вибір місця розташування трансформаторної підстанції здійснено враховуючи результати розрахунку центра електричних навантажень

4. Установка передбачених в роботі батарей статичних конденсаторів забезпечує зменшення активних втрат, пов'язаних із передачею реактивної потужності.

5. Компенсація реактивної потужності в будь-якій системі електроспоживання є важливою складовою частиною комплексу організаційно-технічних заходів з регулювання режимів і є доцільною як з економічних та із ряду технічних чинників

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 електроустановок. Монографія. Друкарня ФОП Гуляєва В.М., 2021.
8. Буряк В.М., Дейнеко Н.А. Вибір електричних апаратів захисту в мережах до 1000 В. Харків : ХНАМГ, 2007. 62 с.
9. ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT). Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності.
10. Зорін В.В., Штогрин Є.А., Буйний Р.О. Електричні мережі та системи. Ніжин : Аспект-Поліграф, 2011. 224 с.
11. Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. Електропостачання промислових підприємств. Вінниця : Нова книга, 2013. 424 с.
12. Шестеренко Є.В. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Вінниця : Нова книга, 2004. 655 с.
13. Василега П.О. Електропостачання. Суми : вид-во «Університетська книга», 2018. 415 с.

14. Бурбело М.Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання. Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2017. 123 с.
15. Галузеві будівельні норми України. Електротехнічні пристрої. Київ : Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2012. 139 с.
16. Електрична частина станцій та підстанцій : підручник / В. Д. Козлов, В. П. Захарченко, О. М. Тачиніна; за заг. ред. В. Д. Козлова. Київ : НАУ, 2018. 312с.
17. В. А. Попов, В. В. Ткаченко, Ярмолюк О. С. Проєктування систем забезпечення споживачів електричною енергією. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 222 с.
18. Букович Н. В. Розрахунок струмів короткого замикання електроенергетичних систем. Львів : Вища шк., 2008. 248 с.
19. Давиденко Л. В. Електропостачання промислових об'єктів. Практикум: навчальний посібник / Людмила Валеріївна Давиденко, Наталія Володимирівна Коменда, Володимир Анатолійович Давиденко, Микола Миколайович Євсюк – Луцьк: ВІП ЛНТУ, 2022.– 244с.
20. Півняк Г.Г., Винославський В.М., Рибалко А.Я., Несен Л.І.Перехідні процеси в системах електропостачання. Дніпропетровськ: Видавництво НГА України, 2000. 597 с
21. Терешкевич Л.Б , Терешкевич Н.В. Волоцький А.М. Проектування цехових електричних мереж і освітлювальних установок, Вінниця, ВНТУ 2006.
22. Основи охорони праці. Під редакцією М.П. Купчика, Г.П. Гандзюка. – Київ.: 2000.
23. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
24. 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->.

25. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945.

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

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

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

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

30. 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. НАПБА.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>.

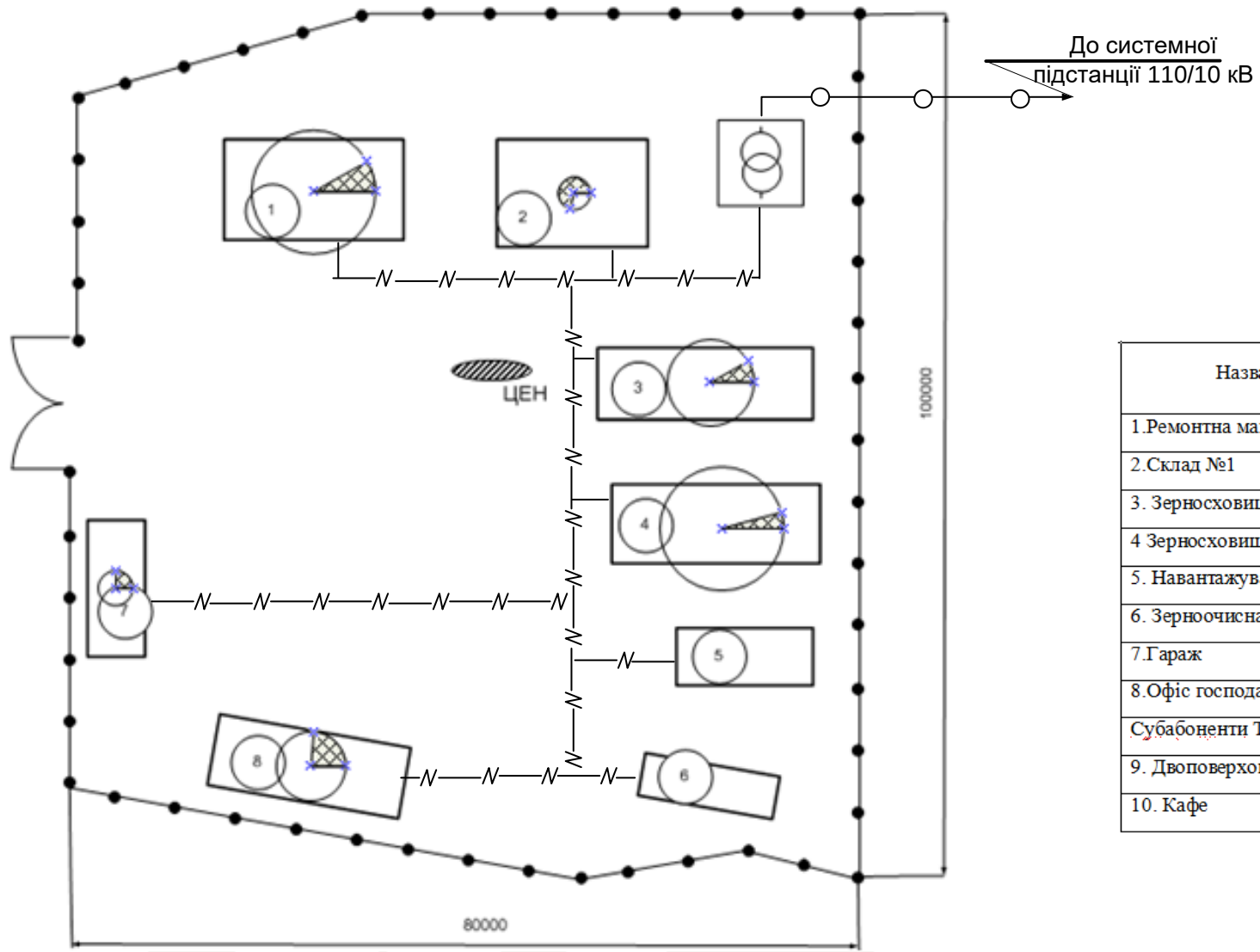
36. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

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>.

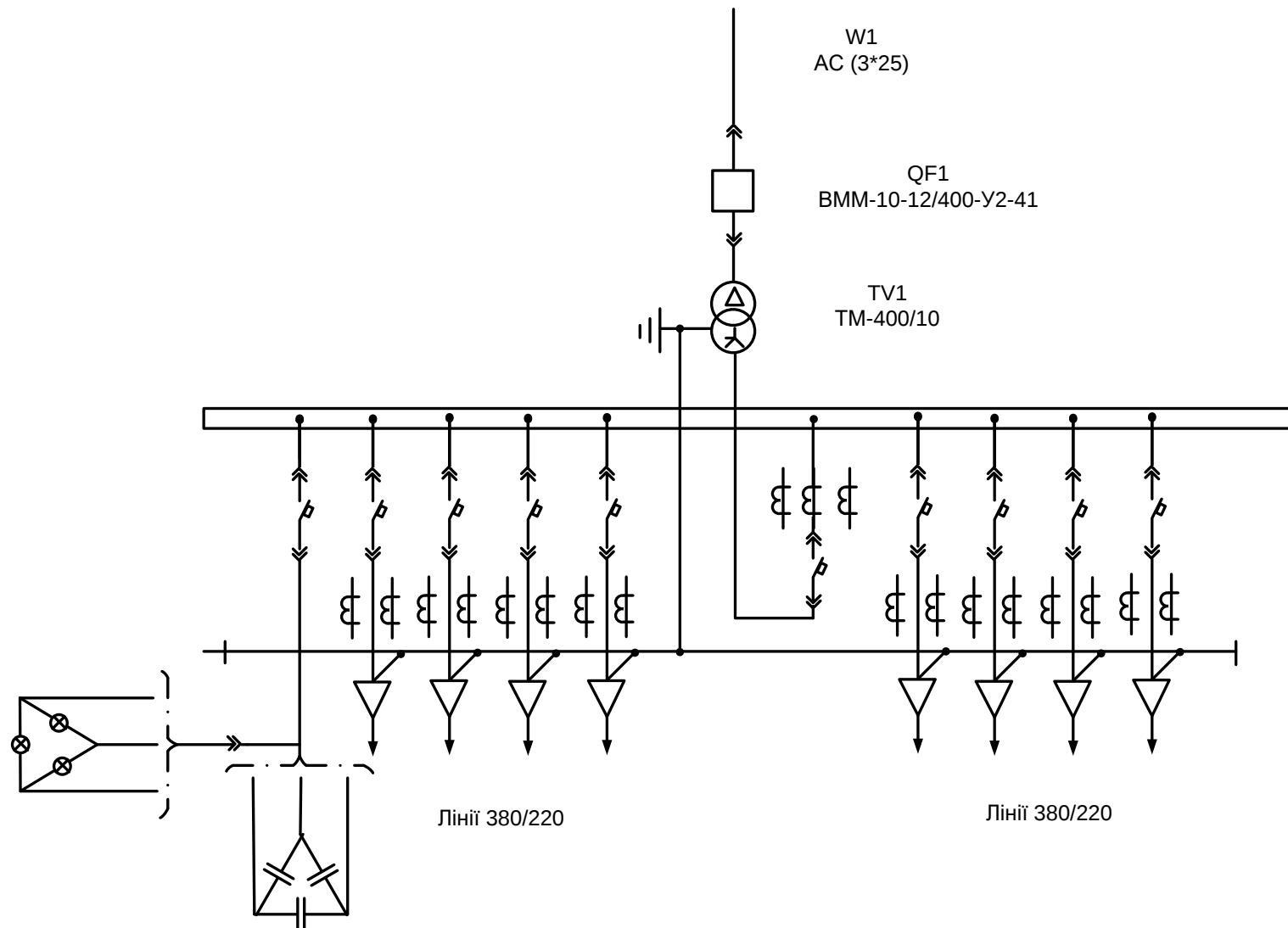
ДОДАТКИ

Додаток А. Генплан фермерського господарства з електричними мережам

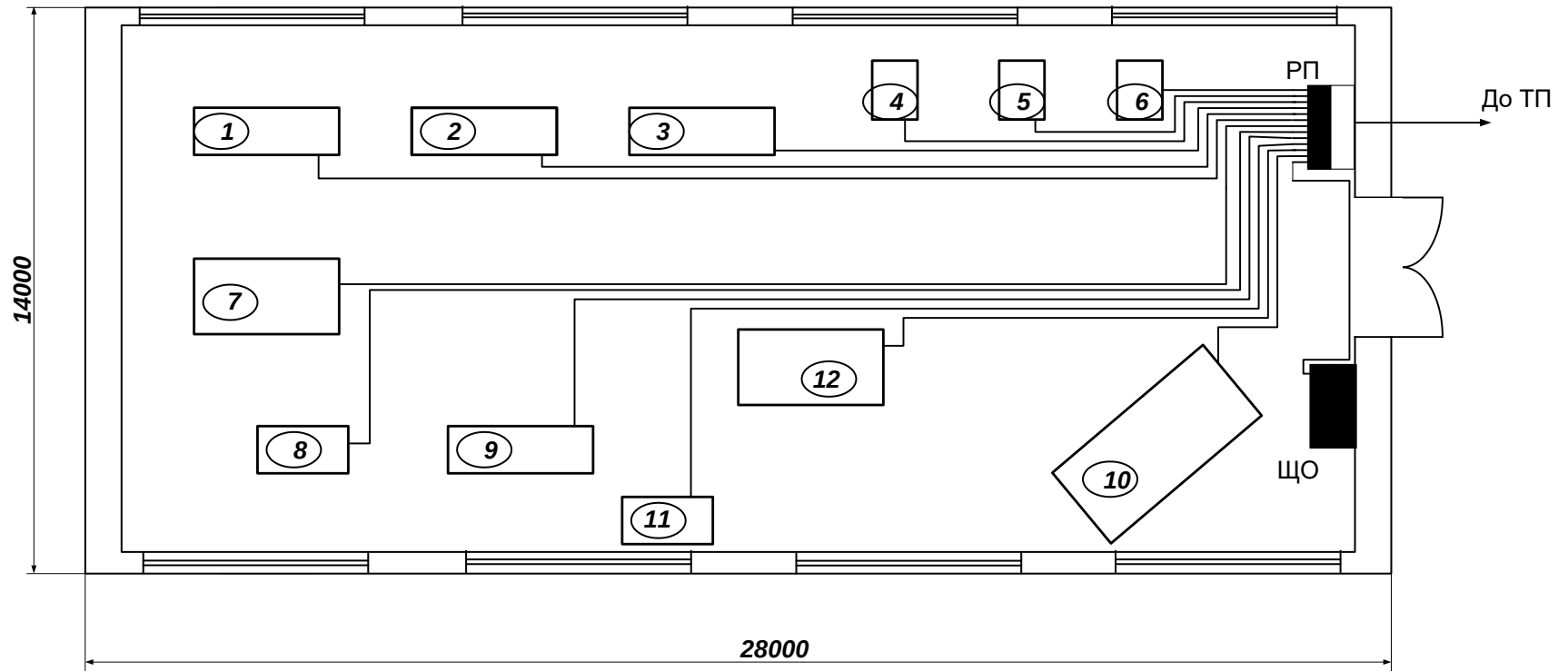


Назва
1. Ремонтна майстерня
2. Склад №1
3. Зерносховище №1
4. Зерносховище №2
5. Навантажувачі зерна
6. Зерноочисна машина
7. Гараж
8. Офіс господарства
Субабоненти ТП
9. Двоповерхові будинки
10. Кафе

Додаток Б. Однолінійна схема електропостачання фермерського господарства



Додаток В. Силові мережі ремонтно-механічної майстерні



Додаток Г. Розрахунково-монтажна таблиця

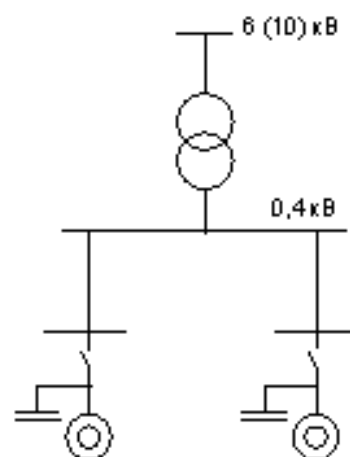
РП	Апарат захисту				Лінія живлення				РП	Апарат захисту				Лінія живлення				Електроприймач	
	Тип	Іном, А	Іт розч, А	Іел м розч, А	Марка	Довжина м	Спосіб прокл.	І доп, А		Тип	Іном, А	Іт розч, А	Іел м розч, А	Марка	Довжина м	Спосіб прокл.	І доп, А	№ за пл.	Назва
BA 51-33									BA 51-25	BA 51-25	160	100	1000	АПВ4(1*3)	21	В трубі	21	①	Токарний верстат
										BA 51-31	100	40	400	АПВ4(1*16)	16,5	В трубі	55	②	Радіально-сверлильний
										BA 51-31	100	40	400	АПВ4(1*16)	12	В трубі	55	③	Труборіз
										BA 51-31	100	31,5	315	АПВ4(1*10)	8,2	В трубі	39	④	Точильно-шліфувальний верстат
										BA 51-31	100	31,5	315	АПВ4(1*10)	5,4	В трубі	39	⑤	Універсальний комбінований
										BA 51-31	100	31,5	315	АПВ4(1*10)	3	В трубі	39	⑥	Сверлильний верстат
										BA 51-25	25	16	160	АПВ4(1*2,5)	22,5	В трубі	19	⑦	Гріндер
										BA 51-31	100	31,5	315	АПВ4(1*10)	25,8	В трубі	39	⑧	Компресор
										BA 51-25	25	20	200	АПВ4(1*4)	19	В трубі	23	⑨	Фрезерний верстат
										BA 51-25	25	20	200	АПВ4(1*4)	7	В трубі	23	⑩	Прес
										BA 51-25	25	6,3	63	АПВ4(1*2,5)	19	В трубі	19	⑪	Точило
										BA 51-25	25	20	200	АПВ4(1*4)	12,4	В трубі	23	⑫	Зварювальний пост. ПВ = 40%
										BA 51-25	25	6,3	6	АВВГ(4*2,5)	3	Відкрито	17	ЩО	Щиток освітлення

Додаток Д. Аналіз способів і пристроїв компенсації реактивної потужності

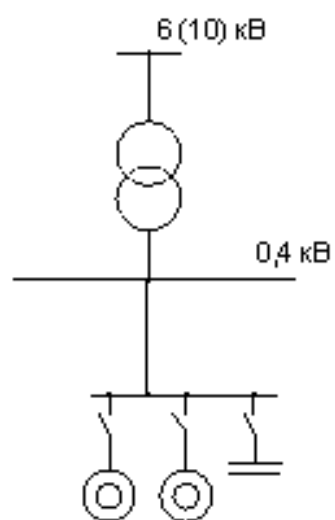
Використання конденсаторних установок дозволяє:

- знизити плату постачальнику за спожиту електроенергію;
- знизити струм в елементах системи електропостачання, що призводить до зменшення поперечного розрізу проводів;
- зменшити повну потужність, що знижує потужність трансформаторів і їх число;
- зменшити втрати активної потужності, а відповідно, і потужності генераторів на електростанціях;
- розвантажити живлячі лінії електропередачі, трансформатори і розподільні пристрої;
- при використанні певного типу установок знизити рівень вищих гармонік;
- подавити мережеві перешкоди, понизити несиметрію фаз;
- зробити розподільні мережі надійнішими і економічнішими;
- покращити якість електроенергії за рахунок зменшення відхилень напруги від номінального значення.

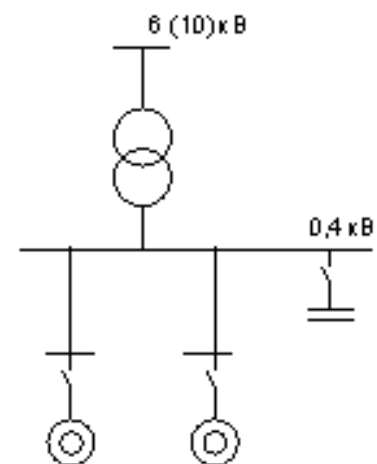
Індивідуальна КРП



Групова КРП



. Загальна КРП



Додаток Е

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Розробка системи електропостачання фермерського господарства «Агро-вас», Гайсинський 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	74,2 %
Схожість	25,8 %

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 _____ Бородавко О.П.

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