

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
першого (бакалаврського) рівня освіти

на тему:

«ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАВОДУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ»

Виконав: студент II курсу
групи Ен – 2сп спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ Сергєєв І. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник: _____ Чабан А. В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: _____ Баби́ч М. І.
(прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ (підпис)

д.т.н., професор Калахан О. С.

(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ _____ ” _____ 202__ року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Сергєєву Іллі Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Електропостачання заводу будівельних конструкцій»

керівник роботи професор, д.т.н. Чабан А. В.

(наук.ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НАУ 453/к-с від 30.12.22 р.

2. Строк подання студентом роботи 16.06.23 р.

3. Вихідні дані

технічна документація, науково-технічна і довідкова література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1 Характеристика заводу будівельних конструкцій

2 Розрахунок електропостачання заводу будівельних конструкцій

3 Компенсація реактивної потужності навантаження

4 Охорона праці та довкілля

5 Ефективність прийнятих рішень

Висновки

Перелік джерел посилання

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Графічний матеріал подається у вигляді презентації

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,5	<i>Дробот І. М., ст. викл</i>			
4	<i>Городецький І. М., к.т.н., доцент</i>			

7. Дата видачі завдання 30.12.22 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Характеристика заводу будівельних конструкцій</i>	<i>30.12.2022 – 31.01.2023</i>	
2	<i>Розрахунок електропостачання заводу будівельних конструкцій</i>	<i>1.02.2023 – 17.03.2023</i>	
3	<i>Компенсація реактивної потужності навантаження</i>	<i>20.03.2023 – 21.04.2023</i>	
4	<i>Охорона праці та довкілля</i>	<i>24.05.2023 – 5.05.2023</i>	
5	<i>Ефективність прийнятих рішень</i>	<i>8.05.2023 – 5.05.2023</i>	
6	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентації</i>	<i>22.05.2023 – 2.06.2023</i>	
7	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>5.06.2023 – 16.05.2023</i>	

Студент _____ *Сергесву І. В.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ *Чабан А. В.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 621.313:63(075.8)

РЕФЕРАТ

«Електропостачання заводу будівельних конструкцій» Сергеев І. В. – Кваліфікаційна робота. Кафедра електротехнічних систем. Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2023р.

45 с. текстової частини, 17 таблиць, 6 рисунків, 13 джерел.

Об'єкт дослідження: системи компенсації реактивної потужності навантаження в системі електропостачання заводу будівельних конструкцій.

Мета роботи: реалізація системи компенсації реактивної потужності навантаження в системі електропостачання заводу будівельних конструкцій.

Завдання дослідження: провести розрахунок системи електропостачання заводу будівельних конструкцій здійснити реалізацію системи автоматизованого резервного живлення.

У кваліфікаційній роботі розкрито наступні питання: характеристика заводу будівельних конструкцій; обґрунтування теми роботи; розрахунок системи електропостачання заводу будівельних конструкцій; вибір необхідного обладнання: потужність трансформаторів, переріз проводів живлення, пристрою компенсації реактивної потужності навантаження заводу будівельних конструкцій; побудовано схему системи електропостачання заводу будівельних конструкцій, розглянуто питання охорони праці та довкілля; визначено термін окупності.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, НАВАНТАЖЕННЯ, СТРУМ, НАПРУГА, ПЕРЕРІЗ, КОЕФІЦІЄНТ ПОТУЖНОСТІ, НАВАНТАЖЕННЯ, КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАВОДУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	7
1.1 Виробничо-технічна характеристика	7
1.2 Обґрунтування теми роботи	13
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАВОДУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	15
2.1 Визначення розрахункових навантажень	16
2.2 Вибір трансформаторів підстанції 10/0,4 кВ	19
2.3 Визначення відхилень напруги на шинах споживачів	20
2.4 Вибір перерізів проводів і розрахунок мереж	21
2.5 Витрати електроенергії в електричній мережі	24
2.6 Розрахунок аварійних режимів	25
РОЗДІЛ 3 КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ	29
3.1 Комплектні конденсаторні установки	29
3.2 Розрахунок потужності компенсуючої установки	32
3.3 Схема керування реактивною потужністю навантаження	33
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	35
4.1 Структурно – функціональний аналіз процесу електропостачання	35
4.2 Обґрунтування організаційно – технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу	36
4.2.1 Правила техніки безпеки при експлуатації електрообладнання	36
4.2.2 Протипожежні заходи	38
4.2.3 Розрахунок штучного заземлення	38
4.3 Охорона довкілля	40
РОЗДІЛ 6 ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	42
ВИСНОВКИ	44
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	45

ВСТУП

Електроенергія є універсальною формою енергії. У час війни усі відчули на собі, що таке перебої з електропостачанням. А тому державна політика повинна враховувати стратегічну важливість даної галузі. Відповідно необхідно дбати про престиж даної спеціальності, забезпечувати високий рівень оплати праці в галузі, що забезпечить збільшення кількості висококваліфікованих та високомотивованих фахівці залишатись у галузі, а також випускники шкіл з високими результатами навчання будуть прагнути здобувати освіту за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», а в подальшому працювати за фахом в електроенергетичній галузі.

Кваліфікаційна робота присвячена актуальним питанням сьогодення, а саме електропостачання заводу будівельних конструкцій. Після великих руйнувань від обстрілів, буде високий попит при відбудові на будівельні конструкції.

Електропостачання є важливим питанням забезпечення життєдіяльності будь-якого виробництва, а тим більше будівельного. Важливим питанням при цьому є забезпечення високих техніко-економічних і екологічних показників. Що стосується електропостачання для забезпечення високих стандартів перелічених показників – це є забезпечення високого значення коефіцієнта потужності навантаження, тобто компенсація реактивної потужності навантаження.

Саме цим питанням присвячена дана робота. При написанні даної роботи були використанні наступні літературні джерела [1-13].

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАВОДУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

1.1 Виробничо-технічна характеристика

На сьогоднішній день основними видами продукції заводу є шпали, деталі опор, залізобетонні конструкції, плити перекриття, фундаментні блоки, пусто блоки, із столярних виробів – віконні та дверні блоки, дошки, брус. Підприємство також надає послуги по окорці та просочуванні деталей опор і шпали (рисунк 1.1).

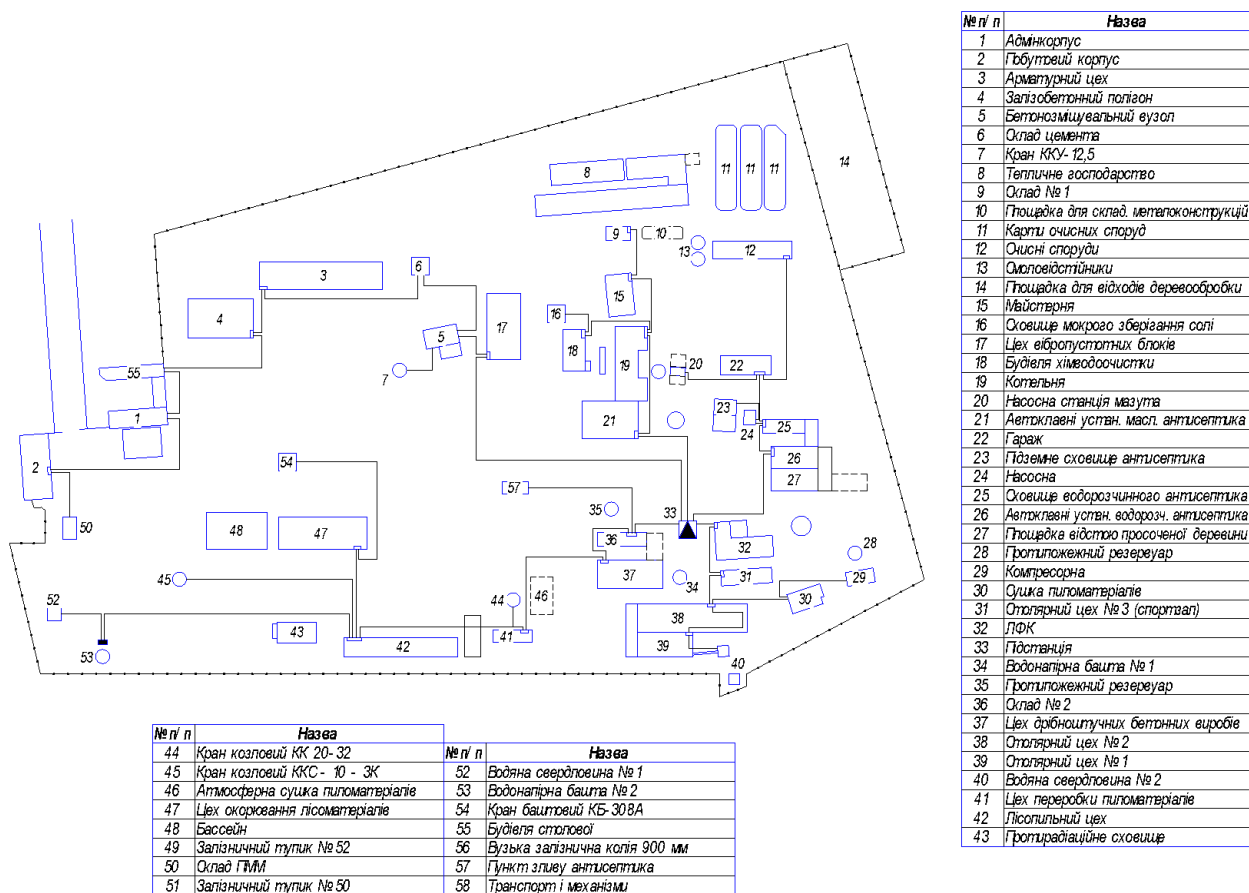


Рисунок 1.1 – План-схема підприємства

Завод виробляє продукцію і надає послуги підприємствам України різної форми власності. Основними клієнтами підприємства є в основному

приватні підприємства, а також фірми, що відправляють просочену продукцію в республіку Молдова.

В зв'язку з тим, що виробництво на підприємстві багатогалузеве особливості розвитку галузей різні. В зв'язку з тим, що електроенергетичне будівництво ліній електропередач використовуючи залізобетонні опори – основним замовником по деталях опор ліній електропередач з дерева став Укртелеком.

В виробництві шпал основним замовником є підприємства України, в яких на балансі знаходяться підвізні колії.

У виробничому процесі задіяно велику кількість будівель та обладнання.

Характеристика підприємства та перелік обладнання представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Експлікація будівель, споруд і обладнання

№ поз.	Назва будівлі, споруди	Загальна площа, м ²	Висота будівель м	Оснащеність вантажопідіймними засобами	Технологічне обладнання
1	2	3	4	5	6
1	Адмінкорпус	980	9		
2	Побутовий корпус	360	6		Пральна машина - 1 шт.
3	Арматурний цех	648	6	Кран-балка 3 т.	Верстат для опре совки шайб-1шт. Правильно-витяжний верстат-1 шт. Зварювальна машина - 1 шт. Верстат для гнуття петель - 1 шт. Верстат для навивки спіралей - 1 шт. Зварювальний трансформатор-1 шт. Вентилятор витяжний - 2 шт. Ножиці електромеханічні - 2 шт. Кран-балка (не встановлена)-1 шт. Вібратори -1 к-т.
4.1	Залізобетонний полігон	2000			Кран ККУ-12,5, в./п. -12,5 т Знятий з реєстр. -1 шт. Вібротумби - 2 шт. Лінія по випуску пустотних плит - 1 шт. Бетоноукладчик-1 шт. Трансформатор електронагріву арматури - 1 шт. Трансформатор зварювальний -1 шт. Опалубка : - плити ПК - 10 шт.; - блоки ФБС-4 - 14шт блоки ФБС-5 - 3 шт.; - блоки ФБС-3 -10 шт перемички - 1 шт.; - кільця - 3 шт.; кришка -1 шт., днище - 1 шт., плита огорожі - 5 шт., фундаменти стрічков 7 шт.
4.2	Пропарочні камери		-3;+1		

5	Бетонозміщувальний вузол	96	6,2		Бетонмішалка-1 шт. Скіповий підйомник-1 шт. Скрепер- 1 шт. Вагові дозатори цементу -1 к-т. Вагові дозатори інертних -1 к-т. Бункер цементу - 1 шт. Шнек -1 шт. Бойлер -1 шт. ПресП-120-1
6	Склад цементу	У=30 м ³	8		Силоси цементні - 2 шт. Рессівер - 10 м ³ -1 шт.
7	Кран ККУ-12,5			В./п. -12,5 т.	
8	Тепличне	1600	2,4		Котел Е 1/9 -1 шт
9	Склад№1	218	3,6		
10	Площадка для складуван				
11	Карти очисних	У=150 м ³			
12	Очисні споруди	604	5,3	Монорельс 3 т.	Відстійники масла V=10 м ³ - 3 шт. Насос центр обіжний -1 шт. Флотатори - 2 шт. Фільтри - 3 шт.
13	Смолівідстійники	У=150 м ³			2 шт.
14	Площадка складування відходів	3000			
15	Майстерня	540	3		Трансформатор зварюв. - 3 шт Прес гідравлічний -1 шт Ножиці гільйотинні - 1 шт. Зварювальний трансф. - 2 шт. Токарний верстат - 2 шт. Вертикально фрезерний верстат-2 шт Горизонтальний фрезерний верстат- 1 шт. Свердлильний верстат- 3 шт. Заточний верстат -1 шт. Настільний заточний верстат-2 шт. Зарядний пристрій -1 шт. Комплект газорізальної апаратури - 1 шт. Випробувальний щит- 1 шт. Ковальське горно -1 шт. Молот -1 шт. Апарат для ацетиленового зварювання - 1 шт.
16	Сховище мокрого зберігання солі		-2,5		Насоси відцентрові - 2 шт
17	Цех вібропустотних блоків	1080	6	Кран-балка 3 т.	Мішалка для розчину - 1 шт. Лінія по випуску вібропустотних блоків -1 шт. Касети -12 шт. Силос для цементу - 1 шт. Баддя -1 шт. Прес-форма -1 шт.
18	Будівля хімводоочистки	162	5,3		Фільтри -4 шт. Солерозчинник-1 шт. Діаратор -1 шт. Бункери - 2 шт.

19	Котельня	771	7,2		Котел Е 1/9 - 2 шт. Насоси живильні АН - 3 шт. Насос живильний ДКВР - 2 шт. Лічильник газовий РГ-250 - 1 шт.(кл.точн.-1,0] Трансформатор зварювальний -1 шт. Комплект газорізальної апаратури -1 шт. Котел ДКВР 10/13-2 шт. Економайзер - 2 шт. Підігрівачі швидкісні -4 шт. Підігрівач об'ємний - 1 шт. Насоси центр обіжні - 2 шт. Насоси центр обіжні - 1 шт. Лічильники газові РГ-1000-2 шт. (кл.точн.-1,Е Лічильник газовий РГ - 1000 -1 шт.(кл.точн.-1 Димососи -4 шт. Вентилятори - 4 шт.
20	Насона станція	162	2,5		
21	Автоклавні установки масляного антисептика	750	7,2		Автоклави - 2 шт. Мірні циліндри - 2 шт. Маневрові циліндри - 2 шт. Насос вакуумний РМК-3 - 2 шт. Конденсатор парів - 1 шт. Труба витяжна атмосферна - 1 шт. Гідравлічна насосна станція -1 шт. Мотовоз ТУ-4 -1 шт. Мотовоз ТУ-4 - 1 шт. (в ремонті) Трансформатор - 1 шт. Ресивер- 1 шт.
22	Гараж	413,8	6; 3,6	Кранбалка 3 т.	
23	Підземне сховище антисептика	(1000 м ³)	-3		
24	Насосна	15	2,2		
25	Сховище водорозчинного антисептика	(240 м ³)	-3		Посудина 180 м ³ - 1 шт. Посудина 60 м ³ -1 шт. Насоси центр обіжні - 2 шт.
26	Автоклавні установки водорозчинного антисептика	510	6,2	Монорельс 1 т.	Автоклави - 2 шт. Маневровий циліндр -1 шт. Мірний циліндр -1 шт. Насоси центр обіжні - 1 шт. Вакуумні насоси РМК-3 - 2 шт. Конденсатор парів - 1 шт. Розчинний вузол -1 шт.
27	Площадка відстою	420	6,2		
28	Протипожежний	У=250 м ³			
29	Компресорна	143,6	4,8		Компресора - 2 шт. Ресивера-4 шт. Насос центр'обіжний -1 шт. Збуджувачі - 2 шт.
30	Сушка пиломатеріалів	240	3,4		Вентилятори - 2 шт. Тепло генератор -1 шт.

	Столярний цех №3 (спортзал)	240	7,2		Вентилятор витяжний - 1 шт. Бункер -1 шт. Пила стрічкова - 1 шт. Чотиристоронній стругальний верстат- 2 і Пила торцювальна -1 шт. Верстат рейсмус ний -1 шт. Верстати шипорізні - 2 шт. (2 шт. не компл Гідравлічні вайми - 2 шт. Верстат фугувальний - 2 шт. Верстат шліфувальний -1 шт. Верстат фрезерний -2 шт. (1 шт. не компл.) Верстат кругло пильний - 1 шт. Верстат свердильний - 1 шт. Верстат свердильно пазувальний - 1 шт.
32	ЛФК	648	6		
33	Підстанція	40	3		Трансформатори ТМ 630/10-2 шт. Установка АРКОН -1,198 кВАР -1 шт. Статконденсатори - 157,2 кВАР - 1 шт. Статконденсатори -100 кВАР - 1 шт. Секції комірок - 2 шт.
34	Водонапірна башта		16		
35	Протипожежний резервуар	У=300 м ³			
36	Склад №2	450	6		
37	Цех дрібноштучних бетонних виробів	1080	7		Бетономішалка-1 шт. Вібростіл -1 шт. Стіл -1 шт. Вентилятор -1 шт.
38	Столярний цех №2	1692	9	Кранбалка 3 т.- ішт.	Витяжний вентилятор - 1 шт. Бункер -1 шт. Верстат для загострювання кілків -1 шт. Котел Е 1/9 -1 шт.
	Столярний цех №1	648	4		Витяжний вентилятор - 1 шт. Бункер -1 шт. Верстат фрезерний - 4 шт. Верстат рейсмус ний - 1 шт. Верстат торцювальний - 1 шт. Шліфувальний верстат- 1 шт. Фугувальний верстат - 2 шт. Свердильно-пазувальний верстат-1 шт. Токарний верстат - 1 шт. Прес гідравлічний - 1 шт. Експаустерна установка -1 шт. Свердильний верстат-1 шт. Ручний електролобзик- 1 шт. Ручний електрофрезер -1 шт. Ручна електрошліфмашинка - 1 шт. Стусло -1 шт. Електродовбальники - 2 шт. Заточний верстат - 1 шт. Верстат заточний для ножів -1 шт. Верстат заточний для пил -1 шт. Верстат заточний автомат - 2 шт. (1 шт. не компл.]
40	Водяна свердловина №2		-100		Насос ЕЦВ 6-10-140 -1 шт.
41	Цех переробки пиломатеріалів	200	4		Верстат торцювальний - 1 шт. Верстат кругло пильний - 1 шт. Пилка електрична - 1 шт.

42	Лісопильний цех	720	4	Кран-балка 3 т.	Верстат торцювальний-1 шт. Підйомники - 4 шт. Вхідна колодосувка - 1 шт. Пилорами Р-63 - 4 шт. Транспортер стрічковий - 2 шт. Транспортер ланцюговий - 1 шт. Транспортер ланцюгово-стрічковий - 1 шт. Розособлювач колод- 1 шт. Бункер -1 шт.
43	Протирадіаційне сховище		-3		Фільтровентиляційна установка ФВУ - 1 шт.
44	Кран козловий КК 20-32			В./п. = 12,5 т.	
45	Кран козловий ККС - 10 -ЗК			В./п. = 10 т.	
46	Атмосферна сушка пиломатеріалів	330	4		
47	Цех окорювання лісоматеріалів	774	4,5		Вхідна колодосувка -1 шт. Окорювальний верстат 2ОК-63 -1 шт. Авдієвська лінія механічної обробки опор - 1 шт Вихідна колодосувка верстата - 1 шт. Вихідна колодосувка - 1 шт. Заточний верстат - 1 шт. Повздовжній стрічковий транспортер -1 шт. Поперечний стрічковий транспортер -1 шт. Ланцюговий транспортер - 1 шт. Бункер-2 шт.
48	Басейн		-1,5		Перехідний місток-1 шт
49	Залізничний тупик				
50	Склад ПММ	18	2,5		Бензоколонки - 3 шт.
51	Залізничний тупик				
52	Водяна свердловина №1		-100		
53	Водонапірна башта № 2		30		
54	Кран баштовий КБ-308А			В./п. = 6 т.	
55	Будівля їдальні (незавершене будівництво)		6		
56	Вузька залізнична колія 900 мм.				
57	Пункт зливу антисептика				Насос центр обіжний -1 шт. Насос шестеренчастий - 1 шт. Зливний пристрій - 1 шт. Підземна посудина для зливу - 1 шт. Тепло пункти - 2 шт.

58	Транспорт і механізми	Автосамоскиди КАМАЗ 55111 -2 шт. Асенізаційна машина ГАЗ 53-1 шт. Автомобіль бортовий ГАЗ 52-1 шт. Автокран КСМ 2561 - 1 шт. Автомобіль легковий ВАЗ 2107-1 шт. Тягач МАЗ 504-1 шт. Мікроавтобус ЛЕК 452-1 шт. Напівпричіп бортовий -1 шт. Автонавантажувач - 1 шт. Цементовоз -1 шт. Навантажувач ТО 25 - шт. Самоскид ММЗ 500 -1 шт. Навантажувач УМ 053 - 1 шт. Кран гусеничний стріловий ДЕК 251 - 1 шт.
----	-----------------------	--

1.2 Обґрунтування теми роботи

Вся електрична енергія, що виробляється на електростанціях або трансформаторних підстанціях і споживана різними електроприймачами, розділяється на активну і реактивну. Активна енергія забезпечує корисну роботу електроприймачів — електродвигунів, печей, освітлення, зварювальних машин і т.п. і перетворюється в них на механічну, теплову, світлову і інші види енергії; реактивна ж енергія жодної корисної роботи не виконує, а витрачається на створення магнітних потоків в асинхронних двигунах, трансформаторах, синхронних машинах і інших електричних пристроях, робота яких була пов'язана з намагнічуванням сталевих осердь. Реактивна енергія переходить від джерела (наприклад, генератора) до споживача, а потім назад до джерела. Наявність же реактивної енергії в електричній установці в значній мірі впливає на її роботу і економічні показники.

Збільшення реактивної потужності знижує $\cos\varphi$, а це у свою чергу приводить до недостатнього використання встановленої потужності генераторів або трансформаторів. Якщо, наприклад, на підстанції є трансформатор встановленою потужністю 1000 кВА, то при коефіцієнті потужності навантаження, рівному 0,5, він зможе, не перевантажуючись по струму більше допустимої норми, віддати активну потужність в 500 кВт; якщо ж яким-небудь шляхом підвищити при навантаженні коефіцієнт потужності до 0,85, то від нього можна отримати активну потужність 850 кВт, тобто в 1,7 раз більшу.

На величину реактивної потужності впливають напруга мережі і частота струму. Наприклад, з підвищенням напруги або зниженням частоти тільки на 1 % реактивна потужність у асинхронних двигунів або трансформаторів зростає на 2—3%. При збільшенні реактивної потужності з незмінною активною потужністю струм, що проходить по дротах, росте, що приводить до необхідності збільшити переріз дротів ліній електропередач і витрату металу на їх виготовлення.

На виробничих підприємствах основними споживачами реактивної енергії є асинхронні двигуни, на їх частку припадає приблизно 65—70% всієї реактивної енергії; трансформатори забирають 20—25% і близько 10% доводиться на повітряні електричні мережі та інші електроприймачі.

Велике значення мають питання раціонального витрачання електричної енергії. Нормування електроспоживання і облік електроенергії мають важливе значення в боротьбі за її раціональне використання.

Основним видом навантаження є активно-індуктивне, для компенсації впливу індуктивного навантаження використовують конденсаторні батареї.

Питому витрату електроенергії на виробництво одиниці продукції визначають виходячи з рівня техніки і організації технологічного процесу на підприємстві. При визначенні питомої норми витрати електроенергії необхідно витримувати принцип розчленовування її по процесах виробництва. При цьому слід враховувати, що витрата електроенергії складається з витрат її на технологічний процес основного виробництва, в допоміжних цехах, на позацеховий транспорт, а також з втрат електроенергії в мережах і трансформаторах.

Аналіз питомих витрат електроенергії дає можливість визначити, на яких ділянках виробництва і як витрачається електроенергія, що дозволяє оцінювати роботу цеху, ділянки з погляду раціонального використання електроенергії. На основі питомої витрати легко визначити потребу виробництва в електроенергії і здійснити контроль за використанням її у всіх ланках виробництва.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАВОДУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

У відповідності до розміщення виробничих приміщень по території підприємства компонуємо схему електричної мережі. Для кожного вузла вказано його характеристику, де вказано кількість під'єднаних об'єктів. Розрахункові навантаження вузлів занесені до таблиці 2.1.

Схема та розрахункові навантаження вузлів електричної мережі 0,38 кВ приведена на рисунку 2.1.

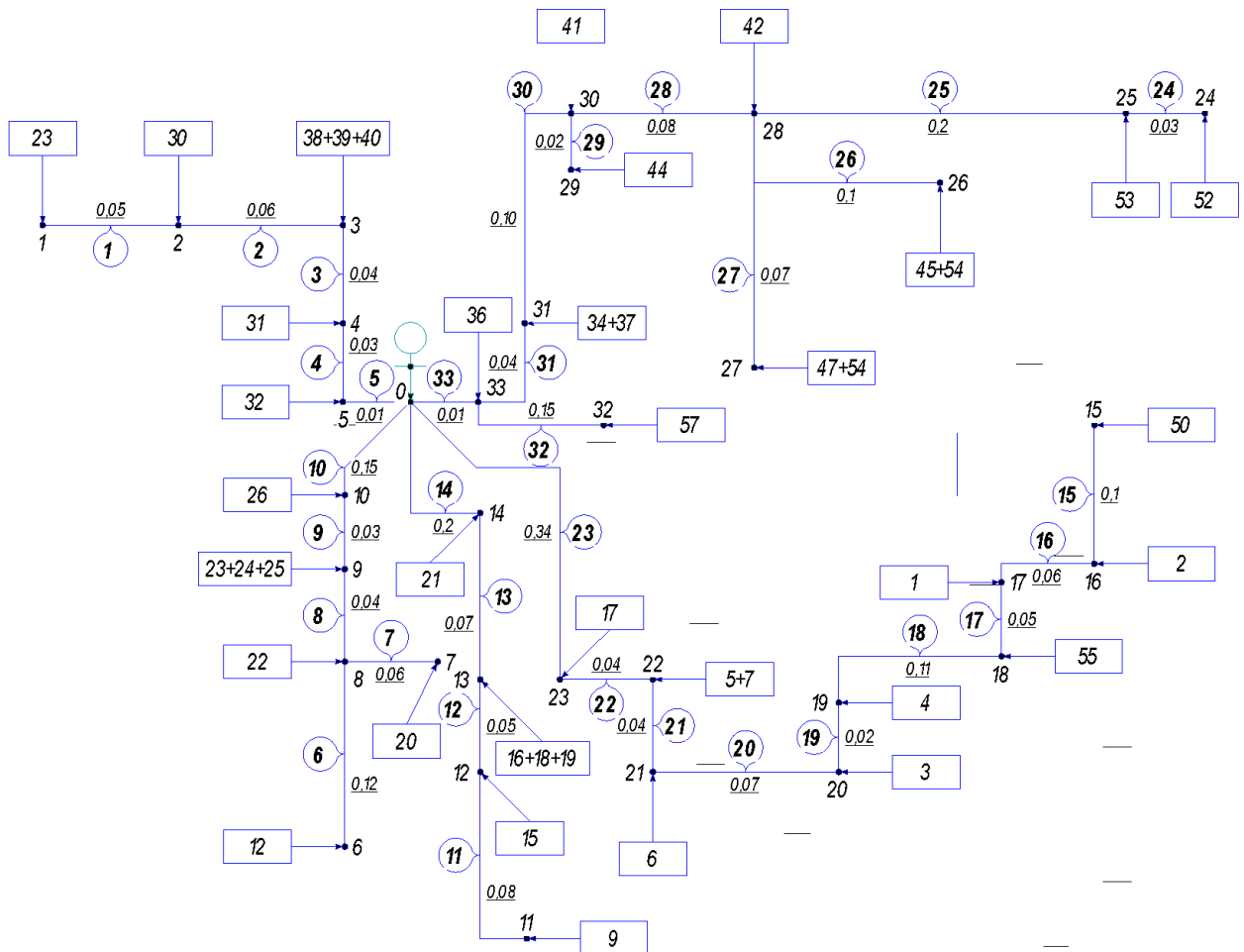


Рисунок 2.1 – Схема розташування вузлів електричного навантаження заводу

Закрита трансформаторна підстанція ЗТП 10/0,4 кВ розташована на території заводу. Для забезпечення безперебійності електропостачання

господарства передбачено встановлення двох силових трансформаторів, один з яких робочий, інший резервний. Від шин 0,4 кВ підстанції живиться 5 ліній виконаних кабелем АВВГ різного січення.

2.1 Визначення розрахункових навантажень

Для визначення розрахункових навантажень, користуючись усталеними значеннями потужностей наведених об'єктів. Усталені значення потужності виробничих об'єктів отримали користуючись технологічними картами виробничого процесу, а саме визначили яке обладнання і якої потужності встановлене в кожному з наведених виробничих приміщень. Окрім того було враховано їх завантаженість та послідовність ввімкнення.

Таблиця 2.1 – Усталені значення потужності

№ вузла	$P_{уст}$	№ вузла	$P_{уст}$	№ вузла	$P_{уст}$	№ вузла	$P_{уст}$
1	5	10	17	19	34	28	53,5
2	14	11	3	20	22	29	12,5
3	47	12	21	21	2	30	14
4	38	13	20,5	22	18	31	23
5	17	14	8	23	5	32	5
6	4	15	2	24	4	33	4
7	6	16	3	25	4		
8	12	17	5	26	7,5		
9	13	18	4	27	28		

Для визначення розрахункових навантажень ліній попередньо складемо таблицю під'єднання навантажень до різних ліній мережі. Порядкові номери ліній вказано у кружечках на схемі рисунок 2.1. Ця

таблиця дозволяє визначити розрахункові навантаження кожної з ліній електричної мережі 0,38 кВ.

Таблиця 2.2 – Розрахункові навантаження ліній

№ лінії	P _{роз}	№ лінії	P _{роз}	№ лінії	P _{роз}	№ лінії	P _{роз}
1	5	10	52	19	48	28	61,5
2	19	11	3	20	70	29	12,5
3	66	12	24	21	72	30	88
4	104	13	44,5	22	90	31	111
5	121	14	52,5	23	95	32	5
6	4	15	2	24	4	33	120
7	6	16	5	25	8		
8	22	17	10	26	7,5		
9	35	18	14	27	38		

Повні розрахункові навантаження мережі 0,38 кВ визначимо за значеннями відповідних величин коефіцієнтів потужності навантажень мережі. Ці навантаження показані у наступній таблиці.

Таблиця 2.3 – Розрахункові повні навантаження мережі 0,38 кВ.

№ лінії	S, кВА	№ лінії	S, кВА	№ лінії	S, кВА	№ лінії	S, кВА
1	5,5	10	57,8	19	53	28	68,3
2	21	11	3,3	20	77,8	29	13,9
3	73	12	26,7	21	80	30	97,8
4	115,6	13	49,4	22	100	31	123
5	135	14	58,4	23	105,8	32	5,5
6	4,5	15	2,2	24	4,5	33	133
7	6,7	16	5,5	25	8,9		
8	24,4	17	11,1	26	8,3		
9	38,9	18	15,6	27	42,2		

Розрахункові реактивні навантаження ліній мережі 0,38 кВ:

$$Q_i = P_i \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.1)$$

Таблиця 2.4 – Розрахункові реактивні навантаження мережі 0,38 кВАр

№ лінії	Q, кВАр	№ лінії	Q, кВАр	№ лінії	Q, кВАр	№ лінії	Q, кВАр
1	2,4	10	25,2	19	23,2	28	29,8
2	9,2	11	1,5	20	33,9	29	6
3	31,9	12	11,6	21	34,8	30	42,6
4	50,4	13	21,5	22	43,5	31	53,8
5	58,6	14	25,4	23	46	32	2,5
6	1,9	15	1,0	24	1,9	33	58,1
7	2,9	16	2,5	25	3,8		
8	10,7	17	4,8	26	3,6		
9	16,9	18	6,8	27	18,4		

Струмові розрахункові навантаження визначаються за виразом:

$$I_i = \frac{S_i}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (2.2)$$

Таблиця 2.5 – Розрахункові струмові навантаження мережі 0,38 кВ

№ лінії	I, А	№ лінії	I, А	№ лінії	I, А	№ лінії	I, А
1	7,9	10	83,4	19	76,4	28	98,6
2	30,3	11	4,8	20	112,3	29	20
3	105	12	38,5	21	115,5	30	141,2
4	167	13	71,3	22	144	31	177,5
5	194,8	14	84,1	23	152,4	32	7,9
6	6,5	15	3,2	24	6,5	33	192
7	9,7	16	7,9	25	12,8		
8	35,2	17	16	26	11,9		
9	56,1	18	22,5	27	60,9		

2.2 Вибір трансформаторів підстанції 10/0,4 кВ

Розрахунковою величиною для вибору потужності трансформаторів трансформаторної підстанції є величина сумарного навантаження мережі 0,38 кВ:

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_6 + P_{11} + P_{15} + P_{27} = 121 + 52 + 52,5 + 95 + 120 = 440,5 \text{ кВт.}$$

Визначимо сумарну повну потужність мережі. Скориставшись розрахунковим коефіцієнтом потужності, що становить $\cos\varphi=0,9$ знайдемо:

$$S_{\Sigma} = \frac{P_{\Sigma}}{\cos\varphi}, \quad (2.3)$$

$$S_{\Sigma} = \frac{440,5}{0,9} = 490 \text{ кВА.}$$

Враховавши допустиме тривале допустиме перевантаження трансформатора визначимо розрахункове значення потужності:

$$S_{розр} = S_T = \frac{S_{\Sigma}}{1,1}, \quad (2.4)$$

$$S_{розр} = S_T = \frac{490}{1,1} = 445 \text{ кВА.}$$

Враховуючи те, що до шин підстанції під'єднані лише споживачі II і III категорій, зовнішнє живлення можна здійснювати по одній повітряній лінії 10 кВ, а на трансформаторній підстанції встановлювати один трансформатор 10/0,4 кВ. Принципова схема мережі зображена на рисунку 2.2. З додаткової літератури приймаємо два трансформатор типу ТМ-400-10/0,4 кВ.

Таблиця 2.6 – Паспортні дані трансформатора ТМ-400-10/0,4 кВ.

$S_{НОМ}$	$U_{В НОМ}$	$U_{Н НОМ}$	Схема та група з'єднань	$\Delta P_{НХ}$	$\Delta P_{КЗ}$	$U_{КЗ}$	$I_{НХ}$
кВА	кВ	кВ		кВт	кВт	%	%
400	10	0,4	Y/Y _н -0	1,5	8,0	5,5	2,5

Параметри трансформатора, зведені до вищої напруги трансформатора:

- повний опір – $z_T = \frac{U_{КЗ}}{100} \cdot \frac{U_{НОМ}^2}{S_{НОМ} \cdot 10^{-3}} = 9,0 \text{ Ом;}$

- активний опір – $r_T = P_{кз} \cdot \frac{U_{Вном}^2}{S_{ном}^2 \cdot 10^{-3}} = 2,0 \text{ Ом};$
- реактивний опір – $x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2} = 8,8 \text{ Ом}.$

Для живлення проекрованої мережі 0,38 кВ приймаю закрити трансформаторну підстанцію ЗТП-2*400-10/0.4 кВ. Підстанцію виконано у вигляді блока з наступними основними вузлами: розподільний пристрій 10 кВ, розподільний пристрій 0,38 кВ, два силовий трансформатор потужністю 400 кВА.

2.3 Визначення відхилень напруги на шинах споживачів

Згідно з викладеними зауваженнями таблицю оцінки відхилень напруги у вузлах проекрованої електричної мережі складаємо у вигляді табл. 2.7 (стовпці позначено як оцінка).

Після вибору параметрів трансформаторів та ліній електричних мереж 10 та 0,38 кВ заповнимо стовпці цієї таблиці, які позначено як розрах., і робимо кінцевий висновок про правильність вибору відгалужень трансформаторів та перерізів проводів ліній електропередач 10 та 0,38 кВ.

Таблиця 2.7 - Відхилення напруги в елементах електричної мережі

Елемент електропередачі	Відхилення напруги, %							
	На шинах 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ				У найбільш віддаленому вузлі			
	Навант. 100%		Навант. 25%		Навант. 100%		Навант. 25%	
	оцінка	розрах	оцінка	розрах	оцінка	розрах	оцінка	розрах
Шини 10 кВ ТП 10/0,4 кВ	+5	+5	0	0	+5	+5	0	0
Втрата в ЛЕП 10 кВ	-4	-0,5	-1	0	-4	-0,5	-1	0
Трансформатор 10/0,4 кВ:								
втрати	-4	-2,5	-1,0	-0,5	-4	-2,5	-1	-0,5
добавка	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5
Мережа 0,38 кВ	0	0	0	0	-5	-5,0	-1,2	-1,2
Споживач	0,5	+4,5	+0,5	+2,0	-5,5	-0,5	-0,7	+0,8

Примітка: Найбільш електрично віддаленим вузлом є вузол 15.

2.4 Вибір перерізів проводів і розрахунок мереж

Розрахунок мережі 10 кВ.

Розрахуємо активну складову втрати напруги у магістралі високовольтної мережі:

$$\Delta U_p = \frac{x_o}{U_{ном}} Q \cdot l, \quad (2.5)$$

$$\Delta U_p = \frac{0,35}{10000} 213,3 \cdot 1500 = 10 \text{ В.}$$

Допустиме значення активної складової напруги буде:

$$\Delta U_{a\partial} = \Delta U_{\partial} - \Delta U_p, \quad (2.6)$$

$$\Delta U_{a\partial} = 400 - 10 = 390 \text{ В.}$$

Розрахункове значення перерізу проводу магістралі 10 кВ становитиме:

$$F_{розр} = \frac{P \cdot l}{U_{ном} \cdot \Delta U_a \cdot g}, \quad (2.7)$$

де: $g = 32 \cdot 10^{-6}$ См/м – питома провідність алюмінію.

$$F_{розр} = \frac{440,5 \cdot 1500}{10000 \cdot 390 \cdot 32 \cdot 10^{-6}} = 5,0 \text{ мм}^2$$

Згідно з вимогами ПУЕ мінімальний за механічною міцністю переріз сталевалюмінієвого проводу марки АС для лінії 10 кВ повинен складати 25 мм². Отже приймемо для лінії 10 кВ проводу марки АС-25 з параметрами наведеними у табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Параметри проводів електричної мережі 10 кВ

Лінія мережі 10 кВ	Марка проводу	r_o , Ом/км	x_o , Ом/км	Допустимий струм, А
ТП 35 кВ - ТП 10 кВ	АС-25	1,146	0,377	136

$$\Delta U = \sqrt{3} \left(r_o \cdot \cos \varphi + x_o \cdot \sin \varphi \right) \sum_{i=1}^n I_i \cdot l_i, \quad (2.8)$$

де: n – кількість ділянок магістралі; I_i, l_i – струм та довжина i -ї ділянки магістралі; r_o, x_o – питомий активний і реактивний опори лінії електропередачі; $\Delta U_a, \Delta U_p$ – активна та реактивна складові втрати напруги.

$$\Delta U = \sqrt{3}(1,146 \cdot 0,9 + 0,377 \cdot 0,43) \frac{706,7}{25} \cdot 1,5 = 45 \text{ В (0,5 \%)}$$

Втрата напруги в обмотках трансформатора 10/0,4 кВ під час режиму максимального навантаження складає:

$$\Delta U = \frac{I_H}{k_{mp}} \cdot Z_m = \frac{706,7}{25} \cdot 9,0 = 252 \text{ В (2,5\%)}$$

Розрахунок мережі 0,38 кВ.

Розрахуємо реактивну складову втрати напруги у магістралі 0-1 за формулою:

$$\Delta U_p = \frac{x_o}{U_{ном}} (Q_1 \cdot l_1 + Q_2 \cdot l_2 + Q_3 \cdot l_3 + Q_4 \cdot l_4 + Q_5 \cdot l_5), \quad (2.9)$$

$$\Delta U_p = \frac{0,35}{0,38} (2,4 \cdot 0,05 + 9,2 \cdot 0,06 + 31,9 \cdot 0,04 + 50,4 \cdot 0,03 + 58,6 \cdot 0,01) = 4,0 \text{ В.}$$

Допустиме значення активної складової напруги отримаємо з виразу:

$$\Delta U_{ад0-1} = \Delta U_{\partial} - \Delta U_p = 19 - 4,0 = 15,0 \text{ В.}$$

Тоді розрахункове значення перерізу проводів магістралі 0-1 визначається за формулою:

$$F_{0-1розр} = \frac{P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 + P_3 \cdot l_3 + P_4 \cdot l_4 + P_5 \cdot l_5}{U_{ном} \cdot \Delta U_{ад0-1} \cdot g}, \quad (2.10)$$

$$F_{0-1розр} = \frac{5 \cdot 0,05 + 19 \cdot 0,06 + 66 \cdot 0,04 + 104 \cdot 0,03 + 121 \cdot 0,01}{0,4 \cdot 15,0 \cdot 32 \cdot 10^6} = 44 \text{ мм}^2$$

$$\Delta U = \sqrt{3}(0,64 \cdot 0,9 + 0,297 \cdot 0,43) \cdot (7,9 \cdot 0,05 + 30,3 \cdot 0,06 + 105 \cdot 0,04 + 167 \cdot 0,03 + 194,8 \cdot 0,01) = 9,4 \text{ В}$$

Аналогічно розраховуємо магістралі.

Результати розрахунків наведені у табл.2.9.

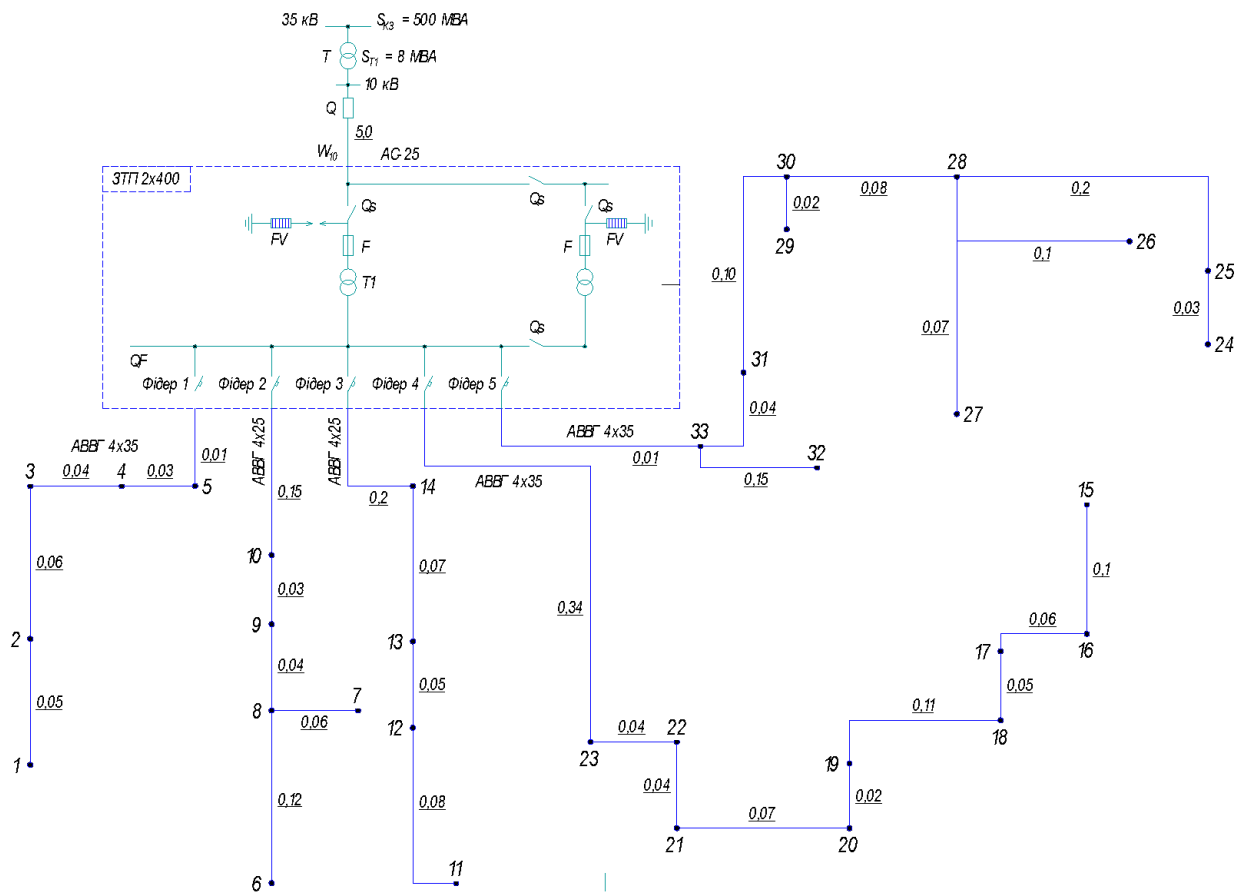


Рисунок 2.3 – Схема проектуваної мережі електроаопстачання заводу

Таблиця 2.9 – Втрати напруги в магістралях і визначення їх поперечних перерізів проводів.

Магістраль	U_p , В	$U_{ад}$, В	Фрозр. , мм ²
0-1	4,0	15,0	44
0-6	4,5	14,5	49,8
0-11	6,7	12,3	48
0-15	7,2	11,8	70
0-27	9,0	10,0	70

Таблиця 2.10 – Параметри проводів електричних мереж ліній 0,38 кВ.

Лінія мережі 0,38 кВ	Марка проводу	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	Допустимий струм, А
1,2,3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13,14	АБВГ 4×50	0,64	0,297	295
15,16,17,18,19, 20,21,22,23,24, 25,26,27,28,29, 30,31,32,33	АБВГ 4×70	0,46	0,283	295

Виходячи з номенклатури стандартних марок проводів приймемо відповідні номінальні перерізи проводів електричної мережі 0,38 кВ. Результати вибору занесені до таблиці 2.10.

За параметрами вибраних проводів визначимо дійсні втрати напруги в лініях електричної мережі напругою 0,38 кВ за формулою (2.10). Результати розрахунків занесені до табл.2.11.

Таблиця 2.11 – Дійсні спади напруг у магістралях.

Магістраль	0-1	0-6	0-11	0-15	0-27
ΔU , В	9,4	11,5	16,8	19	18,6

2.5 Витрати електроенергії в електричній мережі

Втрати електроенергії в проектуваній електромережі складаються з втрат у мережі 10кВ, втрат у мережі 0,38 і втрат у трансформаторі 10/0,4 кВ.

Втрати електроенергії в електричній мережі 10 кВ:

$$\Delta W_{10} = \sum_{i=1}^n 3 \cdot I_{\max}^2 \cdot r_i \cdot \tau, \text{кВт} \cdot \text{год} \quad (2.11)$$

де:

$$I_{л.10\max} = \frac{S_{\sum вч}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{490}{\sqrt{3} \cdot 10} = 28 \text{ А.}$$

$\tau = 1200$ год. для часу використання максимуму 2500 год.

Тоді втрати електричної енергії в мережі 10 кВ становлять:

$$\Delta W_{10} = 3 \cdot 28,0^2 \cdot 1,5 \cdot 1,146 \cdot 1500 \cdot 10^{-3} = 5998 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Втрата електричної енергії в мережі 0,38 кВ становить:

$$\Delta W_{0,38} = \sum_{i=1}^{11} 3 \cdot I_{\max}^2 \cdot r_i \cdot \tau = 12056 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Втрати електроенергії у трансформаторі 10/0,4 кВ складаються з постійних втрат (не залежать від потужності навантаження):

$$\Delta W_c = \Delta P_{нх} \cdot 8760 = 1,5 \cdot 8760 = 13140 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

та зі змінних втрат (залежать від потужності навантаження):

$$\Delta W_o = \Delta P_{кз} \left(\frac{S_{\Sigma вч}}{S_{т.НОМ}} \right)^2 \cdot \tau = 8,0 \cdot \left(\frac{490}{630} \right)^2 \cdot 1500 = 7259 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Втрати електроенергії у проектованій електричній мережі:

- постійні – $\Delta W_{пост} = \Delta W_c = 13140 \text{ кВт}\cdot\text{год}$;
- змінні – $\Delta W_{зм} = \Delta W_{10} + \Delta W_{0,38} + \Delta W_o = 25313 \text{ кВт}\cdot\text{год}$;
- сумарні – $\Delta W = \Delta W_{пост} + \Delta W_{зм} = 38453 \text{ кВт}\cdot\text{год}$.

2.6 Розрахунок аварійних режимів

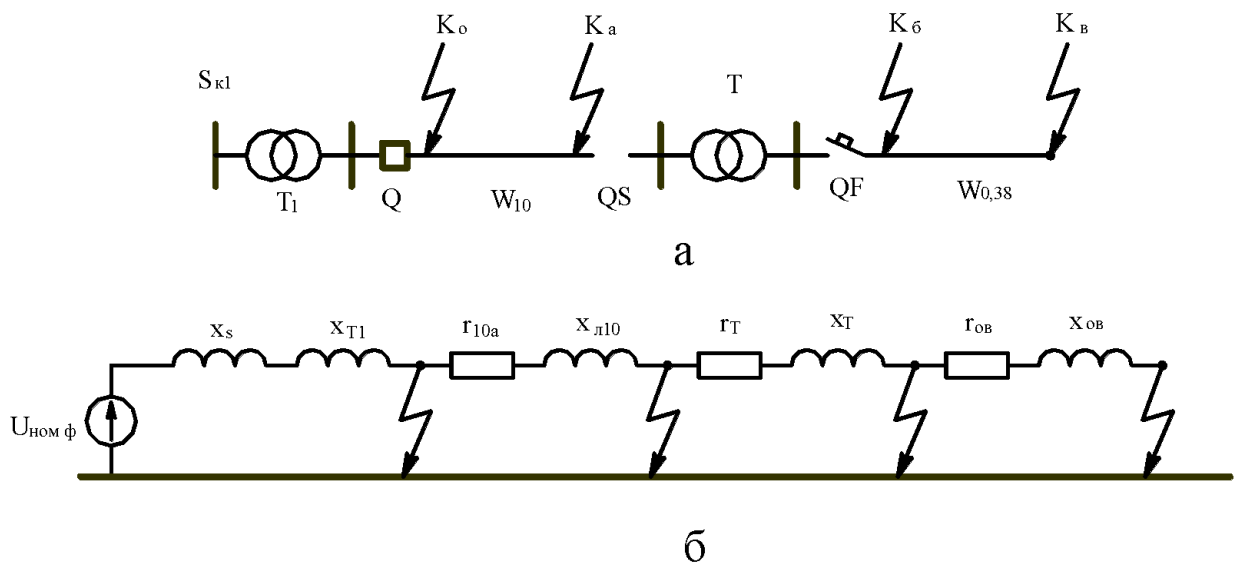


Рисунок 2.3 – Принципова (а) та заступна (б) схеми для розрахунку струмів короткого замикання.

Трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ живиться від районної трансформаторної підстанції, яка має такі параметри: $S_{кз} = 550 \text{ МВА}$, $P = 12000 \text{ кВт}$, $U_{ВН} = 35 \text{ кВ}$.

Для визначення струмів коротких замикань на стороні 10 кВ під час коротких замикань у точках K_a і $K_б$ опори подамо зведеними до напруги 10кВ:

- еквівалентний опір системи 35 кВ:

$$x_s = \frac{U_{НОМ}^2}{S_{кз}} = \frac{10^2}{550} = 0,2 \text{ Ом}$$

- реактивний опір трансформатора 35/10 кВ:

$$x_{m1} = \frac{U_{кз} \cdot U_{НОМ}^2}{100 \cdot S_{m1}} = \frac{4,5 \cdot 10^2}{100 \cdot 12,0} = 0,83 \text{ Ом}$$

- опори лінії 10 кВ:

$$x_{л10} = 0,6 \text{ Ом}$$

$$r_{л10} = 1,7 \text{ Ом}$$

- опори трансформатора 10/0,4 кВ:

$$x_m = 8,8 \text{ Ом}$$

$$r_m = 2,0 \text{ Ом}$$

Сумарний опір і струми для трифазного і двофазного к.з. на початку лінії 10 кВ (точка К₀):

$$Z_{\Sigma o} = x_s + x_{m1} = 0,2 + 0,83 = 1,03 \text{ Ом}$$

$$I_{ко}^{(3)} = \frac{1000 \cdot U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma o}} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 1,03} = 5587 \text{ А}$$

$$I_{ко}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{ко}^{(3)} = 0,87 \cdot 5587 = 4861 \text{ А}$$

Сумарний опір і струми з боку обмотки вищої напруги трансформатора 10/0,4 кВ при трифазному і двофазному к.з. у точці К_а:

$$Z_{\Sigma a} = \sqrt{(x_s + x_{m1} + x_{л10})^2 + r_{л10}^2} = 2,4 \text{ Ом}$$

$$I_{ка}^{(3)} = \frac{1000 \cdot U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma a}} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 2,4} = 2405 \text{ А}$$

$$I_{ка}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{ка}^{(3)} = 0,87 \cdot 2405 = 2092 \text{ А}$$

відповідно у точці К_б:

$$Z_{\Sigma б} = \sqrt{(x_s + x_{m1} + x_{л10} + x_m)^2 + (r_{л10} + r_m)^2} = 11,0 \text{ Ом}$$

$$I_{кб}^{(3)} = \frac{1000 \cdot U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma б}} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 11,0} = 524 \text{ А}$$

$$I_{кб}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{кб}^{(3)} = 0,87 \cdot 524 = 456 \text{ A}$$

Відповідно струми з боку виводів 0,4 кВ трансформатора 10/0,4 кВ під час к.з. у точці б визначиться:

$$I_{кбн}^{(3)} = \frac{U_{B.ном}}{U_{H.ном}} \cdot I_{кб}^{(3)} = \frac{10}{0,4} \cdot 524 = 13100 \text{ A}$$

$$I_{кбн}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{кбн}^{(3)} = 0,87 \cdot 13100 = 11397 \text{ A}$$

Визначимо струми к.з. у найбільш електрично віддалених вузлах (вузли 1, 6, 11, 15, 27), для яких отримуємо сумарні опори к.з. за виразом:

$$Z_{\Sigma \epsilon} = Z_{\Sigma \delta} \cdot \left(\frac{U_{H.ном}}{U_{B.ном}} \right)^2 + Z_{об}, \text{ Ом} \quad (2.12)$$

$$Z_{0-1} = \sqrt{(r_{л.0,38})^2 + (x_{л.0,38})^2} = 0,13 \text{ Ом}$$

$$Z_{0-6} = 0,24 \text{ Ом}; \quad Z_{0-11} = 0,28 \text{ Ом};$$

$$Z_{0-15} = 0,45 \text{ Ом}; \quad Z_{0-27} = 0,16 \text{ Ом};$$

$$Z_{\Sigma 1} = 11 \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 + 0,13 = 0,15 \text{ Ом}$$

$$Z_{\Sigma 6} = 0,26 \text{ Ом} \quad Z_{\Sigma 11} = 0,3 \text{ Ом}$$

$$Z_{\Sigma 15} = 0,47 \text{ Ом} \quad Z_{\Sigma 27} = 0,18 \text{ Ом}$$

Тоді струми к.з. у цих вузлах будуть рівними:

$$I_{к1н}^{(3)} = \frac{1000 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 1}} = \frac{1000 \cdot 0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,13} = 1463 \text{ A}$$

$$I_{к1н}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{к1н}^{(3)} = 0,87 \cdot 1463 = 1272 \text{ A}$$

$$I_{к6н}^{(3)} = 844 \text{ A} \quad I_{к6н}^{(2)} = 734 \text{ A}$$

$$I_{к11н}^{(3)} = 731 \text{ A} \quad I_{к11н}^{(2)} = 636 \text{ A}$$

$$I_{к15н}^{(3)} = 467 \text{ A} \quad I_{к15н}^{(2)} = 406 \text{ A}$$

$$I_{к27н}^{(3)} = 1218 \text{ A} \quad I_{к27н}^{(2)} = 1060 \text{ A}$$

Визначимо струми однофазних к.з.:

$$I_{К6н}^{(1)} = \frac{U}{\sqrt{3} \left(\frac{Z_{То}}{3} + Z_{ИБ} \right)}, \text{ A} \quad (2.13)$$

де:

$Z_{T_0}=1,63$ Ом – опір нульової послідовності трансформатора при замиканні фази на корпус;

$Z_{ПВ}$ – опір петлі “фаза-нуль” для відповідного вузла к.з. (1, 4, 5, 6, 7):

$$Z_{ПВ} = \frac{Z_{0_6}}{3}(2 + 3,5), \quad (2.14)$$

$$Z_{П1} = \frac{0,13}{3}(2 + 3,5) = 0,24 \text{ Ом} \quad Z_{П6} = \frac{0,24}{3}(2 + 3,5) = 0,44 \text{ Ом}$$

$$Z_{П11} = \frac{0,28}{3}(2 + 3,5) = 0,51 \text{ Ом} \quad Z_{П15} = \frac{0,45}{3}(2 + 3,5) = 0,83 \text{ Ом}$$

$$Z_{П27} = \frac{0,16}{3}(2 + 3,5) = 0,29 \text{ Ом}$$

Тоді отримаємо наступні значення струмів однофазних замикань на землю:

$$I^{(1)}_{K1n} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \left(\frac{1,63}{3} + 0,24 \right)} = 914 \text{ А} \quad I^{(1)}_{K6n} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \left(\frac{1,63}{3} + 0,44 \right)} = 498 \text{ А}$$

$$I^{(1)}_{K11n} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \left(\frac{1,63}{3} + 0,51 \right)} = 430 \text{ А} \quad I^{(1)}_{K15n} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \left(\frac{1,63}{3} + 0,83 \right)} = 264 \text{ А}$$

$$I^{(1)}_{K27n} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \left(\frac{1,63}{3} + 0,29 \right)} = 757 \text{ А}$$

РОЗДІЛ 3

КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ

3.1 Комплектні конденсаторні установки

Індивідуальна (не є регульованою) - компенсаційна установка (КУ) розташовуються безпосередньо у електроприймачів і комутуються одночасно з ними. При індивідуальній компенсації від реактивного навантаження розвантажуються не тільки мережі вищої напруги, а й цехові розподільчі мережі. Вона є найкращою при компенсації окремих електроспоживачів, що працюють у тривалому режимі. Недоліки даного виду КРП - залежність часу підключення КУ від часу підключення електроприймачів і необхідність узгодження ємності КУ з індуктивністю електроприймача, реактивне навантаження якого компенсує КБ, для запобігання виникнення резонансних явищ або застосування спеціальних схем підключення (перемикання з "зірки" на "трикутник", яке передбачає паралельне підключення до обмоток двигуна трьох однофазних конденсаторів).

Групова (також не є регульованою). Застосовується при КРП кількох індуктивних навантажень, що приєднані. КУ встановлюються в цехах і приєднуються до розподільних пунктів чи шин 0,38 кВт. Від реактивної потужності розвантажуються трансформатори на підстанції та мережі 0,38 кВ, що живлять. Недоліки - окрема комутація КУ і неповне розвантаження розподільних мереж підприємства від реактивної потужності (не розвантаженими залишаються розподільчі мережі до окремих споживачів).

Централізована (як правило, є регульованою). Застосовується в системах з великою кількістю споживачів, що мають великий розкид коефіцієнту

потужності протягом доби, тобто для змінного навантаження. Централізована компенсація може здійснюватись на боці вищої напруги, коли КУ приєднується до шин 6-10 кВ головної знижувальної підстанції (ГЗП) або на боці нижчої напруги. Перший варіант забезпечує гарне використання конденсаторів: їх треба менше та вартість одного квар нижче, ніж при інших варіантах. Проте при компенсації за цією схемою від реактивної потужності розвантажуються тільки розташовані вище ланки розподільної мережі. Розподільні мережі 6 – 10 та 0,38 кВ при цьому не розвантажуються, отже втрати енергії в них не зменшуються, і потужності трансформаторів 6 – 10/0,38 кВ не можуть бути зменшені.

При централізованій компенсації на боці нижчої напруги, коли КУ приєднується до шин 0,38 кВ трансформаторної підстанції 6 – 10/0,38, від реактивної потужності розвантажуються не тільки мережі 6 – 10 кВ, що живлять, а й трансформатори на підстанції. Не розвантаженими лишаються лише внутрішньоцехові розподільні мережі напругою 0,38 кВ. Регулювання потужності КУ може здійснюватись в функції реактивного струму навантаження, але для цього КУ повинна бути обладнана спеціальним автоматичним регулятором, а її повна компенсаційна потужність розділена на ступені, що окремо комутуються. Такі комплектні КУ називаються автоматизованими. Даний тип КУ виконує КРП відповідно до фактичного споживання реактивної потужності.

Термін окупності конденсаторних установок складає від 0,5 до 1 року, залежно від устаткування і режимів роботи споживача. Цікаво, що на багатьох підприємствах, встановлені подібні установки, але вони не є автоматичними, що значно знижує, а то й зводить нанівець їх ефективність.

Монтаж комплектних конденсаторних установок ККУ дозволяє знизити генерацію реактивної енергії з 40% до 3%, перетворюючи її в активну енергію, що витрачається на роботу електроапаратів, і таким чином знизити споживання електроенергії в цілому (рис. 3.1).

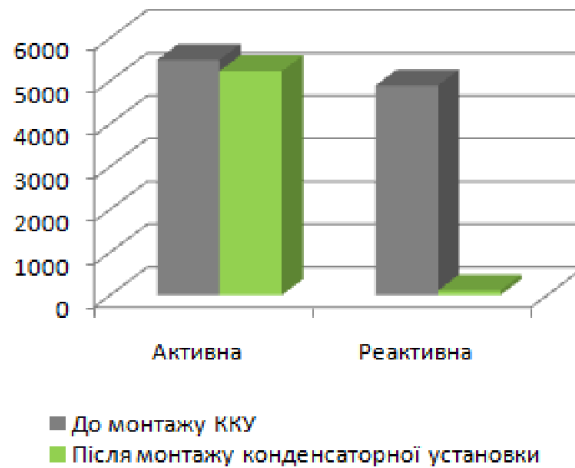


Рисунок 3.1 – Діаграма споживання енергії до і після монтажу ККУ – 0,4

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики ККУ-0.4

Найменування параметра	Значення
Номінальна напруга, кВ	0.38
Частота, Гц	50
Потужність установки, кВАр	12.5 1000
Потужність мінімальної ступіні, кВАр	2.5 40
Кількість ступіней регулювання	3 11
Максимальний перетин кабелю, що підключається	3x16 3x150 чи шина

Установки виготовляються навісного (до 60 кВАр) виконання та для кріплення до підлоги. Оболонка установки забезпечує захист внутрішніх компонентів від впливу зовнішніх факторів і виготовляється з листового металу. Полімерне покриття забезпечує довговічність і високий естетичний рівень. За замовленням установка може бути виготовлена зі ступенем захисту IP54. В оболонках установок зі ступенем захисту IP54 двері ущільнене гумовим шнуром. Оболонка забезпечує введення живильних кабелів (шин) знизу через люк. В установках потужністю понад 150 кВАр можливе підведення напруги шинами збоку. У бічних стінках оболонки передбачені

вентиляційні отвори. Двері оболонки заціпається замком. Ригельна система забезпечує трьохточкове запирання дверей. Між дверима, корпусом і рамою виконане захисне заземлення. Установка має модульну конструкцію. На монтажній рамі установлені ввідно-розподільчий модуль і модулі конденсаторів. Це забезпечує високу ремонтну придатність і низький час відновлення. На двері установки розміщені сигнальні лампи наявності напруги керування й аварії живлення, амперметр, регулятор потужності і вимикач головного ланцюга (для установок потужністю до 60 кВАр). Оперативні написи до апаратів на двері шухляди (кнопкам, ключам, сигнальним лампам) виконуються на табличках. Текст напису — згідно функціонального призначення апаратів ручного керування.

3.2 Розрахунок потужності компенсуючої установки

Для розрахунок нам необхідно визначити значення до $\operatorname{tg}\varphi_1$ і після встановлення пристрою компенсації $\operatorname{tg}\varphi_2$.

Після компенсації значення коефіцієнта потужності має бути $\cos\varphi_2 \geq 0,92$.

Отже

$$\operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{\sin \varphi_2}{\cos \varphi_2} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_2}}{\cos \varphi_2}.$$

$$\operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{\sqrt{1 - 0,92^2}}{0,92} = 0,426.$$

Значення коефіцієнта потужності до компенсації орієнтовно становить $\cos\varphi = 0,8$. Отже

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{\sin \varphi_1}{\cos \varphi_1} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_1}}{\cos \varphi_1}.$$

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{\sqrt{1 - 0,8^2}}{0,8} = 0,75.$$

Визначаємо реактивну потужність конденсаторних батарей

$$Q_{\text{кв}} = P \cdot (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2).$$

$$Q_{ky}=440,5 \cdot (0,75-0,426)=143 \text{ кВАр.}$$

З проведених розрахунків видно, що мінімально необхідна реактивна потужність становить 143 кВАр.

Визначимо яку потужність необхідно, щоб забезпечити максимальне значення коефіцієнта потужності $\cos\varphi_1=1$.

$$\operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{\sin \varphi_2}{\cos \varphi_2} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_2}}{\cos \varphi_2}.$$

$$\operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{\sqrt{1-1^2}}{1} = 0.$$

Визначимо реактивну потужність конденсаторних батарей

$$Q_{ky}=440,5 \cdot (0,75-0)=330 \text{ кВАр.}$$

Вибираємо автоматичну установку для компенсації реактивної потужності навантаження потужністю 150 кВАр.

3.3 Схема керування реактивною потужністю

Керування між перемиканнями конденсаторними батареями будемо здійснювати мікропроцесорним блоком регулятором MRM-12 концерну «Шнайдер Електрик». Для пристрою компенсації вибираємо конденсатори типу Modulo 10 416.07, 415В 50Гц, номінальною потужності 50 кВАр, 3 штуки, а також, контактори для перемикання конденсаторів фірми Telemecanique типу LC1-DK з додатковими контактами із витримкою часу на розмикання та послідовно увімкненими з ними резисторами.

Запропонована схема керування здійснює дискретне регулювання потужності конденсаторних батарей від 50 до 150 кВАр. Таким чином система керування забезпечує три дискретних значень потужності конденсаторних батарей. Потужність батарей є трошки більшою мінімального розрахованого значення. Коефіцієнт потужності має бути більше ніж 0,9.

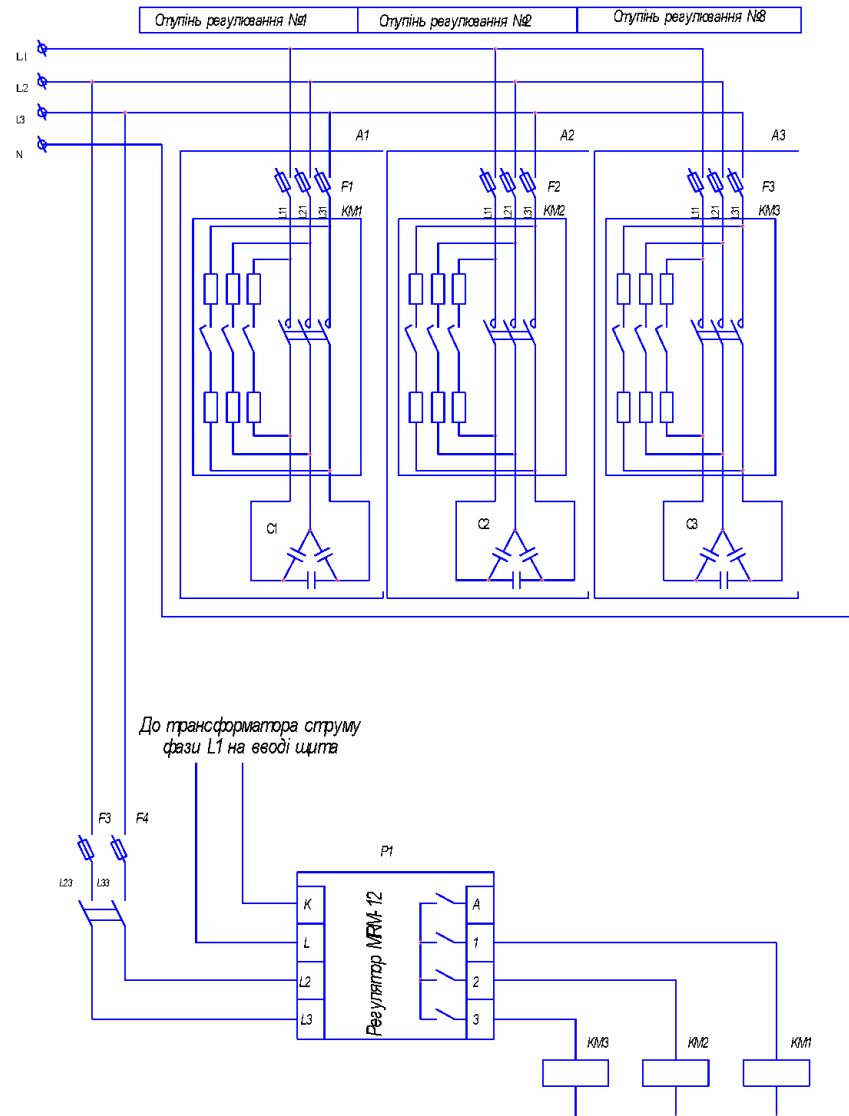


Рисунок 3.2 – Система компенсації реактивної потужності навантаження.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Структурно-функціональний аналіз процесу електропостачання

Розробка та вживання ефективних заходів запобігання аварійним і травмонебезпечних ситуаціям можливі лише при завчасному виявленні тих небезпек з яких починаються процеси їх формування. Оскільки небезпечні умови не завжди завчасно можна виявити, а для вивчення небезпечних дій іноді потрібно багато часу, щоб зібрати статичний матеріал, то і методи виявлення цих небезпек повинні бути відповідно диференційовані.

Таблиця 4.1 – Аналіз процесів формування та виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій при виконанні різних робіт

Вид робіт	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобіг. небезпеч. ситуацій
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Роботи по ремонту трансформаторної підстанції.	Опір заземлюючого контура перевищує допустимі норми. НУ 1. Опір ізоляції обмоток трансформатора не відповідає	Проведення ремонтних робіт несправним і непристосованим для проведення даного виду робіт, інструментом НД1 Працюючи	Вихід з ладу електрообладнання. НС1. Ураження струмом НС2.	Аварійна ситуація. Травма.	Забезпечення обслуговуючого персоналу необхідним і справним інструментом.

	нормі НУ2.	й знаходиться у небезпечній зоні НД ₂			
Модель процесу.					
	НУ1	→	НД1	→	НС1
		→		→	АС+Т
	НУ2		НД2		НС2

4.2 Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу

4.2.1 Правила техніки безпеки при обслуговуванні електрообладнання

Загальні положення

1. Інструкція встановлює основні вимоги охорони праці і техніки безпеки при монтажі та експлуатації електрообладнання і засобів автоматики. До роботи по експлуатації допускаються особи, які пройшли інструктаж по техніці безпеки, інструктаж на робочому місці і підписались в журналі реєстрації по техніці безпеки.

2. Працівник повинен виконувати тільки ту роботу, яку доручив керівник.

3. При умові, що відомі безпечні методи її виконання. Не виконувати розпорядження, якщо вони суперечать правилам техніки безпеки і їх виконання, що може призвести до нещасних випадків.

4. Якщо виник нещасний випадок, установку необхідно відключити, подати першу медичну допомогу і доповісти про це керівника підрозділу.

5. Якщо потерпілий при свідомості, то необхідно забезпечити йому повний спокій до прибуття лікаря.

6. При відсутності у потерпілого ознак життя, негайно викликати лікаря та до приходу лікаря робити потерпілому непрямий масаж серця.

Вимоги безпеки перед початком роботи

1. Перед початком роботи робіт працівник повинен уважно ознайомитися з роботою, яка йому доручається.

2. Працівник, який знаходиться поблизу електрообладнання повинен бути уважним, привести в порядок робочу одягу і оглянути засоби індивідуального захисту.

3. Одяга працівника не повинна мати вільно звисаючих кінців, а головний убір повинен виключати можливість звисання кіс.

4. Установка повинна бути обов'язково заземлена та занулена.

5. Робочий інструмент повинен бути у справному стані та з ізоляційними ручками.

Вимоги безпеки під час роботи

1. Під час роботи забороняється виконувати перемикання в схемі під напругою.

2. Не виконувати робіт несправним інструментом, що може призвести до щасних випадків.

3. Про всі виявленні несправності та порушення вимог з техніки безпеки повідомляти головного енергетика та інженера з охоронні праці.

4. На вимкнених вимикачах напруги, на лініях яких проводиться ремонт обладнання, вивішувати плакати з попереджувальними надписами.

Вимога безпеки по закінченню роботи

1. Після закінчення роботи, працівник повинен привести в порядок робоче місце.

2. Робочі інструменти скласти у відповідні місця.

3. Про виконану роботу повідомити керівника підрозділу

4. Прибрати лишні предмети з місць проходу та не закидати прохід засобів гасіння пожежі.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

1. При ураженні електричним струмом, негайно відключити установку надати потерпілому першу медичну допомогу.
2. При винесенні пожежі вимкнути установки, евакуювати працівників та приступити до гасіння пожежі.
3. В приміщенні повинна бути обов'язково аптечка та вогнегасник.

4.2.2 Протипожежні заходи

Для запобігання пожежам на підприємстві розробляють організаційні, експлуатаційні, технічні, режимного характеру, тактико-профілактичні заходи.

До організаційних заходів відносяться правильне технічне розміщення машин, обладнання. Експлуатаційні заходи передбачають такі режими експлуатації машин і обладнання в результаті яких повністю виключається можливість виникнення іскор, полум'я при роботі машин. До технічних належать заходи, що стосується правильного монтажу та експлуатації електрообладнання. Тактико - профілактичні заходи передбачають швидку дію пожежних команд, своєчасне встановлення первинних засобів пожежогасіння, а також підтримка в справному стані водопровідної системи. Заходи запобігання пожежам від розрядів статичної та атмосферної електрики зводяться до влаштування заземлення та встановлення блискавкозахисту об'єкту.

4.2.3 Розрахунок штучного заземлення

Вибір штучного заземлення проводиться в залежності від характеру ґрунту і способу забивання стержнів.

Розраховуємо заземлюючий контур підстанції напругою 10/0,4 кВ з глохозаземленою нейтралю. Характер ґрунту – чорнозем з $\rho=2 \cdot 10^4$ Ом·см. Кліматична зона – IV ($K_c - 1,2$, $K_n - 1,5$). Струм замикання на землю в мережі становить 50 А.

В відповідності з діючими правилами, опір заземлюючого пристрою повинен становити

$$R = \frac{125}{I_3} = \frac{125}{50} = 2,50 \text{ Ом}, \quad (4.1)$$

де I_3 – струм замикання на землю, А.

Приймаємо 3 Ом.

Контур заземлення розміщуємо в ряд з $a = 5$ м, $l = 2,5$ м. В якості стержневого заземлювача приймаємо кутникові сталь 50х50х5 мм, а протяжного – пластинчасту сталь 40х4 мм.

Опір одиночного стержня становить:

$$R_o = 0.00318 \rho \cdot K_c, \text{ Ом}, \quad (4.2)$$

де K_c – коефіцієнт сезонності для стержневого заземлювача ($K_c = 1,2$).

$$R_o = 0.00318 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 1.2 = 76.32 \text{ Ом}.$$

Число стержнів приймаємо 15. При цьому коефіцієнт використання стержневих заземлювачів становить $\eta_c = 0,7$. Опір всіх стержнів розтікання струму становить:

$$R_c = \frac{R_o}{n \cdot \eta_c}, \text{ Ом}, \quad (4.3)$$

де n – число стержнів, шт.

$$R_c = \frac{76.32}{15 \cdot 0.7} = 7.30 \text{ Ом}$$

Довжина протяжного заземлювача становить $l = 35$ м (3500 см); приймаємо $t = 50$ см, $b = 0,4$ см. Опір протяжного заземлювача становить:

$$R_{np} = \frac{0,366}{l} \cdot \rho \cdot 2 \cdot \lg \frac{2 \cdot l^2}{t \cdot b}, \text{ Ом} \quad (4.4)$$

$$R_{np} = \frac{0,366}{3500} \cdot 1,2 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot \lg \frac{2 \cdot 3500^2}{0,4 \cdot 50} = 3,20 \text{ Ом}.$$

Коефіцієнт використання протяжного заземлювача $\eta_n = 0,71$.

Дійсний опір протяжного заземлення становить:

$$R_n = \frac{R_{np}}{\eta_n} = \frac{3,2}{0,71} = 4,50 \text{ Ом}. \quad (4.5)$$

Опір всього заземлюючого пристрою становить:

$$R_u = \frac{R_c \cdot R_n}{R_c + R_n} = \frac{4.5 \cdot 7.3}{4.5 + 7.3} 2.78 < 3 \text{ Ом}. \quad (4.6)$$

Отже, число стержнів вибрано вірно.

4.3 Охорона довкілля

З появою людини на планеті Земля велику роль у глобальній екосистемі стали відігравати взаємовідносини суспільства і природи. Особливо широко поширюється вплив суспільства на природу у зв'язку з розвитком машинного виробництва.

Завдяки цьому масштаби впливу суспільства на природу поширювалися так швидко, що людство поступово перетворюється в потужну геологічну силу, яка здійснює вплив на багато природних ресурсів.

Відомо, що регенерація навколишнього середовища проходить досить повільно, тому для запобігання, як його в цілому, так і окремих складових на даний час встановлені певні норми по обмеженню викидів шкідливих речовин до навколишнього середовища.

Земельні ресурси, ґрунтовий покрив належать до вирішальних чинників існування біосфери нашої планети.

В результаті роботи ТЕС, заводів, різних підприємств в атмосферу викидається вуглекислий газ, концентрація якого зростає з кожним роком.

Особливо небезпечними є викиди з труб теплової електростанції у атмосферу сірки та азоту. Сполучаючись з атмосферною водою, ці гази утворюють сірчану і азотні кислоти. Сірчисті сполуки і оксиди азоту спричиняють кислотні дощі, які призводять до закислення ґрунтів і прісних вод, загибелі багатьох видів фауни і флори тощо.

Основна маса забрудників утворюється в результаті спалювання органічних енергоносіїв (вугілля, нафти, газу, деревини). Для випалювання твердих часток з газів теплової електростанції використовують різні методи –

фільтри, електростатичні установки, що зменшують концентрацію вуглекислого газу в повітрі.

Враховуючи всі ці показники, слід вживати кардинальні заходів: вдосконалення очисних споруд; перехід на екологічно чисті види енергії, вдосконалення технологічного обладнання; встановлення установок пилогазовловлювачів і їх вдосконалення; озеленення підприємства; суворе дотримання правових норм.

РОЗДІЛ 5

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

Нам необхідно провести наближений економічний розрахунок техніко-економічних показників.

Пристрій компенсації реактивної потужності навантаження складається з:

- мікропроцесорного регулятора *7500 грн*;
- конденсаторних батарей
 $3 \times 7\,000 = 21\,000$ грн;
- комутаційних контакторів
 $3 \times 6\,000 = 18\,000$ грн.

Тому орієнтовні вартість пристрою компенсації:

$$K = 7\,500 + 21\,000 + 18\,000 = 46\,500 \text{ грн.}$$

Підприємство за рік орієнтовно споживає $W = 1\,700\,000$ кВт·год. Вартість 1 кВт·год для юридичних споживачів становить $C = 5,85$ грн. Отже оплата за спожиту електроенергію становить

$$B = W \cdot C. \quad (5.1)$$

$$B = 1\,700\,000 \cdot 5,85 = 6\,435\,000 \text{ грн.}$$

Визначаємо експлуатаційні витрати.

Амортизаційні витрати приймаємо на рівні 15%,

$$A = 0,15 \cdot K. \quad (5.2)$$

$$A = 0,15 \cdot 6\,435\,000 = 965\,250 \text{ грн.}$$

При заниженому значенні коефіцієнта потужності, при оплаті за електроенергію нараховується надбавка у розмірі 7%

$$B_{втр} = 965\,250 \cdot 0,07 = 67\,550 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт B_p становлять 10% від величини капітальних вкладень.

Вартість обслуговування електрообладнання становить орієнтовно в розмірі 10% від амортизаційних витрат та витрат на ремонт:

$$B_{\text{обсл}} = 0,1(A_e + B_p). \quad (5.3)$$

Результати проведеного розрахунку експлуатаційних витрат зведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Експлуатаційні витрати

Показник	Величина, грн
A_e	965 250
B_p	67 550
$B_{\text{обсл}}$	103 280
Разом (B_e)	1 136 080

Таблиця 5.2 – Техніко-економічні показники

Показник	Значення
Кількість спожитої електроенергії, кВт·год/рік	1 700 000
Вартість 1 кВт·год, грн	5,85
Вартість спожитої електроенергії в рік, грн	6 435 000
Значення коефіцієнта потужності, до компенсації	0,8
Надбавка, при платі за електроенергію, %	7
Грн.	67 550
Експлуатаційні витрати, грн	1 136 080
Вартість системи компенсації, грн	46 500
Значення коефіцієнта потужності, після компенсації	0,92
Термін окупності, років	1,7

Термін окупності визначаємо за формулою:

$$T = (K + B_e) / B_{\text{впр}}, \quad (5.4)$$

$$T = (46 500 + 67 550) / 67 550 = 1,7 \text{ року.}$$

Усі техніко-економічні показники зводимо у таблицю 5.2.

ВИСНОВКИ

1 Розглянуто характеристику підприємства та обґрунтовано тему роботи.

2 Проведено розрахунок електропостачання підприємства, проаналізовано потреби підприємства в електроенергії по конкретних споживачах, сплановано мережу, розраховано та вибрано закриту трансформаторну підстанцію, перерізи ліній електропередач високої та низької сторони.

3 Виконано розрахунок потужності конденсаторних батарей для компенсації реактивної потужності навантаження. Та запропоновано систему автоматичної компенсації реактивної потужності навантаження. Установка складається з трьох конденсаторних батарей загальною потужністю 150 кВАр типу Modulo50. Автоматичне регулювання здійснюється за допомогою мікропроцесорного регулятора автоматичної корекції коефіцієнта потужності MRM-12 концерну «Шнайдер Електрик».

4 В розділі охорони праці та довкілля розроблено інструкцію з охорони праці а також розраховано штучне заземлення, розглянуто питання екологічної безпеки.

5 Виконано наближений економічний розрахунок, згідно якого ми бачимо економічну доцільність розробки, оскільки термін окупності становить 1,7 року.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Василега П.О. Електропостачання. Суми. : Університетська книга, 2008. 415 с.
- 2 Варецький Ю.О. Методичні настанови та завдання до курсового проекту для студентів спеціальності 6.091.900. Львів. ЛНАУ. 2004. 54 с.
- 3 Геврик Є. О. Безпека життєдіяльності. К.: Ельга-Н, КНТ. 2007. 384с.
- 4 Гряник Г.М., Лехман С. Д., Бутко Д. А. Охорона праці К. : Урожай 1994. 271 с.
- 5 Гончарук В.Є., Качан С. І., Орел С. М., Пуцило В. І. Оцінка обстановки у надзвичайних ситуаціях: навч. посіб. К. : Львів, 2004. 136с.
- 6 Дурняк Б.В., Чумакевич В.О., Лях І.М., Яцун А.М. Основи електропостачання агропромислового комплексу : Навч.посіб. Львів. Українська академія друкарства, 2017. 544 с.
- 7 Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Лехман С.Д. та ін. Київ : Урожай, 1993. 272 с.
- 8 Злобін Ю. А. Основи екології. Київ: Лібра, 1998. 246с.
- 9 Зорін В.В., Тисленко В.В. Системи електропостачання загального призначення: навч. Посібник. Чернігів 2005. 341 с.
- 10 Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручники і посібники. 2001. 984 с.
- 11 Маліновський А. А. Основи електропостачання : навч. посіб. А. А. Маліновський, Б.К. Хохулін. Львів : Вид-во НУ «Львівська політехніка». 2005. 324 с.
- 12 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : ДНАОП 0.00 – 1.21 – 98. Офіц. вид. К. : Держбуд України, 2001. 24 с.
- 13 Сегеда М.І. Теоретичні основи електротехніки: Навч.посіб. Тернопіль, ТДУ, 2003. 350 с.