

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ**  
**ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад.  
І.С. Гулого

Кафедра \_\_\_\_\_ Електропостачання та енергоменеджменту

«До захисту в ЕК»  
Директор інституту(декан  
факультету)

\_\_\_\_\_ Сергій БЛАЖЕНКО  
(підпис)                      прізвище та (ініціали)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024\_р.

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Сергій БАЛЮТА  
(підпис)                      (прізвище та ініціали)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**  
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми « Електротехніка та інформаційні технології »  
на тему: « Реконструкція системи електропостачання заводу безалкогольних напоїв з метою підвищення надійності електропостачання »

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗЕЛ 5-8

Шевченко Юрій Володимирович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)  
ст. викладач Мащенко Олег Анатолійович \_\_\_\_\_  
(прізвище , ім'я та по батькові повністю)

Консультанти к.т.н. Сірик А.О. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Рецензент Грищенко А.Г \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Я, як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій, розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незгошеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач \_\_\_\_\_

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут

ім.акад І.С. Гулого.

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код і назва)

Освітньо-профес. програма «Електротехніка та інформаційні технології»  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**

“ 11 ” листопада 2023 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Шевченко Юрій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи « Реконструкція системи електропостачання заводу безалкогольних напоїв з метою підвищення надійності електропостачання »

керівник роботи ст. викладач Мащенко Олег Анатолійович

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 08.11.2023 року № 917 -кв

2. Строк подання здобувачем роботи 25.01.2024р.

3. Вихідні дані до роботи Опис підприємства і його розміри. Перелік обладнання і його потужність. Розташування технологічного обладнання в цеху. Освітлення цеху.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
Вибір силових трансформаторів цеху. Вибір кількості і потужності силових пунктів. Розрахунок перерізу кабелів. Вибір автоматичних вимикачів. Розрахунок струмів КЗ. Розгляд питань охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Генеральний план з картограмою навантажень.
2. Система зовнішнього електропостачання .
3. Система електропостачання цеху розливу № 2
4. План-розріз трансформаторної підстанції.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	доц.Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання 12.11.2023р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Визначення потужності підприємства	15.11.2023 р.	
2	Побудова картограми.	23.11.2023 р	
3	Вибір трансформаторів ТП.	30.11.2023 р	
4	Вибір трансформаторів ТП на основі ТЕР	05 12.2023 р	
5	Розрахунок струмів короткого замикання	12.12.2023 р	
6	Вибір електрообладнання	20.12.2023 р	
7	Розрахунок електроосвітлення	25.12.2023 р	
8	Релейний захист.	04.01.2024 р	
9	Вибір компенсуючих пристроїв	10.01.2024 р	
10	Випин відхилень напруги на роботу електроприймачів	15.01.2024 р	
11	Охорона праці	18.01.2024 р	
12	Оформлення графічної частини проекту	21.01.2024 р.	
	Оформлення пояснювальної записки проекту	25.01.2024 р.	

**Здобувач** \_\_\_\_\_

**Юрій ШЕВЧЕНКО**

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_

**Олег МАЩЕНКО**

## Анотація

Шевченко Юрій Володимирович. Дипломний проект на тему :  
« Реконструкція системи електропостачання заводу безалкогольних  
напоїв з метою підвищення надійності електропостачання »

Національний університет харчових технологій. Київ - 2024  
141. « Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Додана пояснювальна записка складається із вступу, 13 розділів та списку використаної літератури. Обсяг проекту становить 85 сторінок.

До опису надано графічну частину, яка складається із чотирьох креслень : генерального плану з картограмою навантажень, системи зовнішнього електропостачання, системи електропостачання цеху розливу, плана-розрізу трансформаторної підстанції.

У проекті розглянуто характеристику підприємства і надано опис технологічного процесу. Виконано розрахунки електричних навантажень і побудовано картограму навантажень. Розраховано трансформатори головної понижувальної підстанції, а також розраховані кількість і потужність цехових трансформаторів. Виконано розрахунок робочих струмів і обрано відповідні кабелі. Для системи електропостачання заводу виконано розрахунок струмів короткого замикання. Обрано електричні апарати захисту і управління. Розраховано кількість і тип обладнання для компенсації реактивної потужності.

У розділі охорона праці розглянуто можливі аварійні ситуації та засоби техніки безпеки і захисту обслуговуючого персоналу.

**Ключові слова** : понижувальна підстанція, силовий трансформатор, струми короткого замикання, апарати захисту, компенсація реактивної потужності.

## Annotation

Shevchenko\_Yurii. Diploma project on the topic:

" Reconstruction of the power supply system of the non-alcoholic beverage plant in order to improve the reliability of power supply "

National University of Food Technologies, Kiev -2024

141. "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

The attached explanatory note consists of an introduction, 13 chapters, and a list of references. The scope of the project is 85 pages.

The description provides a graphic part, which consists of four drawings: the master plan with cartogram of loads, external power supply system, power supply system of the bottling shop, plan-section of the transformer substation.

The project considers the characteristics of the enterprise and provides a description of the technological process. Calculations of electrical loads were made and a cartogram of loads was constructed. The transformers of the main step-down substation are calculated, as well as the number and capacity of shop transformers are calculated. The operating currents have been calculated and the appropriate cables have been selected. For the plant's power supply system, short-circuit currents were calculated. Electrical protection and control devices were chosen.

The number and type of equipment for reactive power compensation are calculated. The section on labor protection considers possible emergencies and means of safety and protection of service personnel.

**Key words:** step-down substation, power transformer, short-circuit currents, protection devices, reactive power compensation.



## ВСТУП

Безалкогольні напої є одним із широко розповсюджених і популярних видів харчових продуктів.

Асортимент безалкогольної продукції як на світовому ринку, так і в Україні постійно розширюється в основному за рахунок використання нових, нетрадиційних видів сировини, а також різних харчових добавок, що долають напоєм бажаного смаку, кольору, зовнішнього вигляду та підвищують їхню стійкість.

Безалкогольні напої за зовнішнім виглядом підрозділяються на: рідкі напої - прозорі та замутнені; концентрати напоїв у споживчій тарі.

Рідкі напої за ступенем насичення двоокисом вуглецю підрозділяються на такі типи: сильногазовані, середньогазовані, слабогазовані, негазовані.

За способом обробки рідкі напої можуть бути непастеризованими і пастеризованими: напої із застосуванням консервантів, напої без застосування консервантів; напої холодного розливу; напої гарячого розливу.

Залежно від використовуваної сировини, технології виробництва і призначення напої підрозділяються на групи: соковмісні; напої на зерновій сировині; напої на пряно-ароматичній сировині; напої на ароматизаторах (есенціях та ароматних спиртах); напої шумування; напої спеціального призначення; штучно мінералізовані води.

У даний час вітчизняними заводами і цехами з виробництва безалкогольних напоїв випускаються: напої безалкогольні газовані з низькою калорійністю, а також для хворих діабетом із застосуванням аспартаму, ксиліту, сорбіту та інших замінників цукру, їх відносять до напоїв спеціального призначення;

					<b>ДП 2024 141</b>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		<i>Шевченко Ю.</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Мащенко О.А.</i>				7	
Н. Контр.					<b>Вступ</b> ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8		
Затвердив		<i>Балюта С.М.</i>					

напої газовані, що являють собою насичені двоокисом вуглецю водянні розчини цукру, з додаванням продуктів переробки плодово-ягідної сировини (соків, екстрактів тощо), пряно-ароматичної, утому числі рослинної (настоїв трав, коренів, цедри цитрусових тощо), сировини ароматичних речовин (есенцій, ефірних олій), фарбників органічних кислот, напої на зерновій сировині, що являють собою насичені диоксидом вуглецю розчини концентрату квасною сусла, сахарози, харчових кислот та інших ароматичних і смакових речовин: напої шумування, до яких відносять хлібний квас, плодово-ягідні кваси; води штучно мінералізовані, що виготовляються із сумішей солей та насичені диоксидом вуглецю: напої негазовані, утому числі сухі напої, шипучі і нешипучі, виготовлені з цукру, виннокам'яної кислоти, соди, есенцій, екстрактів і фарбників.

Різноманітний асортимент безалкогольних напоїв визначається великою кількістю різних видів сировини, що входять до складу напоїв.

Сировина, використовувана для виробництва безалкогольних напоїв, вода, цукор, сорбіт, ксиліт тощо повинні відповідати вимогам нормативно-технічної документації.

Останнім часом велику популярність здобувають низькокалорійні напої, у яких цукор, що визначає енергетичну цінність, замінено на низькокалорійні сполучення, що мають солодкий смак, який за інтенсивністю у багато разів перевищує солодкість сахарози, прийняту за умовну одиницю.

Найчастіше використовують підсолонувач (аспартам) - похідні двох амінокислот - аспарагінової та фенілаланіну, солодкість якого складає 200 од. Його недоліком є низька стабільність у розчинах, що залежить від рН і температури. Період піврозпаду при рН 4,2 і температурі 25°C складає 260 діб. Кількість добового споживання — допустимого вмісту продукту (ДВП) - до 7,5 мг/кг маси тіла.

					<b>ДП 2024 141</b>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Настояї спиртові - тархунний, м'ятний, кавовий та ін.

Ефірні олії - продукти, отримані екстракцією чи перегонкою з водяною парою з ефірно-олійної сировини: лавра, евкалипта, троянди, цедро цитрусових плодів, гвоздики полиню лимонного га ін.

Виробляються за різними нормативними документами. Використовуються у вигляді спиртових розчинів. У деякі напої додають ванілін, пряності, мед, продукти бджільництва (апілак, екстракти квіткового пилка), молочні продукти (згущена і суха молочна сироватка, сухе знежирене молоко).

Огляд застосовуваних видів сировини дозволяє побачити, що виробництво безалкогольних напоїв використовує як натуральну, такі синтетичну сировину, причому в теперішній час спостерігається тенденція до поступового скорочення натуральних компонентів, заміна їх синтетичними. Незважаючи на те, що основною вимогою до сировини, використовуваних у виробництві безалкогольних напоїв, є її безпека, таку тенденцію не можна назвати благополучною. І це пов'язано, насамперед, з віковою структурою споживачів напоїв. Відомо, що найбільш популярними безалкогольні напої є у дітей, анатомо-фізіологічні особливості яких сприяють підвищеному споживанню рідини. Особливості організму, що розвивається, обумовлюють обережність при оцінці доцільності використання харчових добавок під час виготовлення харчових продуктів для дітей (у тому числі й напоїв).

Проблема збалансованого раціонального харчування передбачає розвиток виробництва низь калорійних, дієтичних продуктів, у тому числі безалкогольних напоїв, у яких цукор, як головний носій калорійності, частково або цілком замінений на низькокалорійні чи некалорійні речовини. У даний час частка таких напоїв у світовому виробництві складає понад 60%.

Дані Комітету експертів ВООЗ по харчових добавках підтверджують, що найчастіше використовувані заразу виробництві безалкогольних напоїв підсолоджувані (аспартам, сахарин, ацесульфам.) у рекомендованих

					ДП 2024 141	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Концентрування різких та пореподібних продуктів проводиться шляхом випарювання, виморожування та зворотним осмосом.

Випарювання — видалення води при кипінні продукту. Є системи, в яких, крім розчинених речовин є суспендовані частинки ступеня дисперсності.

В процесі випарювання проходять фізико-хімічні зміни продукту: збільшується щільність та в'язкість продукту, йде коагуляція білків, гідроліз складних сполук, реакція меланоїдного утворення, карамелізації і властивості продукту весь час змінюються. Тому вибір режиму є важливою ланкою в технологічному процесі концентрування.

Установка складається зі збірника, насоса, яким подається сік в підігрівач, а з нього - в випарний апарат. Пара подається в простір підігрівача, і випарний апарат, горищна пара /від кипіння соку/ разом з повітрям направляється в краплеуловлювач, конденсатор, де конденсується, а потім відкачується вакуум-насосом. Згущений до потрібної концентрації розчин відкачується в збірник готового продукту.

Перед скасуванням підбирається відповідна тара, проводиться миття тари, підготовка кришок.

Транспортування, зберігання сировини та продукції Консервний цех чи завод повинен мати навіс /з асбошиферу /, відкритий з 3-х боків для доброї циркуляції повітря та зручності роботи транспорту. Підлогу роблять водонепроникною з нахилом до каналізаційних труб. Розміри сировинного майданчику визначаються продуктивністю заводу. Одночасне навантаження приймається приблизно на їм<sup>2</sup> 300-600 кг сировини. Ящикові піддони розраховані на установку 6 ярусів /4-5,5 м/. В залежності від виду сировини термін зберігання її коливається від години до декількох діб.

Надійність технологічного процесу та зменшення собівартості продукції залежать від надійності електропостачання. В даному дипломі розглядається реконструкція системи електропостачання заводу безалкогольних напоїв з метою покращання надійності електропостачання.

					ДП 2024 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

В РП-10 кВ заводу встановлені морально та технічно застарілі маломасляні вимикачі типу ВМПЗ та ВМГ. Ці вимикачі часто самовільно відключаються, що порушує технологічний процес та призводить до економічних збитків, вони вимагають постійною технічного обслуговування, часто виводяться в поточний та капітальний ремонт, що впливає на собівартість продукції. З кожним роком все складніше знаходити комплектуючі для цих типів вимикачів. Тому було пропонується замінити маломасляні вимикачі на сучасні вакуумні вимикачі, які надійніші (гарантійний термін роботи 25 років) за маломасляні і практично не вимагають технічного обслуговування.

					ДП 2024 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

## 1. Розрахунок електричних навантажень розливною цеху

По ступеню надійності електропостачання електроприймачі цеху розливу відносяться до споживачів III та II категорій.

Споживачами електроенергії є асинхронні електродвигуни технологічного та сантехнічного обладнання, а також лампи розжарювання та люмінесцентні лампи електроосвітлення. Розподіл електроенергії по заводу здійснюється напругою 10 кВ.

Напругу 380 В прийнято для електродвигунів, 220 В - для світильників робочого та аварійного освітлення, 36 В - для ремонтного освітлення. Живлення силових та освітлювальних електроприймачів здійснюється від різних секцій трансформаторної підстанції.

### 1.1 Вихідні дані для цеху розливу

Таблиця 1.1

№ п/п	Обладнання	п	$\Sigma P_{\text{ном}}$ , кВт	$\frac{P_{\text{мін}}}{P_{\text{макс}}}$
1	Вентилятори	22	159,35	15/0,55
2	Компресор	3	272	250/11
3	Видувний агрегат	3	196,43	176/0,43
4	Кондиціонер	2	2,92	1,46/1,46
5	Насос	10	38,2	22/1,5
6	Задвижка з електричним приводом	2	0,72	0,36/0,36
7	Щит КИПиА	3	1,45	0,7/0,25
8	Стрічний конвеєр	10	28	5,5/2,5
9	Повітряна завіса	2	11	5,5

Площа цеха 2300 м<sup>2</sup>, відстань до джерела живлення 3 км.

					<b>ДП 2024 141</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Шевченко Ю.			<b>Розрахунок електричних навантажень цеху</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Маценко О.А.					13	
Н. Контр.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8			
Затвердив		Балюта С.М						

## 1.2. Визначення розрахункової потужності електроприймачів

У відповідності з режимом роботи ділимо групу електроприймачів підгрупи:

- а) електрприймачі, що працюють із сталим режимом ;
- б) електрприймачі, що працюють із змінним режимом;

Визначимо розрахункову потужність для кожної підгрупи окремо.

## 1.3. Визначення розрахункової потужності підгрупи електроприймачів, що працюють за змінним графіком навантаження

Із заданих в табл. 1 електрприймачів до цієї групи відносяться всі електроприймачі, крім стрічкових конвеєрів. Для прикладу розрахуємо групу вентиляторів табл. 1.

Використовуючи довідникові дані задаємо коефіцієнт використання для вентиляторів  $k_v = 0,7$  і коефіцієнт потужності ДЛЯ вентиляторів  $\cos \phi = 0,75$ . Значення  $k_{\pi}$  та  $\cos \phi$  для інших електрприймачів наведемо в табл. 2.

Середня потужність за максимально завантажену зміну:

$$P_{cm} \sim = k_v \cdot P_{ном} \text{ кВт},$$
$$P_{cm} \sim = 0,7 \cdot 159,35 = 111,5 \text{ кВт};$$
$$Q_{cm} \sim = P_{cm} \sim \cdot \operatorname{tg} \phi \text{ кВАр},$$
$$Q_{cm} \sim = 111,5 \cdot 0,88 = 98,12 \text{ Вар}.$$

Для інших груп споживачів проводимо аналогічні розрахунки, результати заносимо в табл. 2

Сумарна номінальна потужність для підгрупи електроприймачів, то працюють із змінним режимом:

$$P_{\Sigma ном} \sim = \sum_{i=1}^8 P_{ном i} \sim \text{ кВт},$$
$$P_{\Sigma ном} \sim = 159,35 + 272 + 196,43 + 2,92 + 38,2 + 0,72 + 1,45 + 11 = 682,07 \text{ кВт}.$$

					ДП 2024 141	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо коефіцієнт  $m$  :

$$m = \frac{P_{\max}}{P_{\min}},$$

$$m = \frac{250}{0.25} = 1000.$$

Сумарна середня потужність за максимально завантаженою зміну

$$P_{\Sigma \text{см}}^{\sim} = \sum_{i=1}^8 P_{\text{см}i}^{\sim} \text{ кВт},$$

$$P_{\Sigma \text{см}}^{\sim} = 111,5 + 176,8 + 137,5 + 1,898 + 28,65 + 0,29 + 1,02 + 7,7 = 465,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{\Sigma \text{см}}^{\sim} = \sum_{i=1}^8 Q_{\text{см}i}^{\sim} \text{ кВАр},$$

$$Q_{\Sigma \text{см}}^{\sim} = 98,12 + 132,6 + 121 + 1,93 + 21,49 + 0,38 + 0,76 + 6,78 = 383,1 \text{ кВАр}.$$

Коефіцієнт використання електроприймачів:

$$k_{\text{в}}^{\sim} = P_{\Sigma \text{см}}^{\sim} / P_{\Sigma \text{ном}}^{\sim},$$

$$k_{\text{в}}^{\sim} = 465,4 / 682,07 = 0,68.$$

Коефіцієнт потужності

$$\cos \varphi = \cos(\arctg Q_{\Sigma \text{см}}^{\sim} / P_{\Sigma \text{см}}^{\sim}),$$

$$\cos \varphi = \cos(\arctg 383,1 / 465,4) = 0,77.$$

Ефективна кількість електроприймачів:

$$n_e = \frac{2 \cdot P_{\Sigma \text{ном}}^{\sim}}{P_{\max}},$$

$$n_e = \frac{2 \cdot 682,07}{250} = 5,5.$$

Вибираємо коефіцієнт максимуму з [I, табл. 2.1], застосовуючи інтерполяцію:

$$K_M = 1,11$$

Розрахункова потужність підгрупи електрприймачів, що працюють із змінним режимом:

					ДП 2024 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

$$P_p^* = k_m^* \cdot P_{\Sigma CM} \text{ кВт},$$

$$P_p^* = 1,11 \cdot 465,4 = 511,94 \text{ кВт}.$$

Так як  $p_c = 7,2 < 10$ , то реактивна складова визначається так:

$$Q_p^* = Q_{\Sigma CM}^* \cdot 1,1 \text{ кВАр}.$$

$$Q_p^* = Q_{\Sigma CM}^* \cdot 1,1 = 383,1 \cdot 1,1 = 421,41 \text{ кВАр}.$$

Повна розрахункова потужність:

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

$$S_p = \sqrt{511,94^2 + 421,41^2} = 663,08 \text{ кВА}.$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 2.

#### 1.4. Визначення розрахункової потужності підгрупи електроприймчів, що працюють за сталим графіком навантаження

До електроприймачів, що працюють з постійним режимом відноситься освітлення та стрічкові конвеєри.

Для групи споживачів стрічкових конвеєрів:

1) Розрахункова активна потужність:

$$P_{p-} = P_{CM-} = 21 \text{ кВт}.$$

2) Розрахункова реактивна потужність:

$$Q_{p-} = Q_{CM-} = 15,75 \text{ квар}.$$

Розрахункова потужність

$$P_p^- = P_{CM}^- = 21 \text{ кВт};$$

$$Q_p^- = Q_{CM}^- = 15,75 \text{ кВАр}.$$

Знаходимо номінальну потужність освітлення:

$$P_{ном.осв.} = P_{шт} \cdot F \cdot P_{поп} \text{ кВт},$$

$$P_{ном.осв.} = 15 \cdot 2298 \cdot 10^{-3} \cdot 0,95 = 32,75 \text{ кВт}$$

					<b>ДП 2024      141</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

де  $P_{\text{пит}} = 15 \text{ Вт/м}^2$  – питома потужність освітлення;

$F = 2298 \text{ м}^2$  – площа цеху;

$P_{\text{поп}} = 0,95$  - коефіцієнт попиту освітлення.

Середня потужність за максимально завантаженою зміну:

$$P_{\text{см}}^- = P_{\text{ном.осв}} = 32,75 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{см}}^- = P_{\text{см}}^- \cdot \text{tg}\phi \text{ квар},$$

$$Q_{\text{см}}^- = 32,75 \cdot 0,33 = 10,81 \text{ квар}.$$

Розрахункова потужність:

$$P_p^- = P_{\text{см}}^- = 32,75 \text{ кВт};$$

$$Q_p^- = Q_{\text{см}}^- = 10,81 \text{ квар}.$$

Повна розрахункова потужність всіх споживачів, що працюють за постійним режимом:

$$P_p^- = 21 + 32,75 = 53,75 \text{ кВт}$$

$$Q_p^- = 15,75 + 10,81 = 26,56 \text{ квар}$$

$$S_{p^-} = \sqrt{P_{p^-}^2 + Q_{p^-}^2},$$

$$S_{p^-} = \sqrt{53,75^2 + 26,56^2} = 59,95 \text{ кВА}$$

#### 1.4. Визначення розрахункової потужності всієї групи електроприймачів

Розрахункова потужність всієї групи електроприймачів

$$P_p = P_p^{\sim} + P_p^- \text{ кВт}, \quad P_p = 511,94 + 53,75 = 565,69 \text{ кВт};$$

$$Q_p = Q_p^{\sim} + Q_p^- \text{ кВАр}, \quad Q_p = 421,41 + 26,56 = 447,97 \text{ кВАр};$$

$$S_p = \sqrt{(P_p)^2 + (Q_p)^2} \text{ кВА}, \quad S_p = \sqrt{565,69^2 + 447,97^2} = 721,6 \text{ кВА}.$$

Результати всіх розрахунків заносимо в табл. 1.2..

					ДП 2024	141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			17

№	Електроприймач	Кіл. n	Установлена потужність електроприймачів, кВт		m	k <sub>s</sub>	cos φ tg φ	Середнє навантаження за макс. завант. зміну		n <sub>e</sub>	K <sub>н</sub>	Максимальне розрахункове навантаження					
			Σ P <sub>ном</sub>	$\frac{P_{\text{ном}}}{P_{\text{ном}}}$ P <sub>ном</sub>				P <sub>см</sub> , кВт	Q <sub>см</sub> , кВАр			Pp, кВт	Qp, кВАр	Sp, кВА			
1	Вентилятор	22	159,35	15/0,55		0,7	0,75/0,88	111,5	98,12								
2	Компресор	3	272	250/11		0,65	0,8/0,75	176,8	132,6								
3	Видувний агрегат	3	196,43	176/0,43		0,7	0,75/0,88	137,5	121								
4	Кондиціонер	1	2,92	1,46/1,46		0,65	0,7/1,02	1,898	1,93								
5	Насос	10	38,2	22/1,5		0,75	0,8/0,75	28,65	21,49								
6	Задвижка з електричним приводом	2	0,72	0,36/0,36		0,4	0,6/1,33	0,29	0,38								
7	Щит КИПА	3	1,45	0,7/0,25		0,7	0,8/0,75	1,02	0,76								
8	Повітряна завіса	2	11	5,5/5,5		0,7	0,75/0,88	7,7	6,78								
Σ <sub>-</sub>	Сумарне змінне навантаження	37	682,07		100 0	0,68	0,77	465,4	383,1	5,5	1,11	511,94	421,41	663,08			
6	Освітлення	-	32,75	-	-	-	0,95/0,33	32,75	10,81	-	-	32,75	10,81				
7	Стрічковий конвеєр	10	28	5,5/2,5		0,75	0,8/0,75	21	15,75			21	15,75				
Σ <sub>-</sub>	Сумарне постійне навантаження		60,75				0,89/0,51	53,75	26,56			53,75	26,56	59,95			
								0,78/0,8	519,15	409,66			565,69	447,97	721,6		
								Разом									

Ел до 1 кв

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

## 2. Побудова картограми навантажень та визначення центру електричних навантажень підприємства

Для полегшення роботи щодо розміщення підстанції на генеральний план підприємства, наноситься картограма навантажень. Для кожного цеха окреслиться коло, центр якого збігається з центром навантажень цеха. Кожне коло поділяється на сектори, які відповідають освітлювальному навантаженню та силовому. Користування картограмою навантажень робить роботу з розміщення підстанції найточнішою і дозволяє запобігти серйозним похибкам.

Для кожного цеха окреслиться своє коло. Центр електричних навантажень можна прийняти співпадаючим з центром фігури, що зображає корпус підприємства на плані. Підстанцію слід розмістити, як найближче до центра навантажень. Таке розміщення підстанції дозволяє звести до мінімуму протяжність мереж, втрати енергії та коливання напруги.

Кола на картограмі навантажень відповідають у певному масштабі розрахунковому навантаженню. Площі кіт пропорційні навантаженням, а центри збігаються з центрами навантажень окремих цехів.

Кола поділяються на сектори, площі яких у певному масштабі відповідають певному тину навантажень.

- а) розрахункове навантаження електроприймачів;
- б) розрахункове освітлювальне навантаження.

На генплані підприємства довільно проводяться вісі координат і знаходяться координати центра навантажень цехів.

					<b>ДП 2024 141</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>	<b>Побудова картограми навантажень</b>	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Розробив		<i>Шевченко Ю.</i>					19	
Перевірив		<i>Мащенко О.А.</i>						
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8		

Координати умовного центру електричних навантажень визначаємо, виходячи з виразу:

$$x_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot x_i}{\sum_1^n P_i}; \quad y_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot y_i}{\sum_1^n P_i},$$

де  $x_0, y_0$  - координати електричних навантажень підприємства;

$x_i, y_i$  - координати електричних навантажень  $i$ -го цеху;

$P_i$  - розрахункове навантаження  $i$ -го цеху.

При побудові картограми враховуємо тільки активні навантаження.

$$P_i = P_p + P_0,$$

де  $P_0$  - розрахункове навантаження внутрішнього освітлення споруд:

$$P_{осв} = P_{поп} \cdot P_{ном},$$

де  $P_{поп}$  - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження;

$P_{ном}$  - номінальна напруга освітлювального навантаження, яка дорівнює:

$$P_{ном} = P_{шт} \cdot F, \text{ кВт},$$

де  $P_{шт}$  - питоме освітлювальне навантаження, Вт/м<sup>2</sup>;

$F$  - площа приміщення, м<sup>2</sup>,

$$F = a \cdot b \cdot c \cdot m^2,$$

де  $a$  - довжина будинку, м;  $b$  - ширина будинку, м;  $c$  - кількість поверхів;

$m$  - масштаб за генпланом,  $m = 1 : 500$ .

Радіус кола  $i$ -го цеха можна визначити за формулою:

$$R_i = \sqrt{\frac{P_i}{m' \cdot \pi}},$$

де  $m'$  - масштаб площі кола, який вибирається з міркувань наочності картограми, кВт/мм<sup>2</sup>;

Приймаємо  $m' = 0,05$  кВт/мм<sup>2</sup>:

					ДП 2024	141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			20



### 3. Визначення розрахункової потужності підприємства

Розрахуємо реактивну потужність електроприймачів по цехам і по всьому підприємству.

Таблиця 3.1.

№ цеха	$P_p$	$\frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \varphi}$	$Q_p$
Цех №3	546	0,75/0,88	479,6
Цех №2	565,7	0,77/0,83	448
Головний корпус	1180	0,75/0,88	1038,4
Котельня мастерська	133	0,65/1,17	155,6
склад	15	0,9/0,48	7,2
Склад готової продукції №1	35	0,9/0,48	16,8
Склад готової продукції №2	70	0,9/0,48	33,6
Цех сортування	70	0,7/1,02	71,4
Склад тари	10	0,9/0,48	4,8
Блок технічного транспорту і гараж	70	0,75/0,88	61,6
<b>всього</b>	<b>2695</b>	<b>0,76/0,86</b>	<b>2339</b>

Розрахуємо загальний коефіцієнт потужності для всього підприємства:

$$\cos \phi_0 = \cos(\operatorname{arctg} Q_{p\Sigma} / P_{p\Sigma})$$

$$\cos \phi_0 = \cos(\operatorname{arctg} 2476,1 / 3111,74) = 0,78$$

Де активне сумарне розрахункове навантаження:

$$P_{p\Sigma} = P_p + P_0 = 2694,69 + 417,05 = 3111,74 \text{ кВт}$$

А сумарне реактивне навантаження ОУ:

$$Q_{p\Sigma} = Q_p + Q_0 = 2338,5 + 137,6 = 2476,1 \text{ квар}$$

					<b>ДП 2024 141</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Визначення розрахункової потужності</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Шевченко Ю..					22	
Перевірив		Мащенко О.А.						
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8		

$$\text{Тут } Q_0 = P_0 \cdot \operatorname{tg}(\arccos(0.95)) = 417,05 \cdot 0.33 = 137,6 \text{ квар}$$

Повна потужність підприємства на рівні ЦРП :

$$S_p^{\text{ЦРП}} = \sqrt{(P_p^{\text{ЦРП}})^2 + (Q_p^{\text{ЦРП}})^2}, \text{ де } S_p^{\text{ЦРП}} = P_{p\Sigma} = 3111,74 \text{ кВт}$$

В зв'язку з тим, що на підприємстві передбачена повна компенсація реактивної потужності на рівні РП НН цехових ТП, реактивне навантаження підприємства на рівні ЦРП буде дорівнювати нулю, тобто

$$Q_p^{\text{ЦРП}} = Q_{p\Sigma} = 0.$$

					ДП 2024 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

#### 4. Вибір напруги розподільчої мережі

Вибір напруги живлячої мережі залежить від потужності, що споживається підприємством, його віддаленості від джерела живлення, кількості та потужності окремих електроприймачів.

Значення величини живлячої напруги визначає параметри ліній електропередачі та вибраного електрообладнання, а також, розміри капіталовкладень, втрати електроенергії.

Для визначення раціональної напруги спочатку визначаємо нестандартну напругу, при якій мають місце мінімальні приведені річні витрати електроенергії.

Нестандартна раціональна живляча напруга визначається за формулою Стилла:

$$U = 4,34 \cdot \sqrt{l + 16 \cdot P} = 4,34 \cdot \sqrt{3 + 16 \cdot 1,6} = 23,2 \text{ кВ},$$

де  $l$  - довжина живлячої лінії, км:

$P$  - потужність одного кола передачі, МВт,

$$P = \frac{P_{\text{вс}}}{n_{\text{л}}} = \frac{3148,16}{2} = 1,6 \text{ МВт},$$

де  $n_{\text{л}}$  - кількість живлячих ліній;  $n_{\text{л}}=2$ .

Живлення РП-10 заводу здійснюється від двох підстанцій ПС-1 та від ПС-2.

В проекті для схеми зовнішнього електропостачання приймається напруга 10 кВ. Ця напруга більш ефективна за напругу 6 кВ для тих підприємств, де кількість високовольтних двигунів обмежена, або їх взагалі немає.

Так як на підприємстві відсутні високовольтні двигуни, то приймаємо напругу - 10 кВ, витрата провідникового матеріалу менші, звідси також менші капіталовкладення, втрати електроенергії.

					<b>ДП 2024 141</b>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Вибір напруги розподільчої мережі</b>					
Розробив		Шевченко Ю..						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Мащенко О.А.							24	
Н. Контр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8		
Затвердив		Балюта С.М								

## 5. Вибір схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання

Живлення РП-10 заводу здійснюється двома кабелями 10 кВ від ПС-1 та ПС-2. РП-10 комплектне (КРП-10), виконано комірками КМ-1Ф. КРП- 10 складається з двох секцій, які секційовані секційним вимикачем. Секційний вимикач відключений з введеним АВР. Схема розподільчої мережі 10 кВ радіальна, трансформатори двох промислових двотрансформаторних КТП (2КТПП) заживлено від різних секцій 10 кВ КРП-10. секції 0,4 кВ КТП секційовані секційним автоматичним вимикачем (СА). СА відключений з введеним АВР.

Живлення низьковольтних силових і освітлювальних навантажень здійснюється від трансформаторів КТП: напруга в силових споживачів 380/220 кВ, електроосвітлення - 220 В.

					<b>ДП 2024    141</b>
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розробив		<i>Шевченко Ю.</i>			Літ.
Перевірив		<i>Мащенко О.А.</i>			Арк.
					25
Н. Контр.					<b>Вибір системи електропостачання</b>
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>			
ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8					

## 6. Вибір кількості та потужності трансформаторів

При проектуванні підстанцій необхідно правильно та раціонально вибрати потужність та кількість трансформаторів.

Нераціональний вибір викликає додаткові капіталовкладення, підвищує річні втрати.

Потужність трансформаторів вибирають так, щоб при відключенні одного трансформатора, другий з урахуванням додаткових перевантажень, забезпечував живлення всіх споживачів. Вибір потужності трансформаторів проводиться на основі техніко-економічного розрахунку, виходячи з повного навантаження підприємства.

Оптимальна потужність трансформаторів визначається по приведеним витратам шляхом техніко-економічного порівняння варіантів. При виборі потужності трансформаторів слід виходити з раціонального їх навантаження при нормальному режимі роботи.

Потужність трансформатора треба вибрати таким чином, щоб при відключенні одного трансформатора навантаження другого було в межах допустимого.

Згідно з ПУЕ масляний трансформатор допускається перевантажувати на 40% не більше 6 годин на добу протягом 5діб :

$$1,4S_{ном} > S_p$$

Критеріями вибору являється:

- надійність електропостачання;
- необхідна трансформаторна потужність.
- витрати кольорового металу;

					<b>ДП 2024 141</b>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Вибір кількості та потужності трансформаторів</b>					
Розробив		Шевченко Ю..						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Мащенко О.А.							26	
Н. Контр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8		
Затвердив		Балюта С.М								

### 6.1. Вибір потужності трансформаторів КТП

Потужність на ТП1, з врахуванням повної компенсації реактивної потужності на стороні 0,4 кВ:

$$S_{P(k)}^{ТП1} = P_P^{ТП1} = 1997 \text{ кВА},$$

тут і далі верхній індекс (к) позначає, що величина подається з урахуванням встановлення на ТП підприємства компенсуючих пристроїв.

Кількість трансформаторів на ТП:  $n_T = 2$ .

Бажана номінальна потужність одного трансформатора ТП з урахуванням допустимого перенавантаження:

$$S_{1,баж} = \frac{S_{P(k)}^{ТП1}}{1.4} = \frac{1997}{1.4} = 1426 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

Обираємо трансформатор з номінальною потужністю найближчою більшою до бажаного значення виходячи з стандартного ряду номінальних потужностей:

$$S_{ном.т} = 1600 \text{ кВ} \cdot \text{А} \approx S_{1,баж} = 1426 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

Отже маємо на ТП 1 КТП - 2\*1600, розрахунковий коефіцієнт завантаження трансформаторів КТП :

$$\beta_p = \frac{S_{P(k)}^{ТП1}}{S_{ном}^{ТП}} = \frac{1997}{3200} = 0.62, \text{ де}$$

$$S_{ном}^{ТП} = n \cdot S_{ном.т} = 2 \cdot 1600 = 3200 \text{ кВт}$$

Середній коефіцієнт завантаження трансформаторів:

$$\beta_c = \frac{S_{см(k)}^{ТП1}}{S_{ном}^{ТП}} = \frac{1815}{3200} = 0.6,$$

По ТП2 вибір здійснюється за аналогічною методикою. Результати розрахунків зводимо в таблицю 6.1..

					ДП 2024	141	Арк.
							27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця №6.1.

№	ТП	$P_P^{III}$	$Q_{P(s)}^{III}$	$S_{P(s)}^{III}$	КТП			$\beta_p$	$\beta_c$	
					Найменування	$S_{ном.т}$	$n_t$			$S_{ном}^{III}$
						кВ·А	шт			кВ·А
1	ТП1	1997	0	1997	1600	2	$1600 \cdot 2 = 3200$	0,62	0,6	
2	ТП2	1115	0	1115	630	2	$630 \cdot 2 = 1260$	0,88	0,76	

Треба відмітити, що при відключенні одного з трансформаторів ТП 2 другий буде перевантажуватись на 76 %, тому час допустимого перевантаження треба визначати за паспортом трансформатора, також бажано передбачити резервування частини споживачів ТП2 від ТЛІ по низькій стороні. Вибирати трансформатори потужністю 1000 кВА економічно не доцільно, що буде наведено нижче.

## 6. 2. Конструкція та робота КТПШ

КТПШ виготовляють і поставляють окремими складовими частинами (транспортними групами завдовжки не більше 4 метрів), підготовленими для збірки на місці монтажу. Введення КТПШ з боку вищої напруги здійснюється безпосереднім підключенням знизу або зверху високовольтного кабелю від живлячої мережі 6, 10 кВ через вимикач навантаження, розміщуваний в шафі УВН. У КТПШ застосовується схема з однією системою збірних шин (для КТПШ 2500 кВА - розщеплена система збірних шин), секціоновано за допомогою секційного вимикача. Секції працюють окремо і секційний вимикач нормально відключений. Якщо по якій або причині відключається одна з живлячих ліній і живлена секція знеструмлюється, то живлення цієї секції автоматично відновлюється в результаті спрацювання АВР.

## Пристрій і робота УВН

Конструкція УВН і його габаритно-настановні розміри вказані в додатку. УВН здійснює відключення і включення силового кола 6, 10 кВ за допомогою вимикача навантаження.

РУНН складається з однієї, двох або більших транспортних груп. Кожна транспортна група є набором шаф зі встановленими в них апаратами.

Шафи РУНН по своєму функціональному призначенню діляться на ввідні (ШНВ), лінійні (ШНЛ), секційні (ШНС).

Підстанції відповідають ТУ В 31.1-30734728-006-2002 і ГОСТ 14695-80. Параметри КТПП наведені в таблиці 6.3..

Таблиця 6.3.

Наименование параметра	Значение параметра для КТП мощности, кВА					
	250	400	630	1000	1600	2500
1. Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	6: 10					
2. Наибольшее рабочее напряжение стороне ВН, кВ	7.2: 12					
3. Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0.4: 0.69*					
4. Ток термической стойкости на стороне ВН, кА (в течении 1 с)	20: 31.5**					
5. Ток электродинамической стойкости на стороне ВН, кА	51: 81**					
6. Ток термической стойкости на стороне НН, кА (в течении 1 с)	10	10	20	20	30	40
7. Ток электродинамической стойкости на стороне НН, кА	25	10	50	50	70	100
8. Уровень изоляции по ГОСТ 5161-76 - с масляным трансформатором - с сухим трансформатором	Облегченная изоляция					

\* Специальный заказ

\*\* По мере наличия серийного производства выключателя нагрузки

Виконаємо техніко-економічний розрахунок вибору оптимальної потужності трансформаторів на ТП 2.

Розглянемо два можливих варіанти:

1. 2\*ТМЗ 1000/10
2. 2\*ТМЗ 630/10

Паспортні дані трансформаторів наведені в таблиці № 6.4.

Таблиця № 6.4.

Тип тр-ра	$\Delta P_{xx}$	$\Delta P_{k3}$	$U_{k3}$	$I_{xx}$	Ціна грн.	ВН	НН
ТМЗ 1000/10	2,45	12,2	5,5	1,4	19450	10	0,4
ТМЗ 630/10	1,31	7,6	5,6	2	13800	10	0,4

### 6.3. Розрахунок першого варіанту ТМЗ 1000/10

Визначаємо втрати електричної енергії:

$$\Delta Q_{xx} = S_{н.г} \cdot \left( \frac{I_{xx} \%}{100} \right) = 1000 \cdot \left( \frac{1,4}{100} \right) = 14 \text{ кВар};$$

$$\Delta Q_{k3} = S_{н.г} \cdot \left( \frac{U_{k} \%}{100} \right) = 1000 \cdot \left( \frac{5,5}{100} \right) = 55 \text{ кВар};$$

$$\Delta P'_{xx} = \Delta P_{xx} + Ke \cdot Q_{xx} = 2,45 + 0,05 \cdot 14 = 3,15 \text{ кВт};$$

$$\Delta P'_{k3} = \Delta P_{k3} + Ke \cdot Q_{k3} = 12,2 + 0,05 \cdot 55 = 14,95 \text{ кВт};$$

де  $Ke = 0,05$  кВт/квар - коефіцієнт, заданий енергосистемою для заводу у відповідності з розташуванням на місцевості.

Для одного працюючого трансформатора приведені втрати потужності будуть визначатися за виразом:

$$\Delta P'_{1000} = \Delta P'_{xx} + K3^2 \cdot \Delta P'_{k3} = 3,15 + K3^2 \cdot 14,95$$

Для двох паралельно працюючих трансформаторів

$$\Delta P'_{2 \times 1000} = 2 \cdot \Delta P'_{xx} + 2 \cdot K3^2 \cdot \Delta P'_{k3} = 6,3 + K3^2 \cdot 29,9$$

Знаходимо навантаження, при якому необхідно переходити на паралельну роботу трансформаторів:

$$S'_{1000} = S_{н.г} \cdot \sqrt{n \cdot (n-1) \cdot \frac{\Delta P'_{xx}}{\Delta P'_{k3}}} = 1000 \cdot \sqrt{2 \cdot (2-1) \cdot \frac{3,15}{14,95}} = 650 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

де  $n$  - кількість трансформаторів.

								Арк.
								30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Коефіцієнт завантаження трансформатора, що відповідає потужності  $S'_{1000}$ :

$$K_3 = \frac{S'_{1000}}{2 \cdot S_{н.т}} = \frac{650}{2 \cdot 1000} = 0,325$$

#### 6.4. Розрахунок другого варіанту - ТМЗ 630/10

Розрахунок проводимо аналогічно попередньому. Визначаємо втрат електричної енергії:

$$\Delta Q_{x.x} = S_{н.т} \cdot \left( \frac{I_{x.x} \%}{100} \right) = 630 \cdot \left( \frac{2}{100} \right) = 12,6 \text{ кВар};$$

$$\Delta Q_{к.з} = S_{н.т} \cdot \left( \frac{U_k \%}{100} \right) = 630 \cdot \left( \frac{5,6}{100} \right) = 35,28 \text{ кВар};$$

$$\Delta P'_{x.x} = \Delta P_{x.x} + K_e \cdot Q_{x.x} = 1,31 + 0,05 \cdot 12,6 = 1,94 \text{ кВт};$$

$$\Delta P'_{к.з} = \Delta P_{к.з} + K_e \cdot Q_{к.з} = 7,6 + 0,05 \cdot 35,28 = 9,364 \text{ кВт},$$

де  $K_e = 0,05$  кВт/кВАр - коефіцієнт, заданий енергосистемою для заводу у відповідності з розташуванням на місцевості.

Для одного працюючого трансформатора приведені втрати потужності будуть визначатися за виразом:

$$\Delta P'_{630} = \Delta P_{x.x} + K_3^2 \cdot \Delta P_{к.з} = 1,94 + K_3^2 \cdot 9,364$$

Для двох паралельно працюючих трансформаторів

$$\Delta P'_{2 \times 630} = 2 \cdot \Delta P_{x.x} + 2 \cdot K_3^2 \cdot \Delta P_{к.з} = 3,88 + K_3^2 \cdot 18,73.$$

Знаходимо навантаження, при якому необхідно переходити на паралельну роботу трансформаторів:

$$S'_{630} = S_{н.т} \cdot \sqrt{n \cdot (n-1) \cdot \frac{\Delta P'_{x.x}}{\Delta P'_{к.з}}} = 630 \cdot \sqrt{2 \cdot (2-1) \cdot \frac{1,94}{9,364}} = 405,53 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

де  $n$  - кількість трансформаторів.

Коефіцієнт завантаження трансформатора, що відповідає потужності 630 кВАр

$$K_3 = \frac{S'_{630}}{2 \cdot S_{н.т}} = \frac{405}{2 \cdot 630} = 0,32$$

									Арк.
									31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

За допомогою річного графіка (зображеного на рис.6.1.) по тривалості навантаження визначимо річні втрати потужності та електроенергії для кожного ступеню, результати зводимо в таблицю №6.5..

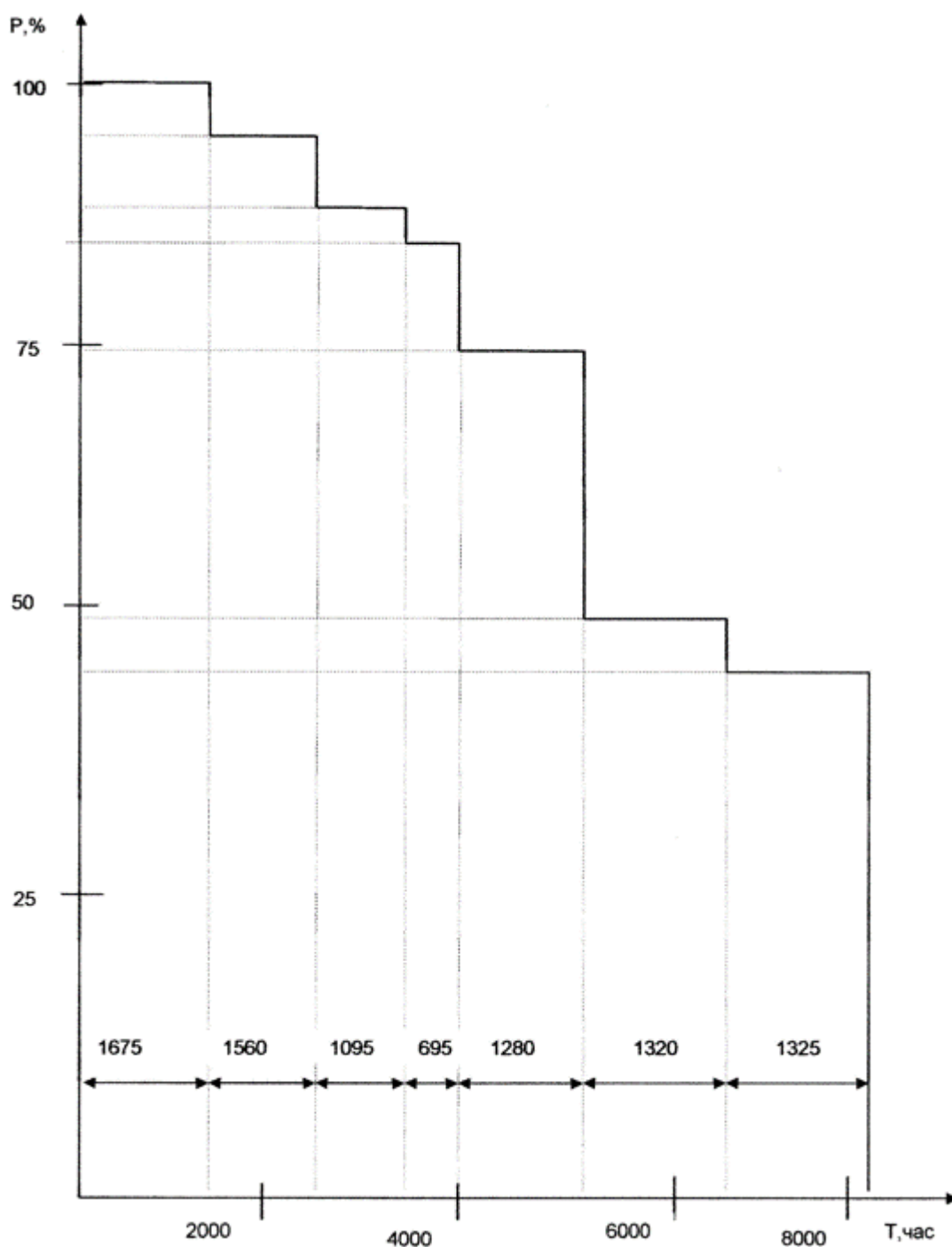


Рис. 6.1. Річний графік тривалості навантаження

Таблиця №6.5.

№ ступені	Тривалість ступеню год.	T Sp	Втрати потужності в тр-рі P, кВт	Kз	Втрати енергії, $\Delta W = P \cdot T$ кВт·г / рік
<b>1000 кВ·А</b>					
1	1325	402,4	5,54	0,4	7340,5
2	1320	469,4	6,45	0,47	8154
3	1280	708,9	10,18	0,36	13030,4
4	695	756,8	10,62	0,38	7380,9
5	1095	823,9	11,33	0,41	12406,4
6	1560	862,2	11,83	0,43	18454,8
7	1675	958	13,19	0,48	22093,25
					<b>88860,25</b>
<b>630 кВ·А</b>					
1	1325	402,4	5,7	0,63	7552,5
2	1320	469,4	6,44	0,37	8500,8
3	1280	708,9	9,8	0,56	12544
4	695	756,8	10,62	0,6	7380,9
5	1095	823,9	11,8	0,65	12921
6	1560	862,2	12,5	0,68	19500
7	1675	958	14,7	0,76	24622,5
					<b>93021,7</b>

Визначаємо найбільш ефективний варіант встановлення трансформаторів.

Капітальні витрати по варіантам складають:

$$K_1 = 2 \cdot K_{1000} = 2 \cdot 19450 = 38900 \text{ грн.};$$

$$K_2 = 2 \cdot K_{630} = 2 \cdot 13800 = 27600 \text{ грн.}$$

					<b>ДП 2024 141</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Амортизаційні відрахування:

$$Ca_1 = Ka_{1T} \cdot K_1 = 0,1 \cdot 38900 = 3890 \text{ грн.};$$

$$Ca_2 = Ka_{1T} \cdot K_2 = 0,1 \cdot 27600 = 2760 \text{ грн.};$$

де  $Ka_{1T}$  - коефіцієнт амортизаційних відрахувань на трансформатори ( $Ka_{1T} = 0,1$ ).

Вартість річних втрат електроенергії при  $C_{оп} = 2,25$  грн/кВт - ціна електроенергії складає:

$$C_{П1} = 2,25 \cdot \Sigma \Delta W_1 = 2,25 \cdot 88860,25 = 22215,1 \text{ грн.}$$

$$C_{П2} = 2,25 \cdot \Sigma \Delta W_2 = 2,25 \cdot 93021,7 = 23255,4 \text{ грн.}$$

Сумарні експлуатаційні витрати :

$$C = Ca_1 + C_{П2} = 3890 + 22215,1 = 26105,1 \text{ грн.}$$

$$C = Ca_2 + C_{П2} = 2760 + 23255,4 = 26015,4 \text{ грн.}$$

Приведені витрати:

$$Z = E_n \cdot K + C.$$

$$Z_1 = 0,1 \cdot 38900 + 26105,1 = 29995,1 \text{ грн}$$

$$Z_2 = 0,1 \cdot 27600 + 26015,4 = 28775,4 \text{ грн}$$

В першому варіанті приведені затрати вищі, ніж в другому, тому вибираємо трансформатор ТМЗ 630/10.

					ДП 2024 141	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7. Вибір перерізу високовольтних кабельних ліній

### 7. 1. Вибір живлячих КЛ

Визначаємо струми нормального, максимального режимів роботи:

$$I_{НОРМ} = \frac{S_{P(\Sigma)}}{\sqrt{3} \cdot n_{КЛ} \cdot U_{НОМ}} \text{ А,}$$

$$I_{НОРМ} = \frac{3111.74}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 10} = 90 \text{ А;}$$

$$I_{МАХ} = \frac{S_{P(\Sigma)}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}},$$

$$I_{МАХ} = \frac{3111.74}{\sqrt{3} \cdot 10} = 180 \text{ А;}$$

За табл. 10.1 визначаємо економічну густину струму при  $T_{\max} = 5600$  год.

для кабельної лінії  $j_{ЕК}^{КЛ} = 1,2 \text{ А/мм}^2$ .

Визначаємо економічно вигідний переріз КЛ:

$$S_{ЕК} = \frac{I_{НОРМ}}{j_{ЕК}^{КЛ}} \text{ мм}^2,$$

$$S_{ЕК} = \frac{90}{1,2} = 75 \text{ мм}^2$$

За табл. 7.10 [14] вибираємо кабель типу ААШв-10-3х95, прокладений в землі. Перевіряємо КЛ за умовами нагріву:

$$S_{СТ} = 95 \text{ мм}^2 > S_{ЕК} = 75 \text{ мм}^2.$$

$$I_{ДОП} \cdot k_{П} \geq I_{МАХ},$$

$$205 \cdot 0,9 = 185 \text{ А} > 180 \text{ А;}$$

де  $k_{П} = 0,9$  - поправочний коефіцієнт (табл. 7.17 [14]).

Отже, за умовами нагріву кабельна лінія підходить.

					<b>ДП 2024 141</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Шевченко Ю..			<b>Вибір перерізу високовольтних ліній</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Мащенко О.А.					35	
Н. Контр.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8			
Затвердив		Балюта С.М						

Погонні параметри лінії (табл. 7.28):

$$r_0 = 0,443 \text{ Ом/км}; x_0 = 0,08 \text{ Ом/км.}$$

## 7. 2. Вибір КЛ від КРП до КТП

Вибираємо КЛ для ТП1

Знаходимо нормальний та максимальний струм

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{ном(с)}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} \text{ А,}$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 92 \text{ А;}$$

$$I_{\text{макс}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} \text{ А,}$$

$$I_{\text{макс}} = \frac{1,4 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 129 \text{ А.}$$

Економічно вигідний переріз

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{нр}}}{j_{\text{ек}}^{\text{КЛ}}} \text{ мм}^2,$$

$$S_{\text{ек}} = \frac{92}{1,2} = 77 \text{ мм}^2.$$

По економічно вигідному перерізу вибираємо стандартний переріз КЛ

$$S_{\text{ст}} \geq S_{\text{ек}},$$

$$S_{\text{ст}} = 95 \text{ мм}^2 > S_{\text{ек}} = 77 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо кабель типу ААШв 3х95, прокладка в землі. Перевіряємо вибраний кабель за умовою допустимого нагріву

					ДП 2024 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$I_{\text{доп}} \cdot k_{\text{п}} \geq I_{\text{МАХ}},$$

$$205 \cdot 0,9 = 185 \text{ А} > 129 \text{ А};$$

Отже, за умовами нагріву кабельна лінія проходить.

### 7.3. Вибираємо КЛ до ТП2

Знаходимо нормальний та максимальний струм

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{ном(с)}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} \text{ А},$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 36 \text{ А};$$

$$I_{\text{макс}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} \text{ А},$$

$$I_{\text{макс}} = \frac{1,4 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 51 \text{ А}.$$

Економічно вигідний переріз

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{нр}}}{j_{\text{ек.КЛ}}} \text{ мм}^2,$$

$$S_{\text{ек}} = \frac{36}{1,2} = 30,3 \text{ мм}^2.$$

По економічно вигідному перерізу вибираємо стандартний переріз КЛ

$$S_{\text{ст}} \geq S_{\text{ек}},$$

$$S_{\text{ст}} = 35 \text{ мм}^2 > S_{\text{ек}} = 30,3 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо кабель типу ЛАШв-3х35, прокладка в землі.

Перевіряємо вибраний кабель за умовою допустимого нагріву

$$I_{\text{доп}} > I_{\text{макс}},$$

$$I_{\text{доп}} = 115 \text{ А} > I_{\text{макс}} = 51 \text{ А}.$$

					<b>ДП 2024      141</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

## 8. Розрахунок струмів короткого замикання .

Коротким замиканням (КЗ) називається електромагнітний перехідний процес, обумовлений раптовим зменшенням опору електричного кола.

Внаслідок короткого замикання в колі виникають струми, небезпечні для нормальної роботи обладнання. Тому для перевірки електрообладнання на стійкість до струмів КЗ проводиться розрахунок струмів короткого замикання.

За базову потужність для розрахунку струму короткого замикання приймаємо потужність:

$$S_{\text{б}} = 10 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

Базова напруга :

$$U_{\text{б}} = 10,5 \text{ кВ};$$

Базовий струм :

$$I_{\text{б}} = \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{б}} \cdot \sqrt{3}} = \frac{10 \cdot 10^3}{10,5 \cdot \sqrt{3}} = 550 \text{ А} = 0,55 \text{ кА}.$$

Для розрахунку струмів короткого замикання необхідно скласти схему заміщення. В схему заміщення включені всі елементи зі своїми опорами, приведеними до базових умов.

Схема заміщення приведена на рис.8.1..

Опори елементів схеми заміщення.

Опори КЛ від джерела:

$$r_{\text{кл1}}^* = r_0 \cdot \frac{l_{\text{кл}}}{n_{\text{кб}}} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{(U_{\text{ном}}^{\text{сп}})^2},$$

$$r_{\text{кл1}}^* = 0,44 \cdot \frac{3}{1} \cdot \frac{10}{10,5^2} = 0,12;$$

					<b>ДП 2024 141</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Розрахунок струмів КЗ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Шевченко Ю..					38	
Перевірив		Мащенко О.А.						
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8		
Затвердив		Балюта С.М						

$$x_{кв1}^* = x_0 \cdot \frac{l_{кв}}{n_{кв}} \cdot \frac{S_{\sigma}}{(U_{ном}^{cp})^2},$$

$$x_{кв1}^* = 0,08 \cdot \frac{3}{1} \cdot \frac{10}{10,5^2} = 0,022.$$

Опір системи :

$$x_c = x_c \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_c}$$

$$x_c = 1 \cdot \frac{10}{100} = 0,1$$

Опори КЛ до ТП потужністю 1600 кВА (l = 0,03 км):

$$r_{кв2}^* = r_0 \cdot \frac{l_{кв}}{n_{кв}} \cdot \frac{S_{\sigma}}{(U_{ном}^{cp})^2},$$

$$r_{кв2}^* = 0,63 \cdot \frac{0,03}{1} \cdot \frac{10}{10,5^2} = 0,00016;$$

$$x_{кв2}^* = x_0 \cdot \frac{l_{кв}}{n_{кв}} \cdot \frac{S_{\sigma}}{(U_{ном}^{cp})^2},$$

$$x_{кв2}^* = 0,083 \cdot \frac{0,03}{1} \cdot \frac{10}{10,5^2} = 0,00022.$$

Опори КЛ до ТП потужністю 630 кВА (l = 0,15 км):

$$r_{кв3}^* = r_0 \cdot \frac{l_{кв}}{n_{кв}} \cdot \frac{S_{\sigma}}{(U_{ном}^{cp})^2},$$

$$r_{кв3}^* = 0,63 \cdot \frac{0,15}{1} \cdot \frac{10}{10,5^2} = 0,0086;$$

$$x_{кв3}^* = x_0 \cdot \frac{l_{кв}}{n_{кв}} \cdot \frac{S_{\sigma}}{(U_{ном}^{cp})^2},$$

$$x_{кв3}^* = 0,083 \cdot \frac{0,15}{1} \cdot \frac{10}{10,5^2} = 0,00112.$$

									Арк.
									39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

При знаходженні струмів короткого замикання необхідно розрахувати їх у відносних одиницях.

Струм короткого замикання приймаємо незмінним, так як система має набагато більшу потужність, ніж потужність цеху №2.

$$\dot{I}_e = \dot{I}_r = \dot{I}_{00} = \frac{1}{X_p},$$

де  $X_p$  - результуючий опір до точки короткого замикання.

8.1. Коротке замиканий в точці К1 на шинах КРІІ 10 кВ.  
Повний опір від джерела живлення до точки К1 буде дорівнювати:

$$\dot{Z}_{\text{зак.к1}} = \sqrt{(r_{\text{к1}})^2 + (x_c + x_{\text{к1}})^2},$$

$$\dot{Z}_{\text{зак.к1}} = \sqrt{(0,12)^2 + (0,1 + 0,022)^2} = 0,17$$

Надперехідне початкове значення періодичної складової струму к.з. від системи:

$$I_{c1}^* = \frac{1}{Z_{\text{зак.к1}}} \cdot I_{\theta} \text{ кА};$$

$$I_{c1}^* = \frac{1}{0,17} \cdot 0,55 = 3,24 \text{ кА}.$$

Ударний струм:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{c1}^* \text{ кА},$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 3,24 = 8,25 \text{ кА}.$$

Аперіодична стала часу для системи:

$$T_a^{(c)} = \frac{-0,01}{\ln(k_y - 1)} \text{ с};$$

$$T_a^{(c)} = \frac{-0,01}{\ln(1,8 - 1)} = 0,045 \text{ с},$$

де  $k_y = 1,8$ - ударний коефіцієнт.

									Арк.
									40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Час початку відключення :

$$\tau_{к.з.} = \tau_{п.в.} + \tau_{в.в.} \text{ с,}$$

$$\tau_{к.з.} = 0,01 + 0,08 = 0,09 \text{ с.}$$

Аперіодична складова струму к.з.:

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_{c.k1}^* \cdot e^{\frac{-t_{мс}}{T_a}} \text{ кА,}$$

$$i_a = \sqrt{2} \cdot 3,24 \cdot e^{\frac{-0,09}{0,045}} = 0,62 \text{ кА.}$$

Тепловий імпульс:

$$B_k^{к1} = (I_{c.k1}^*)^2 \cdot (\tau_{к.з.} + T_a) \text{ кА}^2 \cdot \text{с,}$$

$$B_k^{к1} = (3,24)^2 \cdot (1,2 + 0,045) = 13,07 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Перевіряємо КЛ, яка йде від джерела за умовою:

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_k^{к1}}}{C} < S_{cm}^{к1} \text{ мм}^2,$$

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{13,07 \cdot 10^6}}{90} = 40,17 \text{ мм}^2 < S_{cm}^{к1} = 95 \text{ мм}^2.$$

8.2. Коротке замикання в точці К2 на шинах ВН ТП1.

Заклучний опір для точки К2 буде дорівнювати:

$$\dot{Z}_{зак.к2} = \sqrt{(\dot{r}_{к2} + \dot{r}_{к1})^2 + (\dot{x}_c + \dot{x}_{к1} + \dot{x}_{к2})^2},$$

$$\dot{Z}_{зак.к2} = \sqrt{(0,12 + 0,00016)^2 + (0,1 + 0,022 + 0,00022)^2} = 0,172.$$

Надперехідне початкове значення періодичної складової струму к.з. від системи:

$$I_{c2}^* = \frac{1}{\dot{Z}_{зак.к2}} \cdot I_6 \text{ кА;}$$

$$I_{c2}^* = \frac{1}{0,172} \cdot 0,55 = 3,19 \text{ кА.}$$

									Арк.
									41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Ударний струм :

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{c.k2}'' \text{ кА,}$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 3,19 = 8,12 \text{ кА.}$$

Аперіодична стала часу для системи:

$$T_a^{(c)} = \frac{-0,01}{\ln(k_y - 1)} \text{ с;}$$

$$T_a^{(c)} = \frac{-0,01}{\ln(1,8-1)} = 0,045 \text{ с,}$$

Аперіодична складова струму к.з. :

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_{c.k2}'' \cdot e^{\frac{-\tau_{к.з.}}{T_a}} \text{ кА,}$$

$$i_a = \sqrt{2} \cdot 3,19 \cdot e^{\frac{-0,09}{0,045}} = 0,61 \text{ кА.}$$

Тепловий імпульс :

$$B_k^{кз} = (I_{c.k2}'')^2 \cdot (\tau_{к.з.} + T_a) \text{ кА}^2 \cdot \text{с,}$$

$$B_k^{кз} = (3,19)^2 \cdot (1,2 + 0,045) = 12,67 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Перевіряємо КЛ, яка живить ТІ І за умовою:

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_k^{кз}}}{C} < S_{\text{см}}^{кз} \text{ мм}^2,$$

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{12,67 \cdot 10^6}}{90} = 39,55 \text{ мм}^2 < S_{\text{см}}^{кз} = 95 \text{ мм}^2.$$

### 8. 3. Коротке замикання в точці КЗ на шинах ВН ТП2

Заключний опір для точки К2 буде дорівнювати:

$$\dot{Z}_{\text{зак.к2}} = \sqrt{(r_{к1} + r_{к23})^2 + (x_c + x_{к1} + x_{к23})^2},$$

$$\dot{Z}_{\text{зак.к2}} = \sqrt{(0,12 + 0,0086)^2 + (0,1 + 0,022 + 0,000112)^2} = 0,177.$$

									Арк.
									42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			ДП 2024	141	



За умовою термічної стійкості попередньо вибраний переріз кабелю не підходить. Отже, обираємо найближчий ближчий переріз.

$$S_{\text{об}}^{\text{кз2}} = 50 \text{ мм}^2.$$

8.4. Коротке замикання в точці К4 на шинах НН ТП (цех розливу №2). Розрахунок проводимо в іменованих одиницях. Визначаємо опори елементів і приводимо їх до номінальної напруги НН ТП, тобто до ( $U^{\text{НН}} = 0,4 \text{ кВ}$ ). Опір контактів для цехових ТП:

$$r_{\text{к}} = 20 \text{ мОм}.$$

Опір системи :

$$x_c = x_c \cdot \frac{U_{\text{б}}^2}{S_{\text{б}}} \cdot \left( \frac{U_{\text{ном}}^{\text{НН}}}{U_{\text{ном}}^{\text{ВН}}} \right)^2 \cdot 10^3$$

$$x_c = 0,1 \cdot \frac{10,5^2}{10} \cdot \left( \frac{0,4}{10} \right)^2 \cdot 10^3 = 1,764 \text{ мОм}$$

Опори кабельних ліній, що йдуть від джерела:

$$r_{\text{кл1}} = r_0 \cdot \frac{l_{\text{кл}}}{n_{\text{кб}}} \cdot \left( \frac{U_{\text{ном}}^{\text{НН}}}{U_{\text{ном}}^{\text{ВН}}} \right)^2 \cdot 10^3 \text{ мОм},$$

$$r_{\text{кл1}} = 0,44 \cdot \frac{3}{1} \cdot \left( \frac{0,4}{10} \right)^2 \cdot 10^3 = 2,112 \text{ мОм};$$

$$x_{\text{кл1}} = x_0 \cdot \frac{l_{\text{кл}}}{n_{\text{кб}}} \cdot \left( \frac{U_{\text{ном}}^{\text{НН}}}{U_{\text{ном}}^{\text{ВН}}} \right)^2 \cdot 10^3 \text{ мОм},$$

$$x_{\text{кл1}} = 0,083 \cdot \frac{3}{1} \cdot \left( \frac{0,4}{10} \right)^2 \cdot 10^3 = 0,398 \text{ мОм}.$$

Опір кабельних ліній, що живлять ТП потужністю 1600 кВА :

										ДП 2024	141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								44





## 9. Вибір конденсаторних установок для компенсації реактивної потужності

Одним з основних питань, що вирішують при проектуванні та експлуатації систем електропостачання промислових підприємств є питання компенсації реактивної потужності.

Компенсація реактивної потужності з одночасним покращенням якості електроенергії безпосередньо в мережах промислових підприємств являється одним з основних напрямків скорочення втрат електричної енергії та підвищення ефективності електричних установок підприємства. Встановлення джерела реактивної потужності призводить до зниження втрат в період максимуму навантаження в середньому на 0,05 кВт / квар.

Оскільки силове обладнання та освітлювальне навантаження розташовані на стороні низької напруги з напругою 0,4 кВ та електричне більш віддалена від джерела живлення, тому передача реактивної потужності в мережу НН потребує збільшення перерізу проводів та кабелів, підвищення потужності силових трансформаторів та супроводжується втратами активної та реактивної потужностей.

Витрати, зумовлені переліченими вище факторами, можна зменшити до мінімуму, якщо здійснити компенсацію реактивної потужності безпосередньо в мережі НН.

Оскільки немає високовольтних споживачів, то високовольтні КУ не вибираємо. Тому для компенсації реактивної потужності встановлюємо тільки низьковольтні КУ.

Так як присутня повна компенсація, то результати вибору низьковольтних компенсуючих пристроїв на ТП заносимо в таблицю 9.1.

					<b>ДП 2024 141</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		<i>Шевченко Ю.</i>			<b>Вибір конденсаторних установок</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Маценко О.А.</i>					47	
Н. Контр.					ННІТ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8			
Затвердив		<i>Балюта С.М.</i>						

Таблиця 9.1

ТП		$Q_p$ кВАр	$Q_{p,о}$ кВАр	$Q_p^{\Sigma}$ кВАр	$Q_{от}$ кВАр	Тип КУ
№	Назва					
1	ТП1	1552,8	59,3	1582,1	2·800=1600	2× УКАР 3 0,4-800-50-У3
2	ТП2	815,7	357,75	1173,45	2·600=1200	2× УКАР 3 0,4-600-25-У3

Вибираємо установки конденсаторні з автоматичним регулюванням типу УКАР з номінальною потужністю 800 кВАр та 600 кВАр.

					<b>ДП 2024 141</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

## 10. Вибір високовольтних вимикачів

Вибираємо вакуумні вимикачі підприємства «Таврида-Електрик» типу ВВ/ТП.

Першим революційним продуктом від «Тавриди Електрик» був вакуумний вимикач ВВ/ТЕБ із магнітною клямкою, його постачання розпочали на початку 90-х років минулого століття, одразу після створення компанії. За останній час рішення, використані в ВВ/ТЕЛ, стали класикою у всьому світі при розробленні комутаційних апаратів для середнього класу напруги.

Основні переваги вакуумних вимикачів, що визначають їх широке застосування:

1. Висока зносостійкість при комутації номінальних струмів і номінальних струмів відключення. Число відключень номінальних струмів вакуумним вимикачем (ВВ) без заміни ВДК становить 10-50 тис. кількість відключень номінального струму відключення - 20-200 що в 10 -20 разів перевищує відповідні параметри маломасляних вимикачів.
2. Різке зниження експлуатаційних витрат у порівнянні з маломасляними вимикачами. Обслуговування ВВ зводиться до заміни мастила механізму і привода та перевірки зносу контактів 1 раз на 5 років або через 5-10 тис. циклів «включення-відключення».
3. Повна вибухо-та пожежобезпечність і можливість роботи в агресивних середовищах.
4. Широкий діапазон температур навколишнього середовища в якому можлива робота ВДК.
5. Підвищена стійкість до ударних і вібраційних навантажень в наслідок малої маси і компактній конструкції апарата.
6. Довільне робоче положення і малі габарити, що дозволяє створювати різні компонування розподільних пристроїв, у тому числі і шафи з кількома вимикачами при двох-триярусному їх розташування.
7. Безшумність, чистота зручність обслуговування, зумовлені малим виділенням енергії в дузі і відсутністю викиду масла газів при відключення струмів КЗ.

					<b>ДП 2024 141</b>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Вибір високовольтних вимикачів</b>					
Розробив		<i>Шевченко Ю.</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Мащенко О.А.</i>							49	
Н. Контр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8		
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>								

8. Відсутність забруднення навколишнього середовища.

9. Висока надійність і безпека експлуатації, скорочення часу на монтаж.

Вибір робимо в табличній формі. Результати заносимо в табл. 10.1.

Таблиця 10.1

Приєднання	Тип вимикача	Умови вибору і перевірки	Довідникові дані	Розрахункові дані
Живильна лінія	ВВ/TEL -10-20/630/-У2	$U_{\text{МАХ}} \geq U_{\text{СР}}, \text{кВ}$	12	10,5
		$I_{\text{НВ}} \geq I_{\text{МАХ}}, \text{А}$	630	180
		$I_{\text{Н.ВДКЛ}} \geq I_{\text{П}}, \text{кА}$	20	3,24
		$\sqrt{2} \cdot I_{\text{Н.ВДКЛ}} \left(1 + \frac{\beta_{\text{Н}}}{100}\right) \geq \sqrt{2}$ $I_{\text{П}} + i_{\text{А}}, \text{кА}$	40	3,86
		$I_{\text{Д}} \geq I_{\text{П}}, \text{кА}$	20	3,24
		$i_{\text{Д}} \geq i_{\text{У}}, \text{кА}$	52	13,07
		$I_{\text{Т}}^2 \cdot \tau \geq B_{\text{К}}, \text{кА}^2 \text{с}$	520	13,07
Секційний вимикач	ВВ/TEL -10-20/630/-У2	$U_{\text{МАХ}} \geq U_{\text{СР}}, \text{кВ}$	12	10,5
		$I_{\text{НВ}} \geq I_{\text{МАХ}}, \text{А}$	630	90
		$I_{\text{Н.ВДКЛ}} \geq I_{\text{П}}, \text{кА}$	20	3,24
		$\sqrt{2} \cdot I_{\text{Н.ВДКЛ}} \left(1 + \frac{\beta_{\text{Н}}}{100}\right) \geq \sqrt{2}$ $I_{\text{П}} + i_{\text{А}}, \text{кА}$	40	3,86
		$I_{\text{Д}} \geq I_{\text{П}}, \text{кА}$	20	3,24
		$i_{\text{Д}} \geq i_{\text{У}}, \text{кА}$	52	13,07
		$I_{\text{Т}}^2 \cdot \tau \geq B_{\text{К}}, \text{кА}^2 \text{с}$	520	13,07
ТПП	ВВ/TEL -10-20/630/-У2	$U_{\text{МАХ}} \geq U_{\text{СР}}, \text{кВ}$	12	10,5
		$I_{\text{НВ}} \geq I_{\text{МАХ}}, \text{А}$	630	129
		$I_{\text{Н.ВДКЛ}} \geq I_{\text{П}}, \text{кА}$	20	3,24
		$\sqrt{2} \cdot I_{\text{Н.ВДКЛ}} \left(1 + \frac{\beta_{\text{Н}}}{100}\right) \geq \sqrt{2}$ $I_{\text{П}} + i_{\text{А}}, \text{кА}$	40	3,86
		$I_{\text{Д}} \geq I_{\text{П}}, \text{кА}$	20	3,24
		$i_{\text{Д}} \geq i_{\text{У}}, \text{кА}$	52	13,07
		$I_{\text{Т}}^2 \cdot \tau \geq B_{\text{К}}, \text{кА}^2 \text{с}$	520	13,07

Закінчення табл.10.1

ТП2	ВВ/TEL -10-20/630/-У2	$U_{MAX} \geq U_{CP}, \text{кВ}$	12	10,5
		$I_{НВ} \geq I_{MAX}, \text{А}$	630	51
		$I_{НВДКЛ} \geq I_{П}, \text{кА}$	20	3,24
		$\sqrt{2} \cdot I_{НВДКЛ} \left(1 + \frac{\beta_{П}}{100}\right) \geq \sqrt{2}$	40	3,86
		$I_{П} + i_{\Delta}, \text{кА}$		
		$I_{Д} \geq I_{П}, \text{кА}$	20	3,24
		$i_{Д} \geq i_{У}, \text{кА}$	52	13,07
		$I_{Т}^2 \cdot \tau \geq B_{К}, \text{кА}^2 \text{с}$	520	13,07

					<b>ДП 2024      141</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

## 11. Вибір вимірювальних трансформаторів струму та напруги.

### 11. 1. Вибір вимірювальних трансформаторів струму

Вибір ТС в приєднанні живильних ліній.

Вихідні дані розрахунків:

$$I_{\text{MAX}} = 180 \text{ A};$$

$$I_{\text{П}} = 3,24 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд}} = 8,25 \text{ кА};$$

$$B_{\text{К}} = 13,07 \text{ кА}^2 \text{ с.}$$

За табл. 4.1 [121] визначаємо прилади приєднані до ТС. Схема з'єднань ТС- неповна зірка. Так як в приєднанні ТС є лічильники то клас точності повинен бути 0,5. На рисунку 4.1 [12] показана схема з'єднань ТС та приладів. Визначаємо навантаження найбільш завантаженої фази, дані по приладах беремо з [2) табл. 6.26. Розрахунок ведемо в табличній формі, дані заносимо в таблицю 11.1 Технічні дані приладів

Прилад	Тип	Навантаження, ВА		
		A	B	C
Амперметр	Э-335	0,5	-	-
Лічильник активної енергії	И-672М	2,5	-	2,5
Лічильник реактивної енергії	И-673М	2,5	-	2,5
Разом		5,5		5

Визначаємо опір найбільш завантаженої фази:

$$Z_{\text{ПРИЛ}} = \frac{5,5}{25} = 0,22 \text{ Ом}$$

$I_{2\text{НОМ}} = 5 \text{ А}$ , опір контактів  $Z_{\text{К}} = 0,05 \text{ Ом}$  [1], так як кількість приладів не більша 3.

					<b>ДП 2024 141</b>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Вибір вимірювальних трансформаторів ТС та ТН</b>					
Розробив		Шевченко Ю..						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Мащенко О.А.							52	
Н. Контр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8		
Затвердив		Балюта С.М								

Таблиця 11.1

Умови вибору і перевірки	Довідникові дані ТЛ10-1	Розрахункові дані
$U_{НОМ} \geq U_{УСТ}$ , кВ	$U_{НОМ} = 12$	$U_{УСТ} = 10$
$I_{НОМ1} \geq I_{МАХ}$ , А або $I_{НОМ1} / I_{МАХ} = 100-120\%$	$I_{НОМ1} = 200$	$I_{МАХ} = 180$
$Z_{НОМ} \geq Z_P$ , Ом	$Z_{НОМ} = 0,4$	$Z_P = 0,22$
$I_{ДИН} \geq I_{УД}$ , кА	$I_{ДИН} = 51$	$I_{УД} = 8,25$
$I^2_{Г*} t \geq B_k$ , кА <sup>2</sup> с	$I^2_{Г*} t = 20^2 * 3 = 1200$	$B_k = 13,7$
Вид установки	Внутрішня	Внутрішня

Визначаємо розрахунковий опір:

$$Z_P = Z_{ПРИЛ} + Z_{ПР} + Z_K,$$

де  $Z_{ПР}$  - опір монтажного провoda.

$$Z_{ПР} = Z_{НОМ} - Z_{ПРИЛ} - Z_K,$$

$$Z_{ПР} = 0,4 - 0,22 - 0,05 = 0,13 \text{ Ом.}$$

Визначаємо мінімальний переріз монтажного провoda:

$$S_m = \frac{\rho \cdot l_p}{Z_{ПР}},$$

де  $\rho$  – питомий опір міді,  $\rho = 0,0172 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ ;

$l_p$  – розрахункова довжина провoda від ТС до приладів,

$$S_m = \frac{4 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,0172}{0,13} = 0,92 \text{ мм}^2.$$

За умовою механічної міцності переріз провodi повинен бути не менше  $2,5 \text{ мм}^2$ , вибираємо провід зі стандартним перерізом  $2,5 \text{ мм}^2 > 0,92 \text{ мм}^2$

					ДП 2024 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

### Вибір ТС в приєднанні ТТ1 1.

Вихідні дані розрахунків:

$$I_{\text{МАХ}} = 129 \text{ А};$$

$$I_{\text{П}} = 3,24 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд}} = 8,25 \text{ кА};$$

$$B_{\text{К}} = 13,7 \text{ кА}^2 \text{ с.}$$

За табл. 4.1 [12] визначаємо прилади приєднані до ТС. Схема з'єднань ТС- неповна зірка. Так як в приєднанні ТС є лічильники то клас точності повинен бути 0,5. На рисунку 4.1 [12] показана схема з'єднань ТС та приладів. Визначаємо навантаження найбільш завантаженої фази, дані по приладах беремо з [2] табл. 6.26. Розрахунок ведемо в табличній формі, дані заносимо в таблицю 11.2.

Технічні дані приладів

Прилад	Тип	Навантаження, ВА		
		А	В	С
Амперметр	Э-335	0,5	-	-
Лічильник активної енергії	И-672М	2,5	-	2,5
Лічильник реактивної енергії	И-673М	2,5	-	2,5
<b>Разом</b>		<b>5,5</b>		<b>5</b>

Визначаємо опір найбільш завантаженої фази:

$$Z_{\text{ПРИЛ}} = \frac{5,5}{25} = 0,22 \text{ Ом}$$

$I_{2\text{НОМ}} = 5 \text{ А}$ , опір контактів  $Z_{\text{К}} = 0,05 \text{ Ом}$  [1], так як кількість приладів не більша 3.

Умови вибору і перевірки	Довідникові дані ТЛ10-1	Розрахункові дані
$U_{\text{НОМ}} \geq U_{\text{УСТ}}$ , кВ	$U_{\text{НОМ}} = 12$	$U_{\text{УСТ}} = 10$
$I_{\text{НОМ1}} \geq I_{\text{МАХ}}$ , А або $I_{\text{НОМ1}} / I_{\text{МАХ}} = 100-120\%$	$I_{\text{НОМ1}} = 150$	$I_{\text{МАХ}} = 129$
$Z_{\text{НОМ}} \geq Z_{\text{Р}}$ , Ом	$Z_{\text{НОМ}} = 0,4$	$Z_{\text{Р}} = 0,22$
$I_{\text{ДИН}} \geq I_{\text{УД}}$ , кА	$I_{\text{ДИН}} = 52$	$I_{\text{УД}} = 8,25$



по приладах беремо з [2] табл. 6.26. Розрахунок ведемо в табличній формі, дані заносимо в таблицю 11.3.

Прилад	Тип	Навантаження, ВА		
		А	В	С
Амперметр	Э-335	0,5	0,5	0,5
Разом		0,5	0,5	0,5

Визначаємо опір найбільш завантаженої фази:

$$Z_{\text{ПРИЛ}} = \frac{0,5}{25} = 0,02 \text{ Ом}$$

$I_{\text{НОМ}} = 5 \text{ А}$ , опір контактів  $Z_{\text{К}} = 0,05 \text{ Ом}$  [1], так як кількість приладів не більша 3.

Таблиця 11. 3

Умови вибору і перевірки	Довідникові дані ТПЛ-10	Розрахункові дані
$U_{\text{НОМ}} \geq U_{\text{УСТ}}$ , кВ	$U_{\text{НОМ}} = 12$	$U_{\text{УСТ}} = 10$
$I_{\text{НОМ1}} \geq I_{\text{МАХ}}$ , А або $I_{\text{НОМ1}} / I_{\text{МАХ}} = 100-120\%$	$I_{\text{НОМ1}} = 100$	$I_{\text{МАХ}} = 90$
$Z_{\text{НОМ}} \geq Z_{\text{Р}}$ , Ом	$Z_{\text{НОМ}} = 0,4$	$Z_{\text{Р}} = 0,02$
$I_{\text{ДИН}} \geq I_{\text{УД}}$ , кА	$I_{\text{ДИН}} = 25$	$I_{\text{УД}} = 8,25$
$I^2_{\text{Т*}} t \geq B_{\text{К}}$ кА <sup>2</sup> с	$I^2_{\text{Т*}} t = 45^2 * 3 = 6075$	$B_{\text{К}} = 13,7$
Вид установки	Внутрішня	Внутрішня

Визначаємо розрахунковий опір:

$$Z_{\text{Р}} = Z_{\text{ПРИЛ}} + Z_{\text{ПР}} + Z_{\text{К}},$$

де  $Z_{\text{ПР}}$  - опір монтажного провода.

$$Z_{\text{ПР}} = Z_{\text{НОМ}} - Z_{\text{ПРИЛ}} - Z_{\text{К}},$$

$$Z_{\text{ПР}} = 0,4 - 0,02 - 0,05 = 0,33 \text{ Ом.}$$

Визначаємо мінімальний переріз монтажного провода:

$$S_{\text{м}} = \frac{\rho \cdot I_{\text{Р}}}{Z_{\text{ПР}}},$$

де  $\rho$  - питомий опір міді,  $\rho = 0,0172 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ ;





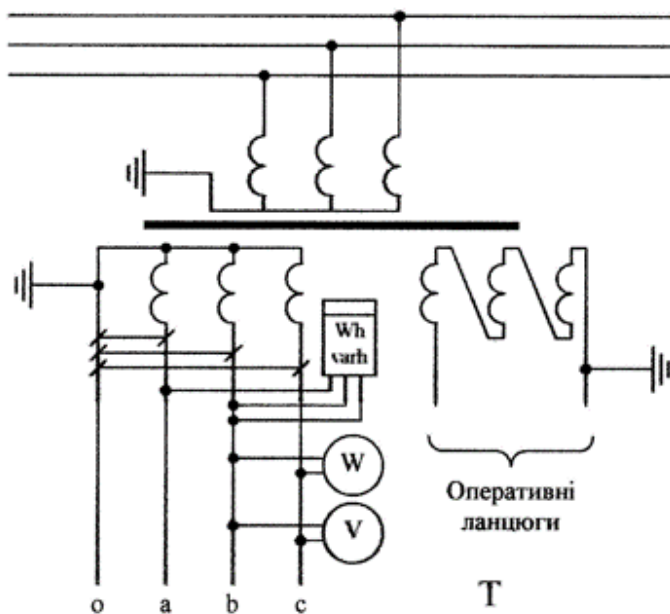
## 11. 2. Вибір вимірювальних трансформаторів напруги

Трансформатори напруги встановлюються на кожен секцію шин КРП-10.

**Трансформатори напруги встановлюються на кожен секцію шин КРП-10**

Для вибору ТН визначаємо навантаження приладів які підключаються до ТН однієї секції. Розрахунок робимо в табличній формі і заносимо в таблицю 11. 5. Дані по приладах беремо з [1] табл. 4.5.

**Схема підключення оперативних ланцюгів та приладів до трансформатора напруги**



Таблиця 11.5

Приєднання	Прилад	Тип	S <sub>к</sub> ВА	Кільк. катушок	□J□	Кільк. приладів	S <sub>p</sub>	
							P, Вт	Q, Вар
Живильна лінія	Wh	И-672М	8	2	0,25	1	4	15,5
	Varh	И-673М	8	2	0,25	1	4	15,5
КЛ до ТП-1	Wh	И-672М	8	2	0,25	1	8	31
	Varh	И-673М	8	2	0,25	1	8	31
КЛ до ТП-2	Wh	И-672М	8	2	0,25	1	8	31
	Varh	И-673М	8	2	0,25	1	8	31
С. Ш.	V	Э 378	2	1	1	1	2	0
Разом							42	155

$$S_p = \sqrt{P^2 + Q^2} ,$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$S_p = \sqrt{42^2 + 155^2} = 161 \text{ В} \cdot \text{А},$$

де  $S_p$  розрахункове навантаження обмотки НН трансформатора напруги.

Обираємо ТН типу НАМИТ-10 з такими параметрами:  $U_{\text{ном1}} = 10 \text{ кВ}$ ,  
 $K_T = 0,5_{\text{ном}} = 200 \text{ В} \cdot \text{А}$ ;  $S_{\text{ном2}} = 200 \text{ ВА} \geq 161 \text{ ВА}$

Визначаємо втрати напруги в з'єднувальних провідів.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_N \cdot z_{\text{пр}}}{U_{N2}} \cdot 100\% \leq 0.5\%,$$

$$\text{де } I_N = \frac{S_{\Sigma 2}}{U_N} = \frac{161}{100} = 1.61 \text{ А};$$

$$z_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l_p}{S_{\text{ст}}} = \frac{0.0172 \cdot 40}{16} = 0,043 \text{ Ом};$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 0,043}{100} \cdot 100\% = 0,148\% \leq 0.5\%.$$

Оскільки умова

**$\Delta U \leq 0.5\%$  виконується, приймаємо провід стандартним**

					<b>ДП 2024    141</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

## 12. ДИСПЕТЧЕРСЬКІ СЛУЖБИ ПІДПРИЄМСТВ

### ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

#### 12.1 Організаційні структури підприємств електричних мереж

Технічне обслуговування й ремонт електричних мереж (ЕМ), їх реконструкцію й розвиток на закріпленій території здійснюють підприємства електричних мереж (ПЕМ). Підприємства електричних мереж, як правило, обслуговують на своїй території ЕМ всіх рівнів напруги. Організаційна структура ПЕМ повинна забезпечувати ефективне вирішення основних завдань керування діяльністю персоналу й виробничих підрозділів. Вибір структури визначається обсягом ЕМ, площею території, на якій вони розміщені, ступенем спеціалізації персоналу й централізації обслуговування електромереж, числом електроустановок, різного виду й напруги, а також співвідношенням обсягів мереж напругою 35 кВ і вище й мереж 0,38-10 кВ.

При всьому різноманітті умов структури управління ПЕМ встановлюються, виходячи із прийнятих форм обслуговування ЕМ, і принципово можуть бути поділені на наступні три основні групи.

Функціональна структура управління, при якій всі електроустановки на підприємстві закріплюються за відповідними виробничими службами, що здійснюють ремонт і оперативно-експлуатаційне обслуговування ЕМ. Така схема організації управління застосовується на ПЕМ із компактною ЕМ при найбільшій дальності об'єктів обслуговування від бази підприємства не більше 50 км і часу проїзду не більше 1,5 години.

Територіальна структура управління, при якій електроустановки всіх напруг закріплюються за районами або ділянками ЕМ; служби в цьому випадку здійснюють технічне керівництво районами (ділянками), що безпосередньо обслуговують електроустановки, а також керівництво бригадами

					<b>ДП 2024 141</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		<i>Шевченко Ю.</i>			<b>ДИСПЕТЧЕРСЬКІ СЛУЖБИ ПІДПРИЄМСТВ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Мащенко О.А.</i>					61	
Н. Контр.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8			
Затвердив		<i>Балюта С.М.</i>						

централізованого обслуговування, які підлегли службам. Така схема застосовується на підприємствах, де довжина ПЛ 35 кВ і вище на території районів ЕМ не менше 600 км і бази районів вилучені від центральної бази ПЕМ більше ніж на 50-70 км.

Змішана структура управління (рис. 6.1), при якій окремі види електроустановок закріплюються за виробничими службами, а інші - за районами або ділянками ЕМ за територіальною схемою. Виходячи із цього, підприємства, в обслуговуванні яких перебувають мережі всіх напруг, мають, як правило, змішану схему управління. При цьому мережі 0,38-10 кВ поділяються на територіальні райони (ділянки), а мережі 35 кВ і вище обслуговуються персоналом виробничих служб. Спеціалізовані підприємства 0,38-10 кВ мають територіальну схему управління, а мережі 35 кВ і вище, розташовані на цій же території, обслуговуються іншим спеціалізованим підприємством. Кожне із цих підприємств має свої ремонтно-виробничі бази, канали зв'язку, служби механізації й транспорту й функціональні відділи управління електромережами. Функціональними відділами на ПЕМ є планово-економічний відділ, бухгалтерія, відділи капітального будівництва, матеріально-технічного постачання, кадрів, житлово-комунальний, адміністративно-господарський.

## 12.2 Райони розподільних мереж

Основними територіальними виробничими підрозділами підприємства є райони розподільних мереж (РРМ). Збіг границь РРМ і адміністративних районів поліпшує взаємодію організацій електропостачання з органами державного управління. Структура РРМ визначається обсягом і технічним станом електроустановок, конфігурацією ЕМ і їхнім географічним розташуванням, установленою системою організації робіт, наявністю ремонтних і експлуатаційних баз, спеціалізацією персоналу й іншими місцевими умовами.

На рисунку 12.1 показаний варіант організаційної структури РРМ (РЕМ) підприємства, що передбачає обслуговування розподільних мереж 0,38-10 кВ у межах адміністративного району.

					ДП 2024 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

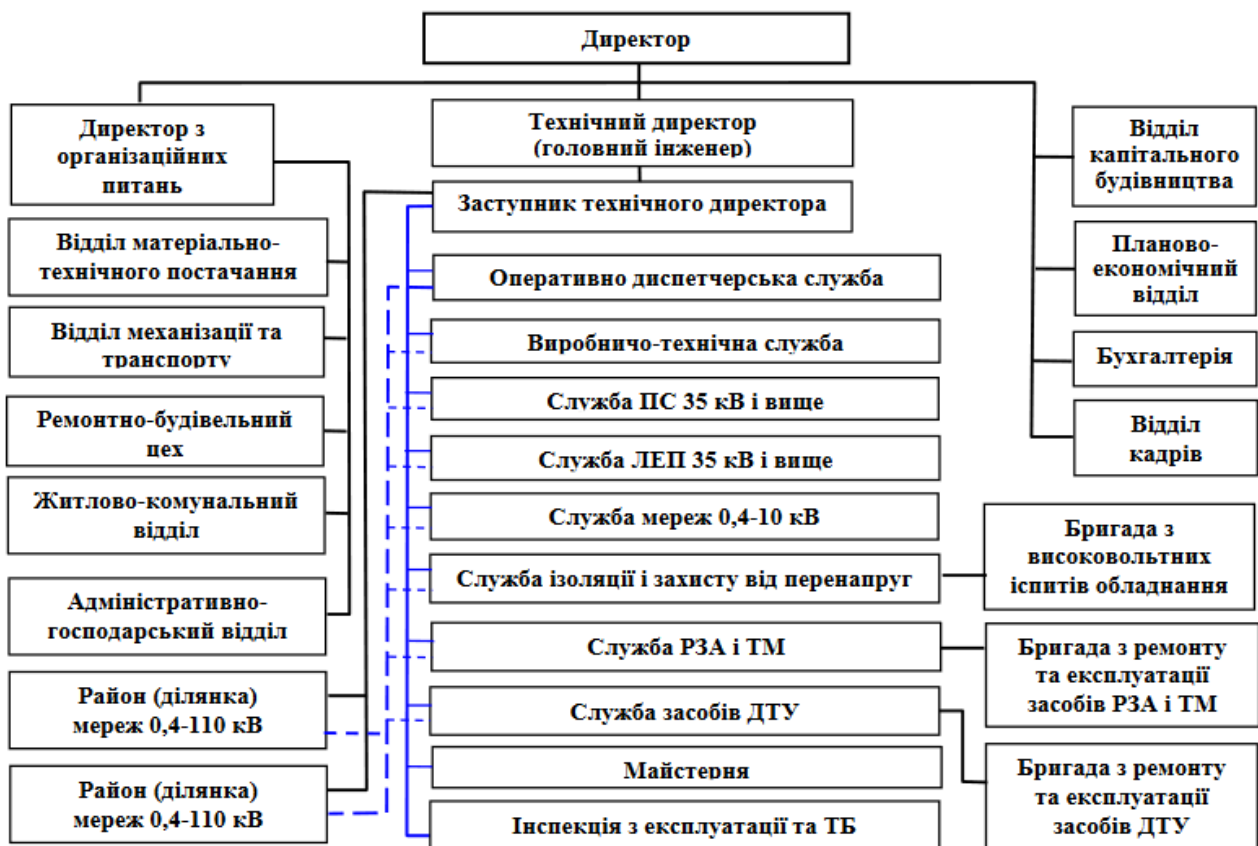


Рисунок 12.1 - Організаційна структура ПЕМ за змішаного управління

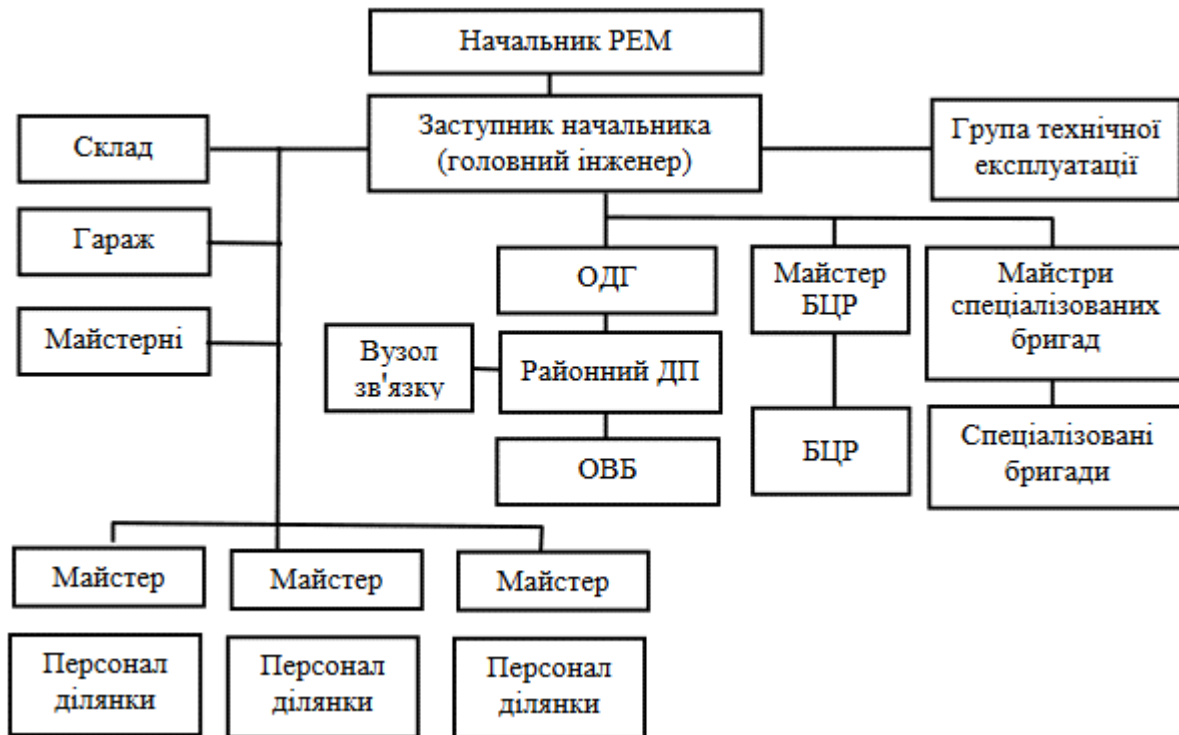


Рисунок 12.2 - Організаційна структура управління ПЕМ

Вважається доцільним покладати на РРМ обслуговування ПЛ 35-110 кВ (не менше 200-300 км) і підстанцій цих напруг, які в деяких випадках можуть

відноситися до розподільних. При меншій довжині ПЛ 35-110 кВ більш ефективне їхнє централізоване обслуговування в масштабі ПЕМ.

На основі наявного досвіду й проведених розробок при організації оперативного, технічного обслуговування й ремонту електричних мереж рекомендуються [14] наступні види оперативного й технічного обслуговування.

Оперативне обслуговування підстанцій 35 кВ і вище місцевим черговим оперативним персоналом, що передбачає, електромонтерів на підстанції або в безпосередній близькості від неї. До цього виду обслуговування відноситься постійне чергування на щиті управління підстанції й чергування вдома. При цьому чергування електромонтерів (одного або двох у зміну) може організовуватися цілодобово або окремими змінами, наприклад в основний робочий час. Чергування вдома встановлюється, зазвичай, по добі за умови, що житлові будинки електромонтерів розташовані на відстані до 1 км від підстанції і є зв'язок з відповідним диспетчером. Повинна бути також зроблена сигналізація про порушення режиму роботи на підстанції в місце проживання електромонтера. Подібний порядок обслуговування застосовується для підстанцій 35 кВ і вище, час проїзду до яких більш однієї години. На підстанціях 35-110 кВ у сільській місцевості, які переважно є центрами живлення розподільних мереж, оперативне обслуговування може здійснювати один електромонтер у зміну.

Оперативне й технічне обслуговування підстанцій 35 кВ вище персоналом оперативно-виїзних бригад (ОВБ) підстанцій передбачає відсутність на підстанціях спеціального чергового персоналу й обслуговування їх силами ОВБ. Персонал ОВБ підстанцій працює, як правило, цілодобово із тривалістю зміни 8 або 12 годин. Допускається робота ОВБ підстанцій в одну або дві зміни з передачею обслуговування в неробочу зміну іншій ОВБ підстанції, що працює цілодобово.

Підстанції, які обслуговуються ОВБ мають бути оснащені пристроями автоматики, що забезпечують нормальну роботу без втручання оперативного персоналу. До них відносяться пристрої автоматичного повторного включення (АПВ) ліній електропередачі, автоматичного включення резерву (АВР), наприклад резервного трансформатора підстанції, обладнання регулювання напруги під навантаженням (РПН), а також обладнання автоматичного управління охолодженням трансформатора. Крім того, для виключення помилок персоналу при установці й знятті переносних заземлень на приєднаннях встановлюють стаціонарні заземлюючі ножі.

Підстанції, що обслуговуються ОВБ підстанцій, повинні мати обладнання телеуправління або телесигналізацію за викликом, що забезпечують передачу інформації на диспетчерський пункт або опорну підстанцію із цілодобовим чергуванням персоналу. В окремих випадках допускається застосування тільки місцевої сигналізації за викликом або повідомлення про порушення електропостачання споживачем.

									Арк.
									64
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата					

Оперативне обслуговування розподільних мереж 0.38-10 кВ ОВБ розподільних мереж передбачає виконання силами ОВБ у зоні обслуговування тільки оперативної роботи, а також деяких робіт з відшукування й усунення несправностей. Чергування ОВБ зазвичай організують цілодобово, позмінно, а також цілодобово із правом відпочинку в нічний час у спеціально обладнаному приміщенні. Розглянутий вид обслуговування застосовується для розподільних мереж, що мають показник, що характеризує щільність мереж більш 200 чол. на 1000 км<sup>2</sup> з виконанням тільки оперативних робіт.

Оперативне й технічне обслуговування розподільних мереж 0,38-20 кВ ОВБ розподільних мереж передбачається для розподільних мереж, що мають показник щільності в межах від 15 до 200 чол. на 1000 км<sup>2</sup>. що живляться від підстанцій 35-110 кВ. Роботи ОВБ виконує тільки в розподільних мережах. При цьому частка робіт з технічного обслуговування повинна становити близько половини всього обсягу робіт, виконуваних ОВБ у закріпленій зоні.

#### 12.1 Оперативне й технічне обслуговування розподільних мереж 0,38-10 кВ і підстанцій 35-110 кВ ОВБ розподільних мереж і підстанцій.

При цьому обслуговуванні за ОВБ закріплюється зона, у границях якої персонал ОВБ під час чергування виконує всі оперативні роботи як у розподільних мережах 0,38-Ю кВ, так і на підстанціях 35-110 кВ. Технічне обслуговування в закріпленій зоні проводиться під час чергування при відсутності оперативної роботи або спеціально планується в певні робочі дні. Цей вид обслуговування застосовується для розподільних мереж, що мають показник щільності також 15-200 чол. на 1000 км<sup>2</sup> підстанцій, що живлять мережі 35-110 кВ. споживачі яких є в основному сільськогосподарськими. Робота ОВБ організують в однієї зміни або із чергуванням удома із правом відпочинку в нічні години.

У Київенерго оперативне управління й обслуговування основних і розподільних мереж прийняте за змішаною структурою управління. Відповідно цій організаційній структурі електроустановки 35 кВ і вище закріплені за виробничими службами підприємства й управляються диспетчером ПЕМ. Мережі напругою 0,38-10 кВ по територіальному принципу закріплені за районами електричних РМ і управляються його персоналом. Подібна схема управління в основному забезпечує нормальне оперативне обслуговування електромереж.

На відміну від загальноприйнятої схеми оперативно- диспетчерське управління основними й розподільними мережами в межах кожного РРМ підприємства здійснюється оперативно-диспетчерською службою (ОДС) ПЕМ і оперативно-диспетчерській групою (ОДГ) РРМ із використанням персоналу тільки РРМ (рис. 12.3).

									Арк.
									65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

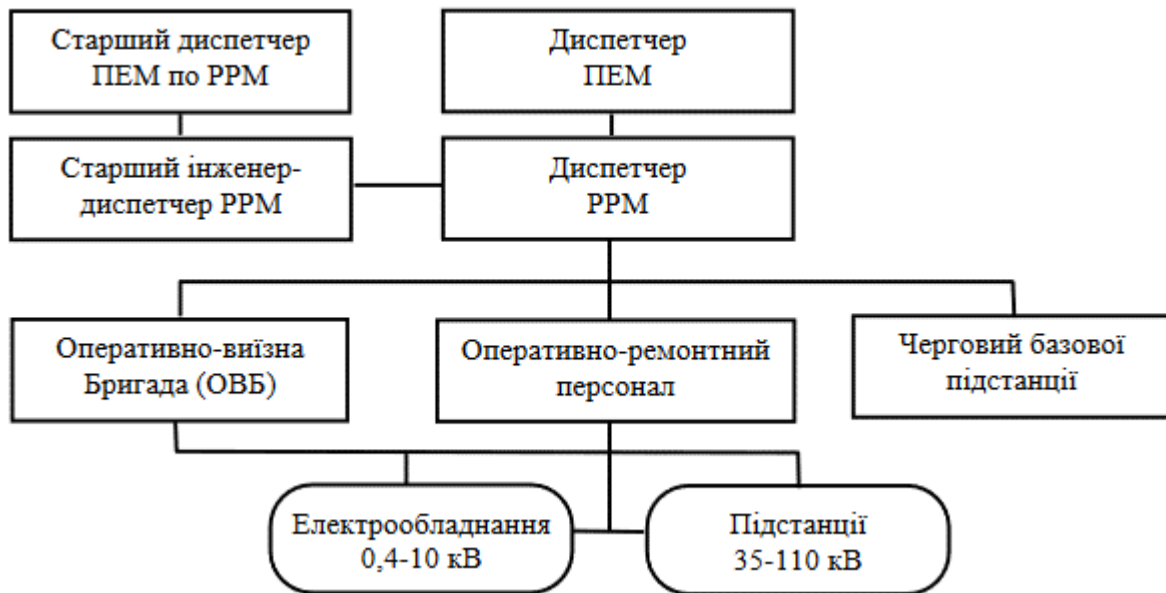


Рисунок 12.3 - Структурна схема оперативного управління району розподільних мереж

Така схема оперативного обслуговування дозволила скоротити кількість персоналу, зайнятого чисто оперативною роботою, насамперед тому, що в районах не створюються ОВБ для обслуговування тільки підстанцій 35-110 кВ. Скорочується час на переїзду ОВБ для виконання необхідних перемикань, оскільки ОВБ РРМ територіально розташовується набагато ближче до підстанцій, що обслуговуються. Разом з тим цей спосіб оперативного обслуговування сприяє підвищенню кваліфікації й відповідальності оперативного персоналу, тому що він одержує допуск на виконання перемикань на підстанціях 35-110 кВ свого району. З іншого боку, у цьому випадку диспетчер ПЕМ має можливість приділити більше уваги координації перемикань на зв'язках між мережами РРМ і перемиканням на найбільш складних і важливих підстанціях 110 і 220 кВ. Оперативно-диспетчерське управління електричними мережами всіх напруг у межах кожного району здійснюється оперативно-диспетчерською службою ПЕМ та оперативно-диспетчерською групою РРМ через спеціально навчений і допущений до оперативної роботи персонал.

### 12.2 Оперативно-диспетчерська група.

З метою більш чіткого управління електричними мережами функції управління ОДС ПЕМ, як більш високої, і ОДГ РРМ, як більш низької ланки оперативного управління, повинні бути розмежовані й виключений паралелізм у їхній роботі. Виходячи із цього, слід нагадати, що устаткування електричних мереж може перебувати в оперативному управлінні або веденні оперативного персоналу. Устаткування вважається таким, що перебуває в оперативному

управлінні оперативної особи, якщо воно може бути виведене з роботи або введено в роботу тільки за розпорядженням цієї особи. Устаткування вважається таким, що перебуває в оперативному веденні оперативної особи, якщо воно може бути виведене з роботи або введено в роботу тільки з дозволу цієї особи. Це означає, що перемикання в електроустановках, що перебувають на території РРМ і у веденні диспетчера ПЕМ, повинні проводитися персоналом РРМ тільки з дозволу диспетчера ПЕМ, а ті, що перебувають у його управлінні - тільки за його розпорядженням.

Оперативно-диспетчерська група (ОДГ) РРМ здійснює оперативно-диспетчерську роботу в електроустановках і вирішує наступні основні задачі:

- забезпечення надійного електропостачання споживачів у нормальному, ремонтному й аварійному режимах роботи ЕМ;
- керівництво оперативними перемиканнями в ЕМ РРМ і виконання комплексу організаційно-технічних заходів щодо забезпечення безпечного проведення ремонтно-експлуатаційних і аварійно-відбудовних робіт;
- контроль над рівнем напруги й регулювання його при необхідності;
- здійснення постійного контролю над відповідністю схеми електричної мережі і її елементів затвердженій нормальній схемі;
- вживання оперативних заходів по запобіганню аварій і ушкоджень і своєчасне інформування про відключення й несправності диспетчерові ПЕМ і керівництву РРМ;
- приймання, оформлення й узгодження зі споживачами заявок на відключення встаткування й ЛЕП; здійснення контролю над дотриманням строків ремонтних робіт і випробувань відповідно до дозволених заявок.

Зі сказаного випливає, що оперативне обслуговування включає наступні роботи: ліквідацію перерв в електропостачанні споживачів і інших порушень режиму мережі шляхом виконання перемикань у схемі мережі й неважких ремонтів, виконання планових перемикань для підготовки робочих місць за заявками ремонтних і інших підрозділів ПЕМ: проведення в необхідних випадках допуску до робіт і нагляду за безпечним їхнім виконанням.

Відповідно до місцевих положень персоналу ОДГ надане право при відсутності керівництва РРМ на усунення пошкоджень на встаткуванні й лініях електропередачі, які не можуть бути ліквідовані силами оперативно-виїзної бригади, організацію аварійно-відбудовних робіт. Для цього в будь-який час може залучатися ремонтний і експлуатаційний персонал РРМ, використовуватися потрібний транспорт, резервне встаткування, матеріали і інструмент.

Через ОДГ РРМ здійснюється також зв'язок ПЕМ із споживачами. При цьому розпорядження оперативного персоналу РРМ у частині забезпечення зо

					ДП 2024 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

внiшнього електропостачання й дотримання оперативної дисциплiни є обов'язковими для персоналу споживачiв. Оперативний персонал споживача, у тому числi й сiльськогосподарського, списки якого подаються до РРМ. оперативно пiдкоряється персоналу ОДГ. Він зобов'язаний з усіх питань електропостачання пiдтримувати зв'язок з ОДГ i пiвiдомляти про всi замiченi порушення в електропостачаннi для вживання заходiв по їхньому усуненню. Проводити будь-якi роботи, як i робити оперативнi перемикання в електроустановках, що належать РРМ. персоналу споживача забороняється. Разом з тим iнодi з метою запобiгання й прискорення лiквiдацiї можливих перерв електропостачання ОДГ може дати електротехнiчному персоналу сiльгоспiдприємств дозвiл виконувати

нескладнi роботи (операцiї з комутацiйною апаратурою низької напруги, замiна запобiжників тощо) в електроустановках. Необхiдними умовами для одержання такого права є спеціальне навчання персоналу сiльськогосподарського споживача й атестацiя його комiсiєю ПЕМ iз присвоєнням квалiфiкацiйної групи по технiцi безпеки не нижче III.

ОДГ є структурним пiдроздiлом РРМ i здiйснює оперативно- диспетчерське управлiння об'єктами РМ i пiдстанцiями 35-110 кВ на територiї даного району. Вона складається з п'яти диспетчерiв, один з них - старший диспетчер. або керiвник ОДГ РРМ. Персонал ОДГ в адмiнiстративно-технiчному вiдношеннi пiдкоряється начальниковi й заступниковi начальника РРМ. а в оперативному вiдношеннi - диспетчеровi ПЕМ. Для органiзацiї й контролю роботи оперативного персоналу РРМ до складу ОДС ПЕМ уведена посада заступника начальника (старшого диспетчера) ОДС iз функцiями особи, вiдповiдальної за диспетчерську й оперативну роботу в розподiльних електричних мережах.

Виконання функцiй персоналом ОДГ РРМ буде можливим, якщо диспетчер буде мати:

- повнi й достовiрнi данi про стан схеми електропостачання й окремих її елементiв;
- данi про режими роботи певних дiлянок електричної мережi й можливiсть безпосереднього втручання в роботу встаткування для змiни режиму їх роботи;
- можливiсть постiйного iнформацiйного зв'язку з оперативно- диспетчерським i ремонтно-експлуатацiйним персоналом свого РРМ i ПЕМ. а також з об'єктами електропостачання через осiб, що мають право вести оперативнi переговори.

Оперативно-виїзна бригада (ОВБ) є структурним пiдроздiлом РРМ. Оперативне керiвництво ОВБ здiйснює диспетчер ОДГ у свою змiну, а адмiнiстративно-технiчне - начальник РРМ або його заступник. Кожна змiна ОВБ складається iз двох людей - чергового електромонтера (старшого в змiнi), що має

					ДП 2024 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Пiдпис	Дата		68

кваліфікаційну групу по техніці безпеки не нижче IV. і шофера, що сполучає обов'язки електромонтера і має кваліфікаційну групу не нижче III. Як правило, у ході підготовки до роботи в ОВБ обоє члена бригади проходять навчання на цільових курсах у навчальному комбінаті енергосистеми. Тільки після успішного навчання й паралельних чергувань у складі працюючої ОВБ зазначений персонал допускається до самостійної роботи.

Успішна діяльність ОВБ визначається головним чином чіткістю й конкретністю завдань, які на неї покладають, знанням персоналом правил технічної експлуатації [9] й посадових інструкцій, умінням швидко орієнтуватися в складній обстановці, а також наявністю надійного працездатного транспорту й надійному зв'язку з диспетчером РРМ. В останні роки у зв'язку із широкою автоматизацією РМ велике значення набувають знання й уміння розбиратися в схемах і роботі елементів РЗА.

ОВБ здійснює оперативне обслуговування об'єктів розподільних мереж і підстанцій 35-110 кВ без постійного чергового персоналу. Основне завдання ОВБ полягає [2] у забезпеченні надійного електропостачання споживачів. Для його вирішення ОВБ веде систематичний контроль над станом устаткування, навантаженням ліній і трансформаторів, за рівнями напруг, виявляє ушкодження й забезпечує своєчасну й повну інформацію про них для диспетчера РРМ, при виникненні пошкоджень ухвалює всі необхідні заходи для негайного їхнього усунення й відновлення електропостачання споживачів. ОВБ безпосередньо виконує перемикання в ЕМ і здійснює допуск до ремонтних і аварійно-відбудовних робіт ремонтного персоналу відповідно до виданого наряду-допуску. Персонал ОВБ виконує окремі експлуатаційні роботи на об'єктах у зоні його обслуговування (скошування трави на територіях підстанцій, підсипання гравію під маслонаповнене устаткування, відновлення нумерації і написів тощо) при неповному завантаженні оперативною роботою. Крім того, персонал ОВБ повинен акуратно вести встановлену оперативно-технічну документацію, тримати в чистоті й порядку службове приміщення, дбайливо й правильно експлуатувати засоби зв'язку й транспорт.

ОВБ розміщається на диспетчерському пункті району в спеціально обладнаному приміщенні. Зона обслуговування однієї ОВБ обмежена межами адміністративного району з обсягом розподільних мереж 3-6 тис. умовних одиниць, на території якого перебувають 3-5 (в одному районі 10) підстанцій 35 і 110 кВ сільськогосподарського призначення. Кожна ОВБ оснащена автомобілем і радіостанцією. а також комплектами захисних засобів, пристосувань і інструмента.

### 12.2.3 Оперативно-ремонтний персонал.

Однією з особливостей роботи РРМ є необхідність в окремих випадках протягом робочого дня переривати провадження робіт на час проведення

					ДП 2024 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69



## 12.3 Обладнання диспетчерських служб

12.3.1 Диспетчерський пункт - центр системи диспетчерського управління, де зосереджує інформація про стан об'єктів системи електропостачання. До складу диспетчерського пункту входять: операторська (зал чергувань, кабінет), де знаходиться робоче місце диспетчера: апаратна з допоміжним обладнанням: контрольно-ремонтна майстерня з черговим персоналом, що обслуговує встаткування диспетчерського пункту: допоміжні приміщення.

Робоче місце диспетчера (оператора), диспетчерський пульти і диспетчерський щит розміщують так, щоб диспетчерові однаково добре були видні всі контрольні прилади, елементи сигналізації, екрани (табло), пристрої відображення інформації та промислового телебачення.

Розміри і оснащеність диспетчерського пункту залежать від виду та характеру контрольованих процесів і об'єктів управління. На диспетчерському пункті енергосистеми основне значення мають автоматична сигналізація та вимірювання, що вимагають безперервного спостереження. Це зумовлює розміщення відповідних пристроїв і приладів на диспетчерському щиті перед диспетчерським пултом. Число одночасно зайнятих диспетчерів залежить від складності системи управління та обсягу інформації, що надходить. На рисунку 12.4. як приклад, показаний диспетчерський пункт ЄЕС .

### 12.3.2 Диспетчерський пульти.

У приміщенні диспетчерського пункту знаходиться диспетчерських пульти - ряд панелей з органами управління, контролю, сигналізації та засобами диспетчерського зв'язку, за допомогою яких диспетчер контролює і координує хід робочого процесу на об'єкті управління .. Автоматизовані засоби збору, обліку, реєстрації та часткової обробки інформації, якими оснащуються диспетчерські пульти, полегшують контроль і реєстрацію даних. Із застосуванням спеціалізованих ЕОМ та методів математичної оптимізації диспетчерський пульти стає автоматизованим. Залежно від умов і специфіки об'єкта управління диспетчерський пульти часто конструктивно поєднують з диспетчерським щитом (рис. 12.4). або розташовують у безпосередній близькості від нього.

6.3.3 Диспетчерський щит. Диспетчерські пункти підприємств електроенергетики оснащуються диспетчерськими щитами, які призначені для оперативного візуального контролю та автоматичної реєстрації інформації про стан об'єктів, що входять у систему диспетчерського управління. Диспетчерський щит (рис. 12.4) зазвичай виконується у вигляді панелі, з розташованими на ній контрольними приладами, світловими індикаторами, мнемонічними схемами,

									Арк.
									71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

що відображають стан об'єкта, а також його реакцію на дії диспетчера. Диспетчерські щити також можуть включати екрани промислового телебачення (електростанції, ТП магістральних мереж).

#### 6.3.4 Мнемонічна схема.

Мнемосхема - сукупність елементів та пристроїв відображення інформації, які розміщені на лицьовому боці диспетчерського щита або спеціальних панелей перед пультом оператора (диспетчера) і в наочному виді представляють електричну схему об'єкта управління (електростанції, підстанції, електричної мережі) і стан комутаційних апаратів (рис. 12.4 ).

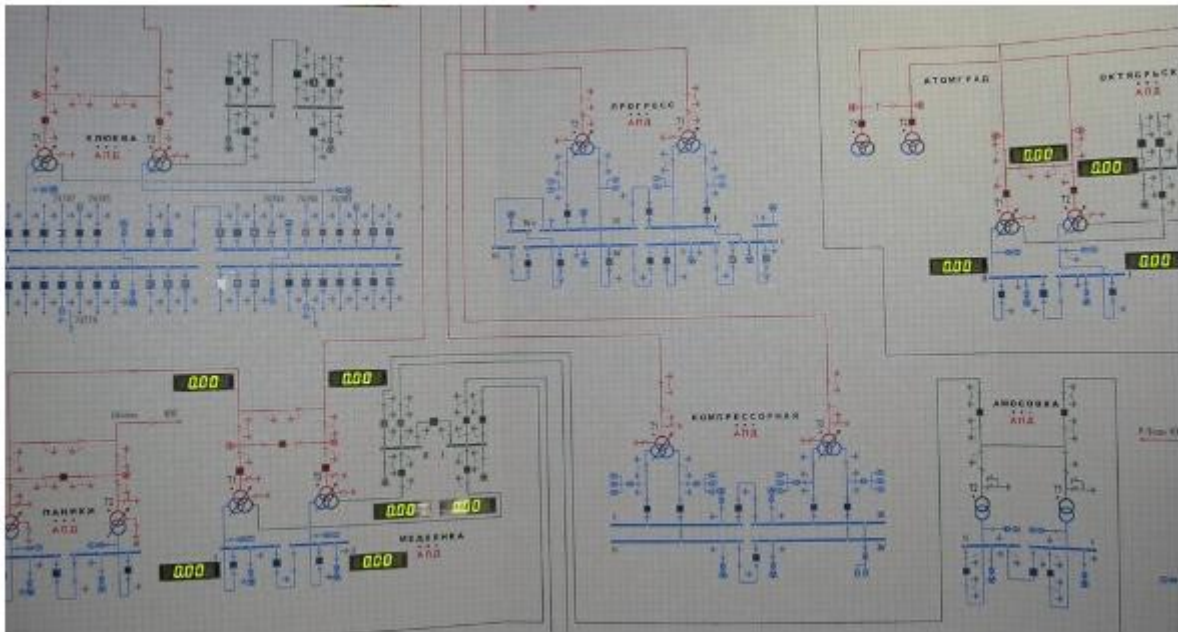


Рисунок 12.4 - Фрагмент мнемонічної схеми мозаїчного диспетчерського щита

Мнемонічна схема це спрощена модель об'єкта, що полегшує запам'ятовування його схеми, призначення різних приладів та обладнання, а також органів управління і способів дії за різних режимів роботи. Вона наочно показує стан (положення) об'єкта або хід виробничого процесу. Обладнання об'єкта та його внутрішні зв'язки зображуються на мнемонічній схемі відповідно до загальноприйнятих позначень електричних, технологічних та інших схем. Стан контролюваного процесу автоматично відображається на мнемосхемі сигнальними пристроями.

Мнемонічна схема електростанції (підстанції, електричної мережі) - сукупність елементів та пристроїв відображення інформації, що представляє в наочному виді електричну схему електростанції (підстанції, електричної мережі) і стан комутаційних апаратів, якій можуть бути додані функції управління.

Мнемонічні схеми підрозділяють на операторські та диспетчерські, які розрізняються складністю та масштабом відображуваних об'єктів (у першому випадку об'єкт, як правило, - зосереджений технологічний комплекс, у другому - територіально розподілена система, що складається з багатьох об'єктів і технічних комплексів), подробицею відображення окремих об'єктів і наявністю в операторських мнемосхемах убудованих органів управління. За принципом дії та технології виготовлення мнемосхеми поділяють на мімічні, світлові та комбіновані (напівсвітлові).

На мімічні мнемосхеми умовні позначки і сполучні лінії наносять фарбами або викладають кольоровими плитками (накладками). Безпосередньо в зображення окремих пристроїв і об'єктів управління на мнемосхемі, як правило, поміщають сигнальні лампочки двох кольорів: червоного - що позначає, що схема, машина або апарат включені, і зеленого - відповідні пристрої виключені. Зміна стану об'єкта управління (контролю) може бути показана також за допомогою різних механічних покажчиків, наприклад відхиленням стрілок, зсувом накладок, поворотом дисків з кольоровими секторами на них та ін. Мімічну мнемосхему застосовують головним чином там, де за характером виробничого процесу досить відобразити сам факт зміни стану або положення об'єкта (наприклад, заслінка "відкрита" або "закрита", "є струм" у ланцюзі або "немає струму" тощо), тобто там, де контрольна інформація має дискретний характер.

Набагато більші демонстраційні можливості надають світлові мнемосхеми, на яких інформація про стан контрольованого об'єкта відображається зміною кольоровості або яскравості світіння елементів, переміщенням світлового зайчика або нерівномірним підсвічуванням ділянок (ліній, секторів), зміною конфігурації або розмірів світлової плями тощо. До світлових мнемонічних схем належать також електролюмінесцентні, проєкційні, у тому числі кінопроєкційні, телевізійні та інші мнемосхеми.

У напівсвітлових мнемосхемах світловими роблять тільки основні вузлові елементи, а інші частини, як і на мімічних мнемосхемах, виконуються фарбами або накладками.

Вибір того або іншого типу мнемосхеми залежить від структури системи управління та характеру виробничих процесів, від функціональної схеми, призначення і ступеня автоматизації об'єкта управління. Досить часто мнемосхеми сполучають з вимірювальними приладами та пристроями, що поліпшує умови спостереження за об'єктом та підвищує її інформативність.

#### 12.4. Засоби диспетчерського і технологічного управління

НЕК "Укренерго". ЕЕС. енергооб'єкти енергетичних компаній оснащують засобами диспетчерського і технологічного управління відповідно до чинних нормативних документів [3. та інших]. Експлуатація засобів ДТУ повинна за-

					<b>ДП 2024      141</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

безпечувати постійне їх функціонування і готовність до дії за встановленої якості передачі інформації в нормальних режимах ОЕС України і у випадку технологічних порушень ОЕС.

Відомчі диспетчерські пункти електрифікованих залізниць, газо- і нафтопроводів, промислових підприємств мають необхідні засоби телемеханіки і зв'язку з диспетчерськими пунктами ЕЕС і енергопостачальних компаній в об'язі, погодженому з цими ЕЕС і компаніями. Інформація з абонентських підстанцій напругою 35 кВ і вище передається в залежності від конкретних умов як на відомчі диспетчерські пункти, так і на диспетчерські пункти ЕЕС або енергокомпаній. Обсяги і напрямки інформації, що передається з абонентських підстанцій, погоджуються відповідно з ЕЕС і енергокомпаніями.

Апаратура засобів ДТУ. встановлена на диспетчерських пунктах енергооб'єктів НЕК "Укренерго" ЕЕС і енергетичних компаній, закріплюється за службами засобів ДТУ відповідного рівня управління.

Експлуатація обладнання високої напруги високочастотних каналів телефонного зв'язку і телемеханіки на лініях електропередачі (конденсатори зв'язку, реактори високочастотних загороджувачів, заземлювальні ножі, пристрої антенного зв'язку, прохідні ізолятори, розрядники елементів настроювання і фільтрів приєднання) здійснюється персоналом, що обслуговує установки високої напруги.

Технічне обслуговування і перевірка датчиків і перетворювачів телевимірювань, що включаються в кола вторинних обмоток трансформаторів струму і напруги, виконується персоналом відповідних служб РЗА (електротехнічних лабораторій) і метрологічного забезпечення.

Перелік пристроїв і обладнання, що обслуговуються виробничими підрозділами засобів ДТУ, з вказівками меж обслуговування, затверджується відповідно керівництвом НЕК "Укренерго", ЕЕС, енергопостачальних компаній і енергооб'єктів. Відносини між службами, межі обслуговування засобів ДТУ зазначаються в положеннях про служби засобів ДТУ (зв'язку), складених для НЕК "Укренерго". ЕЕС, енергопостачальних компаній і енергооб'єктів на підставі чинних нормативних документів і з урахуванням оперативної підпорядкованості.

Технічна експлуатація магістральних кабельних ліній зв'язку, включно з ВОЛЗ, організовується відповідно до чинних нормативних документів по системах виробничого телефонного зв'язку НЕК "Укренерго" і правил технічної експлуатації лінійних споруд первинної мережі засобів зв'язку Державного комітету зв'язку України.

					ДП 2024 141	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оперативне і технічне обслуговування засобів ДТУ забезпечується:

- центральними службами засобів ДТУ НЕК "Укренерго" і ЕЕС:
- місцевими службами (групами) засобів ДТУ або місцевими вузлами зв'язку об'єктів:
- службами засобів ДТУ енергокомпаній;
- лабораторіями, що входять до складу служб засобів ДТУ.

З метою забезпечення безперебійної роботи засобів ДТУ в центральних і місцевих службах засобів ДТУ. а також у місцевих вузлах зв'язку організовується цілодобове чергування оперативного персоналу. Служби засобів ДТУ і місцеві вузли зв'язку оснащуються вимірювальними і перевірними пристроями, забезпечуються інструментом, матеріалами, запасними частинами. Автотранспорт. закріплений за службами засобів ДТУ. прирівнюється за режимом роботи до оперативного і надається без попередньої заявки.

Засоби ДТУ забезпечуються гарантованим електроживленням відповідно до чинних нормативних документів.

Структура і якісні показники виробничих телефонних мереж усіх рівнів повинні відповідати чинним нормативним документам з систем автоматизованого виробничого телефонного зв'язку НЕК "Укренерго" і Державного комітету зв'язку України.

Пристрої провідного зв'язку, включно з ВОЛЗ, захищаються від небезпечних і перешкоджаючих впливів електроустановок високої напруги відповідно до чинних нормативних документів.

Порядок і періодичність вимірів рівня перешкоджаючих впливів і завад, а також порядок дії персоналу вузлів зв'язку у разі перевищення допустимих значень цих впливів і завад, встановлюється відповідними інструкціями.

На лініях електропередачі, на яких організовані високочастотні канали зв'язку і телемеханіки, під час виконання робіт, що вимагають встановлення заземлення, застосовуються переносні заземлювальні високочастотні загороджувачі.

Виведення з роботи засобів диспетчерського зв'язку, систем телемеханіки і каналів зв'язку оформляється оперативною заявкою у встановленому порядку і за погодженням з диспетчерською службою відповідного рівня оперативного управління.

Пристрої телеуправління повинні виключати можливість помилкового вимкнення (увімкнення) обладнання у разі пошкодження будь-якого одного елемента цих пристроїв. На збірках пристроїв і панелей телемеханіки затискачі, випадкове з'єднання яких може викликати вимкнення або увімкнення обладнання. не повинні розташовуватись поруч.

									Арк.
									75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Методи виконання і режим експлуатації електричних кіл від датчиків (перетворювачів) телевимірювань і телесигналізації до пристроїв приймання й обробки інформації не повинні припускати завад, що призводять до спотворення цієї інформації.

Опір ізоляції електрично пов'язаних кіл пристроїв телемеханіки разом з їхніми зовнішніми зв'язками (за винятком зв'язків з електронно-обчислювальною технікою і апаратурою каналів телемеханіки) відносно корпусу апарату («землі»), а також між колами, електрично не пов'язаними між собою, вимірюється мегаомметром на напругу 250-500 В і має бути не нижчим ніж 0.5 МОм. У разі перевірки ізоляції кіл пристроїв телемеханіки, що містять напівпровідникові елементи, вживаються заходи для запобігання їхнього пошкодження. У пристроях із заземленим нульовим проводом перед перевіркою ізоляції цей провід від'єднують від землі. Опір ізоляції вихідних кіл телеуправління і кіл живлення напругою 220 В вимірюють мегаомметром на напругу 1000-2500 В. Він має бути не нижчим ніж 10 МОм.

Для виведення з роботи вихідних кіл телеуправління на електростанціях, підстанціях і диспетчерських пунктах повинні застосовуватися спеціальні загальні ключі або пристрої вимикання. Вимкнення кіл телеуправління і телесигналізації окремих приєднань проводиться на роз'ємних затискачах або на індивідуальних пристроях вимикання. Усі операції з загальними ключами телеуправління й індивідуальними пристроями вимикання, у колах телеуправління і телесигналізації дозволяється виконувати тільки за вказівкою або з дозволу диспетчера.

На передній і зворотній сторонах пристроїв, панелей і пультів засобів ДТУ наносяться оперативні написи, що вказують на їхнє призначення відповідно до диспетчерських найменувань, а на встановленій на ній апаратурі - написи або маркування. На провідниках зовнішніх кіл пристроїв телемеханіки наноситься маркування, яке відповідає виконавчим схемам.

Персонал виробничих підрозділів, що обслуговує засоби ДТУ, зобов'язаний періодично оглядати апаратуру відповідно до інструкцій, звертаючи особливу увагу на правильність положення пристроїв перемикачів і стан сигналізації несправностей.

Повні та часткові перевірки засобів ДТУ проводяться за затвердженим графіком, погодженим із диспетчерською службою відповідного рівня оперативного управління.

Усі несправності і неправильні дії засобів ДТУ негайно усуваються, враховуються й аналізуються у встановленому порядку.

									Арк.
									76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

### 13. Охорона праці

Технологічне обладнання, що нині використовується у виробничій діяльності, надзвичайно різноманітне за принципом дії, конструктивними особливостями, типами та габаритами. Однак не зважаючи на це існують деякі загальні вимоги, дотримання яких при конструюванні обладнання дозволяє забезпечувати вимоги безпеки при його експлуатації.

Нині існує дуже багато методів забезпечення безпеки технологічного обладнання, а з часом вони постійно будуть розширюватися й вдосконалюватися.

Конструктивні елементи технологічного обладнання не повинні мати гострих країв, кутів, нерівних, гарячих чи переохолоджених поверхонь.

Рухомі частини технологічного обладнання, а також пасові та ланцюгові передачі мають бути огорожені або захищені іншим шляхом якщо огороження не допускається.

Огороження запобігає проникненню людини або частини її тіла у небезпечну зону. Огороджувальні пристрої мають різноманітне конструктивне виконання. Вони бувають стаціонарні, рухомі та переносні і такі, що не погіршують спостережень за роботою технологічного обладнання. Вони повинні мати гладку поверхню, бути пофарбованими в один колір з технологічним обладнанням і виконуватися відповідно до вимог стандартів.

Крім цього варто звернути увагу на заходи безпеки при роботі з електроустановками, оскільки саме це обладнання є джерелом підвищеної небезпеки для життя та здоров'я працівників підприємства.

					<b>ДП 2024 141</b>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Охорона праці</b>		
Розробив		<i>Шевченко Ю.</i>					
Перевірив		<i>Мащенко О.А.</i>				77	
Н. Контр.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-8		
Затвердив		<i>Балюта С.М.</i>					

Приміщення, де є електроустановки, щодо можливості ураження людей електричним струмом поділяють на три категорії:

а) приміщення з підвищеною небезпекою, що характеризуються наявністю в них однієї з таких умов, що створюють підвищену небезпеку: сирості або струмопровідних підлог (металевих, земляних, залізобетонних, цегляних тощо), високої температури, можливістю одночасного доторкування людини до з'єднаних із землею метал ©конструкцій будівлі, технологічних апаратів, механізмів, з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання — з другого;

б) приміщення особливо небезпечні, що характеризуються наявністю однієї з умов, що створюють особливу небезпеку: великої сирості, хімічно активного середовища чи одночасною наявністю двох або більше умов підвищеної небезпеки (п. «а»);

в) приміщення без підвищеної небезпеки, в яких відсутні умови, що створюють підвищену небезпеку та особливу небезпеку.

Вибирають машини і апарати відповідно до Правил улаштування; електроустановок (ПУЕ).

Згідно з ПУЕ за умовами безпеки всі електроустановки поділяють на електроустановки з напругою до 1000 В та електроустановки, що мають напругу понад 1000 В.

Величина допустимої напруги залежить від призначення, пристрою, умов його експлуатації та стану навколишнього середовища.

Електроустановки з напругою до 1000 В допускається використовувати у виробничих приміщеннях за умови, що все електрообладнання має захищене виконання, яке не допускає доторкування до струмоведучих частин. Струмоведучі частини зборок щитів, установлені в приміщеннях і доступні для неелектротехнічного персоналу, повинні бути закриті суцільними захисними екранами.

					ДП 2024 141	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ємність конденсатора — відношення його заряду до напруги, при котрій він може отримати даний заряд.

Таким чином, опір тіла людини складається з ємнісного та активного опорів. Величина електричного опору тіла залежить від стану рогового шару шкіри, наявності на її поверхні вологи та забруднень, від місця прикладання електродів, частоти струму, величини напруги, тривалості дії струму.

Ушкодження рогового шару (порізи, подряпини, волога, потовиділення) зменшують опір тіла, а відтак — збільшують небезпеку ураження. Опір тіла людини в практичних розрахунках приймається рівним 1000 Ом.

Якщо до тіла людини прикласти два електроди і під'єднати напругу 15-20 В, то умовно можна вважати, що опір тіла складається з трьох послідовно ввімкнених опорів: двох однакових зовнішніх шарів шкіри і одного внутрішнього шару.

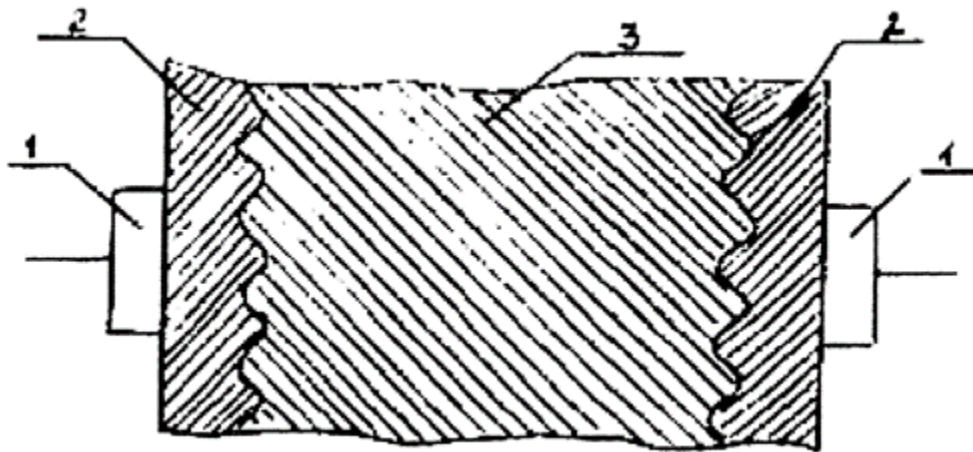


Рисунок 13.1 Схема вимірювання опору

1 - електроди; 2 - зовнішній шар шкіри - епідерміс; 3 - внутрішні тканини тіла.

Питомий об'ємний опір окремих ділянок тіла наведено в таблиці 13.1.

									Арк.
									79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

№ п/п	Ділянка тіла	Питомий об'ємний опір $\rho_{л}$ , Ом $\times$ м
1	Суха, чиста шкіра	$3 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^4$
2	Кісткова тканина	$10^3 - 2 \cdot 10^4$
3	Тлущова тканина	310 - 610
4	М'язова тканина	1,5 - 3
5	Кров	1 - 2
6	Спиномозкова рідина	0,5 - 0,6

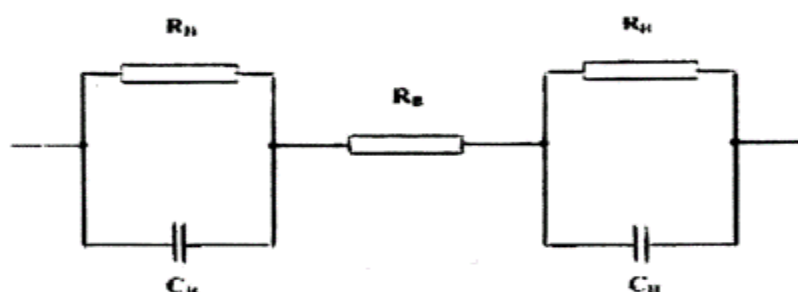


Рисунок 13.2 Схема заміщення опору тіла людини в електричному колі

$R_n$  - активний опір зовнішньою шару шкіри;

$C_n$  - ємність зовнішнього шару шкіри;

$R_b$  - внутрішній опір тіла.

Повний опір тіла людини  $Z_n$  визначається за формулою:

$$Z_n = \sqrt{\frac{4R_n(R_n + R_b)}{1 + f^2 C_n^2 R_n^2}} + R_b^2$$

де  $f$  - частота, Гц;

Отже, електричний опір тіла людини залежить від таких факторів:

									Арк.
									80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- стану шкіри (пошкодження рогового шару (мікротравми), зволоження, забруднення струмопровідним пилом тощо);
- місця електричного контакту та його площі, оскільки на різних ділянках тіла опір шкіри неоднаковий і залежить від товщини верхнього шару;
- величини струму і часу його проходження через тіло людини (із збільшенням струму і часу його проходження зростає температура шкіри, що приводить до розширення судин і припливу крові, від чого опір знижується);
- величини напруги (напруги дотику), оскільки збільшення напруги приводить до збільшення струму з наступним тепловим пробоем верхнього шару шкіри;
- частоти електричного струму. Зі збільшенням частоти повний електричний опір тіла зменшується, наближаючись до внутрішнього опору  $R_B$ .

Таким чином, можна зробити висновок, що опір тіла людини є змінною величиною, що має нелінійну залежність від багатьох чинників, а відтак від стану шкіри, фізичних параметрів електричного кола і стану навколишнього середовища.

Електричний опір епідермісу у 1000 разів більший за опір дерми (внутрішнього шару). Зовнішній шар епідермісу складається з мертвих ороговілих клітин, що не мають кровоносних судин і нервів, товщина яких на різних ділянках буває різною (0,02 - 0,2 мм). Найтовщим роговий шар буває у місцях, які підлягають механічній дії, утворюючи навіть мозолі. Роговий шар погано проводить тепло і електричний струм. У сухому непошкодженому стані він може розглядатись як діелектрик, питомий опір, якого сягає  $10^6$  Ом, що у сотні і тисячі разів перевищує опір інших ділянок шкіри та внутрішніх органів.

Опір шкіри людини змінюється у широких межах. Так, суха, чиста, непошкоджена шкіра може мати опір понад 100 000 Ом. Волога шкіра, порізи, подряпини, забруднення знижують опір до 1000 - 5000 Ом та збільшують електропровідність шкіри, а відтак і небезпеку ураження.

									Арк.
									81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2024 141				



Провідність людини в порівнянні з провідністю заземлення нейтралі має значно менші значення, а тому, з деяким припущенням можуть бути прирівняні до нуля, тобто :

$$Y_A = Y_B = Y_C = Y_N = 0$$

В цьому випадку рівняння для визначення напруги дотику (в дійсній формі) має вигляд:

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} \cdot \frac{R_x}{R_x + R_0} = 220 \cdot \frac{700}{700 + 4} = 218,8 \text{ В.}$$

Струм через людину:

$$I_x = \frac{U_{\phi}}{R_x + R_0} = \frac{220}{700 + 4} = 0,313 \text{ А.}$$

При аварійному режимі, коли одна із фаз мережі, наприклад фаза В, замкнута на землю через відносно малий активний опір , провідності двох інших фаз можна прийняти рівними нулю, тобто

$$Y_A = Y_C = 0.$$

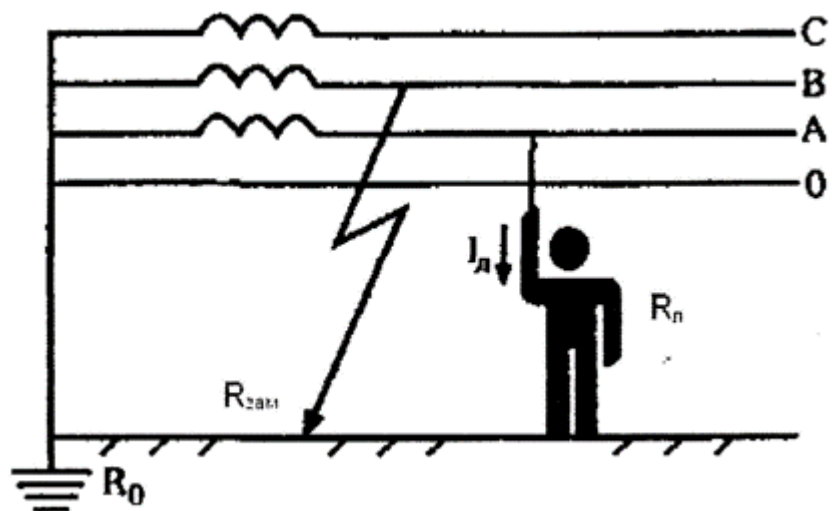


Рисунок 13.4 - Схема дотику до справної фази несправної мережі

В цьому випадку рівняння для визначення напруги дотику має вигляд:

						ДП 2024	141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				83

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} \cdot R_{\text{л}} \cdot \frac{R_{\text{зам}} + R_0 \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} \cdot R_0 + R_{\text{л}} \cdot (R_{\text{зам}} + R_0)} = 220 \cdot 700 \cdot \frac{80 + 4\sqrt{3}}{80 \cdot 4 + 700 \cdot (80 + 4)} = 226,4 \text{ В.}$$

Струм через людину:

$$I_{\text{л}} = U_{\phi} \cdot \frac{R_{\text{зам}} + R_0 \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} \cdot R_0 + R_{\text{л}} \cdot (R_{\text{зам}} + R_0)} = 220 \cdot \frac{80 + 4\sqrt{3}}{80 \cdot 4 + 700 \cdot (80 + 4)} = 0,323 \text{ А.}$$

Аналіз різних випадків дотику людини до проводів трифазних електричних мереж показує наступне:

— найменш небезпечним є однофазний дотик до провода справної мережі;

— при замиканні однієї з фаз на землю небезпека однофазного дотику до справної фази більша, ніж в справній мережі.

