

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**

**Кафедра електропостачання**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Дипломний проект**

**на здобуття ступеня бакалавра**

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма: «Системи забезпечення споживачів електричною енергією»

**на тему: «Електропостачання станційного виробничо-побутового**

**приміщення залізничної станції»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ОЕ-71

Конденко Віктор Анатолійович \_\_\_\_\_

Керівник:

к.т.н., доц. Ярмолюк О.С. \_\_\_\_\_

**Консультанти:**

Охорона праці та пожежна безпека

(назва розділу)

д.т.н., проф.Третькова Л.Д.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Нормоконтроль

(назва розділу)

ас. Прокопенко І. Д.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент

\_\_\_\_\_ (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**  
**Кафедра електропостачання**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма: «Системи забезпечення споживачів електричною енергією»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

на дипломний проект студенту

**Конденку Віктору Анатолійовичу**

**1. Тема проекту:** «Електропостачання станційного виробничо-побутового приміщення залізничної станції»,

керівник проекту к.т.н. доц. Ярмолюк О.С., затверджені наказом по університету від «27» травня 2021 р. №1353-с

**2. Термін здачі студентом закінченого проекту:** “18” червня 2021 р.

**3. Вихідні дані до проекту:** Схема розміщення споживачів системи електропостачання цеху, дані про навантаження цеху

**4. Перелік розділів, які мають бути розроблені:**

1. Спеціальне питання: - Загальні відомості про залізничні станції Укрзалізниці

2. Електрична частина: - Аналіз загальної схеми електропостачання цеху залізничної станції

3. Спеціальне питання: - Підвищення якості та надійності електропостачання цеху залізничної станції

4. Охорона праці: - Охорона праці та пожежної безпеки при заміні трансформатора

**5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:**

1. Однолінійна схема електропостачання цеху
2. План розміщення обладнання та електричних мереж ЦПП
3. Порівняльна характеристика технічних рішень
4. Оновлена схема живлення цеху

**6. Консультанти розділів проекту**

Розділ (частина)	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Релейний захист та автоматика</i>	<i>к.т.н., доц. Калінчик В.П.</i>		
<i>Розрахунки токів к.з.</i>	<i>доц. Несен Л.І.</i>		
<i>Охорона праці та пожежна безпека</i>	<i>д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>ас. Прокопенко І.Д.</i>		

7. Дата видачі завдання: “17” травня 2020 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ**

**ПЛАН-ГРАФІК**

**виконання дипломного проекту**

студентом Конденко В.А.  
(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту	Позначки керівника виконання про завдань
1	Розрахунок електричної частини	18.05.-02.06.21	
2	Розрахунок токів короткого замикання	26.05.-05.06.21	
3	Розрахунок релейної частини	05.06.-06.06.21	
4	Розробка частини ОППБ	06.06.-10.06.21	
5	Розробка першого розділу	02.06.-08.06.21	
6	Розробка третього розділу	08.06.-12.06.21	
7	Підготовка графічного матеріалу	10.06.-16.06.21	
8	Захист дисертації	21.06.21	

Студент  
Керівник проекту

Конденко В.А.  
Ярмолюк О.С.

## РЕФЕРАТ

Тема дипломної роботи «Електропостачання станційного виробничо-побутового приміщення залізничної станції» складається з 97 сторінок основного матеріалу, налічує 22 рисунок, 26 таблиць та 4 креслення.

Під час виконання дипломного проекту було проведено розрахунок навантажень цеху залізничної станції. Вибрано живлячі мережі напругою до 1 кВ та вище 1 кВ, силові трансформатори, апарати захисту та автоматики. Проведено розрахунок струмів короткого замикання.

У якості спец питання було проаналізовано проблеми якості та надійності електропостачання цеху, вибрано найбільш доступне можливе технічне рішення та підібрано електричні установки з необхідними характеристиками.

Ключові слова: ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, СИЛОВИЙ ТРАНСФОРМАТОР, ЖИВЛЯЧА МЕРЕЖА.

## ABSTRACT

The theme of the thesis "Power supply of station production and domestic premises of the railway station" consists of 97 pages of basic material, has 22 figures, 26 tables and 4 drawings.

During the implementation of the diploma project, the load calculations of the railway station shop were calculated. Supply networks up to 1 kV and above 1 kV, power transformers, protection devices and automation are selected. The calculation of short-circuit currents is carried out.

As a special issue, the problems of quality and reliability of power supply of the shop were analyzed, the most accessible possible technical solution was selected and electrical installations with the necessary characteristics were selected.

Key words: TRANSFORMER SUBSTATION, POWER TRANSFORMER, SUPPLY NETWORK.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАЛІЗНИЧНІ СТАНЦІЇ УКРЗАЛІЗНИЦІ .....	10
1.1 Укрзалізниця та її інфраструктура .....	10
1.2 Технічний стан енергоустановок, обладнання та інших ресурсів .....	11
1.2.1 Основні проблеми ресурсно-технічного забезпечення .....	11
1.2.2 Особливості електроустановок та енергозабезпечення .....	122
1.3 Аналіз мережі та споживачів електроенергії залізничних станцій.....	13
2 АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ .....	<b>ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.</b>
2.1 Умови проектування .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.1.1 Характеристика та особливості об'єкту проектування	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.1.2 Класифікація і загальна характеристика електроприймачів.....	<b>Ошибка!</b>
2.1.3 Класифікація кімнат об'єкта дослідження .....	18
2.1.4 Характеристика джерела живлення .....	20
2.1.5 Вибір напруги розподільної мережі .....	20
2.1.6 Формування пропозиції щодо лінійної складової приєднання до електричних мереж ОСР.....	21
2.2 Розрахунок електричних навантажень цеху	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.2.1 Загальна інформація щодо методики проведення розрахунку .....	<b>Ошибка!</b>
2.2.2 Вихідні дані для проведення розрахунку	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.2.3 Розрахунок електричних навантажень струмоприймачів цеху.....	25
2.2.3.1 Розрахунок навантаження обладнання цеху .....	25
2.2.3.2 Розрахунок навантаження освітлення.....	29

2.2.4 Розрахунок загального навантаження об'єкту проектування .....	32
2.3 Вибір трансформаторів і засобів компенсації реактивної потужності.....	34
2.4 Визначення центра навантаження об'єкту проектування.....	39
2.5 Живлячі і розподільні мережі .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.5.1 Вибір схеми розподільної мережі.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.5.2 Обґрунтування встановлення розподільчих пунктів високої напруги .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.5.3 Розрахунок перерізу розподільчих мереж 10 кВ	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.5.4 Розрахунок перерізу привідників для мереж 0,4 кВ	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.5.5 Перевірки відповідності якості електроенергії до вимог показників якості	43
2.6 Комутаційна апаратура розподільної мережі.....	46
2.6.1 Апаратури живлячої мережі.....	46
2.6.2 Апаратури розподільної мережі .....	46
2.6.3 Вибір трансформаторів струму та напруги .....	46
2.7 Розрахунок струмів короткого замикання.....	46
2.7.1 Розрахунок струмів короткого замикання в електричній мережі вище 1 кВ .....	47
2.7.2 Розрахунок струмів короткого замикання в мережах нижче 1000 В.....	59
2.8 Релейний захист та автоматика.....	67
2.8.1 Загальні вимоги до релейного захисту і автоматики в мережах 10/0,4 кВ.	67
2.8.2 Вибір елементів релейного захисту і автоматики.....	69
2.8.3. Перевірка селективності елементів РЗА .....	70
2.9 Організація обліку електричної енергії .....	71
2.10 Економічні характеристики проекту.....	72
2.10.1 Розрахунок вартості приєднання до електричних мереж ОСР .....	72
2.10.2 Формування загальної специфікації обладнання і матеріалів.....	72
Висновки .....	73

					НТУУ 001.7106.043 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ .....	74
3.1 Аналіз мережі системи електропостачання цеху .....	74
3.1.1 Аналіз споживачів цеху .....	74
3.2 Заходи зі зменшення втрат в розподільних мережах .....	75
3.2.1 Організаційні заходи.....	76
3.2.2 Технічні заходи.....	77
3.2.3 Заходи щодо підвищення надійності роботи електричних мереж .....	77
3.3 Оновлення окремих елементів мережі живлення цеху .....	79
Висновки .....	82
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ЗАМІНИ ТРАНСФОРМАТОРА.....	83
4.1 Загальна характеристика об'єкта, технічні характеристики серійного енергетичного устаткування та систем енергопостачання .....	83
4.2 Визначення обсягів і послідовності робіт у ході експлуатації або під час модернізації енергетичного об'єкту .....	84
4.3 Визначення та оцінка показників умов праці на робочих місцях .....	84
4.4 Визначення та оцінка шкідливих і небезпечних виробничих чинників.....	85
4.5 Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці.....	86
4.6 Вибір засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників .....	87
4.7 Вибір заходів із запобігання та ліквідації наслідків пожеж і вибухів .....	88
4.8 Розрахунок захисного заземлення .....	88
Висновки .....	93
ВИСНОВОК.....	94
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	95



## ВСТУП

Метою дипломного проекту було аналіз систем гарантованого живлення електроенергією. Ця тема була обрана, оскільки в усі часи питання резервного живлення є принциповим для промислових об'єктів.

Об'єктом дипломної роботи є цех по обробці корпусних деталей

Основні задачі дипломного проекту

1) Розглянути загальні відомості про систем гарантованого живлення електроенергією.

2) Проаналізувати схемні рішення систем гарантованого живлення та реалізувати в умовах електропостачання цеху

3) Проаналізувати споживачів цеху щодо необхідності резервування живлення

4) аналіз та вибір джерел гарантованого живлення

					НТУУ 001.7106.043 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАЛІЗНИЧНІ СТАНЦІЇ УКРЗАЛІЗНИЦІ

## 1.1 Укрзалізниця та її інфраструктура.

«Укрзалізниця» - національний перевізник вантажів та пасажирів, метою діяльності якого є задоволення потреб у безпечних та якісних залізничних перевезеннях у внутрішньому та міжнародному сполученні, забезпечення ефективного функціонування та розвитку залізничного транспорту та ін.

Для ефективного управління залізничним транспортом та забезпечення потреб господарства й населення в перевезеннях Кабінет Міністрів України 14 грудня 1991 року видав постанову «Про створення Державної адміністрації залізничного транспорту України». У 2015 році було засноване державне акціонерне товариство залізничного транспорту загального користування АТ «Укрзалізниця». У січні 2017 року компанія перейшла в управління Кабінету міністрів України (попереднім керівництвом було Мінінфраструктури), а вже у 2018-му компанія була перетворена з публічної на приватну.

Компанія забезпечує 82 % вантажних і майже 50 % пасажирських перевезень, які здійснюються усіма видами транспорту.

Робоча структура Укрзалізниці налічує:

1614 станцій, 120 основних вокзалів. Депо: 50 локомотивних, 43 вагонних, 13 вагонних пасажирських.

Інфраструктура: 26 дирекцій залізничних перевезень, 41 дистанція енергопостачання, 66 дистанцій сигналізації та зв'язку, 100 дистанцій колії, 33 дистанції цивільних споруд.

Експлуатаційна протяжність головних ділянок - 22,3 тис.км, розгорнута довжина ділянок - 24,1 тис.км, електрифікованих ділянок - 9763 км (63%)

					НТУУ 001.7106.043ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Конденко			Загальні відомості про залізничні станції Укрзалізниці			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Ярмолюк								10	5
Реценз.								ІЕЕ, ОЕ-71-6			
Н. Контр.		Прокопенко									
Затверд.											

Рухомий склад: 57,7 тис вантажних вагонів, 3883 пасажирських вагонів , 63 фірмових пасажирських поїздів, 720 магістральних тепловозів, 1256 маневрових тепловозів 1720 магістральних електровозів, 1693 секцій електропоїздів та дизель-поїздів.

Середня чисельність працівників основної діяльності залізниць України - 385 тис. чол..

## **1.2 Технічний стан енергоустановок, обладнання та інших ресурсів**

### **1.2.1 Основні проблеми ресурсно-технічного забезпечення**

До 2013 р спостерігалось входження українських залізниць в фазу системної кризи. Головними його особливостями були:

- Висока зношеність тягового складу - середній знос становив майже 90%.
- Висока зношеність вагонного парку - в 2013 році середній вік вагонів склав 28 років. Знос вантажних вагонів становив 89% [24].
- Невеликі обсяги закупівлі нового рухомого складу, з яким є ряд серйозних проблем.

Після політичної кризи 2014 року стан українських залізниць погіршився. У 2014 році радник міністра інфраструктури А. Кава висловився так: «три чверті тепловозів на залізниці і кожен третій електровоз експлуатуються з простроченим ремонтом». У 2015 році міністр інфраструктури України А. Пивоварський назвав технічний стан залізниці «жахливим»: «... більше 90% тяги в незадовільному стані. Близько 80% вагонів в незадовільному стані. А по полотну говорити навіть не буду».

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

### 1.2.2 Особливості електроустановок та енергозабезпечення.

Окрім вищевказаних проблем, високі ціни на нафтопродукти роблять дизельну тягу економічно не вигідною для підприємства, підвищуючи собівартість перевезень.

Один із шляхів вирішення проблеми, прийнятий урядом України, - електрифікація залізниць. Однак особливістю мережі залізниць України є те, що історично в країні склалося, що ще за часів СРСР окремі ділянки шляху були електрифіковані по-різному: на початку електрифікації її вели на постійному струмі напругою 3 кВ, це були основні завантажені шляхи в районах Донбасу, Криворіжжя, від Львова через Карпатські перевали в Закарпатті, від Харкова через Придніпров'я до Криму; в подальшому інша частина залізничних шляхів України електрифіковані на змінному струмі напругою 25 кВ (підвищена напруга дає економію на електроматеріалі, на різкому скороченні витрат на будівництво електропідстанцій, а також допускає передачу більшої електричної потужності на локомотив, тобто дозволяє вести більш великогабові склади і прискорити рух ). Так була електрифікована центральна Україна (включно з містом Київ і напрямком на Москву), виходи до портів Одеси, шлях Київ - Львів спочатку через Бердичів, потім через Коростень і Тернопіль.

При електрифікації перспективних ділянок залізничної мережі України зараз перевагу віддають змінному струмі більш високої напруги (~ 25 кВ). Однак якщо потрібно електрифікувати ділянку шляху в оточенні мережі з постійним струмом (= 3 кВ), то і на цій ділянці доводиться використовувати це знижена напруга = 3 кВ.

Електричні мережі АТ „Укрзалізниця” за своїм технічним станом в цілому забезпечують надійне енергопостачання споживачів. Однак, існує низка проблем, що негативно впливає на якість енергозабезпечення:

— має місце значне фізичне зношення електричних мереж та обладнання (велика частина мереж знаходиться у експлуатації понад 40 років);

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– проектування та будівництво розподільчих мереж у попередні роки не відбувалося в достатньому обсязі.

На сьогодні понад 13,34% ліній електропередавання напругою 35 (27,5) кВ та 17,2% ліній електропередавання напругою 10(6) кВ прийшли в технічно непрацездатний стан, близько 13,6% трансформаторів напругою 35-110 (150) кВ і 13,2 % трансформаторів напругою 10(6) кВ відпрацювали передбачений технічною документацією термін експлуатації, мають значні втрати, недостатню надійність та потребують заміни.

### **1.3 Аналіз мережі та споживачів електроенергії залізничних станцій.**

Окрім надання послуг вантажних та пасажирських перевезень, Укрзалізниця також виконує функції оператора системи розподілу (ОСР) електроенергії. Зазвичай, від мережі електропостачання, до якої підключені залізничні станції, живляться три типи споживачів: станційні, допоміжні структури та побутові споживачі.

До станційних споживачів відноситься усе обладнання та ресурси, які беруть участь у здійсненні вантажних та пасажирських перевезень, обслуговуванні пасажирів та контролю за якістю та справністю технічних ресурсів станції. Більша частина такого обладнання знаходиться на відкритому просторі, тому для них важливе значення має рівень захисту як каналів підведення електропостачання, так і окремих споживачів.

Допоміжні структури являють собою підрозділи, які займаються обслуговуванням, ремонтом та іншими технічними роботами, необхідними для забезпечення ефективного та безперебійного функціонування усіх частин залізничної станції. Прикладами таких структур є відкриті кранові установки, рухомий ремонтний склад, залізничні депо, цехи та ін..

Побутовими споживачами вважаються усі адміністративні будівлі в межах залізничної станції та інші житлові будівлі (за наявності), підключені до мережі цієї ж залізничної станції.

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Структура розподільної мережі визначається її призначенням та вимогами до надійності електропостачання. Для станційних споживачів використовують мережу середньої напруги (СН) 6, ..., 20 кВ. Вони виконуються як кабельними, так і повітряних лініями електропередачі і призначені для розподілу електроенергії окремим групам промислових та побутових споживачів. Такі розподільні мережі являють собою сукупність розподільних ліній 6–10 кВ і трансформаторних підстанцій (ТП) 6–10/0,4 кВ від яких, здійснюється живлення допоміжних структур та побутових споживачів, що знаходяться в межах території залізничної станції.

Конструктивне виконання розподільних мереж 6 – 10 кВ насамперед залежить від кількості і потужності ТП (не більше 0,63–1 МВт на одне ТП) і довжини ЛЕП (не більше 5 км). На станції розподільні мережі всіх напруг здебільш виконуються кабельними лініями електропередач. У моєму випадку, РП розташовуються в окремих будівлях, а ТП біля будівель.

## Висновки

В цьому розділі я розглянув структурні питання матеріально-технічного забезпечення залізничних станцій, робочі процеси, які входять у повноваження підприємства та основні проблеми, які потребували і потребують рішень на даний момент. Проаналізувавши мережу і типи споживачів електроенергії залізничної станції я визначив можливі точки покращення СЕП.

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ

### 2.1 Умови проектування

#### 2.1.1 Характеристика та особливості об'єкту проектування

У данному дипломному проекті, об'єктом дослідження є цех промислового підприємства (ЦПП), який є індивідуальною частиною мережі, та виконує різні замовлення підприємства, пов'язані з виготовленням, обробкою та ремонтом деталей та з'єднувальних елементів [2]. Всередині цеху розміщені: зварювальні агрегати, мостові крани, зубофрезерні, шліфувальні, токарні, заточувальні, строгальні, фрезерні верстати та вентилятори.

ЦПП живиться від власної трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ (ТП), яка знаходиться біля цеху. Територія на якій побудовано цех має рівний рельєф.

Будівля цеху складається з 3-ох основних приміщень, таких як: зварювальний відділ, вентиляційна камера та велика кімната з верстатами та кранами. Розміри ЦПП А х В х Н = 40 х 32 х 10 м. Будівля має лише один поверх.

#### 2.1.2 Класифікація і загальна характеристика електроприймачів

Електроприймачі даного цеху працюють на напрузі 380 В при трифазному змінному струмі промислової частоти 50 Гц. Освітлення використовує напругу 220 В при аналогічних струмах і частоті.

Споживачі електричної енергії цеху мають II та III категорії надійності електропостачання у відношенні 9,1% і 90,9%. Згідно ПУЕ [6]:

ЕП II категорії необхідно забезпечувати резервним джерелом живлення.

					НТУУ 001.7106.043ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Конденко			Аналіз загальної схеми електропостачання цеху залізничної станції			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Ярмолюк								15	59
Реценз.								ІЕЕ, ОЕ-71-6			
Н. Контр.		Прокопенко									
Затверд.											

В разі порушення електропостачання від одного з джерел живлення переривання електропостачання є допустимим на час, необхідний для увімкнення резервного живлення.

Для ЕП III категорії електропостачання може здійснюватися від одного джерела живлення за умови, що час переривання електропостачання, необхідний для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, не перевищує однієї доби.

Обладнання всередині цеху:

- Зварювальні апарати: 4 штуки, потужністю 10 кВт кожен. Призначений для зварювання корпусних деталей.
- Мостові крани: 2 штуки, потужністю 30 кВт кожен. Призначений для підйому і переміщення вантажу в приміщенні або під навісом.
- Зубофрезерні верстати: 4 штуки, потужністю 15 кВт кожен. Призначений для обробки фрезою плоских і фасонних поверхонь, тіл обертання, зубчастих коліс та інших заготовок.
- Шліфувальні верстати: 5 штук, потужністю 12 кВт кожен. Призначені для усунення окалини, полірування, вирівнювання, видалення задирок і інших дефектів.
- Токарні верстати: 8 штук, потужністю 2,5 кВт кожен та 7 штук, потужністю 2,5 кВт кожен. Використовують при обробці невеликих деталей.
- Вентилятори: 3 штуки, потужністю 10 кВт кожен. Призначені для фільтрації повітря.
- Стругальні верстати: 3 штуки, потужністю 6,5 кВт кожен. Призначені для обробки дрібних, середніх або великих виробів.
- Фрезерні верстати, 6 штук, потужністю 9,5 кВт кожен. Призначений для обробки фрезою плоских і фасонних поверхонь, тіл обертання, зубчастих коліс та інших заготовок.
- Заточувальні верстати: 3 штуки, потужністю 2,5 кВт кожен. Призначені для здійснення технологічних операцій заточування і доведення

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



ріжучих інструментів на заключному етапі їх виготовлення і відновлення ріжучих властивостей затупленого інструменту.

Таблиця 2.1 - Таблиця електроприймачів в ЦПП

Номери на плані цеху	Назва ЕП	Кількість, шт.	Номінальна потужність $P_n$ , кВт
1, 2, 3, 4	Зварювальні агрегати, ТВ = 40%	4	10
5, 6	Мостові крани, ТВ = 60%	2	30
7–10	Зубофрезерні верстати	4	15
11–13	Шліфувальні верстати	3	4
14–17	Токарні верстати	4	10
18–20	Вентилятори	3	54
21–23	Стругальні верстати	3	12
24–29	Фрезерувальні верстати	6	9,5
30–32, 37–40	Токарні верстати	7	2,5
33–36	Токарні верстати	4	10
41–43	Заточувальні верстати	3	2,5

Усі споживачі електричної енергії являються трифазними, (окрім освітлення цеху). Тому допустиме відхилення напруги не має бути більше ніж +/- 10%, а частоти +/- 1%, якщо відхилення буде більшим, є ризик виникнення проблем у роботі споживачів і це може закінчитися поломкою деяких із них.

### 2.1.3 Класифікація кімнат об'єкта дослідження

Таблиця 2.2 - Характеристика приміщень

Приміщення	Категорія вибухо-пожежної небезпеки	Категорія пожежної небезпеки
Верстатне відділення	В-Па	П-Па
Вентиляційне відділення	-	П-П
Зварювальний відділ	В-Па	П-П

На випадок утворення надзвичайної ситуації (пожежа, вибух та ін.), розділом охорона праці підприємства, повинен бути створений план евакуації з підприємства, з яким має бути ознайомлений кожен працівник, і використовувати його в разі потреби. Евакуація має проходити в залежності від обставин під час надзвичайної ситуації, проводиться загальна або часткова евакуація населення тимчасового або безповоротного характеру. Даний план вказаний на рисунку 2.1.

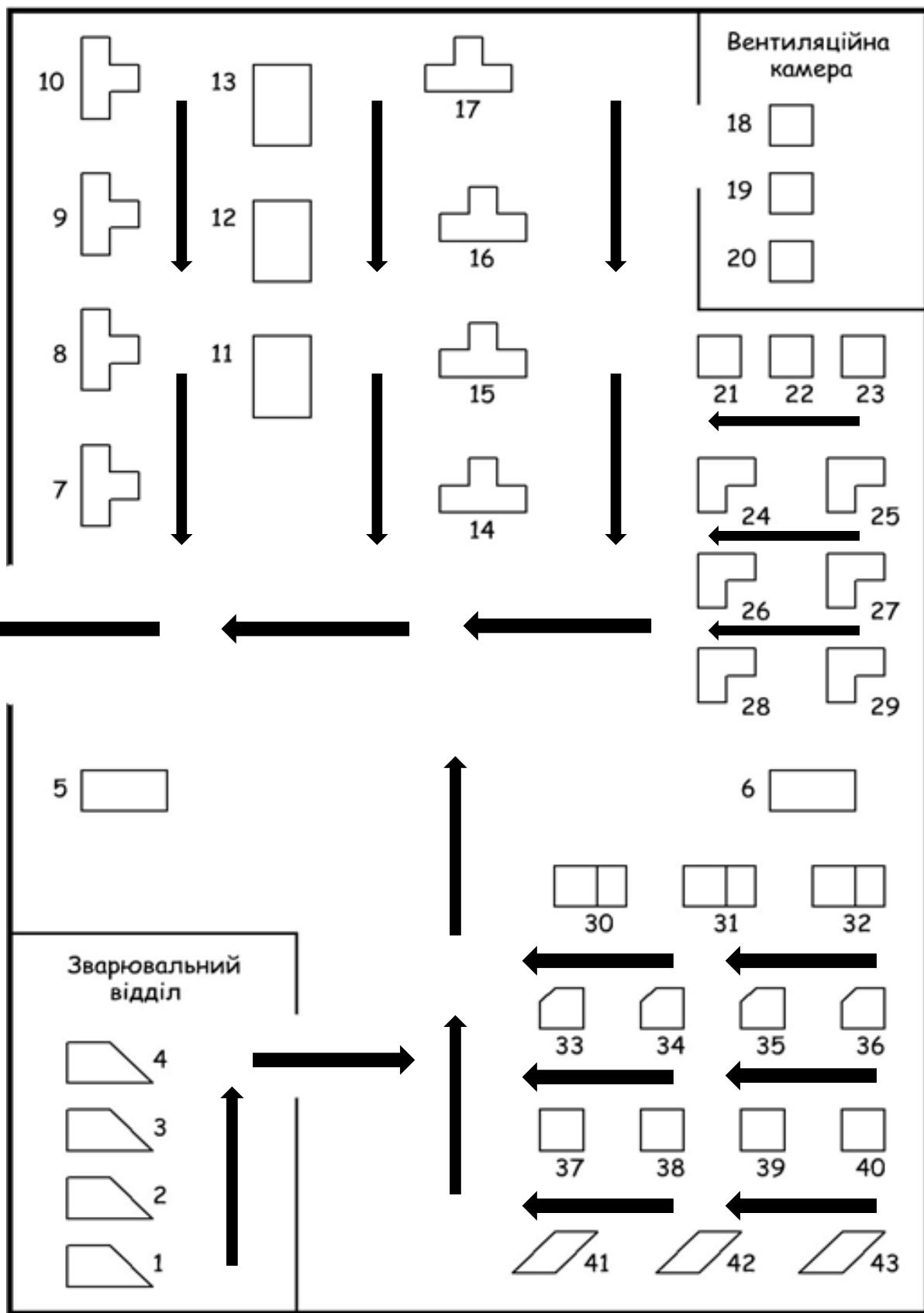


Рисунок 2.1 План евакуації працівників цеху

#### 2.1.4 Характеристика джерела живлення

ЦПП отримує живлення від ТП, розташованої біля цеху.

Електропостачання ТП цеху може бути забезпечене від шин головної понижуючої підстанції (ГПП), яка складається з двох трансформаторів ТДН-16000/110 (110/10 кВ), рівнем напруги 10 кВ. ГПП знаходиться на відстані 1,5 кілометрів від ТП цеху.

Таблиця 2.3 – Характеристики трансформатора

Тип трансформатора	Схема і група з'єднання	Втрати КЗ, кВт	Напруга КЗ, %	Втрати холостого ходу, кВт
ТДН-16000/110-У1	Y <sub>H</sub> /Δ-11	400	10,5	0,55

#### 2.1.5. Вибір напруги розподільної мережі

Перед вибором напруги розподільчої мережі необхідно проаналізувати такі показники, як класифікація підприємства, відстань від джерела живлення можливі класи напруги для об'єкту проектування, умови навколишнього середовища та розташування технічного обладнання в цеху.

Для мого цеху використовується звичайний понижувальний трансформатор з 10 кВ на 380 В. Таке рішення було прийняте на підставі того, що відстань до джерела живлення досить невелика, умови навколишнього середовища нормальні та питома щільність електричних навантажень цеху не є великою.

Враховуючи вищевказані пункти, номінальна напруга в цеху становить 380/220 В.

## **2.1.6. Формування пропозиції щодо лінійної складової приєднання до електричних мереж ОСР**

ЦПП віддалений від центра живлення більш ніж на 0,3 км і має навантаження більше 50 кВт, тому дане приєднання буде нестандартним.

Послуга з нестандартного приєднання надається на підставі типового договору про нестандартне приєднання до електричних мереж системи розподілу «під ключ» або з проектуванням лінійної частини приєднання замовником, який є публічним договором приєднання та укладається з урахуванням статей 633, 634, 641, 642 Цивільного кодексу України за відповідною типовою формою, наведеною в додатку 2 до Кодексу (далі – договір про нестандартне приєднання).

На вимогу замовника ОСР протягом трьох робочих днів від дати отримання відповідного звернення повинен надати підписаний оператором системи розподілу примірник укладеного договору про приєднання (залежно від типу приєднання) у паперовій формі.

Договори про приєднання, укладені на підставі пунктів 4.1.11 та 4.1.29 Кодексу, оформляються у письмовій формі.

Приєднання електроустановок до електричних мереж не має призводити до порушення нормативних вимог щодо надійності електропостачання та якості електричної енергії для Користувачів (у тому числі вимоги щодо дотримання нульового перетоку реактивної потужності при приєднанні Користувачів потужністю вище 50 кВт).

Електроустановки замовника, призначені для виробництва електричної енергії (генеруючі одиниці), мають відповідати вимогам, установленим Кодексом системи передачі для кожного типу генеруючої одиниці.

У разі якщо ТЕО вибору замовника схеми приєднання споживача доведено доцільність приєднання до мереж ОСП напругою 110 кВ та вище, таке приєднання здійснюється відповідно до Кодексу системи передачі.

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Послуга з приєднання, у тому числі до електричних мереж суб'єкта господарювання, має надаватися з дотриманням вимог нормативно-правових актів, зокрема щодо обмежень підключення до власних потреб підстанцій або електростанцій.

Забороняється надавати послугу з приєднання електроустановки замовника до електричних мереж побутових споживачів.

Послуга з приєднання до електричних мереж об'єктів замовника має надаватися з дотриманням вимог Правил охорони електричних мереж.

Послуга з приєднання електроустановок замовника до системи розподілу є платною послугою та надається ОСР відповідно до умов договору про приєднання.

На підставі заяви замовника про приєднання електроустановки певної потужності ОСР визначає точки забезпечення потужності виходячи зі структури електричних мереж та навантаження в зоні можливого приєднання з урахуванням резерву потужності за укладеними договорами про приєднання та з урахуванням замовленої категорійності з надійності електропостачання. [12]

## **2.2 Розрахунок електричних навантажень цеху**

### **2.2.1 Загальна інформація щодо методики проведення розрахунку**

Під час розрахунку силових навантажень електричної мережі цеху важливо правильно визначити його електричне навантаження та правильний поділ між точками живлення, які знаходяться в будівлі ЦПП. Якщо розрахунки у напрямку збільшення навантаження провести не правильно, це призведе до підвищення витрат на струмопровідні матеріали, а, як наслідок, до збільшення вартості будівництва. Якщо ж провести його не правильно у напрямку зменшення навантаження, це може призвести до зменшення потужності електромережі та неможливості нормальної роботи ЕП. Тому на етапі проектування та для подальшого використання електричної мережі точність

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахунку електричних навантажень є важливим і фундаментальним фактором. Є 3 основні методи розрахунку електричних навантажень:

- 1) Коефіцієнт попиту;
- 2) Упорядковані діаграми;
- 3) Питоме споживання електроенергії на одиницю виготовленої продукції.

### 2.2.2 Вихідні дані для проведення розрахунку

Для проведення розрахунків електричного навантаження ЦПП в таблиці 2.4 показані дані споживачів електричної енергії:

Таблиця 2.4 - Вхідні данні електроприймачів цеху

	Номери на плані цеху	Назва ЕП	$k_B$	$\cos\varphi$	Номінальна потужність $p_n$ , кВт
СП1	1, 2, 3, 4	Зварювальні агрегати, ТВ = 40%	0,25	0,4	10
	5, 6	Мостові крани, ТВ = 60%	0,12	0,5	30
СП2	7–10	Зубофрезерні верстати	0,15	0,5	15
	11–13	Шліфувальні верстати	0,17	0,6	4
	14–17	Токарні верстати	0,14	0,6	10
СП3	18–20	Вентилятори	0,6	0,8	54
СП4	21–23	Стругальні верстати	0,2	0,5	12
	24–29	Фрезерувальні верстати	0,21	0,6	9,5

Продовження таблиці 2.4

СП5	30–32, 37–40	Токарні верстати	0,14	0,6	2,5
	33–36	Токарні верстати	0,16	0,7	10
	41–43	Заточувальні верстати	0,18	0,6	2,5

Розміщення приймачів електричної енергії відображено на рисунку 2.2.

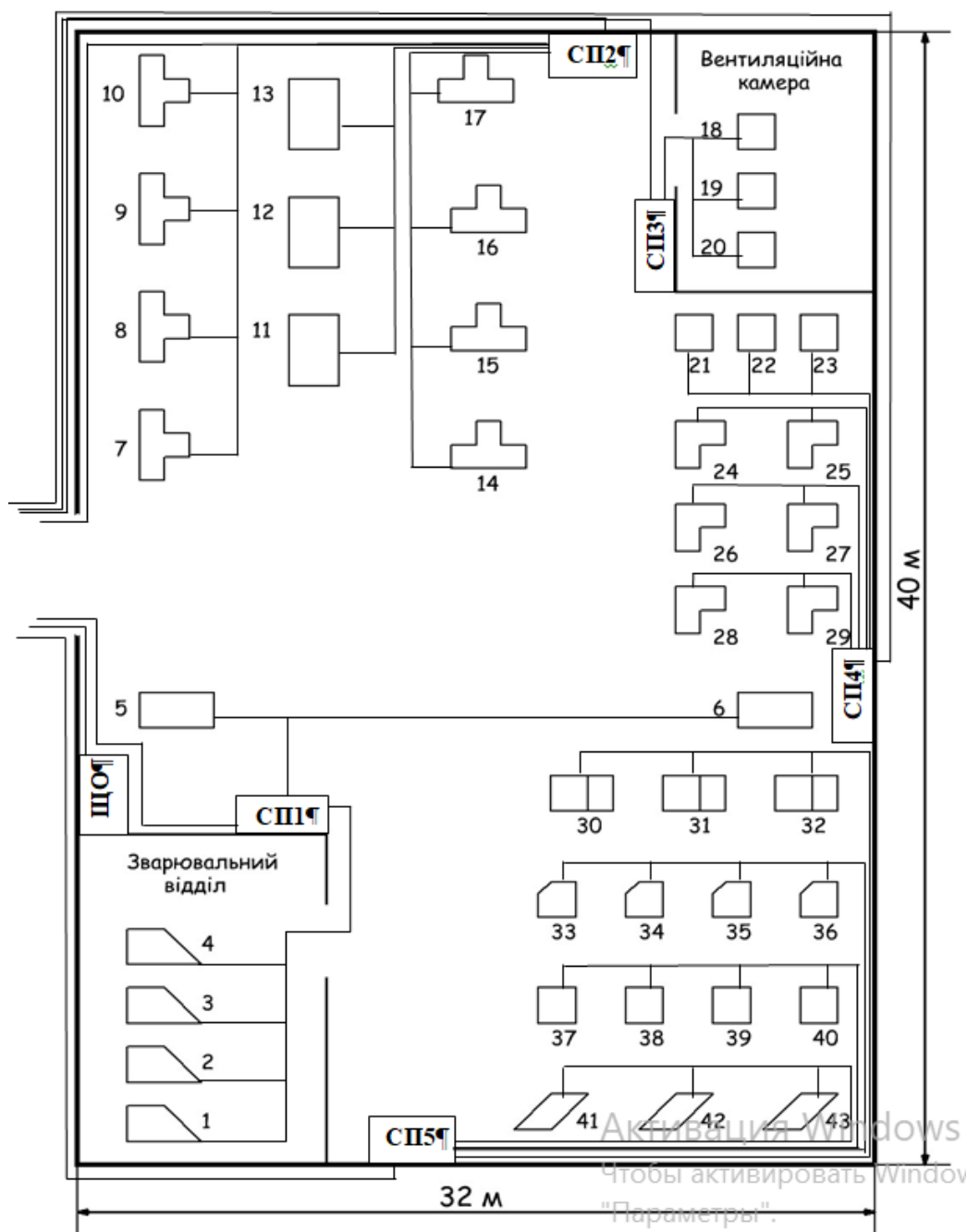


Рисунок 2.2 - Розташування електроприймачів ЦПП



## 2.2.3 Розрахунок електричних навантажень струмоприймачів цеху

### 2.2.3.1 Розрахунок навантаження обладнання цеху

Номінальна активна потужність групи ЕП розраховується за формулою:

$$P_H = n \cdot P_{Hi},$$

де  $P_{Hi}$  – номінальна потужність електроприймача для зубофрезерувальних верстатів.

За формулою:

$$P_H = 4 \cdot 15 = 60 \text{ кВт.}$$

Для зварювальних апаратів та мостових кранів, працюючих у повторно-короткочасному режимі розрахункова потужність приймається рівною номінальній, приведений до тривалого режиму:

$$P_H = n \cdot P_{\text{паст}} \cdot \sqrt{TB},$$

$$P_H = 4 \cdot 10 \cdot \sqrt{0,4} = 25,3 \text{ кВт,}$$

де  $P_{\text{пасп}}$  - паспортна потужність;

ТВ – коефіцієнт тривалості включення.

Розрахунок інших навантажень проводимо згідно вищезазначених формул та результати зводимо в таблицю 1.2.

Визначаємо проміжну активну і реактивну потужності:

$$P_{\text{пр}} = P_{H\Sigma} \cdot k_B,$$

$$Q_{\text{пр}} = P_{\text{пр}} \cdot \text{tg } \varphi.$$

де  $K_B$  - коефіцієнт використання;

$$P_{\text{пр}} = 25,3 \cdot 0,25 = 6,325 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{пр}} = 6,325 \cdot 2,29 = 14,5 \text{ квар.}$$

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо номінальну групову активну потужність:

Для СП1:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{Hi} = 71,774 \text{ кВт.}$$

Для інших споживачів розрахунок проводимо аналогічно та результати зводимо до таблиці 1.2.

Сумарна проміжна активна і реактивна потужності для СП1:

$$P_{\Pi} = \sum_{i=1}^n P_{\Pi i},$$

де  $\sum P_{\Pi}$  - сума активних проміжних потужностей для СП1,

$$P_{\Pi \text{СП1}} = 11,9 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\Pi \text{СП1}} = \sum_{i=1}^n Q_{\Pi i},$$

де  $\sum Q_{\Pi}$  - сума реактивних проміжних потужностей для СП1,

$$Q_{\Pi \text{СП1}} = 24,13 \text{ квар.}$$

Для споживача СП1 шукаємо з максимальною і мінімальною потужностями:

$$P_{\min \Pi \text{СП1}} = 10 \text{ кВт,}$$

$$P_{\max \Pi \text{СП1}} = 30 \text{ кВт,}$$

$$m = \frac{P_{\max \Pi \text{СП1}}}{P_{\min \Pi \text{СП1}}} = \frac{30}{10} = 3.$$

Розраховуємо коефіцієнт використання всього силового пункту:

$$K_B = \frac{P_{\Pi \Sigma}}{P_{H \Sigma}},$$

де  $P_{\Pi}$  - сумарна проміжна потужності для СП1;

$P_{H \Sigma}$  - сумарна номінальна потужність для СП1;

$$K_B = \frac{11,9}{71,774} = 0,1658.$$

Ефективне число ЕП визначимо по формулі:

$$n_{\text{еф}} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{Hi}}{P_{n.i.\max}},$$

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $P_{\text{н max}}$  - максимальна номінальна потужність.

$$n_{\text{еф}} = \frac{2 \cdot 71,774}{30} = 4,783.$$

Приймаємо  $n_{\text{еСП1}} = 4$ .

Для інших електроприладів розрахунок ведеться аналогічно. Дані зводимо в таблицю 1.2.

Згідно таблиці 2 в довідкових даних визначаємо коефіцієнт розрахункового навантаження:

$$K_p = 2,35.$$

Розраховуємо сумарну розрахункову активну потужність для СП1:

$$P_p = P_{\text{п}} \cdot K_p,$$

де  $P_{\text{п}}$  – сумарна проміжна активна потужність для СП1;

$K_p$  – коефіцієнт розрахункового навантаження;

$$P_p = 11,9 \cdot 2,35 = 27,97 \text{ кВт.}$$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність:

$$\text{при } n_e < 10 \quad Q_p = 1,1 Q_{\text{пр}},$$

$$\text{при } n_e > 10 \quad Q_p = Q_{\text{пр}}.$$

СП1:  $Q_p = Q_{\text{пр}} = 1,1 \cdot 24,1316 = 26,545 \text{ кВАр}$  (так як  $n_e = 4 < 10$  ).

Повна розрахункова потужність для СП1:

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

$$S_{\text{рСП1}} = \sqrt{27,97^2 + 26,545^2} = 38,56 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм для СП1:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_{\text{н}}},$$

де  $S_p$  – повна розрахункова потужність для СП1;

$U_{\text{н}}$  – номінальна напруга;

$$I_{\text{рСП1}} = \frac{38,56}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 55,657 \text{ А.}$$

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для СП2, СП3, СП4 та СП5 розрахунок проводимо аналогічно і результати зводимо до таблиці 2.4.

Розрахуємо сумарне силове навантаження цеху:

Сумарна кількість електроприймачів

$$n_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m n_i,$$

$$n_{\Sigma} = 6 + 11 + 3 + 9 + 14 = 43.$$

Розраховуємо номінальну групову активну потужність:

$$P_{H\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} = 71,774 + 112 + 162 + 93 + 65 = 522,984 \text{ кВт},$$

Серед всіх електроприймачів шукаємо з максимальною і мінімальною потужностями:

$$P_{minHСП} = 2,5 \text{ кВт},$$

$$P_{maxHСП} = 54 \text{ кВт},$$

$$m = \frac{P_{maxHСП}}{P_{minHСП}} = \frac{54}{2,5} = 21,6.$$

Сумарна проміжна активна і реактивна потужності:

$$P_{пCH} = \sum_{i=1}^n P_{пCHi},$$

$$P_{пCH} = 11,9 + 16,64 + 97,2 + 19,17 + 10,2 = 155,11 \text{ кВт},$$

$$Q_{пCH} = \sum_{i=1}^n Q_{пCHi},$$

$$Q_{пCH} = 36,75 + 25,755 + 85,37 + 21,026 = 162,721 \text{ квар.}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання:

$$K_B = \frac{P_{пCH}}{P_{H\Sigma}},$$

$$K_{BСП} = \frac{155,11}{522,984} = 0,2966.$$

Ефективне число ЕП визначимо по формулі:

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{\text{еСП}} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{\text{Hi}}}{P_{n.i.\text{max}}},$$

$$n_{\text{еСП}} = \frac{2 \cdot 522,984}{54} = 19,37.$$

Приймаємо  $n_{\text{еСП}} = 19$ .

Згідно таблиці 2 в довідкових даних визначаємо коефіцієнт розрахункового навантаження:

$$K_p = 1.$$

Розраховуємо сумарну розрахункову активну потужність:

$$P_p = P_{\text{п}} \cdot K_p,$$

$$P_p = 155,11 \cdot 1 = 155,11 \text{ кВт.}$$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність:

$$Q_p = K_p Q_{\text{пр}},$$

$$Q_p = 1 \cdot 162,721 = 162,721 \text{ квар.}$$

Повна розрахункова потужність силового навантаження:

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

$$S_p = \sqrt{155,11^2 + 162,721^2} = 224,806 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_{\text{н}}},$$

$$I_p = \frac{224,806}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 324,48 \text{ А.}$$

### 2.2.3.2 Розрахунок навантаження освітлення

Визначення розрахункових навантажень освітлювальних установок, як правило, передують розрахунки електричного освітлення проектного цеху, яке поділяють на робоче та аварійне.

Для розрахунку освітлення в електромеханічному цеху використаємо метод коефіцієнта використання.

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потрібний потік ламп в кожному світильнику  $\Phi$  знаходиться з формули:

$$\Phi = \frac{E_{min} \cdot k_3 \cdot F \cdot z}{\eta},$$

де  $k_3$  – коефіцієнт запасу;

$E_{min}$  – мінімальна освітленість, лк;

$F$  – площа, приміщення, що освітлюється, м<sup>2</sup>;

$z$  – коефіцієнт нерівномірності освітленості;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку – відношення світлового потоку, який падає на робочу поверхню, до світлового потоку світильників.

Коефіцієнт використання  $\eta$  залежить від типу світильника, коефіцієнтів відбиття стін  $\rho_{ст}$ , стелі  $\rho_c$ , робочої поверхні  $\rho_p$ , та від показника приміщення який враховує співвідношення розмірів приміщення.

Приймаємо:

$$\rho_{ст} = 0,3,$$

$$\rho_c = 0,1,$$

$$\rho_p = 0,1.$$

Згідно [3] та вище приведених формул, визначаємо:

Коефіцієнт запасу  $k_3 = 1,8$ .

Мінімальна освітленість  $E_{min} = 200$  лк.

Коефіцієнт нерівномірності  $z = 1,15$ .

Площа приміщення:

$$F = A \cdot B,$$

$$F = 32 \cdot 40 = 1280 \text{ м}^2.$$

Визначимо показник, який враховує співвідношення розмірів приміщення (індекс приміщення):

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)},$$

$$h = H - h_c - h_p,$$

де  $H = 10$  м – висота приміщення цеху;

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$h_c = 0,2$  м – відстань світильника від перекриття;

$h_p = 0,8$  м – висота розрахункової поверхні над підлогою згідно норм [2];

$$h = 10 - 0,2 - 0,8 = 9 \text{ м.}$$

Тоді:

$$i = \frac{32 \cdot 40}{9 \cdot (32 + 40)} = 1,975 ,$$

$$\eta = 0,64.$$

Визначимо світловий потік однієї лампи, необхідний для забезпечення заданої мінімальної освітленості, лм:

Нормоване значення освітленості для цеху дорівнює 200 лк. Коефіцієнт мінімальної освітленості  $z = 1,12$ . Вибираємо значення коефіцієнту запасу  $k_3 = 1,3$ .

Вибираємо тип та потужність ламп:

тип LED T1-Y-E-128-610,  $\Phi_{\text{л}} = 16000$  лм,  $P_{\text{л}} = 128$  Вт  $U = 220$  В.

Тоді світловий потік:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,8 \cdot 1280 \cdot 1,15}{0,64} = 828000 \text{ лм.}$$

Кількість світильників:

$$N_{\text{св}} = \frac{\Phi}{\Phi_{\text{л}}},$$

$$N = \frac{828000}{16000} = 51,75 \approx 52 \text{ шт.}$$

Використовуємо LED T1-Y-E-128-610; Потужність ламп  $P_{\text{л}} = 128$  Вт,  $I = 4$  А,  $\cos \varphi$  не менше 0,95, тоді  $\text{tg} \varphi = 0,34$ .

Визначаємо активну потужність освітлювального навантаження при коефіцієнті попиту  $K_{\text{п}} = 0,85$  та коефіцієнті, що враховує додаткові втрати потужності у пускорегулюючій апаратурі  $K_{\text{пра}} = 1,25$ :

$$P_{\text{осв}} = n \cdot P_{\text{л}} \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{пра}},$$

$$P_{\text{осв}} = 52 \cdot 128 \cdot 0,85 \cdot 1,25 = 7,072 \text{ кВт.}$$

Визначаємо реактивну потужність освітлювального навантаження:

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot \text{tg} \varphi,$$

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{осв}} = 7,072 \cdot 0,34 = 2,4045 \text{ квар.}$$

Світильники аварійного освітлення розмістимо рівномірно по всій площі приміщення, значення освітленості при аварійному освітленні для ремонтно-механічного цеху рекомендується брати 5 % від норми робочого освітлення, але не менш як 5 та не більше 30 лк. Для освітлення використаємо лампи розжарення Б 215-225.

$$P_{\text{ав}} = 0,05P_{\text{осв}},$$

$$P_{\text{ав}} = 0,05 \cdot 7,072 = 0,3536 \text{ кВт.}$$

Розрахуємо повне освітлювальне навантаження:

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}\Sigma}^2 + Q_{\text{осв}\Sigma}^2};$$

$$P_{\text{осв}\Sigma} = P_{\text{осв}} + P_{\text{ав}};$$

$$P_{\text{осв}\Sigma} = 7,072 + 0,3536 = 7,4256 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{осв}\Sigma} = P_{\text{осв}\Sigma} \cdot \text{tg}\varphi;$$

$$Q_{\text{осв}\Sigma} = 3,508 \cdot 0,34 = 2,525 \text{ квар};$$

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{7,4256^2 + 2,525^2} = 7,843 \text{ кВА.}$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.4.

#### 2.2.4 Розрахунок загального навантаження об'єкту проектування

Активна потужність на шинах НН:

$$P_{\text{НН}} = P_{\text{р}} + P_{\text{осв}},$$

де  $P_{\text{р}}$  – сумарна розрахункова активна потужність для всіх СП;

$P_{\text{осв}}$  – активна потужність освітлювального навантаження;

$$P_{\text{НН}} = 155,11 + 7,4256 = 162,537 \text{ кВт.}$$

Реактивна потужність на шинах НН:

$$Q_{\text{НН}} = Q_{\text{р}} + Q_{\text{осв}},$$

де  $Q_{\text{р}}$  – сумарна розрахункова реактивна потужність для всіх СП;

$Q_{\text{осв}}$  – реактивна потужність освітлювального навантаження;

$$Q_{\text{НН}} = 162,721 + 2,525 = 165,246 \text{ квар.}$$

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Повна потужність на шинах НН:

$$S_{\text{НН}} = \sqrt{P_{\text{НН}}^2 + Q_{\text{НН}}^2},$$

де  $P_{\text{НН}}$  і  $Q_{\text{НН}}$  – активна і реактивна потужність на шинах НН.

$$S_{\text{НН}} = \sqrt{162,537^2 + 165,246^2} = 231,7854 \text{ кВА.}$$

Втрати в цеховому трансформаторі, по наближених формулах дорівнюють:

$$\Delta P_{\text{T}} = 0,03 \cdot S_{\text{p}};$$

$$\Delta P_{\text{T}} = 0,03 \cdot 231,7854 = 6,954 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{T}} = 0,1 \cdot S_{\text{p}};$$

$$\Delta Q_{\text{T}} = 0,1 \cdot 231,7854 = 23,18 \text{ квар.}$$

Навантаження на шинах ВН трансформаторної підстанції:

$$P_{\text{ВН}} = P_{\text{НН}} + \Delta P_{\text{T}};$$

$$P_{\text{ВН}} = 162,537 + 6,954 = 169,491 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{ВН}} = Q_{\text{НН}} + \Delta Q_{\text{T}};$$

$$Q_{\text{ВН}} = 165,246 + 23,18 = 188,424 \text{ квар.}$$

Оскільки вибір трансформатора здійснюється по навантаженню шин ВН:

$$S_{\text{T}} = \sqrt{P_{\text{ВН}}^2 + Q_{\text{ВН}}^2};$$

$$S_{\text{ВН}} = \sqrt{169,491^2 + 188,424^2} = 253,438 \text{ кВА.}$$

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Результати розрахунків зведемо у таблицю 2.5

Таблиця 2.5

	п/п	Електроприймач	n, шт	Номинальна потужність, кВт		Кв	tg φ	Проміжне навантаження		n <sub>с</sub>	Кр	Розрахункові навантаження			
				одного	загальна			P <sub>п</sub> , кВт	Q <sub>п</sub> , квар			P <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , квар	S <sub>р</sub> , кВА	I <sub>р</sub> , А
СП 1	1	Зварювальні агрегати, ТВ = 40%	4	10	25,2982	0,25	2,29	6,324555	14,48323						
	2	Мостові крани, ТВ = 60%	2	30	46,4758	0,12	1,73	5,577096	9,648376						
ΣСП1			6	40	71,77402	0,1658		11,90165	24,13161	4	2,35	27,9689	26,54477	38,5601	55,657
СП 2	1	Зубофрезерувальні верстати	4	15	60	0,15	1,73	9	15,57						
	2	Шліфувальні верстати	3	4	12	0,17	1,33	2,04	2,7132						
	3	Токарні верстати	4	10	40	0,14	1,33	5,6	7,448						
ΣСП2			11	29	112	0,1486		16,64	25,7312	14	1,5	24,96	25,7312	35,8482	51,742
СП 3	1	Вентилятори	3	54	162	0,6	0,75	97,2	72,9						
ΣСП3			3	54	162	0,6		97,2	72,9	6	1,06	103,032	80,19	130,56	188,45
СП 4	2	Строгальні верстати	3	12	36	0,2	1,73	7,2	12,456						
	3	Фрезерувальні верстати	6	9,5	57	0,21	1,33	11,97	15,9201						
ΣСП4			9	21,5	93	0,2061		19,17	28,3761	15	1,24	23,7708	28,3761	37,0169	53,429
СП 5	1	Токарні верстати	7	2,5	17,5	0,14	1,33	2,45	3,2585						
	2	Токарні верстати	4	10	40	0,16	1,02	6,4	6,528						
	3	Заточувальні верстати	3	2,5	7,5	0,18	1,33	1,35	1,7955						
ΣСП5			14	15	65	0,1569		10,2	11,582	13	1,49	15,198	11,582	19,1082	27,58
ΣСП1 + ΣСП2 + ΣСП3+ΣСП4+СП5			43		522,984	0,297		155,112	162,721	19	1	155,11	162,721	224,806	324,48
ЩО												7,4256	2,5247	7,8431	
Шини НН 0,4 кВ												162,54	165,246	231,79	
Втрати на трансформаторі												6,9536	23,1785		
Шини ВН 10 кВ												169,49	188,424	253,44	

Отриманих у ході розрахунків характеристик цеху буде достатньо, щоб вибрати захисну і силову апаратуру.

### 2.3 Вибір трансформаторів і засобів компенсації реактивної потужності

Цех містить в собі обладнання II та III категорії надійності електропостачання, проте, зважаючи на те, що до II категорії відносяться лише

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вентилятори, буде економічно недоцільним встановлення двох трансформаторної підстанції. Для забезпечення виконання вимог ПУЕ для цих споживачів буде оформлене резервне живлення від сусідньої підстанції 10/0,4 кВ, яка знаходиться на відстані 480 м від цеху.

Для безперебійного та якісного живлення схеми електропостачання я обрав масляний трифазний трансформатор герметичний з гофростійкою.

Характеристики трансформатора і джерела живлення системи наведені у таблицях 2.6 і 2.7 відповідно:

Таблиця 2.6 – Характеристики трансформатора

Тип трансформатора	Схема та група з'єднання	Втрати КЗ, кВт	Напруга КЗ, %	Втрати холостого ходу, кВт
ТМГ-400-10/0,4	У/У <sub>Н</sub> -0	5,5	4,5	0,78

Таблиця 2.7 – Характеристики трансформатора

Джерело	Потужність трифазного МВА КЗ,	Індуктивний опір системи, в.н. одиниці	Струм однофазного КЗ, кА
Задане	1500	0,15	6

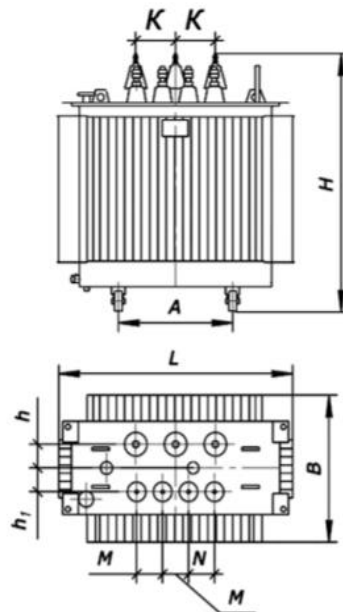


Рис. 2.3 Трансформатор ТМГ-400-10/0,4

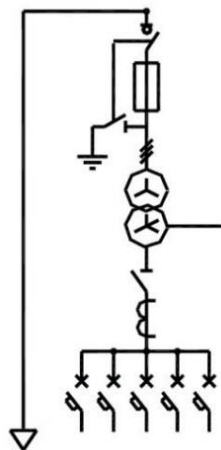


Рисунок 2.4 – схема електрична однолінійна

Трансформатор був обраний у відповідності до загальної потужності цеху, яка була розрахована вище. Для компенсації реактивної потужності узагальнена потужність ЦПП розраховується після того, як будуть обрані статичні конденсатори.

В розділі 2.2.4. розраховували реактивну енергію, що буде споживатися підприємством, але для зменшення витрат на електроенергію підприємством на стороні 0,4 кВ ТП ЦПП встановимо конденсаторні батареї (КБ), для максимального компенсування реактивної енергії. Потім проведемо розрахунки, щоб визначити кількість та номінал конденсаторних батарей для ЦПП.

Беручи до уваги відсутності споживання/генерації реактивної енергії являється значення  $\cos \varphi = 1$ , то використавши цю умову, та значення активної та реактивної потужності, підраховуємо значення конденсаторних батарей:

$$\alpha = \cos^{-1} 0,99 = 8,11;$$

$$Q'_{\text{цех}} = P_{\text{цех}} \cdot \operatorname{tg}(\alpha);$$

$$Q'_{\text{цех}} = 169,491 \cdot \operatorname{tg}(8,11) = 24,154 \text{ квар};$$

$$Q_{\text{КБ}} = Q_{\text{цех}} - Q'_{\text{цех}},$$

де  $Q'_{\text{цех}}$  - реактивна потужність ЦПП, яка має бути компенсована, квар;

$Q_{\text{КБ}}$  - реактивна потужність КБ, квар.

$$Q_{KB} = 188,424 - 24,154 = 164,27 \text{ квар.}$$

Тож, для компенсації реактивної потужності, нам буде потрібно КБ на 164,27 квар. Необхідно мати на увазі те, що не всі верстати будуть працювати цілий робочий день, отже кількість потужності, яка генерується в мережу не буде максимальною. Виходячи з цього оберемо батареї меншого номіналу.

В даному випадку я обираю 4 батареї з номіналом 40 квар, а їх узагальнений номінал буде становити 160 квар.

На рисунку 2.4 відображена схема компенсації реактивної потужності.

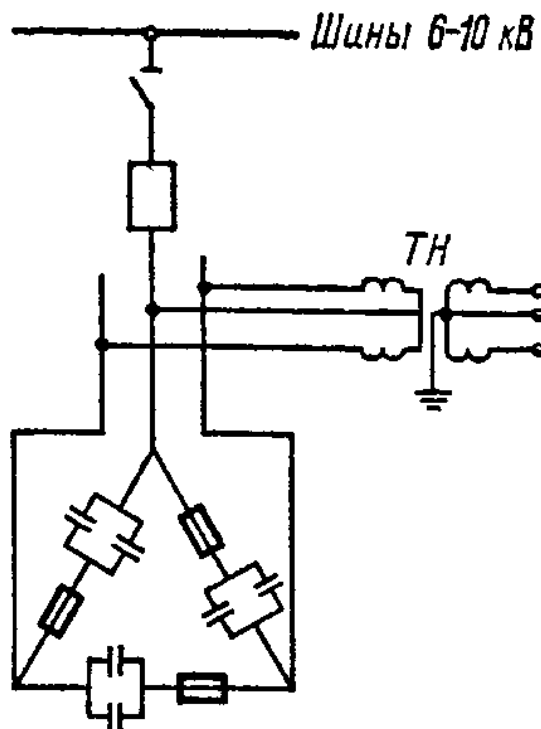


Рисунок 2.5– Однолінійна схема компенсації реактивної потужності ЦПП.

Під час вибору ТС, щоб забезпечити потреби ЦПП якісним обладнанням, був обраний трансформатор виду ТМГ–400-10/0,4 від заводу «УкрЕЛКОМ», наведена система управління якістю, та має відповідність до наступних стандартів:

ДСТУ ISO 9001 - 95 - сертифікат N UA 2.006.060, виданий Укр СЕПРО, м. Харків;

DIN EN ISO 9001:94 - сертифікат N UA 00/1180/1502, виданий СЖС-ИЦС,

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

м. Гамбург.

Трансформаторна підстанція складається з наступних частин::

11. Введення ВН ВСТА 10/250-2 УХЛ1;
12. Уведення НН ВСТ 1/400-1 УХЛ1;
13. Елементи для того щоб під'єднати та заземлити трансформатор - М12;
21. Таблиця для ТС;
22. Таблиця з роз'ясненнями приєднання проводів;
32. Петлі щоб піднімати ТС, та його активної частини (і також кришку);
33. Тягове застосування для того щоб переміщати трансформатор вздовж та впоперек;
34. Петлі для кріплення трансформатора коли він транспортується.
41. Краник для того щоб відбирати на пробу чи зливати масло;
42. Штуцер з внутрішнім різьбленням М27·2 для того щоб заливати трансформатор маслом;
43. Кришка (пробка) для того щоб зливати залишки оливи;
50. Маслорозширювач;
51. Масляний отвір виходу повітря;
62. Індикатор масляний "плоского" виду;
64. Повітроосушувач вбудований в розширювач;
65. Елементи повітряосушувача – ковпак з індикаторним силікагелем;
91. Привод перемикача (ПБЗ + 2х2.5);
92. Таблиця центру ваги ТС;
93. Таблиця номеру ТС;
96. Кришечка трансформатора;
97. Бачок трансформатора;
98. Активний відділ трансформатора;
99. Масло для ТС [24].

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

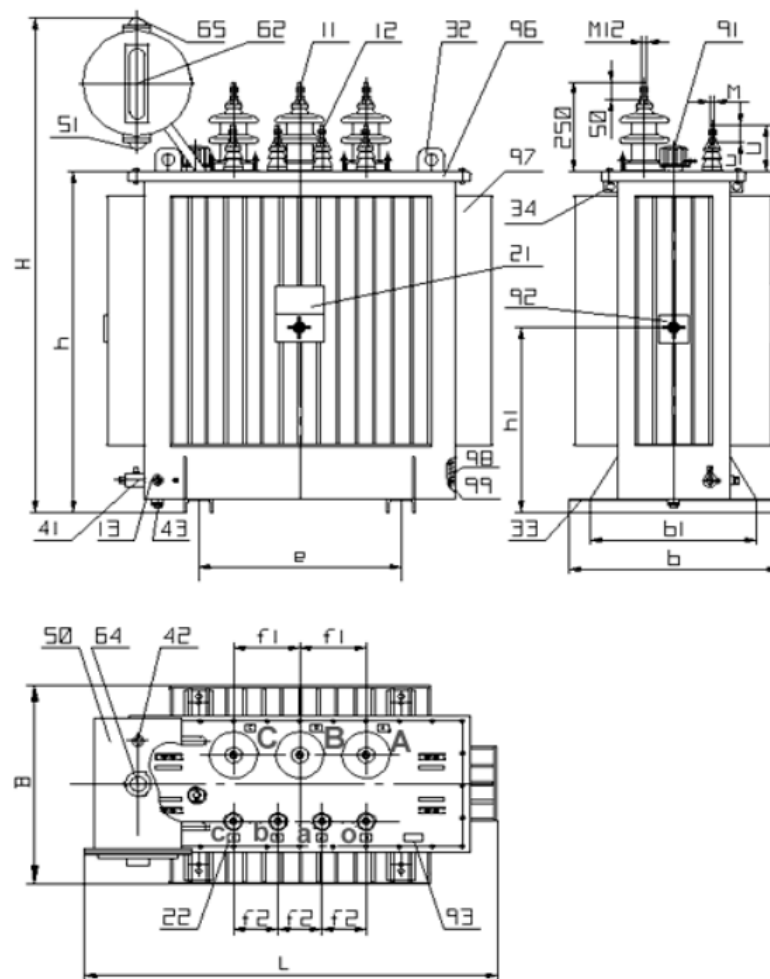


Рисунок 2.6 - Вид та комплектація ТП

## 2.4 Визначення центра навантаження об'єкту проектування

Теоретичний центр електричного навантаження має бути врахований з використанням координат  $X$  та  $Y$  за наступними формулами:

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{p.i.} \cdot x_i)}{\sum_{i=1}^n P_{p.i.}},$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{p.i.} \cdot y_i)}{\sum_{i=1}^n P_{p.i.}}.$$

де  $X_0, Y_0$  - координати ЦЕН об'єкту, м;

$P_{p.i.}$  - розрахункове електричне навантаження  $i$ -го елементу;

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$x_i, y_i$  - координати  $i$ -го електроприймачів, м.

Провівши розрахунки, отримаємо наступний результат:

Таблиця 2.8

ЕП	X	Y	$P_{p.i.}$	$X P_{p.i.}$	$Y P_{p.i.}$
Зварювальні апарати	2	1	10	20	10
Зварювальні апарати	2	3	10	20	30
Зварювальні апарати	2	5	10	20	50
Зварювальні апарати	2	7	10	20	70
Мостові крани	3	16	30	90	480
Мостові крани	29	16	30	870	480
Зубофрезерні верстати	3	24	15	45	360
Зубофрезерні верстати	3	29	15	45	435
Зубофрезерні верстати	3	34	15	45	510
Зубофрезерні верстати	3	39	15	45	585
Шліфувальні верстати	10	26	4	40	104
Шліфувальні верстати	10	32	4	40	128
Шліфувальні верстати	10	38	4	40	152
Токарні верстати	17	24	10	170	240
Токарні верстати	17	29	10	170	290
Токарні верстати	17	34	10	170	340
Токарні верстати	16	39	10	160	390
Токарні верстати	18	9	10	180	90
Токарні верстати	22	9	10	220	90
Токарні верстати	26	9	10	260	90
Токарні верстати	30	9	10	300	90
Токарні верстати	20	14	2,5	50	35
Токарні верстати	25	14	2,5	62,5	35
Токарні верстати	30	14	2,5	75	35
Токарні верстати	18	5	2,5	45	12,5
Токарні верстати	22	5	2,5	55	12,5
Токарні верстати	26	5	2,5	65	12,5
Токарні верстати	30	5	2,5	75	12,5
Вентилятори	27	36	54	1458	1944

Продовження таблиці 2.8

Вентилятори	27	34	54	1458	1836
Вентилятори	27	32	54	1458	1728



Стругальні верстати	24	28	12	288	336
Стругальні верстати	27	28	12	324	336
Стругальні верстати	30	28	12	360	336
Фрезерні верстати	24	25	9,5	228	237,5
Фрезерні верстати	30	25	9,5	285	237,5
Фрезерні верстати	24	22	9,5	228	209
Фрезерні верстати	30	22	9,5	285	209
Фрезерні верстати	24	19	9,5	228	180,5
Фрезерні верстати	30	19	9,5	285	180,5
Заточувальні верстати	18	3	2,5	45	7,5
Заточувальні верстати	24	3	2,5	60	7,5
Заточувальні верстати	30	3	2,5	75	7,5
	$X_0$	$Y_0$	Сума $\sum P_{p.i.}$	Сума $\sum P_{p.i.}$	Сума $\sum P_{p.i.}$
	19,6664	24,3637	532	10462,5	12961,5

$$X_0 = 19,6664 \text{ м}$$

$$Y_0 = 24,3637 \text{ м}$$

Проаналізувавши отримані дані оберемо оптимальним місцем розташування координати: (20; 19).

## 2.5 Живлячі і розподільні мережі.

### 2.5.1 Вибір схеми розподільної мережі

Я обрав розподільну мережу з номіналом 10 кВ задля зменшення втрат при передачі електроенергії споживачам. Вона об'єднана з двома трансформаторами моделі ТДН – 16000/110, з двома повітряними лініями 110 кВ, які з'єднуються з джерелом живлення усіх споживачів.

### 2.5.2 Розподільні пункти високої напруги

Під час проектування розподільчих пунктів я провів аналіз попиту споживачів електричної енергії, після чого намагався обрати найбільш економічно-вигідні матеріали для лінії живлення.

### 2.5.3 Вибір перерізів розподільчих мереж 10 кВ

Знаходячи перерізи розподільних мереж 10 кВ, починаємо з відгалуження для одиночних електроприймачів і рухаємося до основного джерела живлення. Так як у конкретному пункті розраховуються перерізи лише мереж 10 кВ, то розраховувати будемо до ТДН – 16000/110.

Для відокремлених електроспоживачів, вибираючи живлячу лінію, має виконуватися така умова:

$$I_p \leq I_{дон},$$

де  $I_p$  - розрахунковий струм;

$I_{дон}$  - допустимий струм, який залежить від того який переріз у обраної лінії.

Для ПЛ струм нормального режиму розраховується за виразом:

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

Розрахуємо значення  $I_p$  для ділянки лінії джерело – ТП «Цех»:

$$I_p = \frac{253,438}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14,63 \text{ А.}$$

Визначивши  $I_p$  також визначаємо значення  $I_{дон}$  з Додатку Б. Обираємо АПвП 3х35  $I_{дон} = 132 \text{ А}$ . Перевірка кабелів за співвідношенням допустимого нагріву у звичайному режимі роботи:

$$I_{л} \leq I_{доп} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

$$14,63 \text{ А} \leq 132 \cdot 1,05 \cdot 1,15 \cdot 0,9 = 143,451 \text{ А},$$

де  $K_1$  – поправний коефіцієнт, що залежить від температури

$K_2$  – поправний коефіцієнт, що залежить від числа кабелів прокладених паралельно

$K_3$  – допустиме короткочасне перевантаження лінії.

$I_{доп}$  – тривалий допустимий струм.

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірка на допустимий струм в післяаварійному режимі:.

$$2 \cdot I_{\text{л}} \leq I_{\text{доп}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

$$29,26 \text{ A} \leq 132 \cdot 1,05 \cdot 1,15 \cdot 0,9 = 143,451 \text{ A}$$

#### 2.5.4 Переріз провідників для мережі 0,4 кВ.

Об'єктом проектування є ЦПП, тож розраховувати провідники напругою 0,4 кВ будемо відносно цеху.

Для того щоб зберегти справність провідників має виконуватися наступне співвідношення:

$$I_p \leq I_{\text{доп}},$$

де  $I_p$  - розрахунковий струм ;

$I_{\text{доп}}$  - допустимий струм, який обирається у відповідності до перерізу провідника.

Приєднання ЕП з СП цеху, а СП з ТП, описані в пунктах 2.2.3.

Струм нормального режиму кабелів які використовуються в цеху виконується за виразом:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}.$$

де  $S_p$  - розрахункова потужність групи ЕП, які з'єднанні одним кабелем.

Інформація щодо потужності наведена в таблиці 2.4.

Перевірка кабелів за умовою допустимого нагрівання в нормальному режимі виконується аналогічно пункту 2.5.1.

#### 2.5.5 Перевірки відповідності якості електроенергії до вимог показників якості

Якщо питання стосується проектування цехової електромережі, головною умовою має бути перевірка її на відхилення напруги.

У відповідності до ГОСТ 13109 – 97 відхилення напруг від нормальних

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значень не має бути більшим ніж  $\pm 5\%$ .

Будемо вважати, напругу із боку живлячого джерела – номінальною.

Тоді, розрахунок за усталеним відхиленням напруги повинен виконуватися для режимів максимальних і мінімальних електричних навантажень. У режимі максимальних/мінімальних електричних навантажень напруга на затискачах найвіддаленішого/найближчого ЕП не має бути нижче/вище  $0,95 \cdot U_{ном} / 1,05 \cdot U_{ном}$  тобто в мережі 0,38 кВт на затискачах споживача відхилення не повинно перевищувати  $\pm 5\%$ .

Максимальним оберемо розрахункове навантаження, а мінімальним - навантаження цеху, яке становить (25–30)% максимального навантаження, що характеризується коефіцієнтом мінімального навантаження  $K_{min} = (0,25 - 0,3)$ . Якщо враховувати, що напруга НХ трансформатора на перевищує номінальну, а також те, що цехові трансформатори можуть працювати з регульованими без навантаження відгалуженням і створювати добавку напруги  $E_T$  (у межах  $\pm 5\%$  ступенями по 2,5%), то усталені відхилення напруги на затискачах ЕП становитимуть:

– для режиму максимальних навантажень:

$$\delta U_{y-} = E_T - (\Delta U_{в.к.} + \Delta U_{Т.} + \sum_{i=1}^n U_{н.м.} + \Delta U_{сн}) \geq -5$$

– для режиму мінімальних навантажень:

$$\delta U_{y+} = E_T - K_n \cdot (\Delta U'_{в.к.} + \Delta U'_{Т.}) - \Delta U'_{сн} \leq +5$$

де  $E_T$  – величина добавки напруги на регульованих відгалуженнях трансформатора, %;

$\Delta U_{в.к.}, \Delta U'_{в.к.}$  – втрати напруги у високовольтному кабелі в режимах максимальних та мінімальних навантажень, %;

$\Delta U_{Т.}, \Delta U'_{Т.}$  – втрата напруги на трансформаторі в режимах максимальних та мінімальних навантажень, %;

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\sum_{i=1}^n U_{н.м.}$  – сумарна втрата напруги в магістральних лініях до споживача, %;

$n$  – кількість послідовних ділянок магістралей до споживача, шт.;

$\Delta U_{с.п.}, \Delta U'_{с.п.}$  – втрата напруги в лінії найвіддаленішого споживача в режимах максимальних та мінімальних навантажень, %.

Величину  $\Delta U_T$  знаходять за виразом:

$$\Delta U_T = \frac{S_p}{S_{T.ном}} \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi),$$

де  $S_p$  – розрахункова потужність на вторинній стороні трансформатора, кВА;

$S_{T.ном}$  – номінальна потужність трансформатора, кВА;

$U_a = \frac{100 \cdot P_{\kappa}}{S_{T.ном}}$  – активний складник напруги КЗ трансформатора, %;

$U_p = \sqrt{U_{\kappa}^2 - U_a^2}$  – реактивний складник напруги КЗ трансформатора, %.

Звідси:

$$\Delta U_T = \frac{253,438}{400} \cdot \left( \frac{100 \cdot 5,5}{400} \cdot 0,99 + \sqrt{4,5^2 - \left( \frac{100 \cdot 5,5}{400} \right)^2 \cdot 0,05} \right) = 0,998\%.$$

Величину  $\Delta U_L$  знаходять за виразом:

$$\Delta U_L = \frac{P_p^2 \cdot r_L + Q_p^2 \cdot x_L}{U_{ном}^2},$$

де  $r_L, x_L$  – активний та реактивний опори лінії, Ом;

$U_{ном}$  – номінальна напруга лінії, кВ.

$$\Delta U_L = \frac{169,491^2 \cdot 0,868 + 188,424^2 \cdot 0,095}{10^2} = 2,83.$$

Тоді втрати в кінці лінії будуть наступні:

– для режиму максимальних навантажень:

$$\delta U_{y-} = 10 - (0 + 0,998 + 2 \cdot 0,5 + 2,83) = 6,172 > -5,$$

– для режиму мінімальних навантажень:

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta U_{y+} = 0 - 0,3 \cdot (0 + 0,998 + 2 \cdot 0,5) - 2,83 = -3,43 < 5.$$

## 2.6 Комутаційна апаратура розподільної мережі

### 2.6.1 Апаратура живлячої мережі

Живлення ГПП здійснюється через ПЛ – 110 кВ (АС150), .До нього приєднані два трансформатора марки ТДН – 16000/110. Зі сторони високої напруги (ВН) трансформаторів знаходяться: два роз'єднувачі типу РДЗ-110; два елегазові вимикачі типу ВГТ-110У1 та два розрядники типу ВРС-110. Зі сторони низької напруги (НН) було встановлено два розрядники типу ВРС-110 кВ.

### 2.6.2 Апаратура розподільчої мережі

На стороні 10 кВ було встановлено вакуумні вимикачі типу ВВ/TEL10-25/2000 на початку лінії АПвП 3х35, а в кінці - запобіжник типу ПКТ 111-10-8-20

. На стороні 0,4 кВ між живлячим трансформатором та шиною було встановлено вимикач типу ВА-СЭЩ, такі ж вимикачі було встановлено на кожну лінію, яка йде в цех.

### 2.6.3 Вибір трансформаторів струму та напруги

На стороні навантаження 110 кВ встановлюємо 2 трансформатори струму типу ТОГФ-110.

На розподільних пунктах встановлюємо трансформатори типу НТМИ-10-66УЗ (вимірювальні трансформатори).

## 2.7 Розрахунок струмів короткого замикання

Основною причиною порушення нормального режиму роботи систем електропостачання є виникнення короткого замикання (КЗ) в мережі або в елементах електрообладнання через пошкодження ізоляції або неправильних

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дій обслуговуючого персоналу. Метою розрахунку струмів КЗ є забезпечення динамічної та термічної стійкості струмоведучих та інших елементів СЕП в аварійних режимах. Методи розрахунку струмів КЗ діляться на два типи: напругою до 1 кВ і вище 1 кВ. Розрахунок струмів короткого замикання виконується для найбільш характерних точок, в яких передбачається установка пристроїв захисту.

### 2.7.1 Розрахунок струмів короткого замикання в електричній мережі вище 1 кВ

Вихідними даними для розрахунку струмів короткого замикання є прийнята схема електропостачання (лист 1 графічної частини ДП). Складаємо розрахункову схему, яка зображена на рисунку 2.7. Система як джерело живлення задана:  $S_{\text{КЗ}}^{(3)} = 1500 \text{ МВА}$ ,  $I_{\text{КЗ}}^{(1)} = 6 \text{ кА}$  та  $X_{\text{с*н.}} = 0,15$ .

Вихідні дані розрахункової схеми:

- Т1: ТДН-16000/110;  $S_{\text{HT}}=16 \text{ МВА}$ ;  $U_{\text{BH}}=115 \text{ кВ}$ ;  $U_{\text{HH}}=10,5 \text{ кВ}$ ;  $\Delta P_{\text{HX}}=18 \text{ кВт}$ ;  $\Delta P_{\text{КЗ}}=85 \text{ кВт}$ ;  $u_{\text{КВ-Н}}=10,5\%$ ;  $I_{\text{HX}}=0,55\%$ ; з'єднання обмоток:  $Y_{\text{H}}/\Delta-11$ .
- повітряна лінія ПЛ: АС-150,  $l=10 \text{ км}$ ,  $X_{01}=0,42 \text{ Ом/км}$ ,  $R_{01}=0,198 \text{ Ом/км}$ ;
- кабельна лінія КЛ: АПВП 3х35,  $l=1,5 \text{ км}$ ,  $X_{02}=0,095 \text{ Ом/км}$ ,  $R_{02}=0,868 \text{ Ом/км}$ ;

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

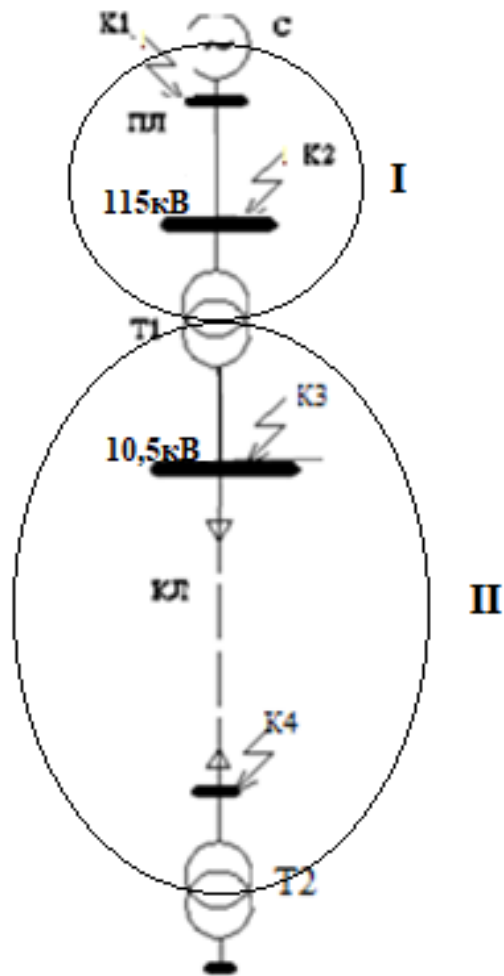


Рисунок 2.7 – Розрахункова схема

Розраховуємо опори елементів схеми заміщення у відносних базисних одиницях за наближеним зведенням. За базисну напругу і потужність приймаємо:

$$U_6 = U_{\text{срI}} = 115 \text{ кВ};$$

$$S_6 = S_{\text{с*н}} = S_{\text{кз}}^{(3)} \cdot X_{\text{с*н}} = 1500 \cdot 0,15 = 225 \text{ МВА.}$$

Розраховуємо базисний опір і базисний струм:

$$Z_6 = \frac{U_6^2}{S_6} = \frac{115^2}{225} = 58,78 \text{ Ом};$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{225}{\sqrt{3} \cdot 115} = 1,13 \text{ кА.}$$

ЕРС і опір системи:

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$E_{c*6} = 1;$$

$$X_{c*6} = X_{c*H} \cdot \frac{S_6}{S_{c*H}} = 0,15 \cdot \frac{225}{225} = 0,15.$$

Опір повітряної лінії:

$$R_{ПЛ*6} = r_{01} \cdot l_1 \cdot \frac{S_6}{U_{cpI}^2} = 0,198 \cdot 10 \cdot \frac{225}{115^2} = 0,0337;$$

$$X_{ПЛ*6} = x_{01} \cdot l_1 \cdot \frac{S_6}{U_{cpI}^2} = 0,42 \cdot 10 \cdot \frac{225}{115^2} = 0,0715.$$

Опори кабельних ліній:

$$R_{КЛ*6} = r_{02} \cdot l_2 \cdot \frac{S_6}{U_{cpII}^2} = 0,868 \cdot 1,5 \cdot \frac{225}{10,5^2} = 2,657;$$

$$X_{КЛ*6} = x_{02} \cdot l_2 \cdot \frac{S_6}{U_{cpII}^2} = 0,095 \cdot 1,5 \cdot \frac{225}{10,5^2} = 0,291.$$

Опір обмоток трансформатора:

$$X_{Т1*6} = \frac{U_{K\%}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_H} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{225}{16} = 1,4766.$$

По розрахунковій схемі складаємо схему заміщення, що зображена на рисунку 2.8.

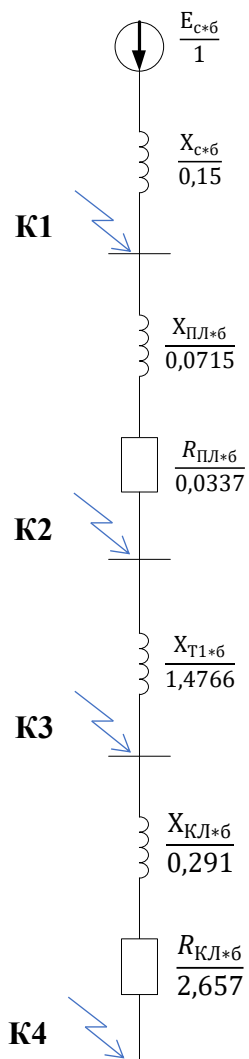


Рисунок 2.8 – Схема заміщення

Еквівалентуємо схему заміщення відносно точок КЗ. На рисунку 2.9 показана еквівалентна схема заміщення для і-ої точки КЗ.

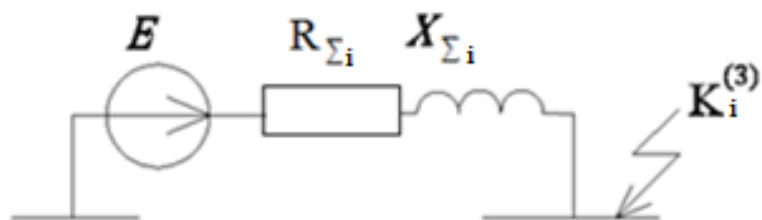


Рисунок 2.9– Еквівалентна схема заміщення для і-ої точки КЗ.

Враховуючи велику електричну віддаленість точок КЗ від системи, періодична складова струму КЗ приймається незатухаючою і визначається за формулою:

$$I_i'' = I_{it} = I_{i\infty} = \frac{E_c}{\sqrt{r_{\Sigma i}^2 + x_{\Sigma i}^2}}.$$

де  $I_i'' = I_{it} = I_{i\infty}$  – діючі значення відповідно надперехідного струму, періодичного складника струму КЗ для довільного моменту часу  $t$  та усталеного струму трифазного КЗ.

Постійну часу затухання аперіодичної складової струму короткого замикання визначається за формулою:

$$T_{aki} = \frac{x_{\Sigma i}}{\omega \cdot r_{\Sigma i}}.$$

Ударний коефіцієнт визначається за формулою:

$$k_{ydi} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{aki}}}.$$

Ударний струм КЗ визначається за формулою:

$$i_{ydi} = \sqrt{2} \cdot k_{ydi} \cdot I_i''.$$

Найбільші діючі значення повного струму короткого замикання визначаються за формулою:

$$I_{di} = I_i'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{ydi} - 1)^2}.$$

Значення теплового імпульсу розраховується за формулою:

$$B_{ki} = I_i''^2 \cdot (t_{відімк} + T_{aki}),$$

де  $t_{відімк}$  – час від початку КЗ до його відімкнення, с.

$$t_{відімк} = t_3 + t_{вимик} = 0,1 + 0,08 = 0,18 \text{ с},$$

де  $t_3 = 0,1$  – час спрацювання релейного захисту, с;

$t_{вимик} = 0,08$  – повний час вимикання вимикача з приводом, с.

Розрахуємо еквівалентні активний і реактивний опори до точки К4:

$$X_{\Sigma 4} = X_c + X_{пл} + X_{Т1} + X_{кл} = 0,15 + 0,0715 + 1,4766 + 0,291 = 1,989;$$

$$R_{\Sigma 4} = R_{пл} + R_{кл} = 0,0337 + 2,657 = 2,691$$

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Періодична складова струму КЗ для точки К4:

$$I_{4*6}''^{115} = \frac{1}{\sqrt{2,691^2 + 1,989^2}} = 0,3;$$

$$I_4''^{115} = I_{4t} = I_{4\infty} = I_{4*6}''^{115} \cdot I_6 = 0,3 \cdot 1,13 = 0,3377 \text{ кА};$$

$$I_4''^{10,5} = I_4''^{115} \cdot \left(\frac{U_1}{U_2}\right) = 0,3377 \cdot \frac{115}{10,5} = 3,7 \text{ кА}.$$

Розрахуємо постійну часу затухання аперіодичної складової струму короткого замикання для К4:

$$T_{ak4} = \frac{1,989}{314 \cdot 2,691} = 0,001 \text{ с}.$$

Ударний коефіцієнт для точки К4:

$$k_{уд4} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,001}} = 1,0000454.$$

Ударний струм КЗ для точки К4:

$$i_{уд4} = \sqrt{2} \cdot 1,0000454 \cdot 3,7 = 5,2307 \text{ кА}.$$

Найбільше діюче значення повного струму короткого замикання для точки К4:

$$I_{д4} = 3,7 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,0000454 - 1)^2} = 3,7 \text{ кА}.$$

Значення теплового імпульсу для точки К4:

$$B_{к4} = 3,7^2 \cdot (0,18 + 0,001) = 2,476 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Аналогічно здійснимо розрахунки для всіх точок і зведемо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9– Результати розрахунків струмів КЗ

Точка КЗ	$x_{\Sigma i}$	$r_{\Sigma i}$	$I_i''$ , кА	$T_{aki}$ , с	$k_{уди}$	$i_{уди}$ , кА	$I_{ді}$ , кА	$B_{кі}$ , кА <sup>2</sup> ·с
К2	0,2215	0,0337	5,04354	0,02093	1,6202	11,556	6,71	5,111
К3	1,698	0,0337	7,287252	0,16046	1,9396	19,99	12,12	18,08
К4	1,989	2,691	3,7	0,001	1,0000454	5,231	3,7	2,476

Однофазне коротке замикання - коротке замикання на землю в трифазній електроенергетичній системі з глухо- або ефективно заземленими нейтралями силових елементів, при якому з землею з'єднується тільки одна фаза. Для розрахунку однофазного КЗ виникає необхідність складання схем заміщення прямої, зворотної і нульової послідовності. У схемах заміщення вказується параметри елементів схеми і напруги окремих послідовностей.

Оскільки ступінь напруги цієї ділянки 115 кВ, це мережа живлення із заземленою нейтраллю.

Будуємо схему заміщення прямої та зворотної послідовності, які схожі одна на одну.

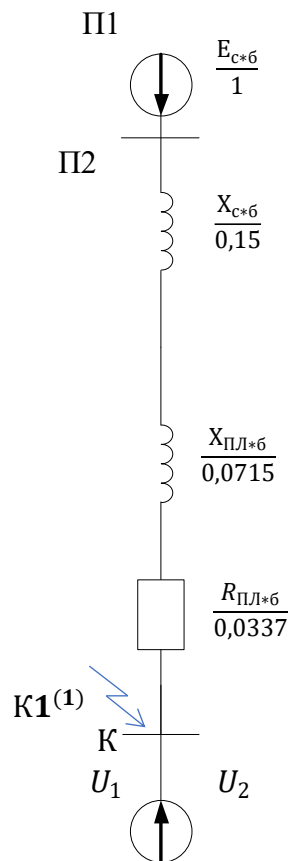


Рисунок 2.10– СЗ прямої послідовності та зворотної послідовності

Розрахуємо еквівалентний опір прямої послідовності:

$$X_{рез1*б} = X_{с*б} + X_{пл*б} = 0,15 + 0,0715 = 0,2215;$$

$$R_{рез1*6} = R_{пл*6} = 0,0337.$$

Розрахуємо еквівалентний опір зворотної послідовності:

$$X_{рез2*6} = X_{с*6} + X_{пл*6} = 0,15 + 0,0715 = 0,2215;$$

$$R_{рез2*6} = R_{пл*6} = 0,0337.$$

Опори елементів СЗ нульової послідовності співпадають з опорами СЗ трифазного КЗ, окрім опорів повітряної лінії і системи, які необхідно розрахувати:

$$x_{0с*6} = \frac{3 \cdot E_{с*6}}{\sqrt{3} \cdot I_{КЗ*6}^{(1)}} - x_{рез1*6} = \frac{3 \cdot 1}{\sqrt{3} \cdot \frac{6}{1,13}} - 0,2215 = 0,1047;$$

$$x_{0пл*6} = 3,5 \cdot x_{01} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{срI}^2} = 3,5 \cdot 0,42 \cdot 10 \cdot \frac{225}{115^2} = 0,25;$$

$$r_{0пл*6} = 3,5 \cdot r_{01} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{срI}^2} = 3,5 \cdot 0,198 \cdot 10 \cdot \frac{225}{115^2} = 0,118.$$

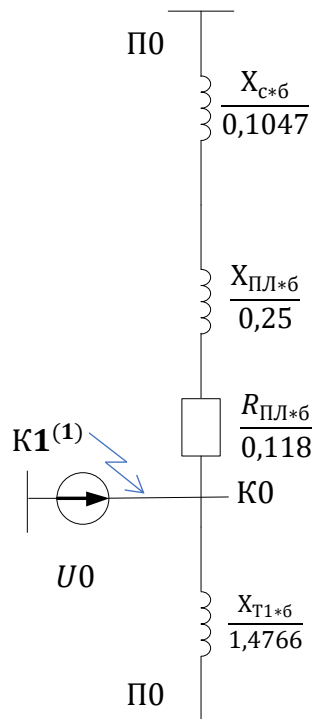


Рисунок 2.11– СЗ нульової послідовності

Еквівалентуємо схему заміщення нульової послідовності:

Розраховуємо результуючі опори нульової послідовності відносно точки К2<sup>(1)</sup>:

$$x_{рез01*б} = x_{0с*б} + x_{0пл*б} = 0,1047 + 0,25 = 0,3547;$$

$$x_{рез0*б} = \frac{x_{рез01*б} \cdot x_{0т*б}}{x_{рез01*б} + x_{0т*б}} = \frac{0,3547 \cdot 1,4766}{0,3547 + 1,4766} = 0,286;$$

$$r_{рез0*б} = \frac{r_{рез01*б} \cdot r_{0т*б}}{r_{рез01*б} + r_{0т*б}} = \frac{0,118 \cdot 0}{0,118 + 0} = 0.$$

Проводимо повне еквівалентування схеми заміщення нульової послідовності до найпростішого вигляду (рисунок 2.12).

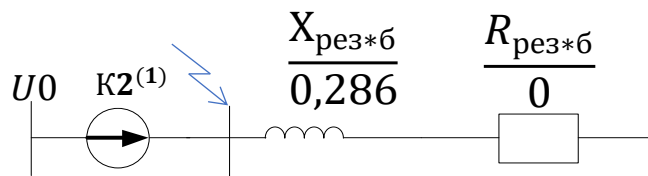


Рисунок 2.12 – Еквівалентна схема заміщення нульової послідовності

Визначаємо додатковий опір однофазного КЗ:

$$\Delta x^{(1)} = x_{рез2*б} + x_{рез0*б} = 0,2215 + 0,286 = 0,5075;$$

$$\Delta r^{(1)} = r_{рез2*б} + r_{рез0*б} = 0,0337 + 0 = 0,0337.$$

Розраховуємо сумарний опір однофазного КЗ:

$$x_{\Sigma}^{(1)} = x_{рез1*б} + \Delta x^{(1)} = 0,2215 + 0,5075 = 0,729;$$

$$r_{\Sigma}^{(1)} = r_{рез1*б} + \Delta r^{(1)} = 0,0337 + 0,0337 = 0,0674.$$

Розраховуємо діюче значення надперехідного струму КЗ в пошкодженій фазі:

$$I_2''^{(1)} = \frac{m^{(1)} \cdot E_c}{\sqrt{(r_{рез1} + \Delta r^{(1)})^2 + (x_{рез1} + \Delta x^{(1)})^2}} \cdot I_b,$$

де  $m^{(1)} = 3$  – для однофазного КЗ.

$$I_2''^{(1)} = \frac{3 \cdot 1}{\sqrt{(0,0337 + 0,0337)^2 + (0,2215 + 0,5075)^2}} \cdot 1,13 = 3,4145 \text{ кА}.$$

Визначимо постійну часу затухання аперіодичної складової струму короткого замикання:

$$T_{ak2}^{(1)} = \frac{x_{\Sigma}^{(1)}}{\omega \cdot r_{\Sigma}^{(1)}} = \frac{0,729}{314 \cdot 0,0674} = 0,034 \text{ с.}$$

Розраховуємо ударний коефіцієнт при однофазному КЗ:

$$k_{уд2}^{(1)} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{ak2}^{(1)}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,034}} = 1,7452.$$

Розраховуємо ударний струм при однофазному КЗ:

$$i_{уд2}^{(1)} = \sqrt{2} \cdot k_{уд2}^{(1)} \cdot I_2''^{(1)} = \sqrt{2} \cdot 1,7452 \cdot 3,4145 = 8,4273 \text{ кА.}$$

Розраховуємо найбільше діюче значення повного струму короткого замикання:

$$I_{д2}^{(1)} = I_2''^{(1)} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{уд2}^{(1)} - 1)^2};$$

$$I_{д2}^{(1)} = 3,4145 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,7452 - 1)^2} = 4,96 \text{ кА.}$$

Розраховуємо значення теплового імпульсу:

$$B_{к2}^{(1)} = I_2''^{(1)2} \cdot (t_{відімк} + T_{ak2}^{(1)}),$$

де  $t_{відімк}$  – час від початку КЗ до його відімкнення, с.

$$t_{відімк} = t_3 + t_{вимик} = 0,1 + 0,08 = 0,18 \text{ с.}$$

$t_3 = 0,1$  – час спрацювання релейного захисту, с;

$t_{вимик} = 0,08$  – повний час вимикання вимикача з приводом, с.

$$B_{к2}^{(1)} = 3,4145^2 \cdot (0,18 + 0,034) = 2,495 \text{ кА} \cdot \text{с.}$$

Результати розрахунків для точки К2 заносимо до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Результати розрахунків для точки К1

Точка КЗ	$x_{\Sigma}^{(1)}$	$r_{\Sigma}^{(1)}$	$I_2''^{(1)}$ , кА	$T_{ak}^{(1)}$ , с	$k_{уд}^{(1)}$	$i_{уд}^{(1)}$ , кА	$I_{д}^{(1)}$ , кА	$B_{к}^{(1)}$ , кА <sup>2</sup> ·с
К2 <sup>(1)</sup>	0,729	0,0674	3,4145	0,034	1,7452	8,4273	4,96	2,495



Вибір комутаційних апаратів за умовами нормального режиму проведено в розділі 2.6.

Таблиця 2.11 – Перевірка комутаційних апаратів 110 кВ.

Напруга	Вибраний елемент	Параметри	Умови перевірки	Розрахункові дані	Каталожні дані
110	ВРС-110	Струм динамічної стійкості	$i_{уд} \leq i_{max}$ $I'' \leq I_{вими́к}$	11,556 кА 6,7086 кА	114 кА 36 кА
		Тепловий імпульс	$B_k \leq I_{т.с}^2 t_{т.с}$	5,1112 кА <sup>2</sup> с	4200 кА <sup>2</sup> с
110	РГ-110 / 1000У1	Струм динамічної стійкості	$i_{уд} \leq i_{max}$ $I'' \leq I_{вими́к}$	11,556 кА 6,7086 кА	80 кА 31,5 кА
		Тепловий імпульс	$B_k \leq I_{т.с}^2 t_{т.с}$	5,1112 кА <sup>2</sup> с	1200 кА <sup>2</sup> с

Таблиця 2.12 – Перевірка комутаційних апаратів 10 кВ.

Напруга	Вибраний елемент	Параметри	Умови перевірки	Розрахункові дані	Каталожні дані
10	ВР2-10/1600-31,5УЗ	Струм динамічної стійкості	$i_{уд} \leq i_{\max}$ $I'' \leq I_{\text{вимик}}$	19,989 кА 12,119 кА	51 кА 31,5 кА
		Тепловий імпульс	$B_k \leq I_{\text{т.с}}^2 t_{\text{т.с}}$	18,08 кА <sup>2</sup> с	1200 кА <sup>2</sup> с
10	РВЗ-10 / 630У2	Струм динамічної стійкості	$i_{уд} \leq i_{\max}$ $I'' \leq I_{\text{вимик}}$	19,989 кА 12,119 кА	52 кА 20 кА
		Тепловий імпульс	$B_k \leq I_{\text{т.с}}^2 t_{\text{т.с}}$	18,08 кА <sup>2</sup> с	1200 кА <sup>2</sup> с

Перевірка проводиться за умовою термічної стійкості:

$$F_{\min} < F$$

де  $F$  – переріз вибраного кабелю, мм<sup>2</sup>;

$F_{\min}$  – мінімально допустимий переріз по умові термічної стійкості, мм<sup>2</sup>.

Величину  $F_{\min}$  розраховуємо за формулою:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C}.$$

де  $C$  – коефіцієнт, відповідний різниці температур провідника до і після КЗ,  $C = 75 \text{ А} \cdot \text{с}/\text{мм}^2$ .

Результати розрахунків наводимо у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Перевірка перерізів ПЛ і КЛ.

Ділянка	$F_{\text{поч}}$	$B_k$ , кА $\cdot$ с	$F_{\text{min}}$ , мм <sup>2</sup>	$F_{\text{об}}$ , мм <sup>2</sup>
ПЛ 1	150	18,08	30,144	150
КЛ 1	35	2,476	20,98	35

#### Висновки:

В данному підрозділі було розраховано первинні показники трьохфазного і однофазного СКЗ такі як: найбільше діюче значення повного струму короткого замикання і надперехідний струм короткого замикання для перевірки комутаційних апаратів на електродинамічну стійкість; і вторинні показники тепловий імпульс для перевірки кабелів і комутаційної апаратури на термічну здатність.

В ході перевірки вибраних живлячих провідників було встановлено, що всі живлячі провідники відповідають вимогам та пройшли перевірку.

### 2.7.2 Розрахунок струмів короткого замикання в мережах нижче 1000 В

Помітний вплив на величину струмів КЗ в мережах напругою до 1 кВ мають опори збірних шин та їх з'єднань, трансформаторів струму, розмикаючих котушок автоматичних вимикачів та ін. Також помітно впливати можуть опори контактних з'єднань – болтових з'єднань шин, зажимних контактів апаратів, а також перехідний опір контакта в місці КЗ.

Тому при розрахунках необхідно враховувати усі активні та індуктивні опори короткозамкнутого кола. Розрахунок струмів КЗ будемо проводити в іменованих одиницях. Параметри елементів розрахункової схеми приводять до ступеню напруги мережі, на якому розглядається точка КЗ.

Вихідні дані:

Система: струм КЗ  $I_4^{(3)} = 3,7$  кА, що розрахований в пункті 2.7.1.2

Трансформатор: тип ТМГ-400/10;

$$S_H = 400 \text{ кВ} \cdot \text{А} ;$$

$$U_{HB} = 10 \text{ кВ} ;$$

$$U_{HH} = 0,4 \text{ кВ} ;$$

$$\Delta P_{K3} = 5,5 \text{ кВт} ;$$

$$u_K = 4,5 \% .$$

Шини приєднання трансформатора до щита 0,4 кВ:  $l_{ш} = 5$  м; метал – Al;  
 $r_{ш.о} = 0,1$  Ом/км;  $x_{ш.о} = 0,13$  Ом/км,  $S = 80 \times 8 \text{ мм}^2$ .

Автоматичні вимикачі вибрані в пункті 2.6:

$QF$ : тип АВМ 12П,

$QF_3$ : тип ВА-51-35М2,  $I_{ном} = 250$  А.

Трансформатор струму ТС:  $r_{ТС} = 0,2$  мОм,  $x_{ТС} = 0,05$  мОм.

Опори котушок включення автоматичних вимикачів:

$$x_{KB.SF} = 0,07 \text{ мОм}; r_{KB.SF} = 0,13 \text{ мОм}.$$

Опори контактів автоматичних вимикачів:  $r_{K_{SF}} = 0,14$  мОм.

- КЛ2: АВВГ 4х35 ,  $l = 0,08$  км,  $X_{05} = 0,0637$  Ом/км,  $R_{05} = 0,868$  Ом/км;

- КЛ3: АВВГ 4х2,5 ,  $l = 0,011$  км,  $X_{04} = 0,104$  Ом/км,  $R_{04} = 12,1$  Ом/км

Розрахункова схема зображена на рисунку 2.11.

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

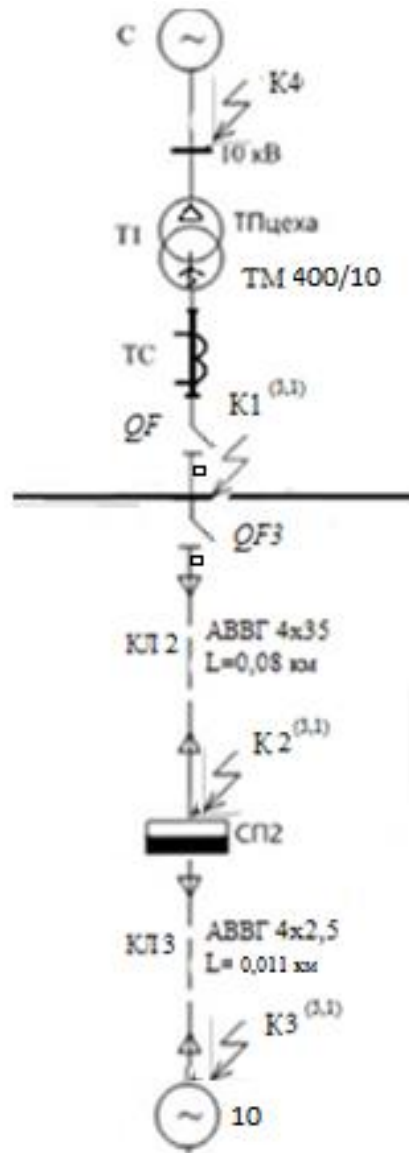


Рисунок 2.13- Розрахункова схема

Розраховуємо параметри схеми заміщення у іменованих одиницях:

Опір системи:

$$x_c = \frac{U_{HH}^2}{\sqrt{3} \cdot I_4^{(3)} \cdot U_{BH}} = \frac{0,4^2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 3,7 \cdot 10,5} = 2,38 \text{ мОм.}$$

Опори трансформатора:

$$r_T = \frac{\Delta P_{K3} \cdot (U_{HH})^2 \cdot 10^6}{S_H^2} = \frac{5,5 \cdot (0,4)^2 \cdot 10^6}{400^2} = 5,5 \text{ мОм,}$$

$$x_T = \sqrt{\left(\frac{u_K}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{K3}}{S_H}\right)^2} \cdot \frac{(U_{HH})^2 \cdot 10^6}{S_H},$$

$$x_T = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{5,5}{400}\right)^2} \cdot \frac{(0,4)^2 \cdot 10^6}{400} = 17,139 \text{ мОм.}$$

Опори шин:

$$r_{\text{ш}} = r_{\text{ш.0}} \cdot l_{\text{ш}} \cdot 10^3 = 0,1 \cdot 0,005 \cdot 10^3 = 0,5 \text{ мОм,}$$

$$x_{\text{ш}} = x_{\text{ш.0}} \cdot l_{\text{ш}} \cdot 10^3 = 0,13 \cdot 0,005 \cdot 10^3 = 0,65 \text{ мОм.}$$

Активний опір одного болтового контактного з'єднання, згідно[8]:

$$r_{\text{б.к}} = 0,003 \text{ мОм}$$

Активний та індуктивний опори лінії КЛЗ:

$$r_{\text{кл2}} = r_{0\text{кл2}} \cdot l_{\text{кл2}} \cdot 10^3 = 0,868 \cdot 0,08 \cdot 10^3 = 69,44 \text{ мОм,}$$

$$x_{\text{кл2}} = x_{0\text{кл2}} \cdot l_{0\text{кл2}} \cdot 10^3 = 0,0637 \cdot 0,08 \cdot 10^3 = 5,096 \text{ мОм.}$$

Аналогічно здійснимо розрахунок для інших КЛ, розрахунки занесемо в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 – Опори КЛ

Лінія	$r_{\text{л}}$ , мОм	$x_{\text{л}}$ , мОм
КЛ2	69,44	5,096
КЛЗ	133,1	1,14

Будуємо схему заміщення для визначення струмів КЗ в точках К1 – К2  
рисунок 2.13.

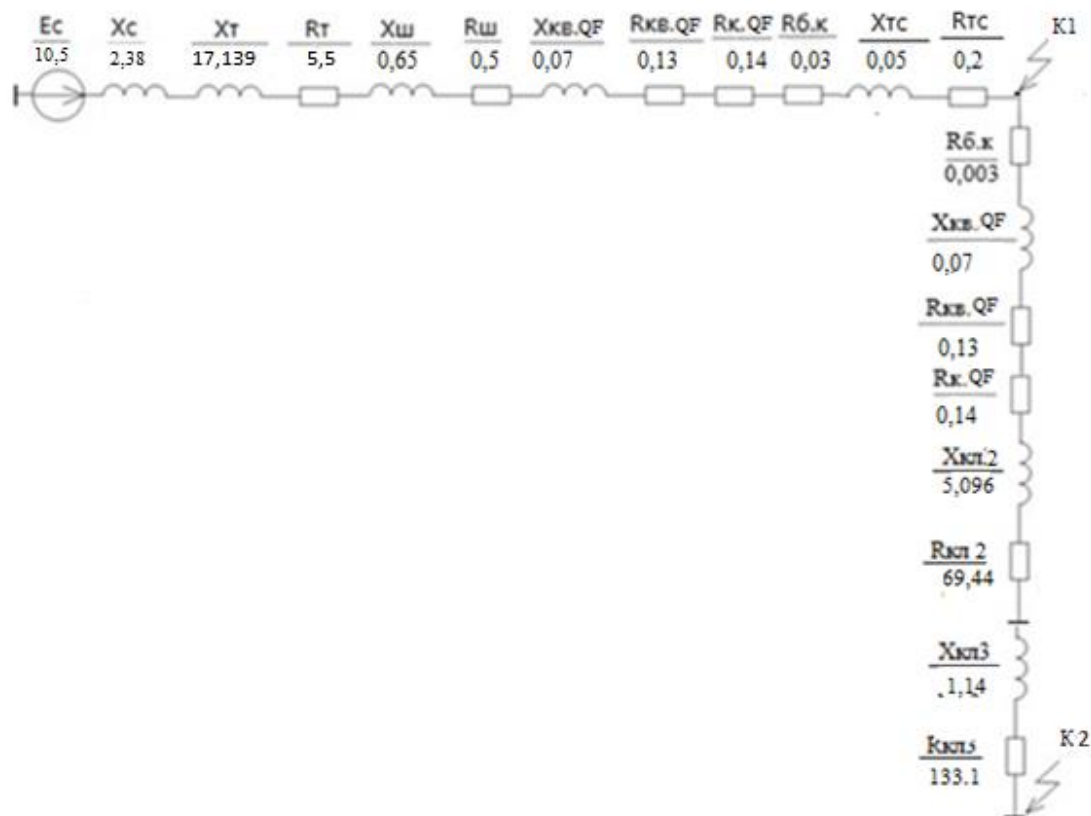


Рисунок 2.14 – Схема заміщення

Еквалентуємо схему заміщення та розраховуємо результуючі опори:

$$x_{\Sigma 1} = x_c + x_T + x_{KB.SF} + x_{ш} + x_{TC},$$

$$x_{\Sigma 1} = 2,38 + 17,139 + 0,07 + 0,65 + 0,05 = 20,28 \text{ мОм},$$

$$r_{\Sigma 1} = r_{ш} + 4 \cdot r_{6.K} + r_{KB.SF} + r_T + r_{K.SF} + r_{TC},$$

$$r_{\Sigma 5} = 0,5 + 4 \cdot 0,003 + 0,13 + 5,5 + 0,14 + 0,2 = 6,482 \text{ мОм}.$$

Розрахуємо діюче значення надперехідного струму трифазного КЗ:

$$I_1^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{HH} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma 1}^2 + r_{\Sigma 1}^2}} = \frac{1,05 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{20,28^2 + 6,482^2}} = 11,39 \text{ кА}.$$

Розраховуємо постійну часу загасання аперіодичного струму КЗ:

$$T_{ak1}^{(3)} = \frac{x_{\Sigma 1}}{\omega \cdot r_{\Sigma 1}} = \frac{20,28}{314 \cdot 6,482} = 0,009964 \text{ с}.$$

Розраховуємо значення теплового імпульсу:

$$B_{K1}^{(3)} = I_1^{(3)2} \cdot (t_{відімк} + T_{ak1}^{(3)}).$$

де  $t_{\text{відімк}}$  – час від початку КЗ до його відімкнення, с

$$t_{\text{відімк}} = t_3 + t_{\text{вимик}} = 0,1 + 0,08 = 0,18 \text{ с.}$$

$t_3 = 0,1$  – час спрацювання релейного захисту, с;

$t_{\text{вимик}} = 0,08$  – повний час вимикання вимикача з приводом, с.

$$B_{\text{к1}}^{(3)} = 11,39^2 \cdot (0,18 + 0,009964) = 24,64 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Розраховуємо ударний коефіцієнт:

$$k_{\text{уд1}}^{(3)} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{\text{ак1}}^{(3)}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,009964}} = 1,3665 \text{ с.}$$

Розраховуємо ударний струм для точки К5:

$$i_{\text{уд1}}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд1}}^{(3)} \cdot I_1''^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,345 \cdot 12,0115 = 22,011 \text{ кА.}$$

Розраховуємо найбільше діюче значення повторного струму короткого замикання:

$$I_{\text{y1}}^{(3)} = I_1''^{(3)} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{\text{уд1}}^{(3)} - 1)^2},$$

$$I_{\text{y1}}^{(3)} = 11,39 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,3665 - 1)^2} = 12,83 \text{ кА.}$$

Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.14.

Точка КЗ	$U_i$ , кВ	$x_{\Sigma i}$ , МОм	$r_{\Sigma i}$ МОм	$I_i''$ , кА	$T_{\text{ак}i}$ , с	$k_{\text{уд}i}$	$i_{\text{уд}i}$ , кА	$I_{\text{yi}}$ , кА	$B_{\text{к}i}$ , кА <sup>2</sup> ·с
К1 <sup>(3)</sup>	0,4	19,119	6,482	11,39	0,009664	1,3665	22,011	12,83	24,64
К2 <sup>(3)</sup>	0,4	26,586	209,3	1,15	0,0004	1	1,62536	1,15	0,2383

Зробимо розрахунок струму однофазного КЗ в точці К1. Складаємо схему заміщення прямої послідовності, яка зображена на рисунку 2.15.

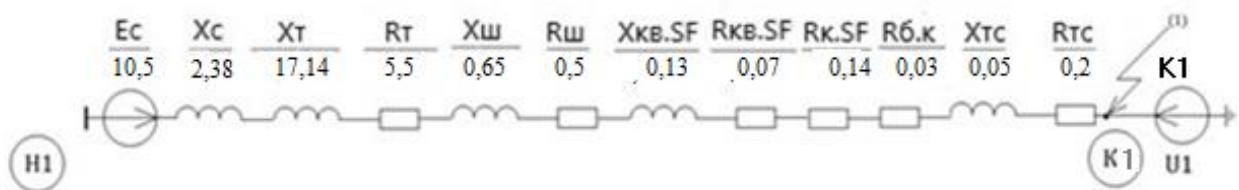


Рисунок 2.15– Схема заміщення прямої послідовності



$$x_{\Sigma 1} = x_c + x_T + x_{KB.SF} + x_{ш} + x_{TC},$$

$$x_{\Sigma 1} = 2,38 + 17,139 + 0,07 + 0,65 + 0,05 = 20,28 \text{ мОм},$$

$$r_{\Sigma 1} = r_{ш} + 4 \cdot r_{б.к} + r_{KB.SF} + r_T + r_{к.SF} + r_{TC},$$

$$r_{\Sigma 1} = 0,5 + 4 \cdot 0,003 + 0,13 + 5,5 + 0,14 + 0,2 = 6,482 \text{ мОм}.$$

Схема заміщення зворотної послідовності така ж, як і схема прямої послідовності, тільки без ЕРС.

Схема заміщення нульової послідовності зображена на рисунку 2.16

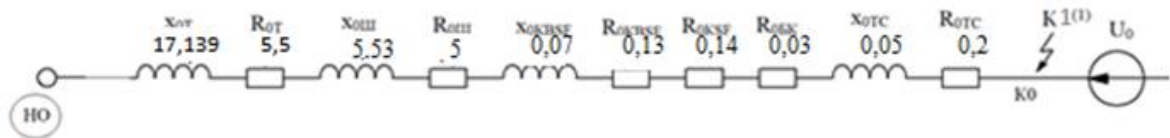


Рисунок 2.16 – Схема заміщення нульової послідовності

Питомі опори нульової послідовності шин:

$$x_{ш.0} = 8,5 \cdot x_{ш} = 8,5 \cdot 0,65 = 5,53 \text{ мОм},$$

$$r_{ш.0} = 10 \cdot r_{ш} = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ мОм}.$$

Розрахуємо еквівалентні активний та індуктивні опори нульової послідовності для точки К1:

$$x_{\Sigma 0} = (x_{T0} + x_{KB.QF0} + x_{ш.0} + x_{TC0}),$$

$$x_{\Sigma 0} = 17,139 + 0,07 + 5,53 + 0,05 = 22,79 \text{ мОм},$$

$$r_{\Sigma 0} = (r_{T0} + 4 \cdot r_{б.к0} + r_{к.QF0} + r_{KB.QF0} + r_{ш.0} + r_{TC0}),$$

$$r_{\Sigma 0} = (5,5 + 4 \cdot 0,003 + 0,13 + 0,14 + 5 + 0,2) = 11,018 \text{ мОм}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової струму однофазного КЗ:

$$I_1''^{(1)} = \frac{(1,05 \cdot U_{HH}) \cdot 10^3 \cdot m^{(1)}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot r_{\Sigma 1} + r_{\Sigma 0})^2 + (2 \cdot x_{\Sigma 1} + x_{\Sigma 0})^2}},$$

де  $x_{\Sigma 0}$  та  $r_{\Sigma 0}$  – відповідно індуктивний та активний опори схеми заміщення нульової послідовності;

$$I_1''^{(1)} = \frac{(1,05 \cdot 0,4) \cdot 10^3 \cdot 3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot 6,482 + 11,018)^2 + (2 \cdot 19,119 + 22,79)^2}} = 10,74 \text{ кА}.$$

Розраховуємо постійну часу загасання аперіодичного струму КЗ:

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

$$T_{ak1}^{(1)} = \frac{2 \cdot x_1 + x_0}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (2 \cdot r_1 + r_0)} = \frac{2 \cdot 19,119 + 22,79}{314 \cdot (2 \cdot 6,482 + 11,018)} = 0,0084 \text{ с.}$$

Розраховуємо ударний коефіцієнт:

$$k_{уд1}^{(1)} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{ak1}^{(1)}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0081}} = 1,3.$$

Розраховуємо ударний струм для точки К1:

$$i_{уд1}^{(1)} = \sqrt{2} \cdot k_{уд1}^{(1)} \cdot I_1''^{(1)} = \sqrt{2} \cdot 1,3 \cdot 10,74 = 19,81 \text{ кА.}$$

Розраховуємо найбільше діюче значення повторного струму короткого замикання:

$$I_{y1}^{(1)} = I_1''^{(1)} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{уд1}^{(1)} - 1)^2},$$

$$I_{y1}^{(1)} = 11,1 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,291 - 1)^2} = 11,7 \text{ кА.}$$

Розраховуємо значення теплового імпульсу:

$$B_{к1}^{(1)} = I_1''^{(1)2} \cdot (t_{відімк} + T_{ak1}^{(1)}),$$

де  $t_{відімк}$  – час від початку КЗ до його відімкнення, с.

$$t_{відімк} = t_з + t_{вимик} = 0,1 + 0,08 = 0,18 \text{ с.}$$

$t_з = 0,1$  – час спрацювання релейного захисту, с;

$t_{вимик} = 0,08$  – повний час вимикання вимикача з приводом, с.

$$B_{к1}^{(1)} = 11,1^2 \cdot (0,18 + 0,0081) = 21,73 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

За схожим принципом проводимо розрахунки для інших точок КЗ.

Результати всіх розрахунків для мережі нижче 1кВ заносимо до таблиці 2.15.

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Таблиця 2.15 – Результати розрахунків для мережі нижче 1 кВ

Точка КЗ	$U_i$ , кВ	$x_{\Sigma i}$ , мОм	$r_{\Sigma i}$ , мОм	$I_i''$ , кА	$T_{aki}$ , с	$k_{уді}$	$i_{уді}$ , кА	$I_{yi}$ , кА	$B_{ki}$ , кА <sup>2</sup> ·с
K1 <sup>(1)</sup>	0,4	22,79	11,018	10,74	0,0084	1,3	19,81	11,7	21,73
K2 <sup>(1)</sup>	0,4	1,698	0,0337	1,724	0,0004	1	2,4383	1,724	0,5363

### Висновки:

Проведено розрахунок струмів короткого замикання. Перевірено комутаційні апарати та струмоведучі частини за умов короткого замикання.

За результатами розрахунків, всі провідники і апарати відповідають нормам.

## 2.8 Релейний захист та автоматика

### 2.8.1 Загальні вимоги до релейного захисту і автоматики в мережах 10/0,4 кВ.

При протіканні струмів КЗ у колі, елементи мережі піддаються динамічним і терміновим впливам. Для зниження ризику пошкодження та виникнення аварійних ситуацій використовують групу автоматичних пристроїв під назвою «релейний захист», які забезпечують необхідний стандарт швидкого відключення пошкоджених елементів або ділянки мережі, якщо пошкодження становить пряму небезпеку для цієї схеми, або ж підключають пристрої сигналізації, якщо наслідки таких процесів при відносно швидкому реагуванні незначні.

Вимоги до релейного захисту:

- селективність (релейний захист повинен бути вибірковою, тобто відключати тільки ушкоджену ділянку електричного кола);

- швидкодія (релейний захист повинен мати мінімальний час спрацювання; для збільшення швидкодії допускається невибірковість захисту, що працює в сполученні з пристроями автоматики);

- чутливість (пристрій повинен реагувати на якомога найбільшу кількість можливих аномальних відхилень у мережі; оцінюється коефіцієнтом чутливості);

- надійність (обладнання повинно витримувати навантаження і справно виконувати свої функції, як в момент отримання відповідних сигналів, так і після виконання усіх необхідних операцій якомога найдовше).

Для ліній 6-10 кВ використовується двоступеневий струмовий захист у вигляді поєднання струмової відсічки (СВ) і максимального струмового захисту (МСЗ).

Основна відмінність між ними полягає у способі забезпечення селективності. Селективність дії МСЗ досягається за допомогою витримки часу, а СВ - відповідно вибором струму спрацювання.

Струмова відсічка забезпечує захист в зоні короткого замикання, а МСЗ - в зоні перевантаження.

У мережах з одностороннім живленням струмовий захист встановлюється на початку ділянки, що захищається з боку джерела живлення, рисунок 2.17.

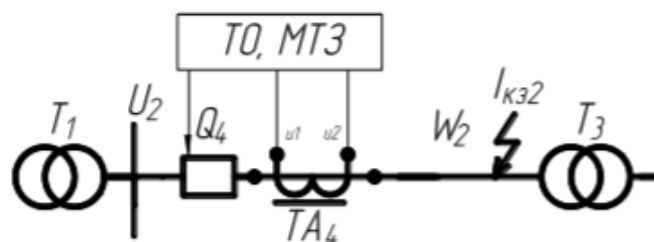


Рисунок 2.17 Встановлення струмового захисту

На цьому прикладі захист лінії W2 здійснюється вакуумним вимикачем ВВ/TEL-10 з мікропроцесорним блоком ТЕМП 2501-11 [26].

Завдання:

Розрахувати струмову відсічку лінії 10 кВ і трансформатора 10/0,4 кВ.  
Надати схему захисту. Вихідні дані – із електричної частини

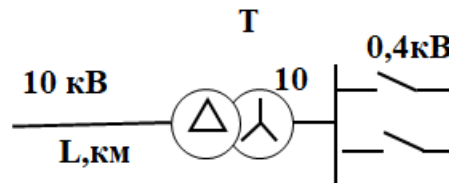


Рис. 2.18 Схема заданого трансформатора

### 2.8.2 Вибір елементів релейного захисту і автоматики

Згідно ПУЕ для трансформаторів передбачаються наступні види захисту:

- Газовий захист від ушкоджень всередині кожуха, що супроводжуються виділенням газу, і від зниження рівня масла;
- Струмова відсічка без витримки часу, установлена з боку живлення і охоплює частину обмотки трансформатора, для захисту від ушкоджень на виводах, а також внутрішніх ушкоджень;
- Максимальний струмовий захист від струмів, обумовлених перевантаженням з дією на сигнал (передбачений черговий персонал);
- Максимальний струмовий захист від струмів в обмотках, обумовлених зовнішніми багатозафазними короткими замиканнями. Встановлюється з боку основного живлення.
- Захист від однофазного короткого замикання на землю.

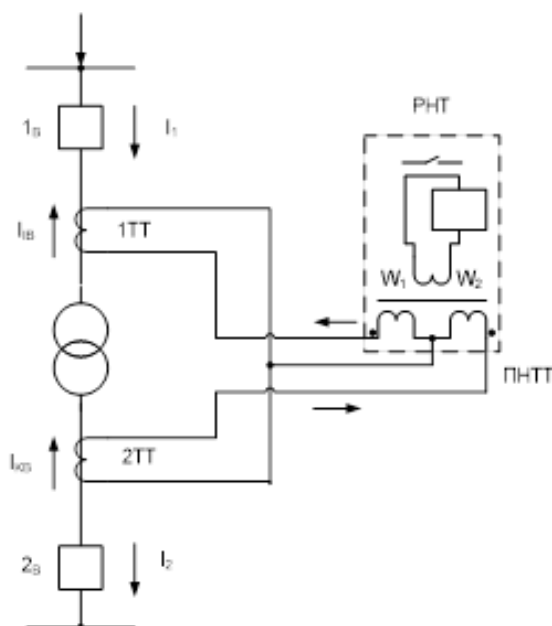


Рисунок 2.19 Принципова схема релейного захисту трансформатора

Ми забезпечуємо захист трансформаторної підстанції цеху промислового підприємства, тому я вважаю, що буде достатнім використання електромеханічних реле типу РТ

### 2.8.3. Перевірка селективності елементів РЗА

Розрахунок максимального струмового захисту

Реле захисту розподільних трансформаторів напругою 10/0,4 кВ з'єднують у неповну зірку. Група з'єднання обмоток  $\Delta/Y$ .

Схему неповної зірки виконуємо трьома реле типу РТ-40.

Струм спрацьовування струмової відсічки лінії, що живить трансформатори, повинний бути відбудований від кидка струму намагнічування трансформаторів по вираженню

$$I_{c.o} \geq K_{\text{від}} \cdot I_{\Sigma \text{тр}}$$

і від КЗ на шинах низької напруги трансформаторів за виразом

$$I_{c.o} \geq K_{\text{н}} \cdot I_{k \text{ Max}}^{(3)}$$

де  $K_{\text{від}}$  - коефіцієнт відбудування, прийнятий рівним 4-5 при миттєвому спрацьовуванні захисту;

$I_{\Sigma \text{ тр}}$  - сумарний номінальний струм трансформаторів, що живляться від лінії, що захищається;

$K_n$  - коефіцієнт, прийнятий рівним 1,5-1,6 для захисту з реле РТ-40

$I_{k \text{ Max}}^{(3)}$  - найбільший зі струмів, що проходять у місці установки захисту при трифазних КЗ за трансформаторами у максимальному режимі системи.

$$I_{\Sigma \text{ тр}} = \frac{S_{\text{тр.ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = 23,094 \text{ А}$$

$$I_{c.b} \geq 5 \cdot 23,094 = 115,47 \text{ А}$$

$$I_{c.b} \geq 1,5 \cdot 4270 = 6405 \text{ А}$$

Приймаємо струм спрацьовування відсічки  $I_{c.b.} = 6405 \text{ А}$ .

Струм спрацьовування реле відсічки.

Визначимо струм спрацювання реле:

$$I_{c.p} = \frac{I_{c.b} \cdot S_{\text{тр.ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{6405}{25} = 256,2 \text{ А}$$

Визначимо коефіцієнт чутливості:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{k \text{ min}}^{(2)} \cdot k_{\text{сх}}}{I_{c.p}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{6405}{256,2} = 21,8 \geq 1,5$$

де  $K_{\text{сх}}$  - коефіцієнт схеми;

Приймаємо реле типу РТ-80 з межами струму спрацьовування 12,5-50 А.

## 2.9 Організація обліку електричної енергії

З метою обліку електричної енергії, яку споживає цех, на вводі в цех буде встановлено щиток обліку електричної енергії для силових пунктів та щитка освітлення, в якій буде розміщено 1 лічильник типу НІК 2303. Характеристики даного лічильника наведені в таблиці 2.16.

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.16 - Характеристики лічильника

Номинальна напруга, кВ	3х220/380В
Найбільша робоча напруга, кВ	7,2 (12)
Номинальна частота, Гц	50
Номинальний сила струму, А	5
Максимальна сила струму, А	10, 80, 120
Клас точності приладу обліку	1,0
Рівень захисту ГОСТ 14254	IP54
Кліматичне виконання і категорія розміщення	У1

## 2.10 Економічні характеристики проекту

### 2.10.1 Розрахунок вартості приєднання до електричних мереж ОСР

Розрахуємо вартість підключення цеху до електричної мережі на відстані 2 км. Для цього використаємо ставку плати за лінійну частину приєднання на 2021 рік

Вартість" = ставку + ПДВ,

Вартість" =  $2309 \cdot 0,683 + 178,3 = 1755,35$  тис. грн.

### 2.10.2 Формування загальної специфікації обладнання і матеріалів

Все обладнання, яке було використано в даному проекті, та всі провідникові матеріали наведені в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Специфікація обладнання та матеріалів

Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення	Завод – виготовлювач	Вартість	Кількість	Маса
Повітряна лінія	АС-150	«Укрпровод»	713995,2 грн	10 км	5540 кг
Силовий трансформатор	ТДН-16000/110	ОАО «БЭЗ»	4000000грн	1 шт	85000
Роз'єднувачі	РГ110(УХЛ1)	«Укрелектро»	32860 грн	2 шт	160 кг
	РВЗ-10/160	«Укрелектро»	2700 грн	2 шт	32 кг
Вимикачі	ВГТ-110 У1	«ЭЛВОУкраина»	Уточнюється	2 шт	1570 кг
	ВВ/TEL10-25/2000	«Високовольтний союз»	950	18 шт	136 кг
	ПКТ 111-10- 8-20	«ДИП сервіс +»	Уточнюється	1	14,9
Трансформатор живлення цеху	ТМГ-400/10/0,4	«УкрЕЛКОМ»	110000 грн	1 шт	1270 кг

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72



Продовження таблиці 2.17

Трансформатори струму	ТОГФ-110	«ЭЛВОУкраина»	Уточнюється	4 шт	480 кг
Трансформатори напруги	НТМИ-10-66УЗ	«Укрелектро»	14500 грн	4 шт	81 кг
Кабельні лінії	АПвП 3х35	«Южкабель»	140400 грн	1,2 км	4680 кг
	АВВГ 4х95	«Южкабель»	9945грн	50 м	81 кг
	АВВГ 4х4	«Южкабель»	160 грн	10 м	2 кг
	АВВГ 4х6	«Южкабель»	180 грн	10 м	3 кг
	АПВ 10	«Южкабель»	3780 грн	105 м	12кг
	АПВ 25	«Южкабель»	150 грн	20 м	2,5кг
	АПВ 2,5	«Южкабель»	72 грн	45 м	1 кг
	АПВ 4	«Южкабель»	112 грн	75 м	2 кг
	АПВ 6	«Южкабель»	18 грн	5 м	0,15 кг
	АПВ 16	«Южкабель»	190 грн	40 м	3 кг
	АПВ 35	«Южкабель»	550 грн	55 м	7 кг
Лічильник	ТСКС40/145/10	«Укрелектро»	50000 грн	2 шт	370 кг
Конденсаторна батарея	ETI LPC	ETI	4200 грн	4 шт	10 кг

### Висновки

В даному розділі було оцінено систему електропостачання цеху. Обрано та перевірено в усіх режимах роботи всю кабельну продукцію напругою до і вище 1 кВ. Також обрано трансформатори 110/10 та 10/0,4. Перевірена по умовах короткого замикання вся комутаційна апаратура на лініях та трансформаторах, встановлено всі необхідні засоби релейного захисту. Також була підготовлена вся класифікація обладнання та провідників, яка була використана в даному проекті, з їх заводом виробником, вагою, кількістю та ціною за одиницю продукту.

### 3 ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ

#### 3.1 Аналіз мережі системи електропостачання цеху

##### 3.1.1 Аналіз споживачів цеху

Розглядаємо робочий цех залізничної станції. Обладнання та робочі установки на підприємстві вже давно застарілі, хоча вони й досі справно виконують свої функції. Більша частина споживачів у цеху належить до III категорії надійності, не беручи до уваги освітлення. Оцінивши процеси, за які відповідає дане підприємство та низький ризик негативних наслідків у разі перерв у роботі, я вирішив, що буде достатнім забезпечити резервне живлення лише аварійного освітлення.

Окрім застарілого обладнання всередині цеху, схожий стан мають і інші елементи мережі, якою забезпечується живлення промислового об'єкту. До таких відносяться розподільчі пристрої, трансформаторні установки, повітряні та кабельні лінії електропередачі. Низький рівень захисту електричних установок робить їх доволі чутливими до умов навколишнього середовища, що впливає на якість електропостачання. Високий рівень зносу призводить до зниження опорів у лініях мережі. Це призводить до збільшення струмів, що, в свою чергу, зумовлює втрати електроенергії, які з кожним роком будуть зростати.

Величина втрат в лініях і мережах визначається їх технічними параметрами і струмом навантаження:

$$\Delta P_{\text{л}} = 1,1 n p I^2 \frac{L}{S_{\text{л}}} \cdot 10^{-3},$$

					НТУУ 001.7106.043ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Конденко			Підвищення якості та надійності електропостачання цеху залізничної станції				Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Ярмолюк									74	9
Реценз.									ІЕЕ, ОЕ-71-6			
Н. Контр.		Прокопенко										
Затверд.												

де  $l$  – коефіцієнт, що враховує опір перехідних контактів, скручення жил і способів прокладки ліній;

$n$  – число фаз ліній;

$L$  – довжина ліній, м;

$S_{\text{л}}$  – поперечний розріз проводу,  $\text{мм}^2$ ;

$\rho$  – питомий опір матеріалу проводу при  $20^\circ\text{C}$  ( $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ );

$I$  – середнє значення струму навантаження, А.

Втрати електричної енергії:

$$\Delta A = \Delta P_{\text{л}} t_{\text{р}} \cdot 10^{-3},$$

де  $t_{\text{р}}$  – тривалість робочої зміни.

### 3.2 Заходи зі зменшення втрат в розподільних мережах

Класифікація заходів

Всі заходи розподіляються на три групи:

- організаційні, до яких ставляться заходи щодо удосконалюванню експлуатаційного обслуговування електричних мереж і оптимізації їхніх схем і режимів. Ці заходи є практично без затратними.
- технічні заходи, спрямовані на реконструкцію, модернізацію і будівництво мереж. Ці заходи потребують додаткових капітальних вкладень.
- заходи щодо удосконалювання урахування електроенергії, що можуть бути без затратними і витратними.

Для без затратних заходів ефект виражається розміром зниження втрат електроенергії або відповідного йому зниження витрат

При оцінці ефективності технічних заходів необхідно додатково враховувати і необхідні капіталовкладення. Було визначено для енергетики граничне значення терміну окупності капіталовкладень, рівне 8.3 року. Тоді ефективність технічних заходів може бути визначена згідно виразу:

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_0 = \frac{K}{WS_{\text{д}} - (p_a + p_o)K} \cdot 10^{-3},$$

де  $P_a$ ,  $P_o$  - нормативи щорічних відрахувань від капіталовкладень на амортизацію й обслуговування устаткування;

$K$  - капітальні вкладення, пов'язані з заходом;

$Ze$  - питомі витрати на електроенергію.

Одним з основних заходів щодо зниження втрат потужності є установка компенсуючи пристроїв (КП) в мережах споживачів електроенергії. Приблизно 60% усього необхідного зниження досягається з її поміччю. Біля 20 % дає установка КП в мережах 35-110 кВ енергосистем і сільських мереж. Приблизно 10 % - інші технічні заходи.

### 3.2.1 Організаційні заходи

Роздивимося режимні заходи, що є складовою частиною організаційних заходів. До режимних заходів відносять такі:

- оптимізацію законів регулювання напруги в центрах живлення розімкнених мереж 36-150 кВ;
- оптимізацію сталих режимів замкнених мереж по реактивній потужності коефіцієнтам трансформації;
- рівень напруги джерел живлення в мережі;
- перевід генераторів у режим роботи СК при дефіциті реактивної потужності;
- оптимізацію місць розмикання контурів мереж 110 кВ і вище з декількома номінальними напругами;
- оптимізацію місць розмикання мереж 6-35 кВ з двостороннім живленням;
- оптимальне вмикання трансформаторів на підстанціях у режимі малих навантажень (відключення частини трансформаторів; економічні режими

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботи трансформаторів );

- вирівнювання графіка навантаження мережі;
- вирівнювання навантажень фаз низьковольтних мереж.

Перевід генераторів у режим СК є доцільним тільки для тих генераторів, які у визначений момент часу не використовуються по своєму основному призначенню. Як правило, це або мало економічні генератори, виведені з роботи на період сезонного зниження навантаження, або генератори електростанцій, що працюють на дефіцитному паливі. При роботі в режимі СК генератори споживають із мережі невеличку активну потужність і генерують реактивну потужність.

### 3.2.2 Технічні заходи

До технічних заходів відносять заходи щодо реконструкції, модернізації і будівництва мереж. Більшість із них пов'язано з установкою додаткового устаткування і передбачається на стадії проектування мереж. У умовах експлуатації розглядаються, як правило, заходи з незначними капітальними вкладеннями. До них відносять

- запровадження КП 6-10 кВ,
- заміну трансформаторі що недовантажені і перевантажених трансформаторів із наявного фонду або шляхом переміщення з однієї підстанції на другу;
- запровадження в роботу пристроїв автоматичного регулювання напруги на трансформаторах і КП;
- упровадження ВДА.

### 3.2.3 Удосконалювання технічного урахування

Зараз створюються системи автоматизованого урахування електроенергії. Задача: упорядкування балансів електроенергії по підстанції, розімкнутої

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мережі, району і розробка заходів щодо зниження комерційних втрат у випадку невідповідності суми показань приладів урахування електроенергії, встановлених у споживачів, і приладів технічного урахування; забезпечення розрахунків втрат потужності і енергії в мережах і вибору заходів щодо зниження втрат достовірною інформацією.

### 3.2.3 Заходи щодо підвищення надійності роботи електричних мереж

Перерви живлення електропостачання споживачів небажані, а в ряді випадків неприпустимі. Вони можуть спричинити порушення нормального функціонування установок зв'язку, транспорту, технологічних процесів промислових підприємств, нормальних умов життя і діяльності населення. Можуть виникнути аварії, псування устаткування, брак продукції і т.д. Питання забезпечення надійності електропостачання регламентуються Правилами устрою електроустановок. Під надійністю в енергетику розуміють властивість устаткування, установки, схеми або системи зберігати свою працездатність, тобто виконувати свої функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники в заданих умовах. Основними показниками надійності є:

- параметр потоку відмов - середня кількість відмов що ремонтується в рік;
- час відновлення після відмови  $T_v$  - середній час змушеного простою, необхідного для пошуку і усунення однієї відмови;
- коефіцієнт змушеного простою, визначає можливість перебування елемента або установки в змушеному простой;
- частота планових ремонтів;
- середня тривалість одного планового ремонту;
- коефіцієнт технічного використання (характеризує можливість перебування установки в працездатному стані).

При експлуатації виділяють такі заходи щодо підвищенню надійності роботи електричних мереж:

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Контроль за станом устаткування. Створюються експертні системи діагностики.

Дуже важливий контроль або профілактичні іспити ізоляції.

2. Ремонтні роботи. Планово-попереджувальний і капітальні ремонти.

3. Диспетчерські служби і ліквідація аварій.

Експлуатаційний персонал виконує нагляд за мережними спорудженнями і їхній ремонт.

Персонал диспетчерських служб управляє режимами роботи системи, у тому числі і ліквідує аварійні ситуації при ушкодженнях ліній і устаткування підстанцій і електричних станцій.

Втрати електроенергії в лініях залежать від значення опорів і струму, що пропускається через лінії. Опір діючих ліній може вважатися практично постійним. Звідси випливає, що для зменшення втрат електроенергії можливий один шлях - зменшення струму, що протікає через них. Зменшити значення струму можна, наприклад використанням у роботі значної кількості резервних ліній. При наявності паралельних ліній бажано з розумінням економії електроенергії тримати їх включеними паралельно. При використанні їх на паралельну роботу, сумарний опір (еквівалентний) опір цих мереж зменшиться, і, отже, втрати активної та реактивної енергії при її передачі скоротяться. При паралельному з'єднанні опорів еквівалентний опір, при припущенні що опори резервної та основної ліній рівні, буде в два рази нижче. Звідси випливає зменшення втрат активної та реактивної потужностей також у два рази.

### 3.3 Оновлення окремих елементів мережі живлення цеху

Серед найбільш доступних на даний момент з можливих рішень по підвищенню якості та надійності електропостачання для об'єкту дослідження, було обрано заміну трансформатора ТМ-400/10, до якого наразі під'єднаний

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цех. На його місце я пропоную встановити ТМГ-400-10/04, показаний на рисунку 3.1.



Рис. 3.1 Трансформатор ТМГ-400-10/0,4

Потенціальна схема живлення в такому випадку матиме наступний вигляд (рисунок 3.2):

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



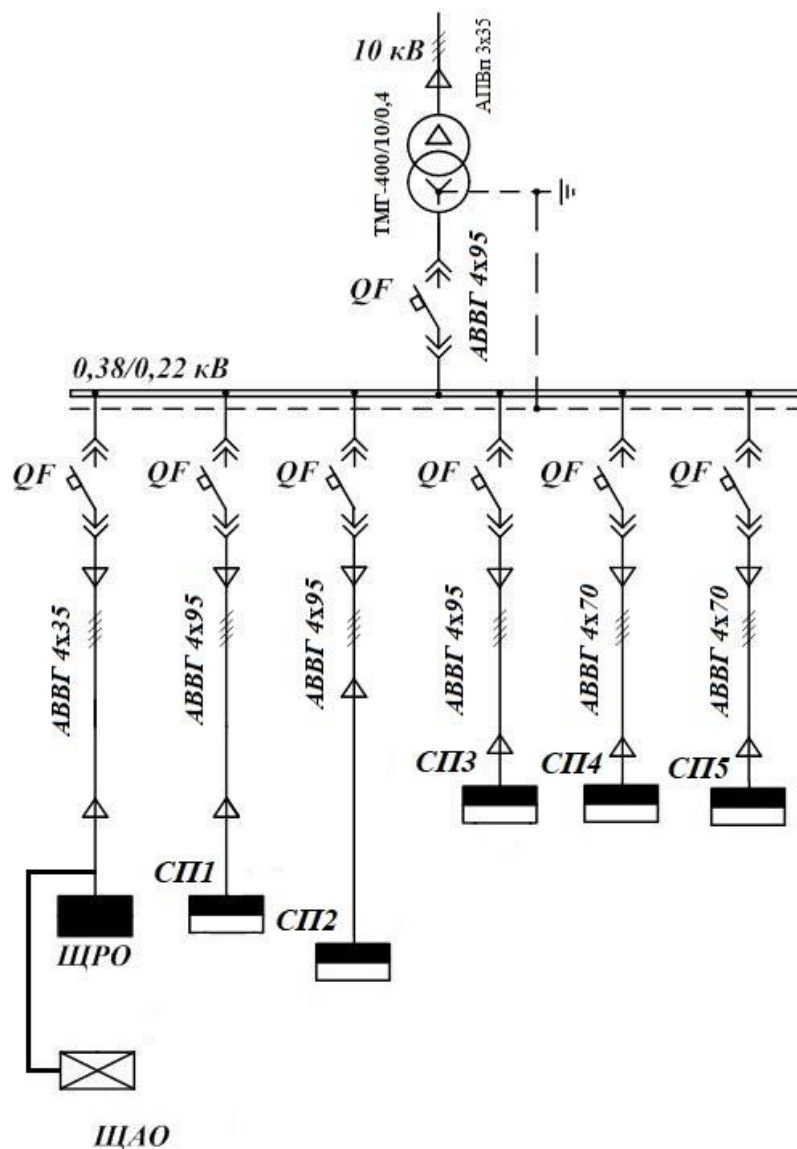


Рис. 3.2 Схема живлення цеху від трансформатора ТМГ-400/10/0,4

Основними перевагами цього трансформатора є сучасність, менша маса та габарити. Проте головною його особливістю є герметичне виконання, що забезпечує високу стійкість до зовнішніх чинників на роботу ЕУ, а отже і підвищує ефективність роботи у мережі.

Окрім цього, необхідно забезпечити резервним живленням аварійне освітлення за допомогою батареї АБН-80 (рисунок 3.3).



Рис 3.3 Акумулятор АБН-80

Оскільки навантаження аварійного освітлення в даній будівлі становить приблизно 0,01 кВА, а струм 12 А, то буде цілком достатньо підключити в систему резервного живлення 12 акумуляторів АБН-80.

### Висновки

У цьому розділі було розглянуто основні проблеми об'єкту дослідження. Після аналізу споживачів та вивчення можливих рішень по підвищенню якості та надійності електропостачання, було вирішено замінити застарілий трансформатор, від якого живиться вищевказаний цех, та забезпечити резервне живлення аварійного освітлення. Для цього було обрано відповідне обладнання, характеристики якого задовольняють потребам даної мережі.

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ЗАМІНИ ТРАНСФОРМАТОРА

### 4.1 Загальна характеристика об'єкта, технічні характеристики серійного енергетичного устаткування та систем енергопостачання

Показники загальної характеристики надають в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Загальна характеристика електричної установки

Найменування ЕУ	Вид розміщення	Розміщення робочого місця	Категорія електроприміщення	Категорія з пожежної безпеки
Трансформатор ТМГ-400-10/0,4	Зовнішнє розміщення	Окреме приміщення	приміщення з підвищеною небезпекою	Категорія Д

Технічні характеристики вибраної у попередніх розділах проекту ЕУ наведені у таблиці 4.2

Таблиця 4.2. Характеристики трансформатора

Найменування ЕУ і марка	Основні характеристики	Числове значення показника
Трансформатор ТМГ-400-10/0,4	Потужність	400 кВА
	Напруга	10/0,4 кВ
	Габаритні розміри	1270x762x1294 мм
	Маса	1270 кг
	Маса масла	263 кг
	Схема і група з'єднань обмоток	У/У <sub>Н</sub> -0; Д/У <sub>Н</sub> -11;

					НТУУ 001.7106.043ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Конденко				Охорона праці та пожежної безпеки під час заміни трансформатора	Літ.	Арк.
Перевір.	Третьякова						83
Реценз.						Аркушів	
Н. Контр.	Прокопенко					ІЕЕ, ОЕ-71-6	
Затверд.							

## 4.2 Визначення обсягів і послідовності робіт у ході експлуатації або під час модернізації енергетичного об'єкту

У підрозділі встановлюють обсяги та послідовність виконання робіт, період та тривалість їх виконання. На підставі таких вимог визначають способи доставки та розгрузки устаткування, кількісний склад бригади та рівень кваліфікації (групу з електробезпеки) електротехнічних працівників. Інформацію наводять у таблиці 4.3. Таблиця

4.3. Послідовність виконання робіт

Вид робіт	Спосіб доставки і розгрузки	Період виконання робіт і тривалість	Кількісний склад бригади	Група з електробезпеки
Демонтаж ТМ-400	Транспорт, механічна розгрузка	Літній, 10 робочих днів	6 осіб	IV або V
Монтаж ТМГ-400-10/0,4		Літній, 20 робочих днів		

## 4.3 Визначення та оцінка показників умов праці на робочих місцях

Показники умов праці під час виконання вказаних у п 4.2 робіт для бригади електротехнічних працівників наведено у табл. 4.4.

Таблиця 4.4. Чинники, які формують умови праці та їх показники

Найменування чинника	Основні характеристики	Числове значення показника
Параметри мікроклімату	Температура повітря	(22...32) оС
	Вологість	(35...75) %
	Швидкість вітру	(0,05...15) м/с

Продовження таблиці 4.4

Важкість праці	Переміщення вантажів	До 20 кг
	Робоче положення	Стоячи, стоячи зігнувшись, у присяді
	Статичні та динамічні навантаження	80 Вт, (300...400) (Вт·год)
	Категорія робіт	III
Напруженість праці	Тривалість зосередженого спостереження	55% робочого часу
	Тривалість активних дій	45% робочого часу
	Змінність	1 зміна 10 годин
	Категорія	III
Електричні показники	Напруга	10 кВ
	Струм	200 А
Неелектричного походження	Шум	110 дБА

#### 4.4 Визначення та оцінка шкідливих і небезпечних виробничих чинників

До табл. 4.5 вносять чинники, фактичні значення яких перевищують граничнодопустимі значення.

Таблиця 4.5. Перелік небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Небезпечні і шкідливі чинники	Фактичне значення	Допустиме значення
Електричного походження		

#### Продовження таблиці 4.5

Напруга	10 кВ	8 В
Струм	200 А	0,6 мА
Неелектричного походження		
Шум	110 дБА	85дБА
Оцінка умов праці	Шкідливі І категорії	

#### 4.5 Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці

Технічні та організаційні заходи впроваджують для обмеження впливу НШВЧ, які визначено у табл. 4.5.

Таблиця 4.6. Технічні і організаційні заходи

Вид заходу	Найменування заходу	Опис, показники і характеристики
Технічні заходи з електробезпеки		
Огороджувальний засіб	Огорожа трансформатора	Сітчаста, висота 2 м, механічне блокування входу
Захисне заземлення	Встановлення заземлення по периметру цеху	Заземлення с опором менше 4 Ом
Організаційні заходи з електробезпеки		
Розміщення плакатів безпеки	Роботи без напруги.	Плакти на вході

#### 4.6 Вибір засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Результати вибору потрібних ЗІЗ надати у вигляді таблиці 4.7.

Таблиця 4.7. Перелік засобів індивідуального захисту

Вид ЗІЗ	Призначення	Марка. Модель. Матеріал	Гарантований термін використання	Технічні характеристики
Захисний одяг	Захист від механічних ушкоджень	Комбinezон Yato 50 (YT-8032)	До зносу	Під час виконання робіт
Захист органів слуху	Зниження рівня шуму на 10 дБА	«ДПЕ 30». Поліуретан.	12 місяців	Під час роботи з підвищеним звуковим навантаженням
Захисне взуття	Захист від механічних ушкоджень	МЗ «Електра». Черевики.	6 місяців	Під час переміщення вантажів масою до 15 кг

Результати вибору потрібних ЕЗЗ показано у табл. 4.8.

Таблиця 4.8. Перелік електрозахисних засобів

Вид ЕЗЗ	Найменування	Технічні характеристики	Призначення і норми випробувань
Захисні пристосування	Захисне переносне заземлення, ізолюючі підставки, плакати безпеки	Виконання робіт	0,4 – 10 Раз у 24 місяці
Контрольносигнальні прилади	Ізолювальні кліщі	Накладання муфт, заміна плавких вставок	0,4-35 кВ Раз у 24 місяці

#### 4.7 Вибір заходів із запобігання та ліквідації наслідків пожежних та вибухонебезпечних ситуацій

Відповідно до норм з пожежної безпеки на енергетичних об'єктах вибирають первинні засоби до тушіння пожеж (вогнегасник, пожежний інвентар), а також технічні та організаційні – у разі виникнення пожежі або вибуху. Результати вибору наводять у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9. Перелік заходів і засобів з пожежної безпеки

Група заходів	Технічні характеристики	Критерії вибору
Технічні		
Вогнегасник	Пересувний	У приміщенні

#### 4.8 Розрахунок захисного заземлення

Вихідні дані:

1 Захищений об'єкт — обладнання підприємства.



2 Захищений об'єкт — стаціонарний.

3 Напруга мережі — 10 кВ.

4 Виконання мережі — з глухо заземленою нейтраллю.

5 Тип заземлювального пристрою — вертикальний (труби).

6 Розміри вертикальних заземлювачів: довжина  $l_B$  — 5 м; діаметр труби  $d$  — 0,05 м; товщина стінки труби — 4 мм.

7 Відношення відстані між трубами до їхньої довжини  $L_B/l_B = 1$ .

8 Розміри горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки): довжина  $L$  —  $L_{зс}$  — згідно з розрахунком, м; ширина стрічки  $b_c$  — 0,05 м.

9 Глибина закладання вертикальних заземлювачів  $h_B = 1$  м горизонтальних  $h_H = 1$  м.

10 Розташування заземлювачів попередньо приймають за чотирикутним контуром при числі стержнів від 4 до 100 та в один ряд при числі стержнів від 2 до 20

Грунт — супісок; склад — однорідний; вологість — мала; агресивність — нормальна.

Кліматична зона — II.

Допустиме нормативне значення опору розтіканню струму в заземлюючому пристрої  $R \leq 10$  Ом.

Визначаємо  $R_{РОЗР.Г}$  — розрахунковий опір ґрунту для горизонтальних заземлювачів, Ом

$R_{РОЗР.Г(B)} = R_{ТАБЛ} \cdot K_{С.Г(B)}$ .

де  $R_{ТАБЛ}$  — приблизне значення питомого опору ґрунту;

$K_{С.Г(B)}$  — коефіцієнти сезонності для горизонтального або вертикального заземлювачів.

Визначаємо приблизне значення питомого опору ґрунту, що рекомендується для приблизного розрахунку

$R_{ТАБЛ} = 300$  Ом

Визначаємо коефіцієнт сезонності  $K_{св}$  для вертикальних заземлювачів для даної кліматичної зони II, при нормальній вологості для вертикального електроду довжиною  $L_B = 5\text{м}$ ,

приймаємо  $K_{св} = 1,2$ .

Визначаємо значення КСТГ — коефіцієнта сезонності для горизонтального заземлювача згідно з кліматичною зоною. За таблицею 2 приймаємо для II зони  $K_{СТГ} = 1,2$ .

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту для вертикальних заземлювачів:

$$R_{\text{РОЗР.В.}} = 300 \cdot 1,2 = 360 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтальних заземлювачів,  $\text{Ом} \cdot \text{м}$ , за формулою:

$$R_{\text{РОЗР.Г.}} = 300 \cdot 2 = 600 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача  $t$ :

$$t = h_B + \frac{L_B}{2},$$

де  $h_B = 1 \text{ м}$  - Глибина закладання вертикальних заземлювачів;

$L_B = 5\text{м}$  - довжина вертикального електроду.

$$t = 1 + \frac{5}{2} = 3,5\text{м}.$$

Опір розтіканню струму в одному вертикальному заземлювачі  $R_B$  визначаємо:

$$R_B = \frac{R_{\text{РОЗР.В.}}}{2\pi \cdot L_B} \cdot \left( \lg \frac{2L_B}{d} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t+L_B}{4t-L_B} \right),$$

де  $d = 0,05 \text{ м}$  діаметр труби;

$t$  - відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача, м.

$$R_B = \frac{360}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \cdot \left( \lg \frac{2 \cdot 5}{0,05} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot 3,5 + 5}{4 \cdot 3,5 - 5} \right) = 28,227 \text{ Ом}.$$

Визначаємо теоретичну кількість вертикальних заземлювачів -  $n_{\text{ТВ}}$  без врахування коефіцієнта використання  $\eta_{\text{ВВ}}$ , тобто  $\eta_{\text{ВВ}} = 1$ :

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{TB} = \frac{R_B}{R_d \cdot \eta_{B.B.}},$$

де  $R_d \leq 10$  Ом - допустиме нормативне значення опору розтіканню струму в заземлюючому пристрої;

$R_B$  - опір розтіканню струму в одному вертикальному заземлювачі, Ом;

$\eta_{BB} = 1$  - коефіцієнта використання вертикальних заземлювачів.

$$n_{TB} = \frac{28,227}{10 \cdot 1} = 3.$$

Визначаємо коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів -  $\eta_{BB}$  при розташуванні їх згідно з вихідними даними або за чотирикутним контуром при числі заземлювачів  $n_{TB} = 3$  та при відношенні  $\frac{L_B}{l_B} = 1$  приймаємо  $\eta_{BB} = 0,71$ .

Визначаємо необхідну кількість  $n_{HB}$ , шт. — вертикальних однакових заземлювачів з врахуванням коефіцієнта використання:

$$n_{HB} = \frac{28,227}{10 \cdot 0,71} = 4.$$

Визначається розрахунковий опір  $R_{PO3P.B.}$ , Ом, розтіканню струму у вертикальних заземлювачах при  $n_{HB} = 4$  без врахування з'єднувальної стрічки:

$$R_{PO3P.B.} = \frac{R_B}{n_{HB} \cdot \eta_{B.B.}},$$

$$R_{PO3P.B.} = \frac{28,227}{4 \cdot 0,71} = 9,94.$$

Визначаємо відстань  $L_B$  між вертикальними заземлювачами за відношенням  $\frac{L_B}{l_B} = 1$ , звідки  $L_B = 1 \cdot 5 = 5$  м.

Визначаємо  $L_{3c}$  — довжину, м, з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача:

$$L_c = 1,05 \cdot L_B (n_{HB} - 1),$$

$$L_c = 1,05 \cdot 5 \cdot (4 - 1) = 15,75.$$

Визначаємо  $R_{ГЗС}$  - опір, Ом, розтікання струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці):

$$R_{ГЗС} = \frac{R_{PO3P.Г.}}{2\pi \cdot L_{3c}} \cdot \lg \frac{2L_{3c}^2}{h_3 \cdot b_c},$$

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $R_{\text{РОЗР.Г}}$  - розрахунковий опір розтіканню струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці);

$L_{\text{зс}}$  — довжину, м, з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача;

$h_{\text{з}} = 1$  м, глибина закладання горизонтальних заземлювачів;

$b_{\text{с}}$  — 0,05 м - ширина стрічки.

$$R_{\text{ГЗС}} = \frac{600}{2 \cdot 3,14 \cdot 15,75} \cdot \lg \frac{2 \cdot 15,75^2}{1 \cdot 0,05} = 24,23.$$

Визначаємо  $\eta_{\text{ВГ}}$ , - коефіцієнт використання горизонтального заземлювача при розташуванні вертикальних заземлювачів згідно з вихідними даними або за чотирикутним контуром при відношенні  $\frac{L_{\text{В}}}{l_{\text{В}}} = 1$  та необхідній кількості вертикальних заземлювачів  $n_{\text{ВВ}} = 4$ , приймаємо  $\eta_{\text{ВГ}} = 0,45$ .

Визначається  $R_{\text{РОЗР.Г}}$  — розрахунковий опір розтіканню струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці) при кількості електродів  $n_{\text{Г}}$  за формулою:

$$R_{\text{РОЗР.Г.}} = \frac{R_{\text{ГЗС}}}{n_{\text{Г}} \eta_{\text{ВГ}}},$$

де  $R_{\text{ГЗС}}$  - опір, Ом, розтікання струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці);

$n_{\text{Г}}$  - кількості електродів;

$\eta_{\text{ВГ}}$  - коефіцієнт використання горизонтального стрічкового електрода.

$$R_{\text{РОЗР.Г.}} = \frac{24,23}{1 \cdot 0,45} = 53,84 \text{ Ом.}$$

Визначаємо розрахунковий теоретичний опір -  $R_{\text{РОЗР.В.Г.}}$ , Ом, розтіканню струму у вертикальних та горизонтальних заземлювачах:

$$R_{\text{розр. в. г.}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{\text{В}}} + \frac{1}{R_{\text{Г}}}},$$

$R_{\text{РОЗР.В}}$  - розрахунковий опір, Ом, розтіканню струму у вертикальних заземлювачах;

$R_{\text{РОЗР.Г}}$  — розрахунковий опір розтіканню струму в горизонтальному заземлювачі.

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{розр. в. г.}} = \frac{1}{\frac{1}{9,94} + \frac{1}{53,84}} = 8,391,$$

$$R_{\text{ПОЗР. В.}} = \frac{R_{\text{В}} \cdot R_{\text{Г}}}{R_{\text{В}} + R_{\text{Г}}} \leq R_{\text{З}},$$

$$R_{\text{ПОЗР. В. Г.}} = 8,391 \leq 10 \text{ Ом.}$$

Отриманий розрахунковий опір розтіканню струму відповідає вимогам ПУЕ  $R_{\text{розр. в. г.}} \leq 10 \text{ Ом}$

### Висновки

В даному розділі було розглянуті особливості охорони праці та пожежної безпеки на підприємстві, а саме при заміні трансформатора ТМ-400 на ТМГ-400-10/0,4кВ. За результатами аналізу всіх робіт на підприємстві, було визначено необхідні заходи для забезпечення відповідного рівня безпеки під час проведення демонтажу старого обладнання та встановлення нового. Окрім того було розраховане відповідні характеристики захисного заземлення для створення безпечних умов праці та запобігання нещасних випадків у майбутньому.

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВОК

В даному дипломному проекті було розглянуто основні проблеми електропостачання цеху залізничної станції. Проаналізувавши джерела живлення та споживачів які його потребують, були визначені заходи по підвищенню якості та надійності системи електропостачання, а саме:

- визначено технічні заходи (оновлення технічних установок);
- обрані трансформаторна підстанція для заміни та акумуляторна батарея для забезпечення живлення в аварійних ситуаціях;
- визначено заходи із забезпечення необхідних умов праці під час монтажних робіт в мережі.

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ ІЕС 62040-3. Системи гарантованого електропостачання агрегати безперебійного живлення загальні технічні вимоги. методи випробування.
2. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 177 с.
3. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Київ: Міністерство праці та соціальної політики України, 2001.
4. НАПБ Б.07.005-86. Визначення категорії приміщень і будівель по вибухопожежній і пожежній небезпеці (загальносоюзні норми технологічного проектування). Москва: МВС СРСР, 1986.
5. ГОСТ 14254-2015 (ІЕС 60529:2013) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками.
6. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ-2018). Вид. офіц. Харків: Форт, 2018. 458 с.
7. ДСТУ-Н В.2.5-80:2015 Настанова з проектування систем електропостачання підприємств. Київ: Мінрегіон, 2016. 79 с.
8. Системи електропостачання / В.А. Попов, В.В. Ткаченко, І.В. Притискач, А.О. Журавльов. – Київ, 2017.
9. Практичні методи визначення розрахункових навантажень / В.А. Попов, В.В. Ткаченко. – Київ, 2017.
10. Довідкова книга зі світлотехніки. Айзенберг Ю.Б. (Ред.) 1983 3-е изд. Перераб. И доп. М.: Знак. – 972 стр.: ил. ISBN 5-87789-051-4.
11. ДБН В.2.5-28:2018. Природне та штучне освітлення. Київ: Мінрегіон, 2018. 111 с.

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Порядок приєднання до ОСР: <https://www.zoe.com.ua/порядок-приєднання/>

13. Розрахунок освітленості виробничого приміщення [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/rozrah\\_rozd\\_OP\\_DP\\_bak\\_spec\\_mag/80.html](https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/rozrah_rozd_OP_DP_bak_spec_mag/80.html).

14. «ТМ-400/10/0.4-У1». «Запорожэнергокомплект» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://energocomplekt.com.ua/index.php?Lev=tpower04>.

15. Каталог заводу виробника ТОВ «УКРЕЛЕКТРОАПАРАТ» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.uea.com.ua/>.

16. Рожков П.П., Рожкова С.Е. «Надійність електричних мереж», Харків 2008.

17. ГОСТ 13109-97. «Электрическая энергия. Совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». Затверджено наказом від 21.11.1997.

18. Електронний каталог ЗАО «ЗЭТО» [Електронний ресурс]: база даних. – Режим доступу: [http://zeto.ru/products\\_and\\_services/](http://zeto.ru/products_and_services/)

19. Електронний каталог «Siemens» [Електронний ресурс]: база даних. – Режим доступу: <https://w3.siemens.com/powerdistribution/>

20. Електронний каталог ЗАО «УралЭнерго» [Електронний ресурс]: база даних. – Режим доступу: <http://uralen.ru/catalog/vk/group-50/572.html>

21. Пункт комерційного обліку ПК0 - 10кВ. ЕТК [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.etk-pp.com.ua/catalog/punkt-komertsijnoho-obliku-pko/>.

22. Третьякова Л.Д., Литвиненко Г.Є. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування: навчальний посібник. Київ: Лібра, 2008. 317 с.

23. За редакцією д. т. н, проф. К.Н. Ткачука і к. т. н., доц В.В.Зацарного. Охорона праці та промислова безпека

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



24. ДБН В.2.5-56:2010. Державні будівельні норми. Системи протипожежного захисту. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 34 с.

25. НАПБ А.01001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 45 с.

26. НПАОП 63.21-1.22-07. Правила охорони праці під час вантажнорозвантажувальних робіт. Вид. офіц. Київ: Держнаглядохоронпраці, 2007. 35 с.

27. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1999. 26 с.

28. ГН 3.3.5-8-6.6.1-2014. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу: наказ від 08.04.2014.м. N 248. Вид. офіц. Київ: Держнаглядохоронпраці, 2014. 85 с.

29. ГКД 34.20.507-2003. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила. Київ: Об'єднання енергетичних підприємств «Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики», 2009. 598 с

30. ДСТУ 7239:2011. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2011. 6 с.

31. [Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.: ил.].

					НТУУ 001.7106.043ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		