

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

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання  
(повна назва кафедри)

«На правах  
рукопису» УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Бориченко О.В.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

## Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
спеціалізації Системи забезпечення споживачів електричною енергією

на тему: «Підвищення надійності електропостачання споживачів  
постійного струму тягової підстанції»

Виконав: студент II курсу, групи ГЕ-31мп

Джгун Артур Сергійович

( прізвище, ім'я по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник к.т.н., доц. Ткаченко В.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант нормоконтроль Прокопенко І.Д.

(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря  
Сікорського»**

Інститут/факультет Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Системи забезпечення споживачів електричною енергією»

Завідувач кафедри

Олена Бориченко

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту  
Джгун Артур Сергійович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Підвищення надійності електропостачання споживачів постійного струму тягової підстанції»  
науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Ткаченко В.В.

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

затверджені наказом по університету від 08 листопада 2024 р. №5008-с

2. Строк подання студентом дисертації 13 грудня 2024 року

3. Об'єкт дослідження: заміна акумуляторної батареї на тяговій підстанції.

4. Предмет дослідження: тягова підстанція залізниці з акумуляторними батареями.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

- аналіз існуючих видів тягових підстанцій;
- аналіз схем підключення тягових підстанцій до контактної мережі;
- аналіз системи оперативного струму тягової підстанції;
- вплив акумуляторної батареї на надійність системи електропостачання тягової підстанції;

- проведення розрахунків ефективності заміни акумуляторної батареї;
- розроблення стартап проекту.

6.Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація

7.Консультанти розділів дисертації

*Нормоконтроль*

*Прокопенко І.Д.*

8.Дата видачі завдання 30 жовтня 2024 року

### Календарний план

№ з / п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1	Отримання завдання	30.10.2024	
2	Аналіз літературних джерел	31.10.2024-08.11.2024	
3	Формування плану роботи	08.11.2024-15.11.2024	
4	Розробка першого та другого розділу	15.11.2024-22.11.2024	
5	Розробка третього розділу	22.11.2024-29.11.2024	
6.	Розробка стартап проекту	29.12.2024-06.12.2024	
7.	Оформлення дисертації		
8.	Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	08.12.2024	
9.	Передзахист МД	10. 12.2024	
10	Захист дисертації	16.12.2024	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Джгун А.С.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ткаченко В.В.

(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація виконана на тему «Підвищення надійності електропостачання споживачів постійного струму тягової підстанції». Дисертація містить 63 сторінки основного тексту, 15 рисунків, 16 таблиць, 20 бібліографічних джерел за переліком посилань.

**Актуальність теми.** Тягові підстанції є невід'ємною частиною залізниці, забезпечуючи левову частку від всіх перевезень.

Тягові підстанції є надійним джерелом живлення, яке забезпечує високу надійність електропостачання споживачів залізничного транспорту, комунальних, так і побутових, що є перевагою для сталого розвитку.

Більша екологічність та ефективність використання палива. Вартість перевезень за допомогою електричного транспорту кратно менша ніж вартість перевезень з використанням двигунів внутрішнього згоряння.

В даний час найпоширенішим способом залізничних перевезень є саме перевезення за допомогою електротранспорту який живиться від тягових підстанцій за допомогою централізованої енергомережі. В Україні з кожним роком частка перевезень електрифікованими маршрутами залізниці тільки зростає, що забезпечує зниження витрат на транспортування та позитивно впливає на зменшення вуглецевого сліду.

Тягові підстанції залізниці в Україні розвиваються двома шляхами, а саме – це тягові підстанції постійного струму та тягові підстанції змінного струму контактної мережі.

**Метою магістерської дисертації** є аналіз та розрахунок підвищення надійності тягової підстанції при заміні акумуляторної батареї.

**Об'єктом дослідження** є тягова підстанція залізниці з використанням акумуляторної батареї.

**Предметом дослідження** є заміна акумуляторної батареї.

**Методи дослідження.** Дослідження засновані на сучасних методах обчислювальної математики, теорії надійності, системному аналізі, прикладному статистичному аналізі, аналізі використання сучасних

комп'ютерних програм.

### **Наукова новизна результатів дослідження.**

Проведено комплексні дослідження складу, режимів роботи тягових підстанцій залізниці, що дозволило виявити напрями та можливості ефективного підвищення надійності електропостачання.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Отримані результати моделювання можуть використовуватися:

- для удосконалення існуючих систем з використанням застарілих акумуляторних батарей задля підвищення надійності електропостачання.
- при запровадженні та проєктуванні нових тягових підстанцій з використанням акумуляторних батарей.
- при дослідженні надійності систем електропостачання.

**Ключові слова:** ТЯГОВА ПІДСТАНЦІЯ, НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, СПОЖИВАЧІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ, АКУМУЛЯТОРНА БАТАРЕЯ.

## **ABSTRACT**

Traction substations are an integral part of the railway, providing the lion's share of all transportation. The thesis contains 63 pages of the main text, 15 figures, 16 tables, 20 bibliographic sources according to the list of references.

Actuality of theme. Traction substations are an integral part of the railway, providing the lion's share of all transportation.

Traction substations are a reliable source of power that ensures high reliability of electricity supply to consumers of railway transport, utilities, and households, which is an advantage for sustainable development.

Greater environmental friendliness and fuel efficiency. The cost of transportation using electric transport is many times lower than the cost of transportation using internal combustion engines. At present, the most common way of railway transportation is transportation by means of electric transport powered by traction substations with the help of a centralized power grid. Every year in Ukraine, the share of transportation on electrified railway routes only increases, which ensures a reduction in transportation costs and has a positive effect on reducing the carbon footprint.

Railway traction substations in Ukraine are developing in two ways, namely, direct current traction substations and catenary alternating current traction substations.

The goal of the master's thesis is the analysis and calculation of increasing the reliability of the traction substation when replacing the storage battery.

The object of the study is a railway traction substation using a storage battery.

Research methods. Research is based on modern methods of computational mathematics, reliability theory, system analysis, applied statistical analysis, analysis of the use of modern computer programs.

Scientific novelty of the research results.

Comprehensive studies of the composition and modes of operation of traction substations of the railway were conducted, which allowed to identify directions and opportunities for effective improvement of the reliability of power supply.

Practical significance of the obtained results.

The obtained simulation results can be used:

- to improve existing systems using outdated storage batteries to increase the reliability of power supply.

- when introducing and designing new traction substations using storage batteries.

- when studying the reliability of power supply systems.

**Keywords: TRACTION SUBSTATION, RELIABILITY OF ELECTRICAL SUPPLY, CONSUMERS OF DIRECT CURRENT, ACCUMULATORY BATTERY.**

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	12
<b>РОЗДІЛ 1 ТЯГОВІ ПІДСТАНЦІЇ</b> .....	14
1.1 Тягові підстанції залізничного транспорту .....	14
1.2 Тягові підстанції міського транспорту .....	24
1.2.1 Тягові підстанції метрополітену.....	24
1.2.2 Тягові підстанції трамвая .....	26
1.2.3 Тягові підстанції тролейбуса .....	27
1.3 Власні потреби підстанцій .....	27
1.3.1 Оперативний струм підстанції.....	28
1.3.2 Області застосування систем оперативного струму.....	29
1.3.3 Система постійного оперативного струму .....	30
1.3.4 Система змінного оперативного струму .....	31
Висновки до розділу .....	32
<b>2. ТЕХНІЧНЕ ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ ІЗ ЗАМІНОЮ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ</b> .....	34
2.1 Загальна характеристика об'єкту .....	34
2.2 Характеристика системи постійного струму .....	36
2.3 Організаційно-технологічна схема послідовності виконання робіт.....	43
2.4 Охорона праці та пожежна безпека.....	46
2.4.1 Охорона праці.....	46
2.4.2 Пожежна безпека.....	48
Висновки до розділу .....	51

<b>3 ВИБІР АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ ТА ЗАРЯДНИХ ПРИСТРОЇВ</b>	52
3.1 Вихідні дані.....	52
3.2 Визначення кількості акумуляторів .....	52
3.3 Розрахунок падіння напруги .....	53
3.4 Розрахунок мінімально допустимого рівня напруги.....	54
3.5 Вибір батареї.....	55
3.6 Розрахунок газовиділення .....	59
3.6.1 Визначення маси виділеного водню .....	59
3.6.2 Визначення надлишкового тиску, що утворюється при згорянні газоповітряної суміші водню .....	60
3.7 Вибір зарядних пристроїв .....	61
3.8 Розрахунок струмів КЗ та автоматичних вимикачів для .....	63
проектowanego обладнання.....	63
Висновки до розділу .....	64
<b>РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЄКТУ</b> .....	66
4.1 Поняття стартапу.....	66
4.2 Опис ідеї проєкту .....	67
4.3 Технологічний аудит проєкту .....	70
4.4 Аналіз ринкових можливостей проєкту.....	71
4.5 Розроблення ринкової стратегії проєкту .....	74
4.6 Розроблення маркетингової програми стартап проєкту .....	74
Висновки до розділу .....	76
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	78
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	80

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

- АБ – акумуляторна батарея;
- БМР – будівельно-монтажні роботи;
- ВВК – вогнегасник вуглекислотний;
- ГЩУ – головний щит управління;
- ЗП – зарядний пристрій;
- ЗПК – загальнопідстанційний пункт керування;
- ОВНС – оцінка впливу на навколишнє середовище;
- ОНС – охорони навколишнього середовища;
- ПВР – проєкт виконання робіт;
- ПОБ – проєкт організації будівництва;
- ПЛ – лінія електропередавання;
- ПС – підстанція;
- ПТЕ – Правила технічної експлуатації;
- ПУЕ – Правила улаштування електроустановок;
- ШОС – шафа оперативного струму;
- ЩВП – щит власних потреб;
- ЩПС – щит постійного струму.

## ВСТУП

Тягова підстанція – це спеціальна електроустановка, призначена для забезпечення електроенергією рухомого складу електротранспорту (електропоїздів, трамваїв, тролейбусів) через контактну мережу. Вона виконує важливу роль у системі електрифікації транспорту, перетворюючи високу напругу змінного струму, що надходить з електромережі, на більш низьку напругу, придатну для живлення електродвигунів транспортних засобів.

Основні функції тягових підстанцій:

Зниження напруги: Вхідна висока напруга знижується до значень, безпечних для роботи електротранспорту.

Перетворення струму: У багатьох випадках відбувається перетворення змінного струму на постійний, оскільки більшість електродвигунів електротранспорту розраховані на постійний струм.

Розподіл електроенергії: Від тягової підстанції відходять лінії електропередачі, які живлять контактну мережу на певній ділянці маршруту.

Компенсація реактивної потужності: Забезпечується необхідний режим роботи електромережі, що покращує якість електроенергії.

Захист: Тягові підстанції обладнані різноманітними засобами захисту від коротких замикань, перевантажень та інших аварійних ситуацій.

Будова та принцип роботи

Типова тягова підстанція складається з таких основних елементів:

Приймальне пристрій: Слугує для підключення до зовнішньої електромережі.

Силовий трансформатор: Знижує високу напругу до необхідного значення.

Перетворювачі: Якщо потрібне перетворення змінного струму на постійний, використовуються відповідні перетворювачі (наприклад, ртутні випрямлячі, тиристорні перетворювачі).

Розподільчі пристрої: Забезпечують розподіл електроенергії між

різними споживачами.

Системи керування та захисту: Автоматизують роботу підстанції, забезпечують надійність та безпеку.

В даній магістерській роботі розглянуто заміну акумуляторної батареї тягової підстанції, задля підвищення надійності електропостачання.

## РОЗДІЛ 1 ТЯГОВІ ПІДСТАНЦІЇ

### 1.1 Тягові підстанції залізничного транспорту

Тягові підстанції залізничного транспорту бувають постійного і змінного струму. Історично склалося так, що тягові підстанції залізничного транспорту в Україні іноді були єдиними джерелами електричної енергії прийняттого рівня напруги для її подальшого розподілу, тому на всіх тягових підстанціях є розподільний пристрій для розподілу і транспортування електричної енергії напругою 35 - 0,4 кВ як залізничним, так і незалізничним споживачам.

Тягові підстанції на залізниці будуються вздовж полотна залізниці на відстані 5-25 км для підстанцій постійного струму і 50 - 80 км для підстанції змінного струму. Ця відстань залежить як від розмірів руху поїздів, так і від профілю шляху (рівнинна місцевість або гірська місцевість). Тягові підстанції отримують електроенергію від підстанцій енергопостачальних організацій по повітряним або кабельним лініям електропередачі напругою від 10 до 220 кВ.

На вітчизняних залізницях тягові підстанції живлять тягові мережі на змінному струмі (27,5 кВ або  $2 \times 25$  кВ) або постійному струмі (3,3 кВ). На лініях, де стикаються ділянки, електрифіковані за різними системами, використовують багатосистемний електрорухомий склад (наприклад, електровози подвійного живлення) або споруджують стикові тягові підстанції, що забезпечує на цих ділянках обертання електрорухомого складу постійного та змінного струму [1].

За способом приєднання до системи зовнішнього електропостачання тягові підстанції залізничного транспорту розділяються на:

- опорна (вузлова) — отримує живлення від мережі зовнішнього електропостачання трьома і більше лініями електропередачі напругою 110 або 220 кВ, і виконує функції джерела для інших тягових підстанцій (рис. 1.1).

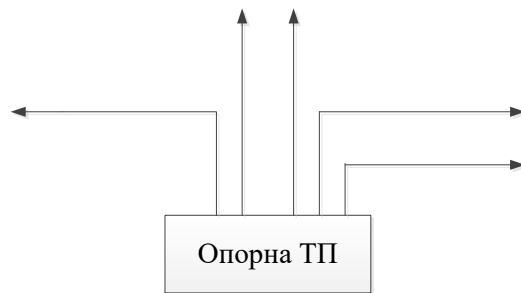


Рисунок 1.1 - Опорна тягова підстанція

На опорній тяговій підстанції зазвичай у кожному приєднанні передбачено високовольтний вимикач (ВВ). У тих випадках, коли трансформатори тягової підстанції (ТТП) приєднують до розподільчого пристрою (РУ) вищої напруги без вимикачів, функції ВВ виконує швидкодіючий відокремлювач. РУ вищої напруги 110 (250) або 220 кВ на опорній тяговій підстанції виконують з подвійною системою збірних шин (з обхідними шинами або без них), з одинарною секціонованою або несекціонованою основною системою збірних шин та обхідною системою шин. За наявності в РУ більше п'яти вводів ЛЕП його виконують з подвійною системою збірних шин та обхідною системою шин, а при п'яти і менш вводах - з одинарною секціонованою системою збірних шин та обхідною системою шин. Приєднання можуть бути з'єднані з обхідною системою шин роз'єднувачами. Обхідний вимикач може бути з'єднаний роз'єднувачем з обхідною системою шин, а одним із двох роз'єднувачів — з будь-якою секцією основних збірних шин. Це дозволяє в експлуатації без перерви живлення замінити вимикач будь-якого приєднання обхідним незалежно від того, з якою секцією збірних шин знеструмленої секції; при цьому відключений ВВ включається. Для живлення ланцюгів захисту та ланцюгів обліку електричної енергії до обох секцій збірних шин РУ підключено трансформатори напруги (ТН). Для захисту обладнання РУ від перенапруг встановлено вентильні розрядники або обмежувачі перенапруги (ОПН). На території опорної тягової підстанції часто розміщують трансформаторно-масляну базу, ремонтно-ревізійний цех, район контактної мережі, електротехнічної лабораторії, майстерень [2].

- тупикова (кінцева) — отримує живлення по двом радіальним ЛЕП від сусідньої підстанції (рис 1.2).

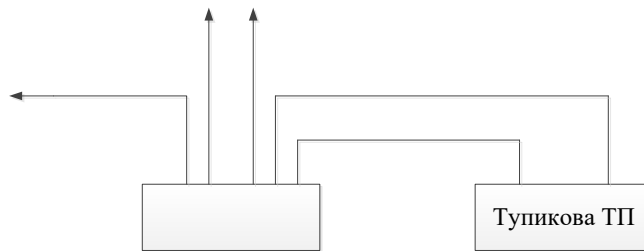


Рисунок 1.2 - Тупикова тягова підстанція

РУ 110 або 220 кВ тупикових тягових підстанцій виконується за схемою з вимикачами або з роз'єднувачами та відокремлювачами з короткозамикачами на вводах та без ремонтної перемички.

- проміжна — отримує живлення по вводах від двох сусідніх підстанцій. Проміжна ПС в свою чергу буває:

- транзитна (прохідна) — включається в розтин ЛЕП (рис 1.3).



Рисунок 1.3 - Транзитна тягова підстанція

Транзитні підстанції включають до розсічення одного ланцюга ЛЕП 110 або 220 кВ; при цьому на підстанції встановлюють високовольтний секційний вимикач і ремонтну перемичку, що включається на час ревізії або ремонту секційного вимикача для збереження транзиту потужності. Для захисту понижувальних трансформаторів застосовують за вищої напруги високовольтні вимикачі чи швидкодіючі відокремлювачі з короткозамикачами.

- відпаєчна — підключається до відпайки (відгалуження) ЛЕП (рис 1.4).

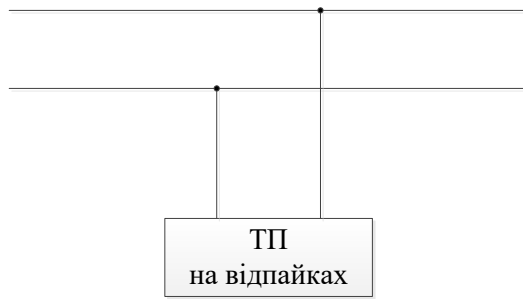


Рисунок 1.4 - Відпаєчна тягова підстанція

РУ 110 або 220 кВ відпаєчних тягових підстанцій виконується за схемою з вимикачами або з роз'єднувачами та швидкодіючими відокремлювачами з короткозамикачами на вводах та без ремонтної перемички.

Тягова підстанція змінного струму напругою 27,5 кВ отримує живлення від зовнішнього електропостачання напругою 110 (150) або 220 кВ (рис 1.5). Обмотку вищої напруги триобмотувального трансформатора тягової підстанції підключають до зовнішньої мережі, одна з обмоток низької напруги (тягова) служить для живлення електрорухомого складу із робочою напругою 27,5 кВ; інша (районна) - для живлення нетягових районних споживачів, що виконується на напрузі 6, 10 або 35 кВ. Для резервування живлення на тяговій підстанції встановлюють два тягові трансформатори. Номінальною напругою тягового навантаження вважається напруга тягової обмотки трансформатора на холостому ході, що дорівнює 27,5 кВ. Для прийому електроенергії від ЛЕП зовнішнього електропостачання споруджують спеціальний розподільчий пристрій (РУ). Залежно від типу підстанції РУ виконується із високовольтними вимикачами на кожному приєднанні; з високовольтними вимикачами, короткозамикачами та відокремлювачами; без високовольтних вимикачів, але з короткозамикачами та відокремлювачами. Усі струмопровідні частини, електричні апарати та обладнання РУ розміщують на відкритій території та монтують з урахуванням необхідності дотримання безпечної роботи обслуговуючого персоналу. Тяговий трансформатор 27,5 кВ живить розподільчий пристрій РУ-27,5 кВ, розташований на відкритій частині підстанції та призначене для

живлення ЕПС по тяговій мережі в обидва боки від тягової підстанції, забезпечення живлення двох ліній два проводи — рейка (ДПР), прокладених на опорах контактної мережі, контактних підвісок станційних та деповських колій (якщо тягова підстанція розташована на станції, де є депо), фідерів плавки ожеледиці, трансформаторів власних потреб (ТСН). До РП можуть приєднуватися пристрої поперечної ємнісної, поздовжньої ємнісної або поздовжньо-поперечної ємнісної компенсації. РУ може монтуватися на місці спорудження тягової підстанції або збиратися з комплектних комірок заводського виготовлення [1].

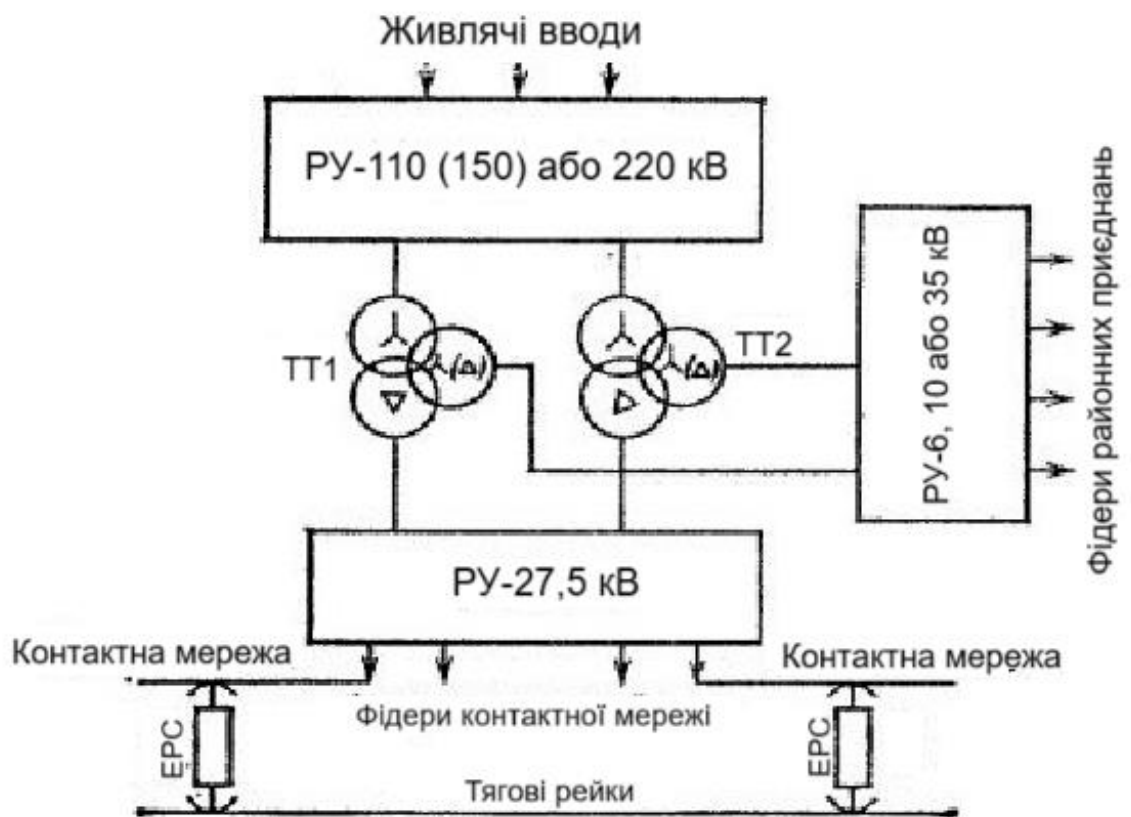


Рисунок 1.5 - Схема тягової підстанції змінного струму напругою 27,5 кВ

Тягова підстанція змінного струму напругою  $2 \times 25$  кВ отримує живлення від мережі зовнішнього електропостачання 110 або 220 кВ, має РУ 110 або 220 кВ, від якого живляться 2 основних спеціальних дво-або триобмоткових тягових трансформатори. Вища напруга (110 або 220 кВ) перетворюється на напругу 50 кВ. Ці тягові трансформатори збираються за схемою відкритого трикутника. На тяговій підстанції встановлюється третій

трансформатор (резервний). Вторинні обмотки тягових трансформаторів мають три виводи. Напруга між двома крайніми виводами трансформаторів становить 50 кВ, а між середніми та крайніми – по 25 кВ. Два тягових трансформатори електрично об'єднуються та приєднуються до тягових рейок, з'єднуються з РУ 2×25 кВ, далі по опорах контактної мережі від тягової підстанції прокладаються поздовжні фідери та контактні підвіски. Поздовжній фідер одного напрямку електрично з'єднаний з тяговим трансформатором, а інший вивід цього трансформатора - з контактною підвіскою того ж напрямку. Між фідером та контактною підвіскою напруга 50 кВ, а між фідером та тяговими рейками, а також між тяговими рейками та контактною підвіскою - по 25 кВ. У тяговій мережі кожному шляху через 8—12 км встановлюються лінійні автотрансформатори АТ, які пов'язують поздовжні фідери, контактну підвіску і тягові рейки. Напруга 50 кВ передається до електрорухомого складу через автотрансформатор; при цьому знижуються втрати електроенергії та напруги в тяговій мережі, а електрорухомий склад отримує живлення при напрузі 25 кВ. Отже, за цієї системи електрифікації може використовуватися парк електрорухомого складу, що обертається на ділянках, електрифікованих на змінному струмі напругою 27,5 кВ. Наявність фідерів напругою 50 кВ та автотрансформаторів дозволяє збільшити відстань між тяговими підстанціями до 80-90 км (замість 45-55 км при живленні за системою 27,5 кВ). Для живлення районних споживачів встановлюють окремі трансформатори, які подають напругу в РУ 6, 10 або 35 кВ. Ця система електричної тяги застосовується на лініях із великими розмірами перевезень (рис 1.6) [2].

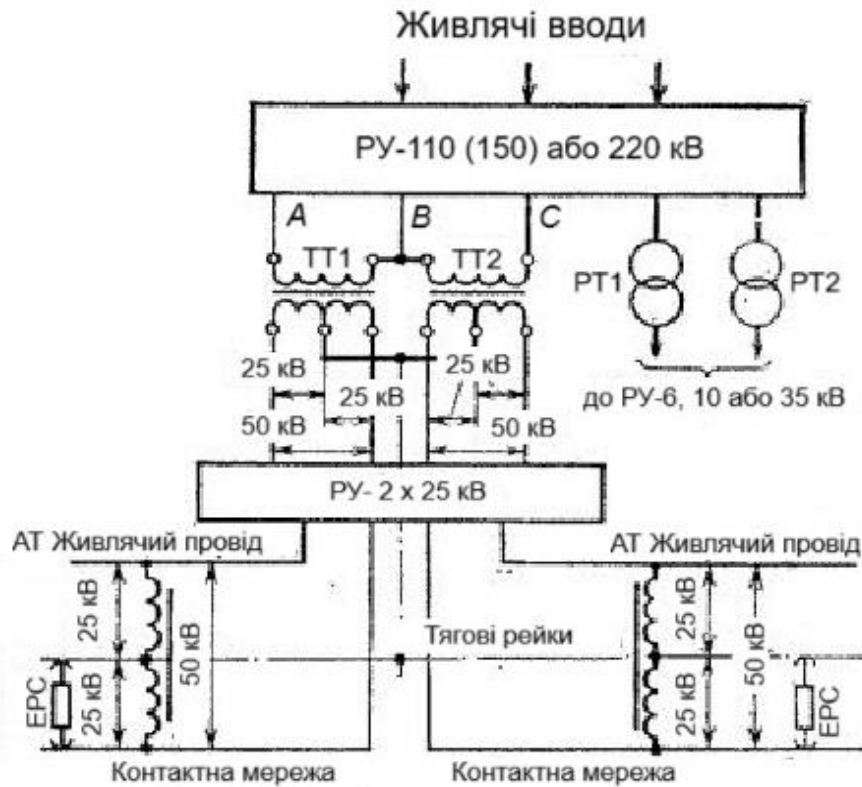


Рисунок 1.6 - Схема тягової підстанції змінного струму напругою 2х25 кВ

Для тягових підстанцій постійного струму залізничного транспорту електроенергія поступає на відкритий розподільний пристрій, на знижувальний трансформатор. Схема підстанції зображена на рис.1.7. Знижувальний трансформатор як правило первинною напругою 35, 110 (150) або 220 кВ – двох або триобмотковий, який здійснює живлення як самого тягового навантаження, так і сторонніх споживачів напругою 6, 10, 35 кВ. Схеми РУ-6,10, 35 кВ мають одну або дві секції шин. Через комутаційну апаратуру вводів, яка складається з лінійного роз'єднувача, високовольтного вимикача та шинного роз'єднувача або просто з викатного високовольтного вимикача, струм подається на шини. Від шин РУ-6, 10, 35 кВ через комутаційну апаратуру живляться трансформатори перетворювальних агрегатів та трансформатори власних потреб. У сучасних підстанціях всі трансформатори перетворювальних агрегатів розташовують на одній секції шин, щоб забезпечити їх рівномірне навантаження при паралельній роботі [1].

Зі знижувального трансформатора електроенергія надходить на тяговий трансформатор, звідки вона подається на перетворювальний агрегат (випрямляч) (рис.1.7).

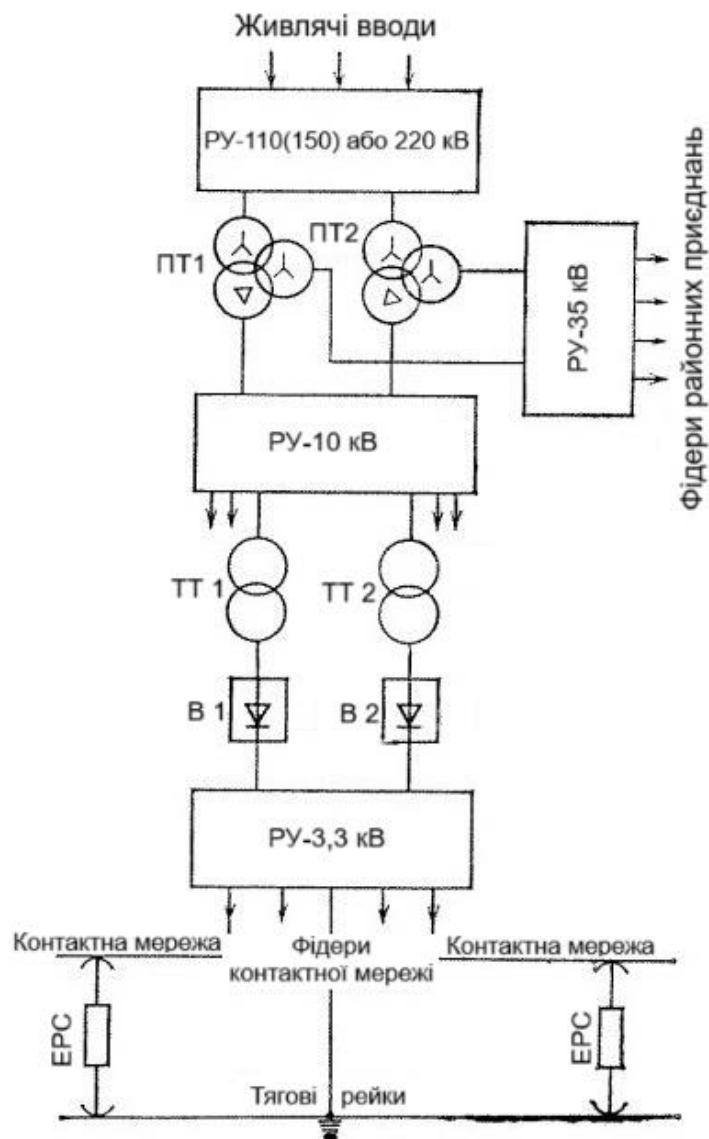


Рисунок 1.7 Схема тягової підстанції постійного струму напругою 3,3 кВ

За структурою тягові підстанції постійного струму розділяються на:

- одноагрегатні;
- двоагрегатні;
- багатоагрегатні.

Одноагрегатні підстанції не набули великого поширення, через ускладнення обслуговування систем електроживлення. Одноагрегатні

підстанції пропонувалося розташовувати для систем децентралізованого електропостачання, на довгих не розгалуджених лініях.

Двоагрегатні підстанції мають робочу потужність одноагрегатної, але мають більшу надійність та маневреність через наявність резервного агрегату. Такі підстанції застосовуються як на довгих не розгалуджених лініях, так і на не великих вузлах.

У централізованих системах електропостачання, які є найбільш поширеними, застосовуються триагрегатні-чотириагрегатні підстанції (існують шестиагрегатні), які забезпечують велику потужність, за рахунок паралельної роботи кількох агрегатів, та надійність, за рахунок резервного агрегату. Використання централізованої системи дозволяє знизити сумарну потужність підстанцій, їх кількість, але збільшує довжину кабельних мереж та втрати електроенергії [1].

На даний час в Україні використовується дві схеми випрямлення: 6-пульсова та 12-пульсова.

Найбільше використання у системах тягового електропостачання залізничного транспорту постійного струму знайшли тягові випрямляючі агрегати з мостовими та з нульовими схемами випрямлення.

Перетворювальні трансформатори, що живлять випрямлячі за нульовою 6-пульсовою схемою, мають такі з'єднання обмоток: первинної - мережевої обмотки - «у зірку» або "трикутник" а вторинні - вентильні обмотки (ВО) - "дві зворотні зірки із зрівняльним реактором» (рис. 1.8) [2].

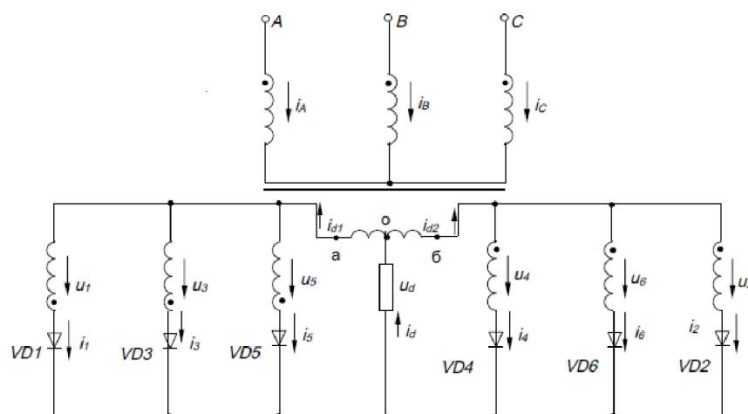


Рисунок 1.8 - 6-ти пульсова нульова схема випрямлення

Перетворювальні трансформатори, що живлять випрямлячі за мостовою схемою 12-пульсовою, мають такі з'єднання обмоток: первинної - мережевої обмотки - «у зірку» або "трикутник" а вторинні - вентильні обмотки (ВО) - одна вентильна обмотка – у «зірку», а друга вентильна обмотка – у «трикутник» (рис. 1.9) [3].

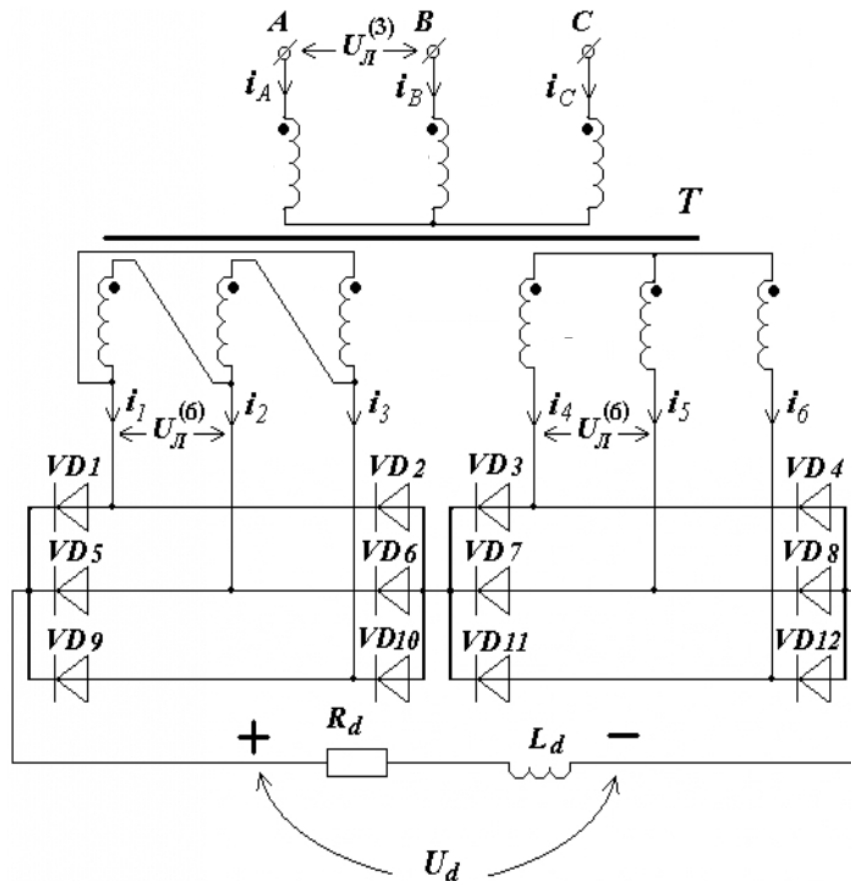


Рисунок 1.9 12-ти пульсова нульова схема випрямлення

При перетворенні змінного струму в постійний (випрямлений) застосовують перетворювачі на напівпровідникових приладах – діодах (некеровані) або тиристорах (керовані). У 2000-ні роки на тягових підстанціях стали з'являтися інверторні перетворюючі агрегати, що дозволяють енергію рекуперації на рухомому складі перетворювати у напругу живильної мережі та віддавати її.

З перетворювального агрегату випрямлений струм подається на основну та резервну системи шин і розподіляється в контактну мережу через швидкодіючі вимикачі розподільчого пристрою 3,3 кВ.

## 1.2 Тягові підстанції міського транспорту

Тягові підстанції метрополітену мають номінальну вихідну напругу - 825 В, а трамваїв та тролейбусів - 600 В в більшості міст, зокрема пострадянських. В інших країнах тягові підстанції можуть отримувати трифазну напругу змінного струму 3-20 кВ та перетворювати в постійний струм 220 - 750 В. Зокрема в деяких містах Європи та США використовується рухомий склад на 750 В [3].

### 1.2.1 Тягові підстанції метрополітену

Тягові підстанції метрополітену призначені для перетворення трифазного змінного струму напругою 6 - 10 кВ, що отримується від живильних центрів, у постійний (випрямлений) струм напругою 825 В для живлення електропоїздів. Крім того, частина електричної енергії напругою 6 (10) кВ передається на понижуючі підстанції (рис.1.10).

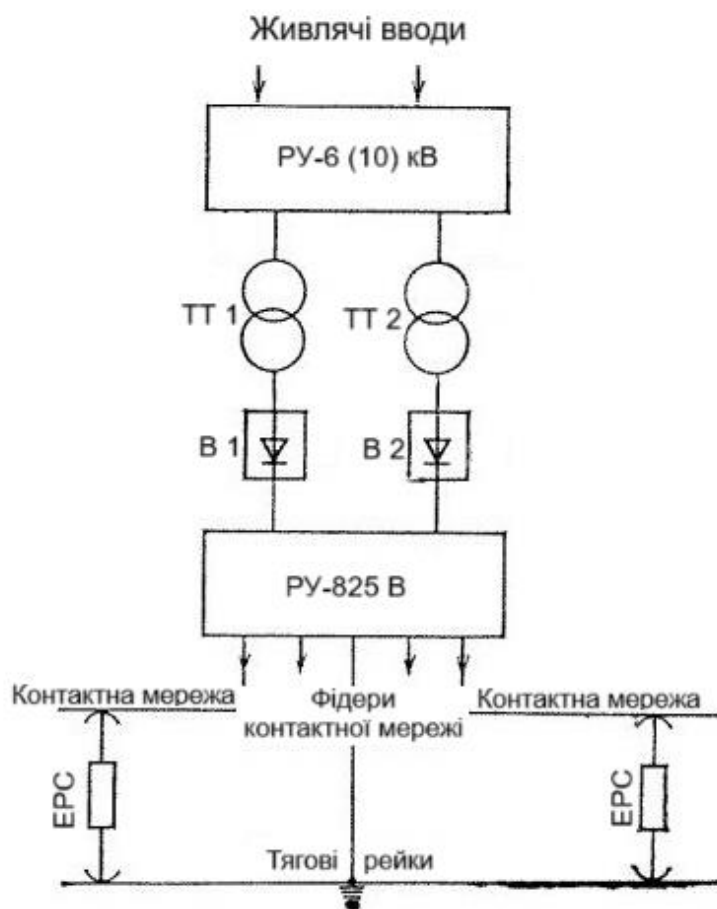


Рисунок 1.10 - Схема тягової підстанції метрополітену

Основним обладнанням тягової підстанції є силовий перетворювальний агрегат. Агрегат складається з трансформатора, випрямної шафи з кремнієвими вентилями, високовольтного вимикача на стороні 6 (10) кВ та швидкодіючого автоматичного вимикача на стороні 825 В.

Силові трансформатори являють собою трифазні перетворювачі змінного струму, які знижують напругу змінного струму з 6 (10) кВ до 670-770 (і при випрямленому струмі напругою 825-875 В).

Кремнієвий випрямляч перетворює змінний струм у постійний, пропускаючи його тільки в одному напрямку, точніше кажучи, в силовий ланцюг надходить постійний струм у напрямку, але дещо пульсуючий за величиною. Високовольтний вимикач виконує комутаційні функції щодо включення та відключення агрегату до шин 6 (10) кВ. Швидкодіючий автоматичний вимикач здійснює захист випрямляча від струмів зворотного напрямку та короткого замикання.

На кожній тяговій підстанції встановлено від трьох до п'яти силових перетворювальних агрегатів. Кожен із них здатний довго витримувати навантаження до 3000 А, а протягом 5 - 10 секунд нести подвійне навантаження.

Усі тягові підстанції обладнані пристроями автоматики та телемеханіки та керуються однією особою - енергодиспетчером з диспетчерського пункту.

Автоматика підтримує заданий режим роботи обладнання, забезпечує повторне включення фідерів 825В у разі відключення їх швидкодіючим автоматом і включає (за потреби) резервні агрегати. Пристрої телемеханіки дозволяють електродиспетчеру здійснювати необхідні включення та відключення обладнання підстанцій та постійно контролювати їх роботу.

### 1.2.2 Тягові підстанції трамвая

Тягова підстанція трамвая призначена для передачі електроенергії від ЛЕП в контактну мережу трамвая. Схема тягової підстанції трамвая аналогічна схемі тягової підстанції метрополітену, за винятком вихідної напруги постійного струму. На підстанції здійснюється перетворення трифазного змінного струму на випрямлений постійний. З 1965 року на тягових підстанціях трамвая використовуються напівпровідникові перетворювачі на діодах або тиристорах, що забезпечують високу надійність та екологічну чистоту процесу перетворення струму, ККД їх сягає 97,5%.

Тягова підстанція трамвая отримує електроенергію, як правило, по кабельним, рідше по повітряним лініям, які приєднуються на підстанції до розподільного пристрою високої напруги, що складається зі збірних шин, оперативних, захисних та допоміжних апаратів та вимірювальних приладів. Рівень напруги живлення 6 або 10 кВ. До збірних шин підключаються через індивідуальні розподільні пристрої перетворювальні агрегати та трансформатори власних потреб. Перетворювальні агрегати потужністю 600-1200 кВт містять масляні або сухі трансформатори та випрямні секції. Використовуються схеми випрямлення: дві зворотні зірки із зрівняльним реактором та трифазна мостова. На стороні змінного струму захист обладнання здійснюється масляними вимикачами. Перетворювальний агрегат тягових підстанцій трамвая і тролейбуса складається з трансформатора і випрямляча. За часів СРСР випускалися випрямляючі агрегати ВАКЛЕ, що мали номінальний вихідний струм 1000 А, 2000 А і, спеціальні на 3000 А. Сучасні агрегати мають велику шкалу струмів, зокрема в Україні виробляються випрямлячі В-ТПЕД на 800 А, 1000 А, 1250 А, 2000 А, 3000 А. Трансформатор агрегату живиться напругою 6(10) кВ, а на виході має номінальну змінну напругу 565 В при нульовій схемі випрямлення (СРСР) та 460 В при мостовій (сучасні). Трансформатори для нульової схеми мають вторинну обмотку типу «зірка-зворотня зірка» з зрівнювальним реактором, тому на виході мають шестифазну систему напруги. Реактор

з'єднує нейтралі зірок і має вивід з середньої точки. Цей вивід є мінусом системи постійної напруги, тому він відразу підключається до РУ «-» шини. Трансформатори для мостової схеми має вторинну обмотку типу «трикутник» або розщеплені «зірку» та «трикутник», та має трифазну або шестифазну систему напруги на виході відповідно [3].

Випрямлений струм надходить через розподільний пристрій постійного струму в кабельні лінії живлення, що зв'язують підстанцію з контактною і рейковою мережами трамвая. На підстанціях з діодними секціями випрямлення в кабельних лініях швидкодіючі автоматичні вимикачі забезпечують захист тягової мережі від струмів короткого замикання і перевантажень або захист із затримкою часу спрацьовування за наявності додаткових пристроїв захисту від малих струмів КЗ. Тиристорні секції випрямляють виконують функції перетворювачів струму і швидкодіючих автоматичних вимикачів.

Розрізняють трамвайні та трамвайно-тролейбусні підстанції, стаціонарні та пересувні. У системах централізованого електропостачання використовуються багатоагрегатні підстанції із резервним обладнанням, що включається в аварійних режимах. Одно- та двоагрегатні підстанції проєктують із резервом по потужності для використання в основних та децентралізованих схемах. В аварійному режимі можливе повне відключення з розвантаженням по контактній мережі від сусідніх підстанцій.

### **1.2.3 Тягові підстанції тролейбуса**

Тягові підстанції тролейбуса в основному ідентичні тяговим підстанціям трамвая за винятком, що обидва виходи тролейбусної підстанції приєднуються до контактних проводів, а у трамваю один з проводів з'єднується з рейками.

### **1.3 Власні потреби підстанцій**

Власні потреби підстанцій забезпечуються трансформаторами власних потреб, які перетворюють напругу 6(10) кВ у 380 В (рідше 220 В).

До власних потреб відноситься електроосвітлення, опалення, вентиляція, системи зв'язку і, головне, системи керування та сигналізації підстанції. Системи керування та сигналізації живляться оперативним струмом: 220 В змінного струму, 110 В або 220 В випрямленого/постійного струму. На сучасних підстанціях в системах оперативного струму використовуються акумуляторні батареї для підвищення надійності та можливості керування підстанцією навіть у випадку відсутності зовнішнього електропостачання [2].

### **1.3.1 Оперативний струм підстанції**

Сукупність джерел живлення, кабельних ліній, шин живлення перемикаючих пристроїв та інших елементів оперативних ланцюгів складає систему оперативного струму електроустановки. Оперативний струм на підстанціях служить для живлення вторинних пристроїв, до яких відносяться оперативні ланцюги захисту, автоматики та телемеханіки, апаратура дистанційного керування, аварійна та попереджувальна сигналізація. При порушеннях нормальної роботи підстанції оперативний струм використовується для аварійного освітлення та електропостачання електродвигунів (особливо відповідальних механізмів) [1].

Проектування установки оперативного струму зводять до вибору роду струму, розрахунку навантаження, вибору типу джерел живлення, складання електричної схеми мережі оперативного струму та вибору режиму роботи.

До систем оперативного струму висувають вимоги високої надійності при коротких замикання та інших ненормальних режимів у ланцюгах головного струму.

Застосовуються такі системи оперативного струму на підстанціях:

1. Постійний оперативний струм – система живлення оперативних ланцюгів, при якій як джерело живлення застосовується акумуляторна батарея, встановлена в шафи та системи оперативного струму.

2. Змінний оперативний струм – система живлення оперативних ланцюгів, при якій як основні джерела живлення використовуються

вимірювальні трансформатори струму приєднань, що захищаються, вимірювальні трансформатори напруги, трансформатори власних потреб. Як додаткові джерела живлення імпульсної дії використовуються попередньо заряджені конденсатори.

3. Випрямлений оперативний струм – система живлення оперативних ланцюгів змінним струмом, у якій змінний струм перетворюється на постійний (випрямлений) за допомогою блоків живлення та випрямляльних силових пристроїв. Як додаткові джерела живлення імпульсної дії можуть використовуватися попередньо заряджені конденсатори. Подібна система в даний час практично не застосовується, оскільки вона не може забезпечити нормальної роботи мікропроцесорних пристроїв захисту та управління [2].

4. Змішана система оперативного струму – система живлення оперативних ланцюгів, при якій використовуються різні системи оперативного струму (постійний та випрямлений, змінний та випрямлений).

У системах оперативного струму розрізняють:

- залежне харчування, коли робота системи живлення оперативних кіл залежить від режиму роботи даної електроустановки (підстанції);
- незалежне живлення, коли робота системи живлення оперативних кіл не залежить від режиму роботи даної електроустановки.

### **1.3.2 Області застосування систем оперативного струму**

Постійний оперативний струм застосовується на підстанціях 110-220 кВ зі збірними шинами цієї напруги, на підстанціях 35-220 кВ без збірних шин на цих напругах з масляними вимикачами з електромагнітним приводом, для яких можливість включення від випрямляючих пристроїв не підтверджена заводом-виробником.

Змінний оперативний струм застосовується на підстанціях 35/6(10) кВ з масляними вимикачами 35 кВ, на підстанціях 35-220/6(10) та 110-220/35/6(10) кВ без вимикачів на стороні вищої напруги, коли вимикачі 6(10)-35 кВ оснащені пружинними приводами.

Випрямлений оперативний струм повинен застосовуватися: на

підстанціях 35/6(10) кВ з масляними вимикачами 35 кВ, на підстанціях 35-220/6(10) кВ та 110-220/35/6(10) кВ без вимикачів на стороні вищої напруги коли вимикачі оснащені електромагнітними приводами; на підстанціях 110 кВ з малою кількістю масляних вимикачів на стороні 110 кВ [2].

Змішана система постійного та випрямленого оперативного струму застосовується для зменшення ємності акумуляторної батареї за рахунок застосування силових приладів для живлення ланцюгів електромагнітів включення масляних вимикачів. Доцільність застосування цієї системи має бути підтверджена техніко-економічними розрахунками.

Змішана система змінного та випрямленого оперативного струму застосовується:

- для підстанцій зі змінним оперативним струмом під час встановлення на вводах живлення вимикачів з електромагнітним приводом, для живлення електромагнітів включення яких встановлюються силові випрямлячі пристрої;

- для підстанцій 35-220 кВ без вимикачів на стороні вищої напруги, коли не забезпечується надійна робота захисту від блоків живлення при трифазних коротких замиканнях на стороні середньої або вищої напруги.

У цьому випадку захист трансформаторів виконується на змінному струмі з використанням попередньо заряджених конденсаторів, а решту підстанції – на випрямленому оперативному струмі.

Останнім часом все частіше на всіх нових підстанціях застосовують постійний оперативний струм. Це пов'язано з необхідністю живлення мікропроцесорних пристроїв захисту та управління, які особливо чутливі до короткочасних переривань в електропостачанні.

### **1.3.3 Система постійного оперативного струму**

Як джерела постійного оперативного струму використовуються акумуляторні батареї встановлена в шафи та системи оперативного струму.

Усіх споживачів енергії, які отримують живлення від акумуляторної батареї, можна поділити на три групи:

1. Постійно включене навантаження – апарати пристроїв керування, блокування, сигналізації та релейного захисту, що постійно обтікаються струмом, а також постійно включена частина аварійного освітлення. Постійне навантаження на акумуляторну батарею залежить від потужності постійно включених ламп сигналізації та аварійного освітлення, а також від типів реле. Так як постійні навантаження невеликі і не впливають на вибір батареї, в розрахунках можна приймати для великих підстанцій 110-500 кВ значення постійно включеного навантаження 25 А.

2. Тимчасове навантаження – при зникненні змінного струму під час аварійного режиму – струми навантаження аварійного освітлення та електродвигунів постійного струму. Тривалість цього навантаження визначається тривалістю аварії (розрахункова тривалість 0,5 години).

3. Короткочасне навантаження (тривалістю не більше 5 с) створюється струмами включення та відключення приводів вимикачів та автоматів, пусковими струмами електродвигунів та струмами навантаження апаратів керування, блокування, сигналізації та релейного захисту, що короткочасно обтікаються струмом.

#### **1.3.4 Система змінного оперативного струму**

При змінному оперативному струмі найбільш простим способом живлення електромагнітів відключення вимикачів є безпосереднє включення їх у вторинні ланцюги трансформаторів струму (схеми з реле прямої дії або дешунтування електромагнітів відключення при спрацьовуванні захисту). При цьому граничні значення струмів та напруг у струмових ланцюгах захисту не повинні перевищувати допустимих значень, а струмові електромагніти відключення (реле типів РТМ, РТВ або ТЕО) повинні забезпечувати необхідну чутливість захисту відповідно до вимог ПУЕ. Якщо ці реле не забезпечують необхідної чутливості захисту, живлення ланцюгів відключення проводиться від заряджених попередньо конденсаторів.

На підстанціях зі змінним оперативним струмом живлення ланцюгів автоматики, управління та сигналізації виробляється від шин власних потреб

через стабілізатори напруги.

Стабілізатори напруги призначені для:

- підтримки необхідної напруги оперативних кіл, коли можливе одночасне зниження частоти та напруги;
- поділу оперативних ланцюгів та інших ланцюгів потреб підстанції (освітлення, вентиляція, зварювання тощо.), що значно підвищує надійність оперативних ланцюгів.

Джерелами змінного оперативного струму є трансформатори власних потреб та вимірювальні трансформатори струму та напруги, що здійснюють живлення вторинних пристроїв безпосередньо або через проміжні ланки – блоки живлення, конденсаторні пристрої. Змінний оперативний струм розподіляється централізовано і, отже, при його використанні не потрібна складна і дорога розподільна мережа. Однак залежність живлення вторинного обладнання від наявності напруги в основній мережі, недостатня потужність самих джерел (вимірювальні трансформатори струму та напруги) обмежує сферу застосування оперативного змінного струму.

Трансформатори струму служать надійними джерелами для живлення від коротких замикань; трансформатори напруги та трансформатори власних потреб можуть бути джерелами для захисту від пошкоджень і ненормальних режимів, що не супроводжуються глибокими зниженнями напруги, коли не потрібно високої стабільності напруги та допустимі перерви в живленні [1].

### **Висновки до розділу**

В цьому розділі було розглянуто тягові підстанції всіх видів електричного транспорту, їх будова, особливості побудови, ключові відмінності. Насамперед це вид транспорту, обсяги енергії які потрібно передати на рухомий склад, вид та рівень напруги, інтенсивність та характер перевезень, тощо.

Передусім, розгляд різних типів тягових підстанцій показав, що відповідно до задач які перед ними ставляться, вони мають індивідуальні

вимоги до засобів захисту, керування, обліку та рівня надійності електропостачання.

Модернізація та перебудова існуючих тягових підстанцій як складових енергосистеми України є критично важливим завданням, для підвищення ефективності, надійності, безпеки електропостачання як споживачів рухомого складу так і споживачів побутового сектору.

В цілому, реконструкція та модернізація тягових підстанцій є складним, але важливим процесом, який вимагає глибокого розуміння як теоретичних, так і практичних аспектів роботи електромереж як постійного так і змінного струму. Ефективне планування та виконання робіт з реконструкції забезпечує надійність, безпеку та відповідність електромереж сучасним вимогам і очікуванням споживачів.

## **2. ТЕХНІЧНЕ ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ ІЗ ЗАМІНОЮ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ**

### **2.1 Загальна характеристика об'єкту**

Тягова ПС 110/27,5/10 кВ електрично є елементом системи передачі електроенергії і має відношення тільки до інженерних розподільчих мереж, які не виробляють кінцевої продукції, тому відходи виробництва відсутні.

По класифікації будівництва тягова ПС відноситься до об'єктів, що підлягають технічному переоснащенню. По кількості складових частин об'єкту, ухвалених конструктивних рішень із застосуванням серійного технологічного устаткування в поширених умовах будівництва, що вимагають порівняно невеликої кількості технологічних процесів, проєктований об'єкт відноситься до нескладних об'єктів [2].

Роботи виконуються поблизу об'єктів, що знаходяться під напругою, які не можуть бути повністю знеструмлені по виробничим умовам функціонування підстанції 110 кВ.

Необхідність планування застосування акумуляторної батареї та зарядних пристроїв є об'єктивна потреба акумулювання електроенергії з метою забезпечення безперебійного електроживлення системи оперативного постійного струму тягової ПС 110/27,5/10 кВ.

Згідно даного проєкту нове обладнання передбачається до встановлення в існуючому приміщенні загальнопідстанційного пункту керування (ЗПК) підстанції в заміні існуючому обладнанню.

В якості аварійної ситуації може бути розглянуто режим відключення технологічного обладнання передачі електроенергії. Характер такої аварійної ситуації є локальним, оскільки підстанція є складовою частиною енергосистеми, що забезпечена засобами резервування, оснащена високонадійними пристроями захисту, крім того, здійснює безперервну організаційно-технічну, інвестиційну та адміністративну діяльність, щодо збереження надійності та безпечності системи в цілому.

У разі наявності, будівельні відходи передбачається переміщувати до місць їх постійного складування та видалення, визначених органами місцевого самоврядування.

По акту-приймання передачі на баланс та подальшій обов'язковій утилізації в спеціалізованій організації. Демонтовані зарядні пристрої підлягають передачі [4].

Об'єкт не має шкідливого впливу на населення ні під час виконання реконструкції, ні в процесі експлуатації. Шкідливі впливи на водойми, флору і фауну – відсутні.

Сировинні, земельні, водні, ресурси для функціонування не використовуються.

Район будівництва характеризується такими природно-кліматичними умовами:

- мінімальна температура повітря «мінус» 27,2°C;
- середня температура повітря «плюс» 9,7°C;
- максимальна температура повітря «плюс» 38°C;
- клімат – помірно-континентальний.

Технічне переоснащення тягової ПС передбачається для підвищення надійності системи постійного струму підстанції. Доцільність та очікуваний позитивний соціально-економічний ефект об'єкту полягає у підвищенні надійності роботи і експлуатації обладнання підстанції, підвищенні надійності постачання електроенергії споживачам.

Обладнання, що підлягає встановленню, знаходиться на території підстанції. Територія тягової ПС 110 кВ огорожена бетонним забором. Вхід на територію підстанції здійснюється через прохідну за спеціальними попередньо оформленими перепустками.

Технічне переоснащення ведеться в умовах діючого енергетичного об'єкту із збереженням існуючих схем розподільчих пристроїв. Виконання технічного переоснащення на тяговій ПС 110/27,5/10 кВ виконується в одну чергу.

## 2.2 Характеристика системи постійного струму

З метою забезпечення надійної роботи систем контролю, управління та захистів електрообладнання, а також збереження дорогого устаткування при втраті всіх зовнішніх джерел живлення, на тяговій ПС 110/27,5/10 кВ передбачена система надійного електроживлення. Дана система укомплектована герметизованими свинцево-кислотними акумуляторами із 64 елементи (напруга – 2 В/ел, номінальна ємність – 240 А\*год) типу LS 02240 G.

Зазначена батарея підключається до ЩПС через елементних комутатор, на який заведено наступні відгалуження:

«-» 1-го елементу;

«+» 49,51,52,54,56 та 64 елементів.

Споживачі РЗА та електромагніти приводів автоматичних вимикачів в нормальному режимі живляться від 52 елементу, а додаткові 12 елементів знаходяться в режимі постійного підзаряду та можуть бути застосовані шляхом переключення у відповідне положення елементного комутатору. Номінальна напруга живлення споживачів постійного струму складає  $2,23 \text{ В/ел.} * 52 \text{ ел.} = 116 \text{ В}$ . Зазначена акумуляторна батарея встановлена у 2013 році і термін експлуатації якої становить 10 років [19].

План розміщення існуючого обладнання АБ та зарядних пристроїв наведений на рис. 2.1.

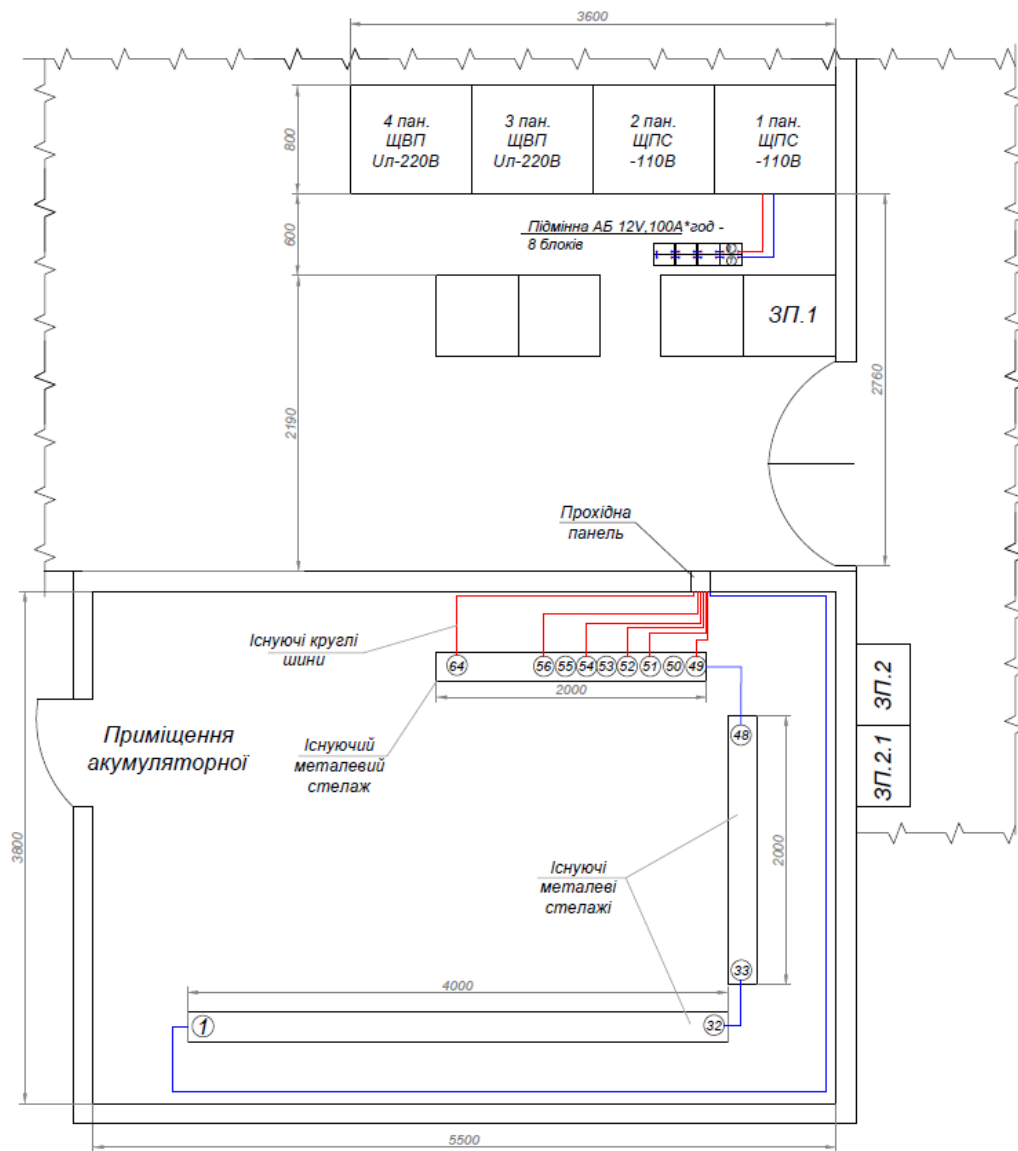


Рисунок 2.1 - План розміщення існуючого обладнання та підмінної АБ

У зв'язку з тим, що існуюча акумуляторна батарея відпрацювала передбачений заводом – виробником ресурс, на даний час значно погіршилися її технічні характеристики, що призвело до неспроможності у застосуванні АБ за цільовим призначенням.

Згідно з завданням на проектування цим проектом передбачається технічне переоснащення тягової ПС 110/27,5/10 кВ, яке полягає у заміні акумуляторної батареї та зарядних пристроїв, стелажів для АБ.

Заміна обладнання буде проводитись у межах діючої тягової ПС. Технічне переоснащення тягової підстанції не передбачає розширення її території. Встановлення нової акумуляторної батареї передбачається в існуючому приміщенні – акумуляторній [20].

На тяговій ПС на місці встановлення існуючих акумуляторної батареї та зарядних пристроїв виконані відповідні обмірні роботи та уточнена необхідна інформація для прийняття обґрунтованих проєктних рішень. Додаткові інструментальні топографо-геодезичні вишукування не виконувались.

Згідно вимог завдання на проєктування необхідно виконати заміну акумуляторної батареї типу LS02240 G (64 елементи) та зарядних пристроїв.

Згідно робочого проєкту нову акумуляторну батарею закритого типу 4 OGI 260 LA передбачається встановити на проєктованих металевих стелажах в приміщенні акумуляторної. Нові зарядні пристрої передбачається встановити взамін існуючих у приміщенні ГЩУ.

Нове обладнання, що обирається для виконання технічного переоснащення не відноситься до об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку згідно вимог п.1.7 ДБН А.2.2-1-2003. Тому матеріали ОВНС розроблені в обсязі впливу нового обладнання на прилеглу територію тягової ПС.

Заміна акумуляторної батареї та зарядних пристроїв, стелажів виконується в існуючому приміщенні – акумуляторній та ГЩУ відповідно.

Нове обладнання монтується на місці існуючого.

Вага блоку АБ, що демонтується складає 20,9 кг кожного, вага обладнання, що встановлюється 20,8 кг кожний.

Вага одного зарядного пристрою, що демонтується складає 315 кг, вага обладнання, що встановлюється становить 215 кг.

Із наведеного вище слідує, що додаткових навантажень на плити перекриттів не передбачається.

План розміщення проєктованого обладнання АБ та зарядних пристроїв наведений на рис. 2.2.

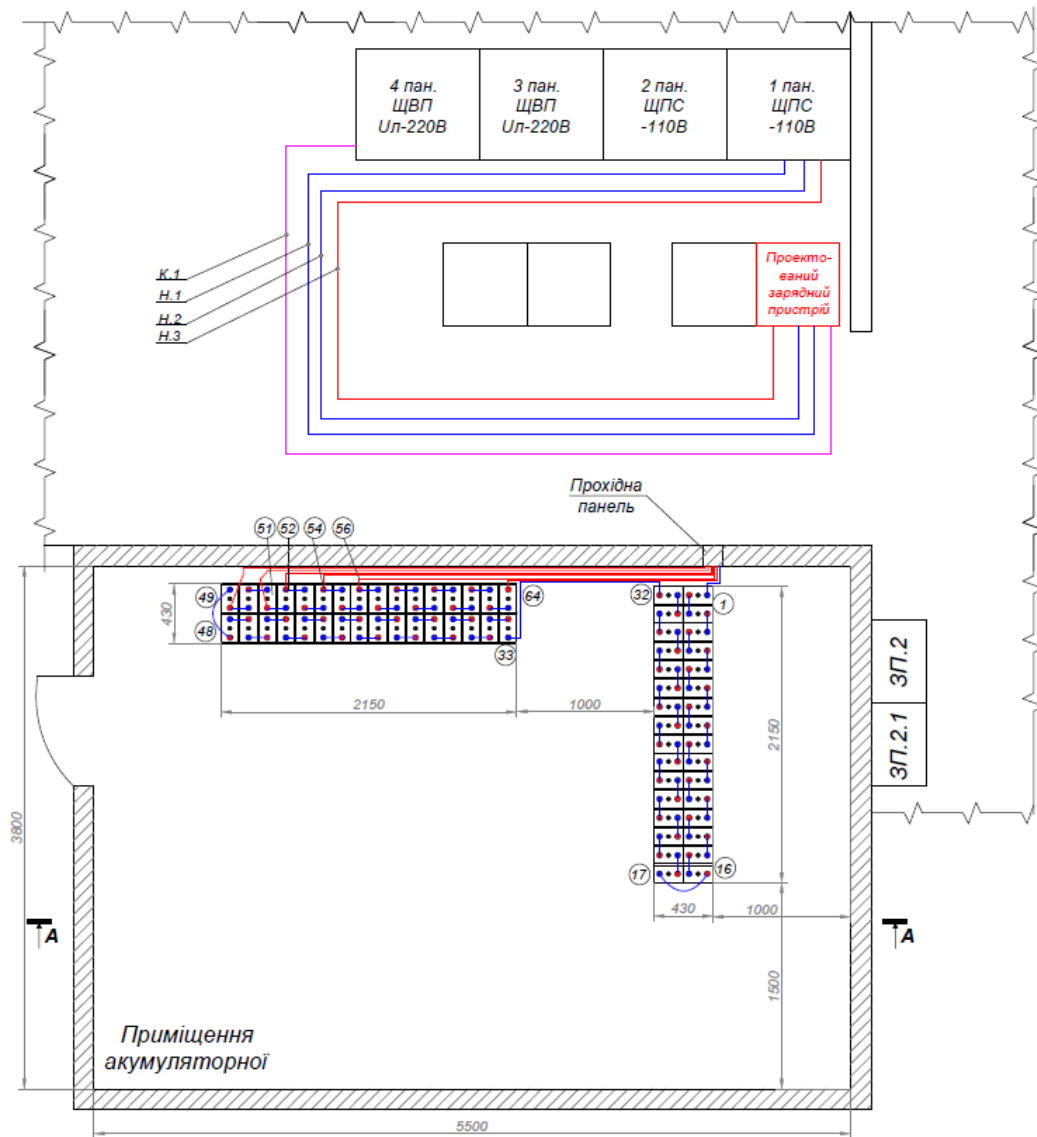


Рисунок 2.2 - План розміщення проектованої АБ та зарядного пристрою. Вода, паливо та теплова енергія для роботи акумуляторної батареї та зарядних пристроїв не потрібна.

Збереження енергоресурсів досягається за рахунок вибору оптимальних параметрів устаткування.

Заміна акумуляторної батареї, зарядних пристроїв на тяговій ПС здійснюється в одну чергу. Пускових комплексів не передбачається.

Організація заміни акумуляторної батареї та зарядних пристроїв здійснюється спеціалізованою організацією, яка має відповідну ліцензію, досвід роботи, матеріальну базу, склад співробітників необхідних спеціальностей і кваліфікації. Трудові ресурси забезпечуються за рахунок будівельної підрядної організації.

Економічні показники, надійність та якість обладнання, що приймається до установки, в тому числі – іноземного виробництва, а також технічні рішення, що застосовані у проєкті, підтверджують їх відповідність останнім досягненням вітчизняної та іноземної техніки.

Роботи по заміні акумуляторної батареї та зарядних пристроїв на тяговій ПС виконуються в межах існуючої території підстанції без її розширення. План організації рельєфу місцевості та генплан ПС не змінювались. Акумуляторна батарея являє собою резервне джерело електроенергії, яка в умовах нормальної експлуатації перебуває у режимі готовності для виконання своїх функцій у разі виникнення аварійних ситуацій [5].

Режим готовності забезпечується за рахунок підтримки акумуляторної батареї (АБ) постійно в стані повної зарядженості. Цей режим досягається за рахунок протікання в АБ постійно струму підзаряду, що є необхідний для компенсації природного процесу саморозряду.

В умовах нормальної експлуатації необхідний рівень напруги на акумуляторах підтримується випрямлячем, який забезпечує у цьому режимі як підзаряд АБ так і живлення навантаження, що підключено до шин щита постійного струму (ЩПС).

В аварійних режимах, пов'язаних із знеструмленням секцій 0,4 кВ змінного струму, від яких живиться випрямляч, живлення споживачів постійного струму здійснюється від АБ.

Електричні з'єднання від кінцевих та проміжних виводів від АБ до прохідної дошки виконані мідними шинами. Від прохідної дошки до ЩПС електричні з'єднання виконані мідним кабелем.

Існуюча та проєктована електричні схеми постійного струму наведені на рис. 2.3 та 2.4.

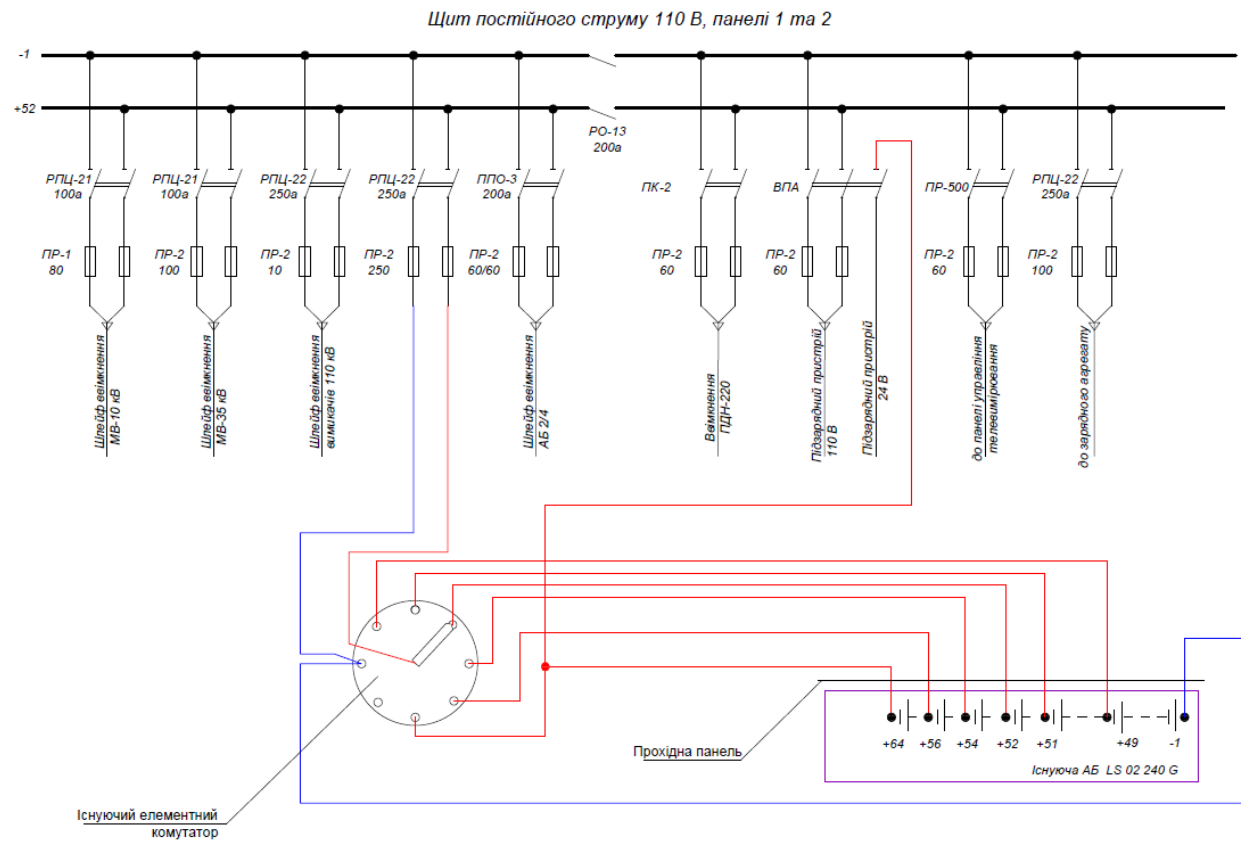


Рисунок 2.3 - Існуюча електрична схема постійного струму

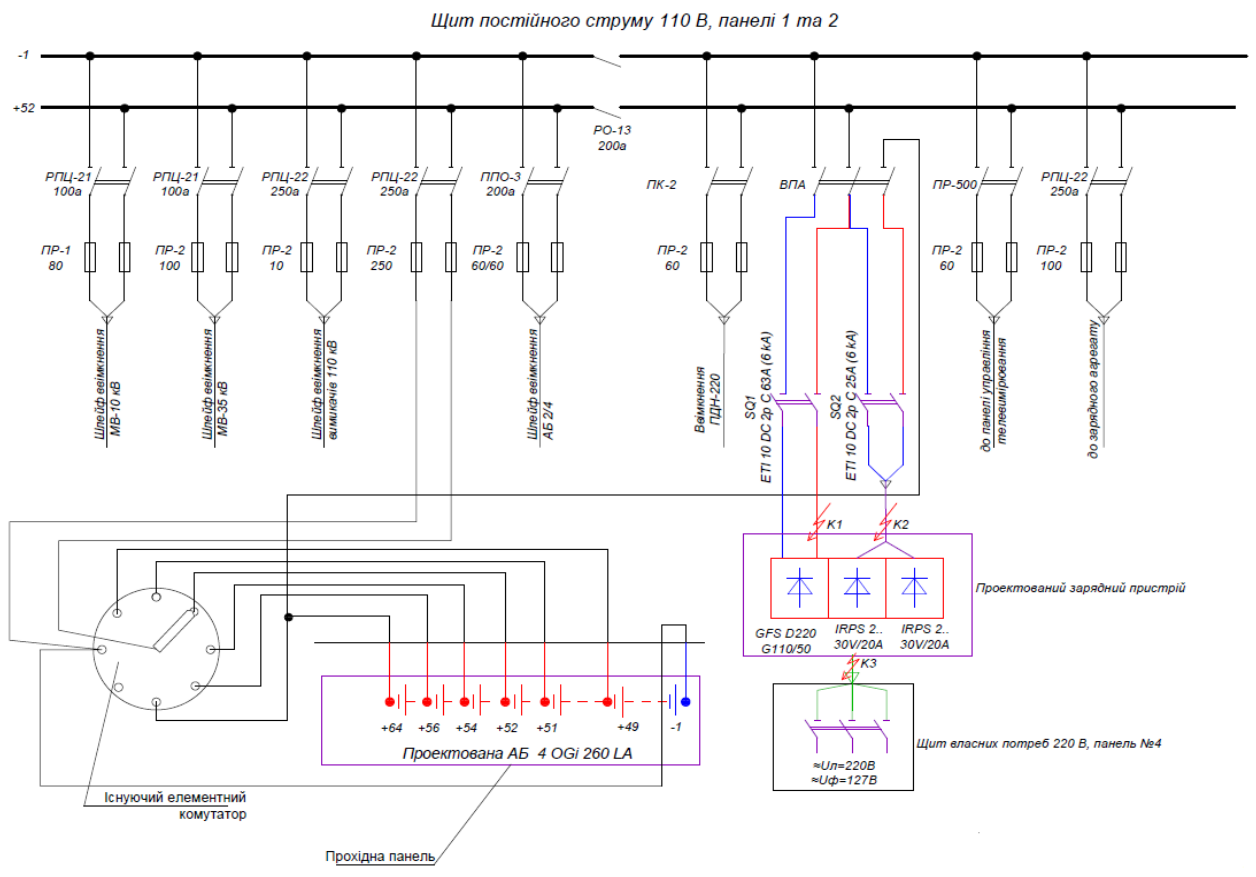


Рисунок 2.4 - Електрична схема підключення проектного обладнання до ЩПС

Навантаження установки постійного струму становлять наступні споживачі:

- пристрої електромеханічного блокування, релейного захисту, автоматики та сигналізації;
- аварійне освітлення;
- соленоїди приводів автоматичних вимикачів.

Зазначені споживачі не допускають перерви живлення.

Аварійні режими розділяються на перехідний і сталий режим.

Навантаження, що підключається в аварійному режимі, за своїм характером поділяється на постійне, короткочасне і тимчасове:

- постійне навантаження відповідає струмові, що споживається з шин ЩПС в нормальному режимі і залишається практично незмінним протягом усього аварійного режиму;

- тимчасове навантаження відповідає струмові споживачів, що підключаються до АБ при зникненні змінного струму, і характеризує сталий аварійний режим тривалістю до 1 год.;

- короткочасне навантаження характеризується поштовхові струмом тривалістю менше однієї секунди, який споживається від АБ в перехідному аварійному режимі.

Характерною рисою батарей з рідким електролітом є втрата дистилляту при їх експлуатації. За рахунок ефекту електролізу в процесі заряду акумулятора на його пластинах виділяються газоподібний кисень  $O_2$  (на позитивному електроді) і водень  $H_2$  (на негативному електроді) у стехіометричному співвідношенні 1:2, так як обидва гази погано розчиняються в електроліті, вони піднімаються на поверхню у вигляді бульбашок і виходять в навколишнє середовище через фільтр-пробку [6].

Рівень газовиділення батарей з рідким електролітом залежить від величини залишкового зарядного струму, що протікає через батарею.

На 1 Ампер-годину розкладається 0,336 гр. води ( $H_2O$ ) з утворенням:

- 0,45 літра водню ( $H_2$ );

– 0,22 літра кисню (O<sub>2</sub>).

Таким чином, виділяється всього 0,67 літра суміші водню і кисню при температурі 20 градусів Цельсія і атмосферному тиску 1013 кПа протягом однієї години при протіканні через акумуляторний елемент струму силою 1 Ампер.

Для викидів газоповітряної суміші із приміщення акумуляторної (одиначне точкове джерело) використовується існуюча витяжна труба з круглим гирлом від існуючого витяжного вентилятора. Вплив газів на атмосферне повітря незначний. При роботі АБ відсутні експлуатаційні відходи і стоки.

### **2.3 Організаційно-технологічна схема послідовності виконання робіт**

Об'єкти, запроєктовані в цьому робочому проекті, не мають складної і неосвоєної технології виконання робіт і по прийнятій класифікації відносяться до нескладних об'єктів. Об'єкти не можуть спричинити виникнення надзвичайної ситуації техногенного і природного характеру та вплинути на стан захисту населення і території.

Монтажні роботи виконуються з дотриманням вимог ДБН А.3.1-5-2016 і діючих нормативних документів з охорони праці в будівельній галузі.

Доставка вантажів (обладнання) на тягову ПС здійснюється автотранспортом по місцевих дорогах з твердим покриттям.

Всі пристрої та інструменти, що застосовуються при виконанні демонтажних і монтажних робіт, повинні відповідати вимогам технічних умов на них.

При транспортуванні матеріалів та нового обладнання потрібно дотримуватись «Правил дорожнього руху», затверджених МВС України і «Правил техніки безпеки для підприємств автомобільного транспорту споживчої кооперації» та НПАОП 0.00-1.62-12 – «Правила охорони праці на автомобільному транспорті».

Усі приміщення, де проводяться монтажні роботи на весь період

виконання робіт повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогашіння згідно з типовими правилами пожежної безпеки:

1. Перед виконанням робіт організація-підрядник повинна направити листа про допуск персоналу підрядника до робіт на тяговій ПС 110/27,5/10 кВ з дозволом на право виконання робіт підвищеної небезпеки. Персонал монтажного підрозділу організації-підрядника повинен пред'явити службові відрядження та посвідчення з груп електробезпеки; отримати в службі з охорони праці вступний, первинний інструктажі з питань охорони праці.

2. Узгодити порядок проведення монтажних робіт із Замовником.

3. Виїзд бригади на тягову ПС 110/27,5/10 кВ, інструктаж на місці робіт.

4. Допуск бригади до роботи.

5. В акумуляторній перед початком робіт за 2 год. та в період проведення робіт до закінчення демонтажу існуючих батарей типу LS 02 240 G повинна постійно працювати існуюча система природної вентиляції [7].

У випадку вимушеного проведення режиму заряду існуючої акумуляторної батареї, роботи в приміщенні акумуляторної не проводити. Поновити роботи допускається через 2 год. при роботі вентиляції після закінчення режиму заряду, виконання перевірки за допомогою газоаналізатора наявності водню в приміщенні акумуляторної та переходу на режим підзаряду АБ.

6. Відключити та демонтувати існуючий ВУ-1 (з кабельними лініями) див. Рисунок 2.1;

7. Встановити на місце демонтованого ВУ-1, проєктований зарядний пристрій (D220G110/50 BWrug-V-GMU).

8. Прокласти кабельні лінії від ЩВП-0,22 кВ до місця встановлення проєктованого ЗП-1 (D220G110/50 BWrug-V-GMU) та від ЗП-1 до шин ЩПС, 110 В. див. Рисунок 2.2;

9. Відключити працюючий (існуючий) ЗП-2, див. Рисунок 2.1;

10. Включити в роботу новий ЗП-1 та IRPS1,2 у роботу.

11. Доставити до місця монтажу на тягову ПС 110/27,5/10 кВ підмінні акумуляторні батареї, які повинні бути повністю заряджені та не мати механічних пошкоджень. Рекомендується мати 2-3 резервних акумуляторних батарей.

12. Відповідно до робочого проєкту виконати розміщення підмінної акумуляторної батареї (200 А\*год, 110В). Підключення підмінної АБ виконати до резервного запобіжника у ЩПС-110 В або до шин ЩПС-110 В через (тимчасовий, власний) автоматичний вимикач.

13. Виконати перевірку готовності АБ до роботи: якість електричних з'єднань, напругу на АБ, на кожному елементі (блоці). Впевнитись у повній спроможності до роботи схеми підмінної батареї.

14. За погодженням з відповідальною особою зі сторони АТ «Українська залізниця» на тяговій ПС 110/27,5/10 кВ:

- підключити підмінну АБ до ЩПС-110 В;
- відключити існуючу АБ від ЩПС-110 В;

15. За погодженням з відповідальною особою зі сторони АТ «Українська залізниця» на тяговій ПС 110/27,5/10 кВ та отримання дозволу приступити до демонтажних робіт існуючої акумуляторної батареї LS 02 240 G із 64 елементів:

- демонтувати шинні електричні з'єднання від АБ до прохідної дошки;
- демонтувати елементи акумуляторів, стелажі під акумулятори;
- складати демонтовані елементи акумуляторів на указаних відповідальною особою на тяговій ПС 110/27,5/10 кВ місцях.

16. Виконати розміщення стелажів, розміщення проєктованої акумуляторної батареї (4 OGI 260 LA, 64 елементи), електричних з'єднань, включаючи відвід від +49,+51,+52,+54,+56,+64 елемента нової проєктованої АБ, прокласти кабелі силові до прохідної дошки відповідно до робочого проєкту.

17. Виконати заряд нової АБ (при обов'язковій роботі вентиляції) від встановлених зарядних пристроїв.

18. Виконати контрольний розряд нової АБ у відповідності з інструкцією з експлуатації (при обов'язковій роботі вентиляції).

19. Оформити протокол контрольного розряду. Упевнитись в повній роботоспроможності акумуляторної батареї.

20. За погодженням відповідальною особою зі сторони АТ «Українська залізниця» на тяговій ПС 110/27,5/10 кВ:

– підключити нову акумуляторну батарею 4 OGI 260 LA до ЩПС-110 В;

– відключити від ЩПС-110 В підмінну акумуляторну батарею.

21. Упевнитись в роботоспроможності системи постійного оперативного струму з новою батареєю.

22. По узгодженню відповідальною особою зі сторони АТ «Українська залізниця» на тяговій ПС 110/27,5/10 кВ демонтувати підмінну АБ та доставити до власника – підрядної організації.

23. Оформити акт вводу акумуляторної батареї та зарядних пристроїв в експлуатацію. Надати технічну документацію на нову АБ та ЗП замовнику.

Всі роботи повинні проводитися кваліфікованим персоналом.

При виконанні робіт в приміщеннях ЗПК та на території діючої тягової ПС 110/27,5/10 кВ суворо виконувати правила з електробезпеки та охорони праці.

## **2.4 Охорона праці та пожежна безпека**

### **2.4.1 Охорона праці**

Проектні рішення «Технічне переоснащення тягової підстанції із заміною акумуляторної батареї» розроблені з урахуванням наступних вимог:

– Закон України «Про охорону праці»;

– Кодекс Цивільного захисту України;

– Закон України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення»;

– НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок»;

- ДСТУ 3273-95 «Безпечність промислових підприємств. Загальні положення та вимоги»;
- ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»;
- НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні»;
- ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;
- НАПБ В.01.034-2005/111 «Правила пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та організаціях енергетичної галузі України»;
- «Правила улаштування електроустановок.

Охорона праці і техніка безпеки при будівництві та експлуатації запроектованого об'єкту забезпечується відповідністю всіх прийнятих рішень вимогам діючих норм, правил і стандартів, які враховують умови безпеки праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, пожеж і вибухів та захист людей від ураження електричним струмом.

Токсикологічна, пожежовибухонебезпечна характеристика матеріалів, продуктів, напівфабрикатів, відходів виробництва:

- група горючості за ДСТУ 2272:2006 і ГОСТ 12.1.044-89 – не горюче;
- напівфабрикатів і відходів виробництва немає.

Проектоване обладнання, яке застосовується, не токсичне та пожежовибухобезпечне, що підтверджується відповідними документами заводу-виробника.

Визначення енергетичного потенціалу вибухонебезпечних блоків, радіуси зон можливих зруйнувань – відсутні.

Для забезпечення охорони праці та техніки безпеки проектом передбачаються наступні засоби колективного захисту персоналу від травмувань, небезпечних та шкідливих виробничих факторів, уражень електричним струмом, температурних перепадів та при можливих аваріях і пожежах:

- використання технічно досконалого устаткування;
- розміщення устаткування, що забезпечує його вільне обслуговування;

- виконання захисних заходів від ураження електричним струмом у відповідності з главою 1.7 ПУЕ-2017;
- високий рівень механізації будівельно-монтажних робіт;
- знаки безпеки за ДСТУ ISO 6309:2007;
- виконання будівельно-монтажних робіт згідно з типовими технологічними картами організаціями, які мають відповідну ліцензію.

Засобами індивідуального захисту від небезпечних та шкідливих виробничих факторів є:

- засоби захисту комплексні, що передбачені «Правилами безпечної експлуатації електроустановок»;
- забезпечення евакуаційних шляхів і виходів у відповідності з вимогами ДБН В.1.1-7-2016 і СНиП 31-03-2001;
- застосування устаткування, що відповідає вимогам безпеки згідно ПУЕ.

Заходами щодо захисту працюючих від зовнішніх та внутрішніх факторів є комплексні засоби захисту, передбачені «Правилами технічної експлуатації електричних станцій і мереж».

Будівельно-монтажні роботи по заміні акумуляторної батареї будуть проводитися в межах діючої тягової ПС . При будівництві цієї підстанції були проведені розрахунки забезпеченості приміщеннями та передбачені необхідні санітарно-побутові приміщення для працівників.

Санітарно-побутове обслуговування працюючих монтажників (будівельників) забезпечується існуючою інфраструктурою цієї підстанції, де в будівлі ЗПК розташовані приміщення з відповідними умовами [8].

#### **2.4.2 Пожежна безпека**

Пожежна безпека та протипожежний захист передбачається згідно:

- «Нормами технологічного проектування підстанцій змінного струму в вищю напругою 6-750 кВ» (ГКД 341.004.001-94);
- ПУЕ-2017 Розділ 4.2;

За ступенем оснащення заходами пожежогасіння, підстанція

відноситься до III групи з трансформаторами одиничної потужності менше 63 МВА (згідно ГКД 341.004.001-94).

На тяговій ПС 110/27,5/10 кВ наявні діючі протипожежні засоби: протипожежний водопровід, насосна станція пожежогасіння та протипожежні резервуари. Пожежогасіння передбачається виконувати за допомогою пожежних кранів, гідрантів, ручних вуглекислотних вогнегасників, піску.

У разі важкої пожежної ситуації залучаються пересувна пожежна техніка міста.

Виклик пожежних машин здійснюється черговим диспетчером по телефону.

Загальними засобами запобігання пожежам на об'єкті є:

- наявність засобів первинного пожежогасіння на підстанції та пояснювальних знаків, що вказують на місця їх знаходження;
- робочі приміщення обладнані існуючими вуглекислотними вогнегасниками ВВК (ОУ);
- виконання з'єднання і відгалужень проводів за допомогою спеціальних затискачів для зниження опорів, небезпечних у пожежному відношенні;
- забезпечення під'їзду пожежних автомашин до ПЛ і ПС.

Приміщення акумуляторної та суміжних приміщень відповідно до «Правил пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України» не входять до переліку, що підлягають обладнанню установками протипожежної автоматики. Проте, у зазначених приміщеннях діють наступні вимоги щодо протипожежних засобів та заходів:

- застосування електрокабелів і проводів з ізоляцією та оболонкою, що не підтримують горіння: підключення шафи АБ до шин ШОС виконано кабелями з мідними жилами з полівінілхлоридною ізоляцією в полівінілхлоридній оболонці марки ВВГнг, що регламентується у

вибухонебезпечних зонах будь-якого класу у відповідності до п.4.8.3 (б) та п.4.8.26 НПАОП 40.1-1.32-01;

– заземлення проєктованого обладнання від існуючого захисного заземлення тягової ПС 110/27,5/10 кВ.

Заходи пожежної безпеки під час проведення будівельно-монтажних робіт забезпечуються за рахунок виконання наступного:

- своєчасним виконанням протипожежних заходів;
- призначення відповідальної особи будівельної організації за пожежну безпеку під час проведення робіт;
- своєчасним проведенням інструктажів та перевірки знань з питань пожежної безпеки при здійсненні монтажних робіт на робочому місці;
- укомплектуванням робочих місць первинними засобами пожежогасіння, знаками пожежної безпеки, засобами зв'язку;
- здійснення авторського нагляду проєктною організацією за дотриманням проєктних рішень з пожежної безпеки під час будівництва, реконструкції, технічного переоснащення об'єктів.

Будівельно-монтажні роботи по заміні обладнання здійснюються спеціалізованою підрядною організацією, де з працюючими регулярно проводяться інструктажі та перевірка знань з питань пожежної безпеки.

Роботи проводяться на території діючої підстанції, де передбачені і утримуються в справному стані і постійній готовності до застосування вогнегасники, пожежний інвентар, мають засоби пожежної сигналізації і зв'язку.

Проєктом вимагається персоналу підрядної організації суворо виконувати правила з електробезпеки, пожежної безпеки та охорони праці при виконанні робіт в приміщеннях ЗПК та на території діючої тягової ПС 110/27,5/10 кВ, персоналу здійснювати контроль за безпечним виконанням робіт [9].

### **Висновки до розділу**

У другому розділі дослідження, присвяченому технічним характеристикам об'єкту реконструкції, було надано всебічний аналіз і планування необхідних змін до тягової підстанції залізниці для заміни існуючої акумуляторної батареї, яка відпрацювала свій ресурс. Цей розділ охоплює широкий спектр напрямків: від креслень і планів розташування обладнання, змін у існуючих схемах приєднання акумуляторної батареї, до оцінки і розрахунку тривалості робіт по заміні існуючого обладнання на нове.

Представлення креслень і планів розташування обладнання є фундаментальним для візуалізації та точного розуміння масштабу проекту та його впливу на існуючу систему електропостачання тягової підстанції залізничного транспорту. Існуюча акумуляторна батарея відпрацювала свій ресурс і для забезпечення надійного та безперебійного електропостачання потребується модернізація, яка включає в себе як заміну батареї, так і використання сучасних зарядних пристроїв та контролерів.

Особлива увага була приділена аспектам безпеки, зокрема улаштуванню систем вентиляції та захисту від перегріву у приміщенні акумуляторної. Ці заходи є життєво-важливими для запобігання несправностей та забезпечення захисту обладнання та обслуговуючого персоналу від можливих негативних впливів при роботі обладнання.

Розрахунок тривалості та послідовності виконання робіт, дають змогу ефективно провести всі роботи по заміні акумуляторної батареї, починаючи в демонтажем існуючого обладнання, закінчуючи введенням в експлуатацію нової батареї. Це дозволяє забезпечити ефективне управління проектом, мінімізуючи перерви в електропостачанні та зменшуючи ризик виникнення непередбачених обставин.

### **3 ВИБІР АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ ТА ЗАРЯДНИХ ПРИСТРОЇВ**

#### **3.1 Вихідні дані**

Згідно п.12.5.1 «Технічна експлуатація електричних станцій та мереж. Правила» тривалість зникнення змінного струму на тяговій ПС 110/27,5/10 кВ приймається не менше 1 год. з необхідним рівнем напруги.

В аварійному режимі основними споживачами навантаження є:

– вимикачі:

- 10 кВ типу ВМГ-133 з електромагнітним приводом ПС-10 - 8 шт., номінальний струм споживання електромагнітів управління 120 А при напрузі 110 В;

- 10 кВ типу ВМП-10-630, з приводами ПЭВ-11 – 2 шт., номінальний струм споживання електромагнітів управління 120 А при напрузі 110 В;

- 110 кВ типу ВР-1-10-20/1000 – 3 шт. з пружинним приводом струм вмикання 5 А при напрузі 110 В.

– пристрої релейного захисту – 12 А;

– аварійне освітлення – 5 А.

Максимальний струм аварійного режиму складає –  $120+12+5=137$  А.

Максимальна відстань до привода вимикача ВМГ-133,  $L=42$  м (кабель АНРГ 2х50).

#### **3.2 Визначення кількості акумуляторів**

Згідно вимог п. 12.5.9 «Технічна експлуатація електричних станцій та мереж. Правила» - напругу на шинах постійного струму, що живлять кола керування, пристрої РЗА, у нормальних експлуатаційних умовах допустимо підтримувати до 5 % вищою номінальної напруги електроспоживачів живленням. Таким чином напруга на шинах щита постійного струму у режимі підзаряду складатиме  $(110+5\%) \leq 116$  В.

Розрахунок вибору малообслуговуємої акумуляторної батареї

Попередньо обираємо для встановлення акумуляторну батарею 4 OGi 260 LA, як найближчу по значенню номінальної ємності. Напруга постійного підзаряду для акумуляторів типу 4 OGi 260 LA на один елемент складає 2,23 В.

Визначення кількості елементів у батареї для підтримування напруги у діапазоні 110-116 В для споживачів РЗА:

$$N = \frac{116}{2,23} = 52,018 \sim 52 \text{ ел.}$$

Для живлення пристроїв РЗА та приводів вимикачів використаємо 52 елементи.

Визначення величини напруги на виводах АБ у режимі підзаряду для споживачів РЗА:

$$U_{\text{роб}_{104}} = 2,23 \times 52 = 116,0 \text{ В.}$$

Кількість хвостових елементів приймаємо для живлення електромагнітів приводів автоматичних вимикачів попередньо обираємо – 12 шт., як в існуючій схемі живлення споживачів постійного струму.

$$U_{\text{роб}_{64}} = 2,23 \times 64 = 142,7 \text{ В.}$$

Дане положення підлягає перевірці по забезпеченню АБ за наступними критеріями:

- рівня напруги при поштовховому струмі на виконавчих приводах вимикачів через 1 год. розряду;
- сумарного падіння напруги на всіх ділянках електромережі 110 В від АБ через ЩПС.

### 3.3 Розрахунок падіння напруги

Розрахунки виконані для попередньо обраної акумуляторної батареї типу 4 OGi 260 LA ємністю 260 А·год.

1. Визначення падіння напруги на внутрішньому опорі (R<sub>ВН</sub> АБ) самої акумуляторної батареї.

$$\Delta U_{\text{АБ}} = n \times R_{\text{ВН}} \times I_{\text{наб}} = 64 \times 0,00064 \times 137 = 5,6 \text{ В,}$$

де  $I_{\text{наб}}$  – струм навантаження;

$n$  – кількість елементів;

$R_{\text{вн}}$  – внутрішній опір АБ

2. Визначення падіння напруги в кабелі живлення від АБ до ЩПС («плюс» та «мінус») та міжстелажних перемичках. Попередньо обрано кабель з мідними жилами перерізом  $1 \times 50$  мм<sup>2</sup>. Довжина кабелю складає 15 м. Максимальний струм навантаження  $I_{\text{наб}} = 137$  А.

Тоді:

$$\Delta U_{\text{щпс}_1} = \frac{2 \times I_{\text{наб}} \times \rho \times L}{S} = \frac{2 \times 137 \times 0,0171 \times 15}{50} = 1,4 \text{ В},$$

де  $I_{\text{наб}}$  – струм навантаження;

$\rho$  – питомий опір міді;

$L$  – довжина кабелю;

$S$  – переріз кабелю.

3. Визначення падіння напруги в кабелі живлення від ЩПС до привода вимикача ВМГ-133 («плюс» та «мінус»). Існуючий кабель (АНРГ2х50 мм<sup>2</sup>) з алюмінієвими жилами перерізом 50 мм<sup>2</sup>. Довжина кабелю 42 м.

Максимальний струм навантаження складає  $I_{\text{наб}} = 137$  А.

$$\Delta U_{110} = \frac{I_{\text{наб}} \times \rho \times L}{S} = \frac{137 \times 0,028 \times (42 \times 2)}{50} = 6,44 \text{ В},$$

де  $I_{\text{наб}}$  – струм навантаження;

$\rho$  – питомий опір алюмінію;

$L$  – довжина кабелю;

$S$  – переріз кабелю.

4. Визначення сумарного падіння напруги на всіх ділянках електромережі:

$$\Delta U = \Delta U_{\text{АБ}} + \Delta U_{\text{щпс}_1} + \Delta U_{110} = 5,6 + 1,4 + 6,44 = 13,44 \text{ В}.$$

### 3.4 Розрахунок мінімально допустимого рівня напруги

В кінці довготривалого розряду, напруга на електромагнітах соленоїдів автоматичних вимикачів не повинна бути нижче  $0,8U_n = 0,8 \times 110 = 88$  В.

Визначення мінімального рівня напруги на АБ з урахуванням падіння

напруги.

$$U_{\text{мін.АБ}} = U_{\text{мд}} + \Delta U = 88 + 13,44 = 5,6 + 1,4 + 6,44 = 101,44 \text{ В.}$$

При такій мінімально допустимій напрузі на АБ, мінімальна допустима напруга на елементі буде становити:

$$U_{\text{мін.ел}} = 101,44 \text{ В} / 64 \text{ ел.} = 1,59 \text{ В/ел.}$$

Зважаючи на рекомендації виробника АБ (Exide Technologies) не розряджати акумулятори нижче залишкового значення напруги 1,8 В/ел., тому округлюємо величину мінімальної напруги на елементі до  $\geq 1,8 \text{ В/ел.}$

### 3.5 Вибір батареї

У даному розділі наведено обґрунтування щодо попереднього обраної малообслуговуваної стаціонарної свинцево-кислотної акумуляторної батареї типу 4 OGI 260 LA ємністю 260 А·год.

Дана батарея представлена у лінійці акумуляторів типу OGI концерну EXIDE Technologies відповідає вимогам технічного завдання.

Нижче наведена перевірка акумуляторної батареї на здатність забезпечення необхідного струму постійного навантаження, живлення електромагнітного приводу ПЭ-11 (ПС-10) автоматичного вимикача ВМГ-133в кінці одногодинного розряду струмом постійного навантаження 17 А.

Згідно з даними виробника, що наведені у таблиці 1, струм, який зможе забезпечити батарея 4 OGI 260 LA при досягненні рівня напруги 1,8 В/ел., тривалістю 3 хв., становитиме 276 А (максимальний струм, який забезпечує батарея впродовж 3 хвилин) [10].

Таблиця 3.1 – Розрядні характеристики акумуляторів типу 4OGI260LA

Тип	3 хв.	5 хв.	10 хв.	15 хв.	20 хв.	30 хв.	45 хв.	1 год.	2 год.	3 год.	5 год.	10 год.
4 G1260LA	276	257	235	223	194	167	139	117	80.9	61.5	44.6	26.0

В кінці розряду струмом постійного навантаження 17 А тривалістю 1 год. залишкова ємність акумуляторної батареї буде становити  $260 - 17 = 243 \text{ А·год}$  (або 93,4 %). При таких умовах батарея 4 OGI 260 LA, яка складається

з 64 елементів, зможе забезпечити струм  $I_{зхв.} = 276 \cdot 0,934 = 257,8$  А, тривалістю 3 хв.

Відповідно до вимог ПУЕ необхідно врахувати старіння акумуляторної батареї та температурний коефіцієнт, тому номінальна ємність акумуляторної батареї 4 OGI 260 LA внаслідок її старіння та можливого зниження температури навколишнього середовища визначається за формулою:

$$C_{10\_ст\_t} = C_{10} \times K_{ст} \times K_t,$$

де  $K_{ст}$  – коефіцієнт, що враховує зниження ємності акумуляторної батареї внаслідок старіння, дорівнює 0,8;

$K_t$  – коефіцієнт, що враховує зниження ємності акумуляторної батареї внаслідок зниження температури навколишнього середовища до 10 °С, дорівнює 0,92 згідно даних виробника (рисунок 3.1) [10].

$$C_{10\_ст\_t} = 260 \times 0,8 \times 0,92 = 191,36 \text{ А}\cdot\text{г}.$$

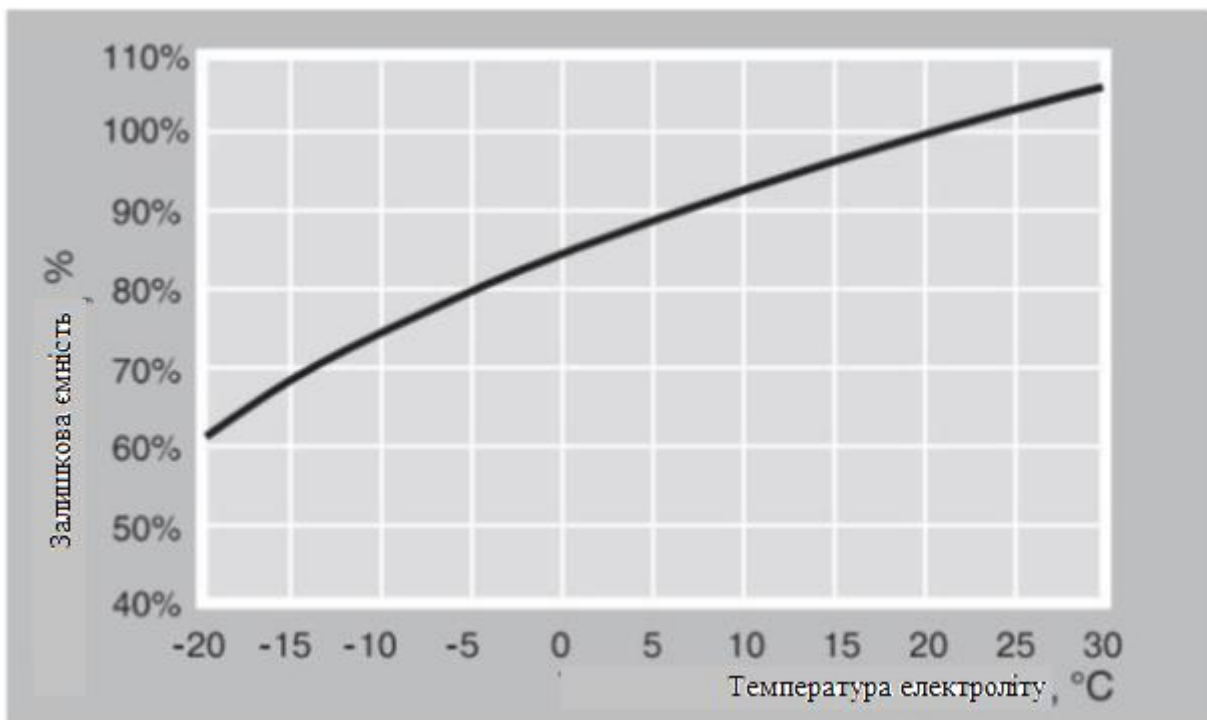


Рисунок 3.1 - Ємність 4 OGI 260 LA в залежності від температури навколишнього середовища

Тому враховуючи дію температури, старіння АБ та її розряд струмом 17 А тривалістю 1 година залишкова ємність буде становити  $191,36 - 17 = 174,36$  А·г (або 67 % від номінальної ємності 260 А·г). При таких умовах батарея 4 OGI 260 LA, яка складається з 64 елементів, зможе забезпечити

струм  $I_{3хв.} = 276 \times 0,67 = 185 \text{ А}$  , тривалістю 3 хв.

$$185 \text{ А} > 137 \text{ А}.$$

За результатами виконаних розрахунків щодо вибору акумуляторної батареї слідє, що попередньо визначена АБ типу 4 OGI 260 LA (у складі 52+12 елементів) забезпечить працездатність навантаження апаратури РЗА, пристроїв управління, блокування і сигналізації та аварійного освітлення на тяговій ПС 110/27,5/10 кВ.

Основні технічні характеристики АБ, що обирається даним проектом наведені у таблиці 3.2 .

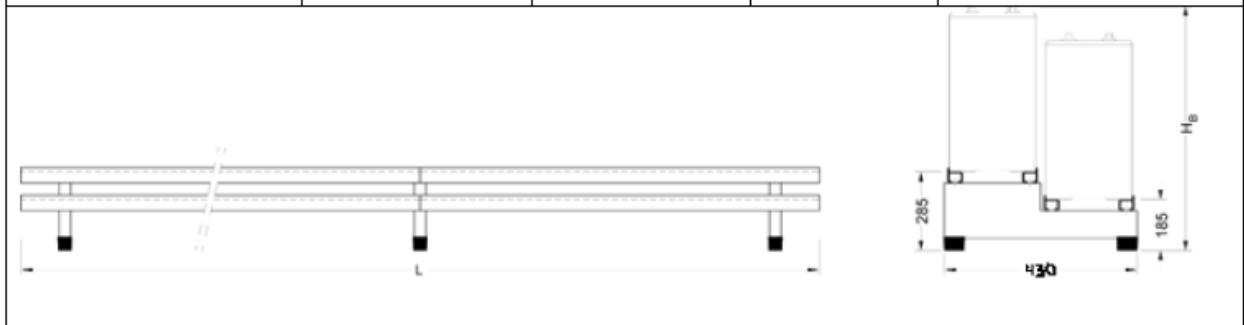
Таблиця 3.2 – Технічні характеристики АБ

Тип	4 OGI 260 LA		
Номінальна ємність $C_{10}$	260 А·год		
Тип	елемент		
Габарити:			
	Довжина (L), макс., мм	124	
	Монтажна довжина (B/L), мм	134	
	Ширина (b), макс., мм	206	
	Висота (h), макс., мм	511	
Матеріал корпусу	SAN (стирол-акрилонитрила)		
Маса елемента, з електролітом, кг	20,8		
Маса електроліту, кг	8,2		
Внутрішній опір, мОм	0,64		
Струм короткого замикання, А	3150		
Номінальна густина електроліту, кг/л	1,26		
Номінальна напруга, В	2		
Перемички міжелементні	шина мідна 134x30x2мм, 60 мм <sup>2</sup>		
Кількість пар полюсів	1		
Болт для кріплення перемички	F-M8		
Момент затягування, Нм	20		
Експлуатаційний термін служби	20 років		

Прийняті до встановлення стелажі мають кислотостійке покриття, що виключає корозійні процеси в разі контакту з електролітом. Легко монтуються і демонтуються, а також мають компакту конструкцію. Основні технічні характеристики стелажів, що обираються даним проектом наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Основні характеристики стелажів

Найменування	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, мм	Висота (Нв) з акумулятором
Стелаж 1	2150	430	285	796
Стелаж 2	2150	430	285	796



### 3.6 Розрахунок газовиділення

У таблиці технічної документації концерну EXIDE наведена інформація щодо швидкості виділення водню з одного елемента стаціонарного свинцево-кислотного акумулятора типу 4 OGI 260 LA, що випускаються за класичною технологією з рідким електролітом, коли режим заряду проводиться при напрузі постійного підзаряду 2,35 В швидкість виділення водню на елементі 4 OGI 260 LA, складе 3,016 л/(доб. ел.) або 0,000126 м<sup>3</sup>/(год. ел.) [11].

Відповідно технологічним рішенням в проєктну документацію закладена АБ, що складається із 64 елементів. Виходячи з цього, швидкість виділення водню в приміщенні АБ становитиме:

$$Q_1 = 64 \times 0,000126 = 0,008064 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

– при напрузі 2,23 В швидкість виділення водню на одному елементі 4 OGI 260 LA складе 0,754 л/(доб.ел.) або 0,0000314 м<sup>3</sup>/(год. ел.).

Швидкість виділення водню в приміщенні АБ на 120 елементах складе:

$$Q_2 = 64 \times 0,0000314 = 0,002 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

#### 3.6.1 Визначення маси виділеного водню

Маса водню ( $m$ , кг/год), що виділився в приміщення протягом однієї години заряду підвищеною напругою 2,35 В/ел з усіх акумуляторів батареї, визначається за наступною формулою:

$$m_1 = Q_1 \times p_v = 0,008064 \times 0,0789 = 0,000636 \text{ кг,}$$

де  $Q_2$  – об'єм водню, який виділився в приміщення протягом однієї

години заряду підвищеною напругою 2,35 В/ел з усіх акумуляторів батареї;

$\rho_v$  – щільність водню.

Розрахункова маса водню  $m_{\text{роз}}$ , кг, що знаходиться в приміщенні, з урахуванням роботи вентиляції відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 визначається за формулою:

$$m_{\text{роз}} = \frac{m_1 \times \tau}{K} \text{ кг},$$

де  $\tau$  – тривалість надходження водню;

$K$  – коефіцієнт обліку повітрообміну, визначається за формулою

Коефіцієнт  $K$  визначається за формулою:

$$K = N \times \tau + 1,$$

де:  $N$  – кратність повітрообміну, звідси:

$$m_{\text{роз}} = \frac{m_1 \times \tau}{N \times \tau + 1} = \frac{m_1}{N + \frac{1}{\tau}} \text{ кг}.$$

При необмеженому часі розряду  $\tau = \infty$ . Розрахункова маса водню, що знаходиться в приміщенні з урахуванням роботи вентиляції визначається за формулою:

$$m_{\text{роз}} = \frac{m_1}{N} = \frac{0,000636}{4} = 0,00016 \text{ кг}.$$

Маса водню,  $m$ , кг/год., що виділився в приміщення протягом однієї години підзаряду напругою 2,23 В/ел з усіх акумуляторів батареї, визначається за формулою:

$$m_2 = Q_2 \times \rho_v = 0,002 \times 0,0789 = 0,000158 \text{ кг}.$$

Сумарна маса водню  $m_{\Sigma}$ , кг в приміщенні визначається за формулою:

$$m_{\Sigma} = m_{\text{роз}} + m_2 = 0,00016 + 0,000158 = 0,000318 \text{ кг}.$$

### **3.6.2 Визначення надлишкового тиску, що утворюється при згорянні газоповітряної суміші водню**

Згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 надлишковий тиск горючих речовин ( $P_1$ , кПа) визначається за формулою:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \times \frac{m \sum \times Z}{V_f \times \rho_v} \times \frac{100}{C_{ст}} \times \frac{1}{K_n},$$

де  $P_{\max}$  – максимальний тиск, який утворюється при згоранні стехіометричної газоповітряної суміші в замкнутому об'ємі, приймається = 900 кПа;

$P_0$  – початковий тиск, кПа, приймається = 101 кПа;

$Z$  – коефіцієнт участі палива при згорянні газоповітряної суміші, який згідно таблиці 2 ДСТУ Б В.1.1-36:2016 приймається для водню рівним 1;

$C_{ст}$  – стехіометрична концентрація водню 29,24 %;

$K_n$  – коефіцієнт, який враховує негерметичність приміщення і неадіабатичність процесу горіння, приймається  $K_n = 3$ ;

$V_f$  – вільний об'єм повітря в приміщенні акумуляторної.

Надмірний тиск у приміщенні акумуляторної батареї, який утворюється при згоранні газоповітряної суміші водню:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \times \frac{m \sum \times Z}{V_f \times \rho_v} \times \frac{100}{C_{ст}} \times \frac{1}{K_n} = (900 - 101) \frac{0,000318 \times 1}{243 \times 0,0789} \times \frac{100}{29,24} \times \frac{1}{3} = 0,015 \text{ кПа.}$$

Згідно Категорій приміщень по вибухопожежної та пожежної небезпекою ДСТУ Б В.1.1-36:2016 – «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежної та пожежної небезпекою» у приміщенні акумуляторної розрахунковий надлишковий тиск вибуху може становити 0,015 кПа, що менше 5 кПа. Приміщення відноситься до категорії В – пожежонебезпечна.

### 3.7 Вибір зарядних пристроїв

Зарядно-підзарядний пристрій, який передбачається використовувати для заряду нових акумуляторів, повинен задовольняти наступним умовам:

– у режимі стабілізації напруги випрямляч повинен забезпечувати два рівні напруги:

- 116,0 В (2,23 х 52) – для підзаряду акумуляторної батареї;

- 124,8 В (2,4 х 52) – для вирівнювального заряду акумуляторної батареї;

- вихідний струм випрямляча ( $I_{\text{вих}}$ ) в режимі стабілізації напруги повинен бути не менше величини, яка забезпечить заряд акумуляторів до 90% номінальної після зняття 100 % розряду а час не більше 8 год відповідно до вимог ПТЕ,. (значення струму буде становити  $(260/8)*0,9=26$  А), а також живлення постійного навантаження 17 А, що разом складає 43 А [12].

- 26,8 В (2,23 x 12) – для підзаряду хвостової групи АБ.

- 28,8 В (2,4 x 12) – для вирівнювального заряду хвостової групи АБ.

Для забезпечення режиму підзаряду і заряду АБ із 64 елементів типу 4 OGI 260 LA ємністю 260 Агод. передбачено встановлення випрямлячів типу типу D220G110/50 BWrug-V-GMU заводу GFS Stromversorgungstechnik mbH (Німеччина). Основні технічні характеристики наведені у таблиці 3.4.

Для забезпечення режиму підзаряду і заряду хвостової групи АБ із 12 елементів типу 2 OGI 260 LA ємністю 260 Агод. Передбачено встановлення двох (для резервування) джерел живлення IRPS 2...30V/20A [13].

Таблиця 3.4 – Окремі технічні дані

Напруга живлення змінного струму, В	230/127 ± 10 %
Вхідна напруга постійного струму, В	110
Кількість вводів, шт	1
Номінальний струм, в т.ч. з зарядом АБ, А	50
ККД (не менше), %	0,82
Коефіцієнт потужності (не менше)	0,95
Напруга підзаряду акумуляторної батареї, В/ел	2,2 - 2,4
Повний установлений срок служби, років (не менше)	25

Основні відомості:

- Мідний трансформатор на вході випрямляча з повною ізоляцією ланцюгів постійного струму;
- тиристорного типу, розділені силові кола та кола управління;
- плавний пуск для обмеження перевантажень по струму;
- керований випрямляч, захист від перенапруги і зниженої напруги для забезпечення надійної роботи при будь-яких параметрах мережі живлення;

- підтримка всіх типів заряду для свинцево-кислотних та Ni-Cd акумуляторних батарей (III, I1I2U, U1U2I);
- цифрова панель керування з ЖК-дисплеєм і мнемосхема для виведення вимірів, сигналів і помилок;
- вимірювання та виведення основних параметрів пристрою на ЖК-дисплей панелі керування;
- пульсації напруги без батареї 1%;
- охолодження зарядного пристрою – природнє.

При замовленні зарядного пристрою, слід передбачити контакт «ВИРІВНЮВАЛЬНИЙ ЗАРЯД» на виході ЗУ для запуску вентилятора в приміщенні акумуляторної. У разі несправної вентиляції в приміщенні АБ, заряд підвищеною напругою необхідно блокувати [14].

### 3.8 Розрахунок струмів КЗ та автоматичних вимикачів для проєктованого обладнання

Таблиця 3.5 - Розрахунок струмів короткого замикання для проєктованого обладнання.

Точка КЗ	Найменування навантаження	S (мм <sup>2</sup> )	Метал	Довжина (м)	R <sub>кл</sub> Ом	R <sub>вн</sub> Ом	R <sub>аб</sub> Ом	R <sub>пк аб</sub> Ом	R <sub>пк авт.</sub> Ом	R <sub>кз</sub> Ом	E <sub>п ax</sub> В	E <sub>п in</sub> В	I <sub>кз. max</sub> кА	I <sub>кз. min</sub> кА
K1	GFS D220 G110/50	16	Cu	18	0,0197	2E-04	0,014	0,025	0,005	0,064	30	27	0,47	0,42
K2	IRPS 2...30V	6	Cu	18	0,0525	2E-04	0,014	0,025	0,001	0,093	114	108	1,55	1,16
K3	Живлення ЗП	6	Cu	14	0,0408	2E-04	0,014	0,025	1E-04	0,080	240	180	2,99	2,24

Точки КЗ позначені на Рис. 2.4.

Далі наведена таблиця 3.6 розрахунку кабелів, що використовуються для підключення проєктованого обладнання.

Таблиця 3.6 - Розрахунок кабелів для підключення проєктованого обладнання.

№	Найменування навантаження	U <sub>н</sub> (В)	I <sub>н</sub> (А)	Проектована марка кабелю	S (мм <sup>2</sup> )	Матеріал	Довжина (м)	I <sub>доп</sub> (А)	ΔU (В)
Н.1,Н.2	GFS D220 G110/50	110	50	ВВГнг	16	Cu	18	97	0,98
Н.3	IRPS 2...30V	24	20	ВВГнг	6	Cu	18	34	0,02
К.1	Живлення проєктованого ЗП	220	21	ВВГнг	6	Cu	14	34	0,15

Таблиця 3.7 - Розрахунок автоматичних вимикачів для підключення проєктованого обладнання.

Позн. Автомата	Найменування навантаження	U <sub>н</sub> (В) нав.	U <sub>н</sub> (В) авт.	I <sub>н</sub> (А) навант.	I <sub>н</sub> (А) авт.	I <sub>відс</sub> (А) авт.	к <sub>чутл.</sub> авт.	I <sub>відкл.</sub> (кА) авт.	Тип автоматичного вимикача
SQ1	GFS D220 G110/50	110	110	50	63	315	4	0,1	ETIMAT 10 DC
SQ2	IRPS 2...30V	24	24	20	25	125	3	0,1	ETIMAT 10 DC
SQ1	Живлення проєктованого ЗП	220	220	21	32	192	12	0,1	ETIBREAK EB2

### Висновки до розділу

1. Підвищення надійності: При заміні старих АКБ на нові типу 4 OGI 260 LA значно підвищується стійкість мережі оперативного струму до нештатних ситуацій. Батарея дає змогу тривалий час за відсутності

зовнішнього джерела живлення живити електромагнітні приводи, автоматичні вимикачі, засоби РЗА, пристроїв управління, а також забезпечувати короткотривале споживання струму до 255 А.

2. Оптимізація при обслуговуванні: В порівнянні зі старими батареями, нові мають компактне виконання та не потребують обслуговування. Термін експлуатації в 20 років, а також мінімальний рівень виділення токсичних та небезпечних речовин є перевагою та надає змогу використати незадіяний простір в приміщенні акумуляторної, яка проєктувалась під застарілі типи АКБ для встановлення допоміжного обладнання та покращення систем безпеки та вентиляції.

3. Адаптація до змінних умов експлуатації: За рахунок зменшення габаритних розмірів АКБ при заміні та модернізації, існуюча система надає змогу збільшення ємності та потужності системи за рахунок встановлення додаткових блоків, зарядних пристроїв та допоміжних блоків керування, й інтеграції в існуючу систему електропостачання.

4. Технологічне оновлення: Використання сучасних матеріалів та обладнання є ключовим фактором для підвищення загальної ефективності проєкту. Це не тільки покращує якість та надійність електропостачання, але й забезпечує довготривалу стійкість та надійність системи, знижуючи потребу в частих ремонтах та модернізаціях у майбутньому.

## РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЄКТУ

### 4.1 Поняття стартапу

Стартапи - це компанії або підприємства, які зосереджені на одному продукті чи послугі, які засновники хочуть вивести на ринок. Ці компанії, як правило, не мають повністю розробленої бізнес-моделі і, що більш важливо, не мають достатнього капіталу для переходу на наступний етап бізнесу. Більшість із цих компаній спочатку фінансуються їхніми засновниками [15].

Робота в стартапі має низку переваг . Більше відповідальності та можливості вчитися – два. Оскільки в стартапах менше співробітників, ніж у великих, відомих компаніях, працівники, як правило, носять багато головних уборів, працюючи на різних посадах, що призводить до більшої відповідальності та можливостей для навчання.

Стартапи, як правило, більш розслаблені за своєю природою, роблячи робоче місце більш спільним, з гнучким графіком, більшою взаємодією між працівниками та гнучкістю. Робота в стартапах також може бути більш корисною, оскільки інновації вітаються, а менеджери дозволяють талановитим співробітникам працювати з ідеями без нагляду.

Одним із головних недоліків стартапу є підвищений ризик. В першу чергу це стосується успішності та довголіття стартапу. Новим підприємствам потрібно довести себе та залучити капітал, перш ніж вони зможуть приносити прибуток. Важливо, щоб інвестори були задоволені прогресом стартапу. Ризик закриття або відсутності достатнього капіталу для продовження діяльності до отримання прибутку є постійним [16].

Довгі години характерні для стартапів, оскільки всі працюють над тією самою метою — побачити успіх стартапу . Це може призвести до моментів сильного стресу та іноді до компенсації, яка не відповідає відпрацьованим годинам. Конкуренція також завжди висока, оскільки, як правило, існує кілька стартапів, які працюють над тією самою ідеєю. Переваги та недоліки стартапів наведено у таблиці 4.1:

Таблиця 4.1 – Переваги та недоліки стартапів

Переваги	Недоліки
Більше можливостей для навчання	Підвищена відповідальність
Гнучкість	Ризик невдачі
Переваги на робочому місці	Необхідність залучення капіталу
Заохочення інновацій	Стрес при роботі
Гнучкий графік	Конкурентне бізнес-середовище

#### 4.2 Опис ідеї проєкту

В Україні з кожним роком дедалі більше стає питання старіння та потреба у модернізації тягових підстанцій електротранспорту, одним з найефективніших шляхів подолання цієї проблеми є впровадження технологій «розумних мереж» або Smart Grid. Впровадження технологій Smart Grid в українську енергетику, зокрема у сферу електротранспорту, є стратегічним кроком до модернізації та підвищення ефективності енергосистеми. Цей процес передбачає комплексну трансформацію існуючих тягових підстанцій та будівництво нових об'єктів з використанням сучасних цифрових технологій.

Ключовим аспектом є модернізація існуючих підстанцій шляхом заміни традиційного обладнання на інтелектуальні пристрої, здатні до двосторонньої комунікації та збору даних. Це дозволяє створити систему автоматизації, яка забезпечує дистанційний контроль та управління підстанцією, оптимізує режими роботи обладнання та швидко реагує на зміни в мережі. Інтеграція з системами SCADA забезпечує централізоване управління та моніторинг стану всієї енергосистеми.

Будівництво нових тягових підстанцій здійснюється з урахуванням принципів Smart Grid, що передбачає використання модульної конструкції, сучасного обладнання з високим ступенем автоматизації та забезпечення можливості інтеграції з різними системами енергопостачання. Це дозволяє створити гнучку та адаптивну інфраструктуру, готову до подальшого розвитку.

Інтеграція відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в систему електропостачання тягових підстанцій є одним з пріоритетних напрямків. Створення гібридних енергетичних систем, що поєднують традиційні джерела енергії з ВДЕ та системами накопичення енергії, дозволяє підвищити енергетичну безпеку та знизити залежність від централізованого енергопостачання.

Розробка спеціалізованого програмного забезпечення для управління енергосистемою, аналізу даних та оптимізації режимів роботи підстанцій є невід'ємною частиною впровадження Smart Grid. Використання штучного інтелекту та машинного навчання дозволяє підвищити ефективність управління енергосистемою та приймати більш обґрунтовані рішення.

Розбудова інфраструктури зв'язку є важливою умовою успішної реалізації Smart Grid. Створення високошвидкісних мереж та використання сучасних комунікаційних протоколів забезпечує надійний обмін даними між різними елементами енергосистеми.

Важливим аспектом є також підвищення кібербезпеки енергосистеми. Впровадження заходів для захисту від кібератак є необхідним для забезпечення безперебійної роботи енергосистеми.

Співпраця з іншими учасниками ринку, такими як виробники енергії, споживачі та регуляторні органи, є ключовим фактором успіху впровадження Smart Grid. Спільними зусиллями можна досягти синергетичного ефекту та прискорити розвиток енергетики в Україні [17].

Реалізація проєктів Smart Grid в Україні дозволить не тільки підвищити енергоефективність електротранспорту, але й сприяти розвитку економіки, покращити екологічну ситуацію та забезпечити енергетичну безпеку країни.

В таблиці 4.2 наведено опис ідеї запропонованого проєкту.

Таблиця 4.2 – Опис ідеї стартап проєкту

Зміст ідеї	Напрями застосування	Вигоди для користувача
Створення та реалізація мережі тягових підстанцій всіх видів електротранспорту з використанням технологій Smart Grid, а саме технологій автоматизації систем обліку, моніторингу та управління електромережею	Компанії з продажу обладнання, що безпосередньо є складовими частинами технологій «розумних мереж»	Збільшення масштабу надання послуг та продажів компаній, підвищення конкурентної боротьби на ринку
	Сектор приватних підприємств	Зниження тарифів на електроенергію, підвищення надійності та якості послуг з забезпечення електричною енергією
	Приватні електроспоживачі	Зниження тарифів на електроенергію, підвищення надійності та якості послуг з забезпечення електричною енергією
	Державні компанії, що здійснюють генерацію та розподіл електроенергії	Створення надійної системи моніторингу перетоків потужності, впровадження систем обліку з використанням бездротових мереж зв'язку.

### 4.3 Технологічний аудит проєкту

За допомогою технологічного аудиту перевіряють технологічний стан підприємства завдяки певним критеріям. Такий аудит дає можливість виявлення сильних та слабких сторін, котрі можуть бути спрямовані на збільшення ефективної роботи компанії.

Визначення технологічного аудиту стартап проєкту передбачає аналіз наступних складових (таблиця 4.3):

- технологія виробництва товару або надання послуг згідно ідеї стартапу;
- наявність необхідних технологій; чи їх необхідно доробити/розробити?
- чи є доступ до даних технологій?

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї стартапу

№	Ідея проєкту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Проектування тягової підстанції з використанням Smart Grid	Реалізується завдяки техніко-економічним розрахункам	Для реалізації доступні технології комп'ютерного моделювання	Доступні
2	Постачання обладнання	Реалізується завдяки аналізу ринку необхідного обладнання	Для реалізації доступні технічні тацінові характеристики обладнання	Доступні

## Продовження таблиці 4.3

3	Доставка та монтаж обладнання	Реалізується завдяки логістичним платформам	Технології наявні	Доступні
4	Підключення системи	Реалізується завдяки приватними та державними компаніям, які надають послуги і підключення систем	Технології наявні	Доступні
5	Керування системою	Реалізується завдяки розробленому програмному забезпеченню	Для реалізації доступні вже розроблені програми для керування системою обліку, споживанням та перетоками потужності	Доступні

**4.4 Аналіз ринкових можливостей проєкту**

Для аналізу ринкових можливостей проєкту складено таблицю факторів, котрі впливають на ринкове впровадження проєкту та факторів, які можуть перешкоджати його виходу на ринок. Фактори загроз та можливостей перераховані в таблицях 4.4 і 4.5 відповідно [18].

Таблиця 4.4 - Фактори загроз

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Створення міжнародними енергетичними компаніями підрозділів з впровадження технологій Smart Grid	Зниження цін на послуги, втрата конкурентоспроможності
2	Складна економічна ситуація	Нестача коштів для реалізації проєкта	Зниження витрат

Таблиця 4.5 - Фактори можливостей

№	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Великий обсяг можливостей надання послуг при модернізації та оновленні існуючих тягових підстанцій в Україні	Отримання великого обсягу замовлень по виконанню робіт з модернізації та перебудови тягових підстанцій	Розширення компанії та відкриття філіалів по всій країні

Для фінального аналізу можливості запуску запропонованого стартап проєкту використано SWOT-аналіз. Розшифровка SWOT з англійської мови:

«Strengths» – сильні сторони, «Weakness» – слабкі сторони, «Opportunities» – можливості, «Threats» – загрози.

SWOT-аналіз дозволяє визначити сильні та слабкі сторони проєкту, можливості та загрози, котрі можуть виникнути при впровадженні продукту

наринок. SWOT-аналіз запропонованого стартап проекту наведено в Таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – SWOT-аналіз проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Потреба в модернізації великої кількості об'єктів</li> <li>– Можливість комбінування різних рішень залежно від потреби замовника</li> <li>– Можливість розумного керування</li> <li>– Інноваційність</li> <li>– Використання найкращих технологічних рішень</li> <li>– Підтримка відновлюваних джерел енергії та розосередженої генерації</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Можлива конкуренція на ринку від великих міжнародних енергетичних компаній</li> <li>– Недостатність інформації про компанію</li> <li>– Значні затрати</li> <li>– Необхідність в значних інвестиціях та сприятливій політиці держави</li> <li>– Обмежена кількість об'єктів для проведення робіт</li> </ul>
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Використання новітніх технологій</li> <li>– Вирівнювання графіків навантажень</li> <li>– Можливість моніторингу та контролю споживанням електричної енергії</li> <li>– Співпраця з компаніями з продажу обладнання</li> <li>– Швидкий розвиток</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Відсутність інвесторів або недостатність фінансування</li> <li>– Недостатність попиту</li> <li>– Зниження фінансування з боку операторів електроустановок</li> <li>– Труднощі з встановленням обладнання</li> </ul>

#### 4.5 Розроблення ринкової стратегії проєкту

Розробка ринкової стратегії в першу чергу передбачає визначення стратегії охоплення ринку, а саме опис цільових груп потенційних споживачів, яких представлено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів прийняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Оператори тягових підстанцій	Часткова готовність	Високий	Низька інтенсивність	Дуже просто
2	Електро-передавальні компанії	Повна готовність	Високий	Середня інтенсивність	Середня простота
3	Органи Державної влади	Часткова готовність	Невисокий	Низька, немає	Дуже просто

#### 4.6 Розроблення маркетингової програми стартап проєкту

Для розробки маркетингової програми необхідно проаналізувати ключові переваги концепції потенційного товару, результати якої наведено у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Визначення ключових переваг концепції  
потенційного товару

№	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Потреба в модернізації основних вузлів тягових підстанцій	Модернізація та підняття ефективності електроустановок	Можливість роботи з різними типами електроустановок
2	Простота використання	Простий зрозумілий інтерфейс керування	Можливе функціональне керування системою

Наступним кроком необхідно визначити концепцію маркетингових комунікацій, які необхідно прийняти до уваги. Результати приведені в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Концепція маркетингових комунікацій

№	Цільові групи	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Оператор тягової підстанції	ПЗ розроблене для конкретного споживача	Авто-матизація, простота використання	Зацікавлення клієнтів	Автоматизація, використання новітніх технологій

## Продовження таблиці 4.9

2	Електро- передава льні компанії	ПЗ розроблене для конкретного споживача	Авто- матизація, керування попитом на електроенергію	Зацікавлення клієнтів та інвесторів	Авто- матизація, використан ня новітніх технологій
3	Органи державної влади	Інтернет	Залучення інвесторів	Зацікавлення клієнтів та інвесторів	Автоматизація, використан ня новітніх технологій

**Висновки до розділу**

В даному розділі був запропонований стартап проєкт впровадження та реалізації мереж тягових підстанцій всіх видів електротранспорту з використанням технологій Smart Grid, а саме технологій автоматизації систем обліку, моніторингу та управління електромережею в Україні. Врахувавши всі переваги та недоліки реалізації даного проєкту в Україні можна зробити висновок, що проєкт актуальний та має перспективне застосування в умовах українського ринку. Аналіз проєкту показав, що з кожним роком потреба в модернізації та оновленні існуючих тягових підстанцій електротранспорту тільки зростає.

Перешкодою до реалізації даного проєкту є нестабільна політична та економічна ситуація в країні та необхідність інвесторів. Можлива конкуренція з сторони іноземних компаній, які спеціалізуються на впровадженні технологій «розумних мереж». Однак правильна розстановка пріоритетів і дотримання стратегії розвитку збільшить шанси вивести свій продукт на ринок і заробити гроші на своєму проєкті. Подальша реалізація проєкту є вигідною та економічно доцільною. Перспектива проєкту пов'язана з можливістю розвитку технологій Smart Grid в Україні. Реалізація стартап

проєкту дасть споживачам підвищений рівень надання послуг з електропостачання та зменшенню перерв в електроживленні, що надає проєкту особливої популярності в зв'язку з енергетичною нестабільністю в країні.

## ВИСНОВКИ

1. У цій магістерській дисертації була проведена глибока аналітична робота, спрямована на дослідження різноманітних роботи тягових підстанцій, включаючи їх види, особливості, а також конкретні вимоги, які впливають на вимоги до проведення робіт з заміни обладнання та модернізації. Основна увага у першому розділі була зосереджена на теоретичному аналізі різних типів тягових підстанцій, з особливим акцентом на їх особливості, переваги та можливі складнощі, що супроводжують цю складову енергосистеми України.

2. Далі, дослідження переходить до аналізу конкретного об'єкта, де будуть відбуватися роботи з переоснащення. Тут було використано детальний підхід, що включав збір та аналіз вихідних даних об'єкта. Цей етап дозволив виявити ключові аспекти та потенційні проблеми, які необхідно враховувати при плануванні реконструкції.

3. У третьому розділі було представлено розробку проєкту з реконструкції, з урахуванням усіх зібраних даних та рекомендацій з охорони праці та пожежної безпеки. Ця частина демонструє практичне застосування теоретичних знань, отриманих у попередніх розділах, і підкреслює важливість інтеграції стандартів безпеки у всі етапи проєктування та виконання робіт.

4. Завершальний розділ присвячений стартап-проєкту, який розглядає можливості створення компанії, спеціалізованої на модернізації та переоснащенні тягових підстанцій всіх видів електротранспорту з використанням технологій Smart Grid. Аналіз підкреслює значення інноваційних технологій та стратегій в управлінні проєктами переоснащення, а також важливість бізнес-моделей, орієнтованих на сталість та екологічну відповідальність.

5. Загальний висновок дисертації підтверджує, що переоснащення та модернізація є ключовим елементом у сучасній енергетиці, важливим

компонентом якої є тягові підстінці, вимагаючи інноваційних підходів та високих стандартів безпеки.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Друбецька, Т. І., & Бойко, А. М. (2022). Тягові підстанції електрифікованих залізниць. Каравела.
2. ГКД 341.004.001-94 «Норми технологічного проєктування підстанцій змінного струму в вищою напругою 6-750 кВ».
3. ГКД 34.20.507-2003 – «Технічна експлуатація електричних станцій та мереж. Правила».
4. ДБН А.2.2.-1-2003 – «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проєктуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд».
5. ДБН А.3.2-2-2009 – «Охорона праці і промислова безпека в будівництві».
6. ДБН А.2.2-3-2014 – «Склад та зміст проєктної документації на будівництво».
7. ДБН В.1.1-7:2016 – «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».
7. ДБН А.3.1-5-2016 – «Організація будівельного виробництва».
8. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
9. ДСТУ 3273-95 «Безпечність промислових підприємств. Загальні положення та вимоги».
10. ДСТУ Б Д.2.2-48:2012 – «Вказівки щодо застосування ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи».
11. ДСТУ-Н Б Д.2.3-40:2012 «Вказівки щодо застосування ресурсних елементних кошторисних норм на монтаж устаткування».
12. ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 – «Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва».
13. ДСТУ Б А.3.1-22:2013 – «Визначення тривалості будівництва об'єктів».
14. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».

15. НАПБ В.01.034-2005/111 – «Правила пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та організаціях енергетичної галузі України». Міністерство палива та енергетики України, Енергоперспектива, 2005.

16. НАПБ А.01.001-2014 – «Правила пожежної безпеки в Україні».

17. НПАОП 40.1-1.01-97 – «Правила безпечної експлуатації електроустановок».

18. СОУ 31.4-21677681-21:2010 – «Стаціонарні свинцево-кислотні акумуляторні батареї. Типова інструкція з експлуатації».

19. Правила улаштування електроустановок. Затверджені наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 21.07.2017 № 476.

20. ЭКСПЛУАТАЦІЙНА ДОКУМЕНТАЦІЯ. Стационарные свинцово-кислотные аккумуляторные батареи Classic: OPzS, GroE, OGi, OCSM.