

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

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

« \_\_\_\_ » червня 2024 р.

**Дипломний проєкт**

на здобуття ступеня бакалавра

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Освітня програма: Системи забезпечення споживачів електричною енергією

на тему: Реконструкція трансформаторної підстанції напругою 35/10 кВ

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ОЕ-01

*Браславський Сергій Сергійович* \_\_\_\_\_

Керівник:

*Доцент Омельчук Анатолій Олександрович* \_\_\_\_\_

**Консультанти:**

Охорона праці та пожежна безпека д.т.н., проф. Третьякова Л.Д. \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Нормоконтроль к.т.н., доц. Ярмолюк О.С. \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

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

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2024 року

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Системи забезпечення споживачів електричною енергією

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

« \_\_\_\_ » червня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

**Браславському Сергію Сергійовичу**

1. Тема проєкту «Реконструкція трансформаторної підстанції напругою 35/10 кВ»,

керівник проєкту *доцент Омельчук Анатолій Олександрович*, затвержені наказом по університету від 29 травня 2024 р. №2183-с

2. Термін здачі студентом закінченого проєкту «12» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Схема електропостачання міста, дані про навантаження повітряних ліній, довжини кабельних ліній.

4. Перелік розділів, які мають бути розроблені

а) електрична частина: Розрахунок електропостачання району та цеху.

б) охорона праці та пожежна безпека: Релейний захист та автоматика.

в) охорона праці: Охорона праці та пожежна безпека під час реконструкція трансформаторної підстанції напругою 35/10 кВ.

## 5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Загальна схема мережі
2. Схема живлення цеху
3. Схема трансформаторів ТДНС-16000-35
4. Схема порталу ПЖ-220Ш1

## 6. Консультанти розділів проєкту

Розділ (частина)	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Релейний захист та автоматика</i>	<i>к.т.н., доц. Калінчик В.П.</i>		
<i>Розрахунки струмів короткого замикання</i>	<i>к.т.н., доц. Белоха Г.С.</i>		
<i>Охорона праці та пожежна безпека</i>	<i>д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.</i>		

## 7. Дата видачі завдання “20” травня 2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

#### виконання дипломного проєкту

студентом Браславським С.С.

(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Позначки керівника про виконання завдань
1	Розрахунок електричної частини	20.05.-05.06.24	
2	Розрахунок релейної частини	25.05.-27.05.24	
3	Розрахунок струмів короткого замикання	27.05.-04.06.24	
4	Розрахунок частини охорони праці та пожежної безпеки	20.05.-05.06.24	
5	Розрахунок індивідуального завдання дипломного проєкту	04.06.-10.06.24	
6	Підготовка графічного матеріалу	10.06.-13.06.24	
7	Захист дипломного проєкту	20.06.2024	

Студент  
Керівник проєкту

Сергій БРАСЛАВСЬКИЙ  
Анатолій ОМЕЛЬЧУК

## РЕФЕРАТ

Тема дипломного проекту: «Реконструкція трансформаторної підстанції напругою 35/10 кВ».

Дипломний проєкт представлений на 111 аркушах машинописного тексту, кількість ілюстрацій – 14, таблиць – 24, робочих креслень – 4, список використаних джерел – 22.

Мета проєкту: Проведення реконструкції трансформаторної підстанції напругою 35/10 кВ для забезпечення її відповідності сучасним вимогам надійності та безпеки. Реконструкція включатиме заміну старих порталів на нові, що значно підвищить ефективність енергопередачі, зменшить ризики виникнення аварійних ситуацій та оптимізує витрати на обслуговування. Також передбачається оновлення систем заземлення та блискавкозахисту для підвищення безпеки під час експлуатації. Завданням проєкту є не лише технічне оновлення, а й створення умов для подальшої інтеграції з відновлюваними джерелами енергії.

Ключові слова: ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, ЕЛЕКТРОГАЗОВИЙ ВИМИКАЧ, СТРУМ, НАПРУГА, НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ, СТРУМИ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ.

## **REPORT**

Topic of the diploma project: "Reconstruction of a 35/10 kV transformer substation."

The diploma project is presented on 111 sheets of typewritten text, the number of illustrations - 14, tables - 24, working drawings - 4, the list of used sources - 22.

The purpose of the project: Reconstruction of the 35/10 kV transformer substation to ensure its compliance with modern reliability and safety requirements. The reconstruction will include the replacement of old portals with new ones, which will significantly increase the efficiency of energy transmission, reduce the risks of emergency situations and optimize maintenance costs. It is also planned to update the grounding and lightning protection systems to increase safety during operation. The task of the project is not only technical renewal, but also creation of conditions for further integration with renewable energy sources.

**Keywords: TRANSFORMER SUBSTATION, ELECTRIC GAS SWITCH, CURRENT, VOLTAGE, RELIABILITY OF ELECTRICAL SUPPLY, RELAY PROTECTION, SHORT CIRCUIT CURRENTS, LABOR PROTECTION.**







## ВСТУП

Дипломна робота присвячена реконструкції трансформаторної підстанції напругою 35/10 кВ, що є актуальним і важливим проектом у сфері енергетики. Основна мета проекту полягає в оптимізації та модернізації існуючої системи для забезпечення більш ефективного та безпечного розподілу електроенергії. Важливість даної реконструкції зумовлена потребою в підвищенні надійності обладнання, зниженні ризиків пов'язаних із застарілими системами, а також необхідністю відповідати сучасним стандартам електробезпеки.

Робота охоплює ретельний аналіз існуючої інфраструктури підстанції, визначення ключових проблемних зон, планування необхідних робіт та вибір оптимальних технологій та матеріалів для реконструкції. Особлива увага приділяється заземленню, блискавкозахисту, а також заходам з охорони праці та пожежної безпеки.

Проект включає демонтаж застарілих порталів та їх заміну на сучасні конструкції, що значно знижує ймовірність аварій та підвищує загальну ефективність системи. Впровадження новітніх технологій і матеріалів сприятиме забезпеченню стабільності енергопостачання та відповідності всіх процесів вимогам екологічної безпеки і сталого розвитку.

Ця робота є важливим внеском у розвиток енергетичної інфраструктури регіону, вона сприятиме підвищенню якості електропостачання, зниженню втрат енергії та підвищенню загальної безпеки при експлуатації електроустановок.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ ТА ПРОЄКТУ

## 1.1 Функції й використання трансформаторної підстанції

Трансформаторна підстанція (ТП) є спеціалізованим об'єктом енергетичної інфраструктури, призначеним для прийому, трансформації та розподілу електричної енергії. Її основна функція полягає у зміні рівня напруги електроенергії, що дозволяє оптимально передавати електроенергію від генеруючих потужностей до кінцевих споживачів.

Призначення трансформаторної підстанції:

1. Трансформація напруги: Основною функцією ТП є перетворення високої напруги, з якою електроенергія передається на великі відстані, у більш низьку напругу, придатну для використання промисловими підприємствами, установами та побутовими споживачами. Трансформатори, які є ключовими елементами підстанцій, здійснюють цю зміну напруги. Наприклад, високовольтні лінії можуть мати напругу 110 кВ, яка потім знижується до 10 кВ для місцевого розподілу.

2. Розподіл електроенергії: Трансформаторні підстанції розподіляють електричну енергію між різними лініями електропередач та споживачами. Це забезпечує рівномірне навантаження на мережу та стабільне електропостачання для всіх користувачів.

3. Забезпечення надійності енергопостачання: Завдяки використанню декількох рівнів трансформації напруги, підстанції підвищують надійність енергопостачання. В разі аварії або збою на одній з ліній, інші лінії можуть продовжувати постачання електроенергії безперебійно.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ ТА ПРОЄКТУ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Браславський С.С.						10	112
Перевір.	Омельчук А.О.					НН ІЕЕ, ОЕ-01		
Реценз.								
Н. Контр.	Ярмолюк О.С.							
Затверд.	Омельчук А.О.							

4. Регулювання якості електроенергії: Трансформаторні підстанції обладнані пристроями для регулювання параметрів електроенергії, таких як частота, напруга та форма сигналу. Це забезпечує відповідність електроенергії стандартам якості, що необхідно для стабільної роботи електроприладів.

5. Захист енергосистеми: Трансформаторні підстанції оснащені захисними пристроями, які запобігають пошкодженню обладнання та ліній електропередач в разі коротких замикань, перевантажень та інших аварійних ситуацій. Ці пристрої автоматично відключають проблемні ділянки мережі, захищаючи решту системи від негативних наслідків.

Види трансформаторних підстанцій:

1. Високовольтні підстанції: Працюють з напругою понад 110 кВ. Використовуються для прийому електроенергії від генераційних станцій та передачі її на великі відстані.

2. Підстанції середньої напруги: Працюють з напругою від 35 кВ до 110 кВ. Використовуються для розподілу електроенергії між регіональними мережами.

3. Низьковольтні підстанції: Працюють з напругою до 35 кВ. Використовуються для розподілу електроенергії безпосередньо до кінцевих споживачів.

## 1.2 Принцип роботи трансформаторної підстанції

Трансформатори є основним елементом ТП, який виконує функцію перетворення напруги. Вони працюють на принципі електромагнітної індукції, що дозволяє змінювати рівень напруги без значних втрат енергії. Розподільні пристрої включають високовольтні вимикачі, роз'єднувачі та інші комутаційні пристрої, які дозволяють розподіляти електроенергію між різними лініями та споживачами. Системи захисту включають релейний захист та автоматику, які захищають обладнання підстанції та електричні мережі від аварійних режимів роботи, таких як короткі замикання або перевантаження. Системи контролю та

									Арк.
									11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

обліку є системами моніторингу, управління та обліку електроенергії, що дозволяють оператору контролювати параметри роботи підстанції та забезпечувати коректний облік спожитої енергії.

Принцип роботи трансформаторної підстанції починається з прийому електроенергії. Високовольтні лінії електропередач доставляють електроенергію до трансформаторної підстанції. Напруга може досягати значень від 110 кВ і більше, залежно від відстані передачі та потреб споживачів. Трансформатори знижують або підвищують напругу до необхідного рівня. Наприклад, при передачі електроенергії на великі відстані використовується висока напруга для зниження втрат енергії, а для розподілу до кінцевих споживачів – нижча напруга. Після трансформації напруги, електроенергія розподіляється між різними лініями електропередач та кінцевими споживачами. Розподільні пристрої дозволяють здійснювати це ефективно та безперебійно.

Системи контролю дозволяють операторам відстежувати параметри роботи підстанції, такі як рівень напруги, струму, потужності та інші. Це забезпечує стабільність роботи системи та своєчасне реагування на можливі несправності або аварійні ситуації. Системи захисту автоматично відключають пошкоджені ділянки мережі у разі коротких замикань, перевантажень або інших аварійних ситуацій. Це запобігає пошкодженню обладнання та забезпечує безпеку персоналу та користувачів.

На прикладі підстанції напругою 35/10 кВ розглянемо її роботу. Високовольтна лінія доставляє електроенергію напругою 35 кВ до підстанції, де трансформатор знижує напругу до 10 кВ для подальшого розподілу до промислових та побутових споживачів. Розподільні пристрої направляють електроенергію до різних ліній, які живлять різні райони або об'єкти. Системи захисту постійно моніторять параметри мережі та у разі виявлення аварійної ситуації швидко відключають пошкоджену ділянку для запобігання подальшим пошкодженням.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3 Основні елементи трансформаторної підстанції

Трансформаторна підстанція складається з декількох ключових елементів, кожен з яких виконує важливі функції для забезпечення стабільної роботи системи електропостачання. Основні компоненти трансформаторної підстанції включають трансформатори, розподільні пристрої, системи захисту, вимірювальні та контролюючі системи, а також допоміжне обладнання.

Трансформатори є центральним елементом підстанції і виконують функцію перетворення напруги. Вони складаються з двох або більше обмоток, які індуктивно зв'язані між собою. Перетворення напруги здійснюється завдяки електромагнітній індукції, яка виникає в серцевині трансформатора. Основними типами трансформаторів є понижуючі та підвищуючі трансформатори, які знижують або підвищують напругу до необхідного рівня для подальшого використання або передачі.

Розподільні пристрої включають комутаційне обладнання, таке як вимикачі, роз'єднувачі, автоматичні вимикачі та контактори. Ці пристрої забезпечують можливість підключення та відключення різних ділянок електричної мережі, а також дозволяють здійснювати обслуговування та ремонт обладнання без перерв у електропостачанні. Вимикачі використовуються для аварійного відключення, тоді як роз'єднувачі дозволяють ізолювати частини мережі для технічного обслуговування.

Системи захисту є критично важливими для забезпечення безпеки роботи трансформаторної підстанції. Вони включають релейний захист, який реагує на ненормальні режими роботи, такі як короткі замикання, перевантаження або зниження напруги, і автоматично відключає пошкоджені ділянки мережі. Це запобігає пошкодженню обладнання та мінімізує ризики аварійних ситуацій. До систем захисту також належать обмежувачі перенапруги, які захищають підстанцію від впливу блискавок та інших зовнішніх впливів.

Вимірювальні та контролюючі системи забезпечують постійний моніторинг параметрів роботи підстанції. Вони включають вимірювальні трансформатори струму та напруги, які передають інформацію про електричні

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

параметри до систем контролю. Ці системи дозволяють операторам відстежувати стан підстанції в режимі реального часу та приймати оперативні рішення для забезпечення стабільної роботи мережі. Сучасні системи контролю можуть бути інтегровані з автоматизованими системами управління, що підвищує ефективність роботи та дозволяє швидко реагувати на зміни в мережі.

Допоміжне обладнання включає в себе системи охолодження трансформаторів, які запобігають перегріву обмоток та забезпечують їх тривалу та надійну роботу. Крім того, до допоміжного обладнання відносяться системи освітлення, обігріву, вентиляції та інші інженерні системи, які забезпечують комфортні умови для роботи персоналу та обслуговування обладнання.

#### **1.4 Роль трансформаторних підстанцій у енергосистемі**

Трансформаторні підстанції відіграють ключову роль у функціонуванні сучасних енергосистем, забезпечуючи ефективну передачу та розподіл електроенергії від джерел генерації до кінцевих споживачів. Вони виступають критичними вузлами, які дозволяють адаптувати параметри електроенергії до потреб різних сегментів споживачів, мінімізуючи втрати енергії та підвищуючи стабільність і надійність постачання.

Однією з основних функцій трансформаторних підстанцій є перетворення рівня напруги. Високовольтна електроенергія, що генерується на електростанціях, повинна бути перетворена на різні рівні напруги для ефективної передачі на великі відстані та подальшого розподілу до споживачів. Підвищення напруги на першому етапі передачі дозволяє зменшити втрати енергії, що виникають через опір проводів. На етапі розподілу, зниження напруги робить електроенергію придатною для використання в побутових, комерційних та промислових об'єктах.

Трансформаторні підстанції також виконують важливу роль у регулюванні та стабілізації параметрів електроенергії. Вони забезпечують підтримку оптимальних рівнів напруги та частоти в мережі, що є критично важливим для

										Арк.
										14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

стабільної роботи електрообладнання споживачів. Завдяки використанню сучасних систем автоматизації та контролю, підстанції здатні оперативно реагувати на зміни в навантаженні та аварійні ситуації, запобігаючи перебоєм у постачанні та захищаючи електричні мережі від пошкоджень.

Крім того, трансформаторні підстанції є основними точками інтеграції відновлюваних джерел енергії в загальну енергосистему. Зростання частки відновлюваної енергії, такої як сонячна та вітрова, створює нові виклики для управління енергосистемою, пов'язані з коливаннями в генерації та необхідністю балансування навантаження. Трансформаторні підстанції забезпечують перетворення та розподіл електроенергії з відновлюваних джерел, інтегруючи її в існуючі мережі та забезпечуючи стабільне постачання.

Важливою функцією трансформаторних підстанцій є захист електричних мереж від перевантажень та коротких замикань. Системи захисту, встановлені на підстанціях, здатні виявляти ненормальні режими роботи та автоматично відключати пошкоджені ділянки мережі, запобігаючи подальшим пошкодженням обладнання та забезпечуючи безпеку експлуатації. Це також сприяє зниженню ризиків аварійних ситуацій та забезпечує надійність електропостачання.

Таким чином, трансформаторні підстанції є невід'ємною частиною енергосистеми, забезпечуючи ефективну передачу, розподіл та регулювання електроенергії. Вони сприяють підвищенню надійності та стабільності електропостачання, інтеграції відновлюваних джерел енергії, а також забезпечують захист електричних мереж від аварійних ситуацій. Завдяки постійному розвитку та модернізації трансформаторних підстанцій, енергосистеми здатні відповідати зростаючим вимогам сучасного суспільства до якості та надійності електропостачання.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.5 Проєкт заміни порталів на підстанції 35/10 кВ

Проєкт заміни порталів на підстанції 35/10 кВ було розроблено з метою значного підвищення надійності та безпеки експлуатації критичного електрообладнання. З огляду на ключову роль цієї підстанції у системі електропостачання, яка забезпечує енергією важливі промислові об'єкти та житлові райони регіону, її модернізація є необхідною для забезпечення стабільності та безперервності енергопостачання.

Сучасні портали, які планується встановити, виготовлені з використанням передових матеріалів, що значно підвищують їхню корозійну стійкість і механічну міцність. Це критично важливо, оскільки старі металеві конструкції піддавалися корозії та механічному зносу, що з часом могло призвести до аварійних ситуацій. Крім того, нові портали обладнані сучасними системами для легкого монтажу та обслуговування, що значно знижує час на технічне обслуговування та ремонт.

Проєкт також передбачає впровадження додаткових заходів безпеки, включно з покращеним заземленням та інтеграцією систем автоматичного моніторингу стану порталів. Це дозволить оперативно виявляти потенційні несправності та запобігати надзвичайним ситуаціям, перш ніж вони призведуть до серйозних проблем.

Таким чином, реалізація цього проєкту не тільки збільшить надійність та безпеку самої підстанції, але й сприятиме підвищенню загальної ефективності регіональної енергосистеми, забезпечуючи більш надійне енергопостачання для всіх споживачів.

## 1.6 Обґрунтування необхідності заміни порталів

Портали на підстанціях відіграють важливу роль у підтримці трансформаторного обладнання та забезпеченні механічної стабільності шинних збірок. Однак, з часом, через тривалу експлуатацію та вплив зовнішніх факторів, таких як корозія, механічні пошкодження, і втома матеріалів, технічний стан

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

порталів значно погіршується. Це в свою чергу може призводити до зниження надійності та безпеки всієї системи, створюючи ризики для нормальної експлуатації підстанції.

На основі інженерних досліджень та оцінки стану існуючих порталів, було виявлено, що конструкції, що вже десятиліттями перебувають в експлуатації, потребують термінової заміни для підтримки стандартів безпеки та надійності. Корозійні пошкодження і деформації, виявлені на металевих елементах порталів, знижують їх несучу здатність, що впливає на загальну стабільність підстанції і може призвести до непередбачених аварійних ситуацій .

Також, наявність механічних пошкоджень і втоми матеріалів свідчить про недостатність поточних ремонтних заходів і підтверджує потребу в комплексному підході до заміни порталів з використанням сучасних, більш довговічних матеріалів. Відновлення порталів не тільки вирішить існуючі проблеми, але й допоможе підвищити загальну ефективність роботи підстанції, забезпечивши стабільне та безпечне електропостачання в регіоні.

У світлі цих фактів, заміна порталів є не тільки виправданою, але й необхідною заходом для підтримання надійності, безпеки, і довготривалої стабільності енергосистеми.

### **1.7 Мета проєкту**

Основною метою проєкту є забезпечення безперебійної та надійної роботи підстанції 35/10 кВ шляхом заміни зношених порталів на нові, виготовлені з сучасних матеріалів, що відповідають усім необхідним стандартам та нормативам. Заміна порталів дозволить підвищити стійкість конструкцій до зовнішніх впливів, знизити ризики виникнення аварійних ситуацій та забезпечити тривалу безаварійну експлуатацію підстанції.

Проєкт також передбачає комплекс заходів, спрямованих на підвищення ефективності технічного обслуговування та ремонту обладнання, зниження часу на відновлювальні роботи та підвищення загальної продуктивності роботи

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підстанції. Встановлення нових порталів, які відповідають сучасним технічним вимогам, дозволить забезпечити більшу надійність електропостачання та безпеку експлуатації.

Заміна існуючих конструкцій також відіграє ключову роль у попередженні потенційних небезпек, пов'язаних з корозією та механічним зносом матеріалів, які можуть призвести до невідкладних ремонтів або навіть аварій.

## 1.8 Основні завдання проєкту

Основні завдання проєкту реконструкції підстанції 35/10 кВ включають:

1. Демонтаж існуючих зношених порталів: Виконання робіт по відключенню обладнання, зняттю старих конструкцій та їх подальшій утилізації. На основі інспекції стану порталів, які експлуатуються більше 30 років, було виявлено корозію та механічні пошкодження, що знижують їх міцність та стабільність. Тому ретельно планується процедура демонтажу з метою забезпечення безпеки персоналу і мінімізації збоїв у роботі підстанції.

2. Встановлення нових порталів: Монтаж нових порталних конструкцій, які будуть виготовлені згідно з сучасними інженерними та технологічними вимогами. Враховуючи критичне значення підстанції для регіональної енергосистеми, нові портали будуть відповідати усім сучасним стандартам надійності та довговічності.

3. Перевірка та налаштування: Проведення всебічних випробувань та налагодження нового обладнання для забезпечення його коректної роботи. Особлива увага приділяється тестуванню механічної стабільності та електричної безпеки відновлених систем.

4. Забезпечення безпеки: Дотримання вимог охорони праці та техніки безпеки протягом усіх етапів реконструкції. Виконання комплексу заходів, спрямованих на забезпечення безпеки робочого місця, включаючи належне огороження небезпечних зон та навчання персоналу правилам безпеки.

Очікувані результати:

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Підвищення надійності та безпеки роботи підстанції: Заміна порталів дозволить усунути існуючі ризики, пов'язані з старінням матеріалів та корозією, забезпечивши стабільність основних конструкцій.

- Зменшення ризиків аварійних ситуацій: Нове обладнання з вищими стандартами безпеки значно знижує ймовірність несподіваних аварій, що можуть вплинути на загальну електропостачання регіону.

- Забезпечення тривалої безаварійної експлуатації: Використання сучасних матеріалів та технологій в нових порталах обіцяє довговічність та стабільність роботи підстанції на довгі роки.

- Підвищення ефективності технічного обслуговування та ремонту: Завдяки модернізації конструкцій та вдосконаленню доступу до основних елементів підстанції, значно спрощуються процедури технічного обслуговування та ремонту.

Ці завдання і результати відображають глибоке розуміння необхідності оновлення критичної інфраструктури та відповідального підходу до підтримки стабільності та безпеки енергопостачання регіону.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

### 2.1 Умови проєктування

#### 2.1.1 Характеристика та особливості об'єкту

У цьому проєкті розглядається система електрозабезпечення району, що є частиною великого міста. Під системою електрозабезпечення маються на увазі всі електричні мережі та трансформаторні підстанції, розташовані в межах міста для забезпечення потреб його мешканців у електроенергії. Основні параметри цієї системи визначаються на основі локальних умов, таких як розмір міста, наявність джерел енергії та специфіка споживання.

Електроенергія досягає міських споживачів через розподільні мережі, що працюють під напругами 6-10 кВ та 0,38 кВ, що базуються на наявних джерелах живлення. Трансформаторні підстанції різної потужності забезпечують енергією мережу 0,38 кВ, причому конфігурація цих підстанцій залежить від потреб споживачів. Для індустріальних підприємств та комунальних потреб можуть бути використані окремі підстанції, незалежні від загальної мережі. В залежності від критичності потреб споживачів, такі підстанції можуть бути автоматизовані і оснащені пристроями для автоматичного переключення на резервну лінію у разі аварії.

Міські електромережі з напругою 6-10 кВ особливі тим, що в кожному мікрорайоні можуть бути споживачі всіх трьох категорій надійності електропостачання. Це вимагає відповідного дизайну електромережі. В Правилах устрою електроустановок встановлені конкретні вимоги до конструкції, розташування та оснащення підстанцій. Особливі обмеження

					ОЕ-91-02 002 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Браславський С.С.			РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Омельчук А.О.					20	112
Реценз.						НН ІЕЕ, ОЕ-01		
Н. Контр.		Ярмолюк О.С.						
Затверд.		Омельчук А.О.						

стосуються недопущення розміщення підстанцій у житлових будівлях, школах, лікарнях, житлових частинах санаторіїв.

Також не рекомендується розташовувати підстанції під приміщеннями з вологими технологічними процесами, душовими, вбиральнями та іншими подібними приміщеннями, за винятком ситуацій, коли є монолітне бетонне перекриття з надійною гідроізоляцією. Важливо також вживати заходів для захисту трансформаторних підстанцій від потенційних ушкоджень при розташуванні біля кранів і внутрішньозаводського транспорту.

Ефективність роботи численних міських і промислових об'єктів у межах міста залежить від раціонального проектування системи електропостачання. Споживачі на території міста поділяються на дві основні категорії: житлові будинки та комунально-побутові установи, з потребами у електроенергії, які визначаються способом життя мешканців. Сучасні житлові комплекси використовують широкий асортимент електричних приладів, що включає прилади для окремих квартир та загальнобудинкове обладнання.

## **2.2 Визначення розрахункових електричних навантажень електромеханічного цеху**

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

Правильний розрахунок електричних навантажень та їх адекватне розподілення між силовими пунктами, розміщеними у будівлі центральної підстанції, є вирішальними для обчислення силових навантажень. Некоректне збільшення навантажень може спричинити зайве використання матеріалів для проводів та зростання вартості будівництва, тоді як їх зниження може обмежити пропускну спроможність мережі та ефективність електропостачання. Таким чином, точність у розрахунках електричних навантажень є ключовою при проектуванні та експлуатації електричних мереж.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На даний момент існують три головні методи розрахунку електричних навантажень:

1. Коефіцієнт попиту: метод, що базується на очікуваній потужності в залежності від прогнозованого споживання енергії, дозволяючи підготуватися до пікових навантажень.

2. Упорядковані діаграми: використовують графічне зображення навантажень на основі статистики для прогнозування майбутніх змін.

3. Питоме споживання енергії на одиницю продукції: оцінює навантаження на основі співвідношення спожитої електроенергії до обсягу виробленої продукції, що є важливим в виробничих процесах.

Також було розроблено структуру електропостачання електромеханічного цеху промислового підприємства, що включає визначення кількості та потужності цехових трансформаторів, розташування силових розподільних пунктів і щитків освітлення, а також схему живлення окремих електроприймачів і розрахункові навантаження на шинах розподільних пунктів і трансформаторів.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2.2 Вихідні дані для проведення розрахунку

Рисунок 2.1 показує план розміщення електроприймачів в цеху

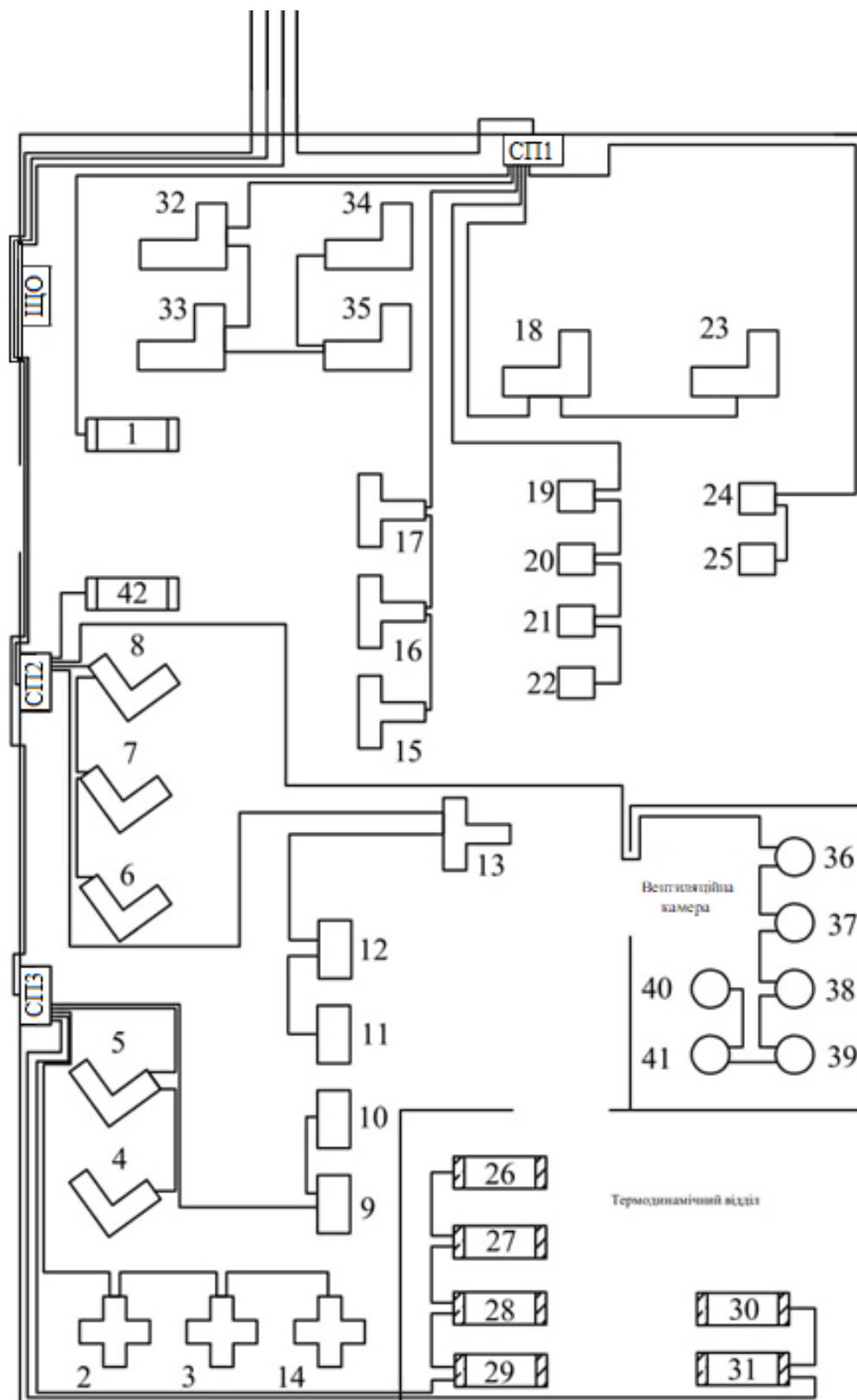


Рисунок 2.1- План розміщення ЕП металообробного цеху

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ОЕ-91-02 002 ПЗ

Арк.

23



### 2.2.3 Розрахунок електричних навантажень електромеханічного цеху

Розрахунок електричного навантаження сховища для обробки деталей кузова здійснюється з використанням методу розрахункових коефіцієнтів.

1. Номінальна активна потужність групи ЕП розраховується за формулою:

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

де  $n$  - кількість ЕП,  $P_{Hi}$  - номінальна потужність строгального верстата.

$$P_H = 3 * 16,2 = 48,6 \text{ кВт.}$$

2. Проміжна активна та реактивна потужності визначаються за формулою:

$$P_{\text{пр}} = P_H \Sigma K_v,$$

$$Q_{\text{пр}} = P_{\text{пр}} \text{tg}\varphi,$$

де  $K_v$  - коефіцієнт використання;

$$P_{\text{пр}} = 48,6 * 0,18 = 8,748 \text{ кВт.}$$

$$P_{Q\text{р}} = 8,748 * 1,52 = 13,3 \text{ кВар.}$$

Для інших споживачів проводимо аналогічні розрахунки та зводимо до таблиці 2.2.

3. Розраховуємо номінальну групову активну потужність:

Для СП1:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{Hi} = 18,6 + 30 + 48 + 60 = 156,6 \text{ кВт.}$$

Сумарна кількість електроприймачів для СП1:

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

$$n_{\Sigma\text{СП1}} = 1 + 3 + 6 + 6 = 16.$$

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2

№ СП	Номери на плані цеху	Назва ЕП	Кількість	$K_v$	$\cos \varphi$	Номінальна потужність	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_n$	$P_{пр}$	$Q_{пр}$
СП1	1	Мостовий кран, ТВ=25%	1	0,12	0,5	30	1,73	30	3,6	6,228
	15–17	Вертикально-свердлильні верстати	3	0,14	0,5	6,2	1,73	18,6	2,604	4,505
	18, 23, 32-35	Заточувальні верстати	6	0,25	0,65	8	1,17	48	12	14,04
	19–22, 24, 25	Фрезерувальні верстати	6	0,22	0,55	10	1,51	60	13,2	19,93
СП2	6-8	Токарноревольверні верстати	3	0,15	0,5	12,5	1,73	37,5	5,625	9,731
	42	Мостовий кран, ТВ=25%	1	0,12	0,5	30	1,73	30	3,6	6,228
	11-12	Шліфувальні верстати	2	0,2	0,5	4,2	1,73	8,4	1,68	2,906
	13	Вертикально-свердлильні верстати	1	0,14	0,5	6,2	1,73	6,2	0,868	1,502
	36–41	Вентиляція	6	0,5	0,7	8,2	1,02	49,2	24,6	25,09
СП3	2–3, 14	Строгальні верстати	3	0,18	0,55	16,2	1,51	48,6	8,748	13,21
	4–5	Токарноревольверні верстати	2	0,15	0,5	12,5	1,73	25	3,75	6,488
	9–10	Шліфувальні верстати	2	0,2	0,5	4,2	1,73	8,4	1,68	2,906
	26–29	Електричні печі опору	4	0,8	0,92	50	0,43	200	160	68,8
	30–31	Електричні печі індукційні	2	0,6	0,9	26	0,48	552	331,2	114,98

											Арк.
											26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОЕ-91-02 002 ПЗ						



Визначаємо розрахункову реактивну потужність:

$$n_e > 10 \quad Q_p = Q_{np}, \text{ тоді}$$

$$Q_p = Q_{np} = 44,82 \text{ кВар, при } n_e = 12 > 10$$

Повна розрахункова потужність для СП1:

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

$$S_{pСП1} = \sqrt{38,63^2 + 44,82^2} = 59,17 \text{ кВА.}$$

Знайдемо розрахунковий струм для СП1:

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

$$I_{pСП1} = \frac{59,17}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 89,9 \text{ А.}$$

Розраховуємо сумарне силове навантаження цеху:

Сумарна к-сть електроприймачів 42 шт.

Номінальна групова активна потужність:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{Hi} = 156,6 + 93,8 + 285,4 = 535,8 \text{ кВт.}$$

Мінімальна та максимальна потужність електроприймачів:

$$P_{\min СП1} = 4,2 \text{ кВт,}$$

$$P_{\max СП1} = 50 \text{ кВт,}$$

$$m = \frac{P_{\max СП1}}{P_{\min СП1}} = \frac{50}{4,2} = 11,9 \text{ .}$$

Проміжна сумарна активна та реактивна потужності:

$$P_{\Pi} = \sum_{i=1}^n P_{\Pi i}, = 273,16,$$

$$Q_{\Pi} = \sum_{i=1}^n Q_{\Pi i}, = 191,35.$$

Розраховуємо коефіцієнт використання:

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

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{вСП1}} = \frac{273,16}{621,9} = 0,44.$$

Ефективне число ЕП:

$$n_e = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{\text{ні}}}{P_{\text{н max}}},$$

$$n_{\text{еСП1}} = \frac{2 \cdot 285,4}{50} = 21,4.$$

Визначимо коефіцієнт розрахункового навантаження при  $n_{\text{еСП1}} = 21$ :

$$K_p = 0,85.$$

Сумарна розрахункова активна потужність для СП1:

$$P_p = P_{\text{н}} K_p,$$

$$P_{\text{рСН}} = 258,78 \cdot 0,85 = 219,97 \text{ кВт.}$$

Визначимо розрахункову реактивну потужність:

$$Q_p = K_p Q_{\text{пр}},$$

$$Q_p = 0,85 \cdot 173,24 = 147,25 \text{ кВт.}$$

Повна розрахункова потужність силового навантаження:

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

$$S_{\text{рСН}} = \sqrt{219,97^2 + 147,25^2} = 264,7 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм для СП1:

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

$$I_{\text{рСН}} = \frac{264,7}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 402,18 \text{ А.}$$

### 2.2.3.1 Освітлення

Визначенню розрахункового навантаження освітлювальних установок зазвичай передуює розрахунок електричного освітлення проєктованого цеху, яке ділиться на робоче і аварійне.

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

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Phi = \frac{E_{\min} \cdot K_3 \cdot F \cdot z}{\eta}$$

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

$$\rho_{\text{ст}} = 0,7,$$

$$\rho_c = 0,5,$$

$$\rho_p = 0,3.$$

Коефіцієнт запасу  $K_3 = 1,5$ .

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

Коефіцієнт нерівномірності  $z = 1,1$ .

Площа приміщення:

$$F = A \cdot B,$$

$$F = 30 \cdot 40 = 1200 \text{ м}^2.$$

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

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

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

$$H = 16 \text{ м}, h_p = 0,8 \text{ м}, h_c = 6,7 \text{ м}.$$

$$h = 16 - 6,7 - 0,8 = 8,5 \text{ м}.$$

Звідси:

$$i = \frac{30 \cdot 40}{16 \cdot (30 + 40)} = 2,01,$$

$$\eta = 0,36.$$

Світловий потік однієї лампи, необхідний для забезпечення заданої мінімальної освітленості:

Нормоване значення освітленості для цеху дорівнює 200 лк. Коефіцієнт мінімальної освітленості  $z = 1,1$ . Вибираємо значення коефіцієнту запасу  $k_3 = 1,5$ .

Оберемо лампу типу LM POWERLUX, яка має наступні характеристики:

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Phi_{\text{л}} = 1800 \text{ лм}, P_{\text{л}} = 70 \text{ Вт } U = 220 \text{ В.}$$

Світловий потік:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 1200 \cdot 1,1}{0,36} = 1100000 \text{ лм.}$$

Кількість світильників:

$$N_{\text{св}} = \frac{\Phi}{N_{\text{л}} \Phi_{\text{л}}},$$
$$N = \frac{11000000}{2 \cdot 6800} = 88,71 \approx 90 \text{ шт.}$$

Використовуємо люмінесцентну лампа типу LM POWERLUX; Потужність ламп 70Вт,  $\cos \varphi$  не менше 0,8, тоді  $\text{tg} \varphi = 0,75$ .

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

$$P_{\text{осв}} = n P_{\text{л}} K_{\text{п}} K_{\text{пра}},$$
$$P_{\text{осв}} = 90 \cdot 0,07 \cdot 0,85 \cdot 1,25 = 13,39 \text{ кВт.}$$

Визначаємо реактивну потужність освітлювального навантаження:

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \text{tg} \varphi,$$
$$Q_{\text{осв}} = 13,39 \cdot 0,75 = 10,04 \text{ квар.}$$

Світильники аварійного освітлення розмістимо рівномірно по всій площі приміщення, значення освітленості при аварійному освітленні для цеху обробки деталей рекомендується брати 5 % від норми робочого освітлення, але не менш як 5 та не більше 30 лк. Для освітлення використаємо VIS-25-E27.

$$P_{\text{ав}} = 0,05 P_{\text{осв}},$$
$$P_{\text{ав}} = 0,05 \cdot 13,39 = 0,67 \text{ кВт.}$$

Розрахуємо повне освітлювальне навантаження:

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}\Sigma}^2 + Q_{\text{осв}\Sigma}^2},$$
$$P_{\text{осв}\Sigma} = P_{\text{осв}} + P_{\text{ав}},$$
$$P_{\text{осв}\Sigma} = 13,39 + 0,67 = 14,06 \text{ кВт,}$$

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = \sqrt{14,06^2 + 10,04^2} = 17,27 \text{ кВА.}$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 1.2.

Активна потужність на шинах НН:

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

$$P_{\text{НН}} = 219,97 + 14,06 = 234,02 \text{ кВт.}$$

Реактивна потужність на шинах НН:

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

$$Q_{\text{НН}} = 147,25 + 10,04 = 157,3 \text{ квар.}$$

Повна потужність на шинах НН:

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

$$S_{\text{НН}} = \sqrt{234,02^2 + 157,3^2} = 281,97 \text{ кВА.}$$

Втрати в трансформаторі:

$$\Delta P_{\text{тр}} = (0,02 \div 0,03)S_{\text{НН}} = 0,02 \cdot 234,02 = 5,64 \text{ кВт,}$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 0,1S_{\text{НН}} = 0,1 \cdot 281,97 = 28,2 \text{ квар.}$$

Визначаємо потужність на шинах ВН:

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

$$P_{\text{ВН}} = P_{\text{НН}} + \Delta P_{\text{тр}} = 234,02 + 5,64 = 239,66 \text{ кВт,}$$

$$Q_{\text{ВН}} = Q_{\text{НН}} + \Delta Q_{\text{тр}} = 157,3 + 28,2 = 185,49 \text{ квар,}$$

$$S_{\text{ВН}} = \sqrt{239,66^2 + 185,49^2} = 303,06 \text{ кВА.}$$

Таблиця 2,3 в (Додаток Б)

### 2.3 Вибір конденсаторів і трансформаторів

При виборі варто опиратися на найбільше можливе навантаження трансформаторів в післяаварійному режимі.

$$S_{\text{ТП5}}^{\text{П/А}} = 2401 \text{ кВА,}$$

$$S_{\text{ТП6}}^{\text{П/А}} = 2401 \text{ кВА.}$$

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з отриманих результатів обираємо трансформатор ТМ 1252. Технічні характеристики даного трансформатора наведені в таблиці 2.4

Таблиця 2.4 - Характеристики трансформатора

ТМ 1250/10/0,4					
<i>S</i> кВА	<i>P<sub>K</sub></i> Вт	<i>U<sub>n</sub></i> В	<i>U<sub>K3</sub></i> %	<i>I<sub>xх</sub></i> %	<i>P<sub>xх</sub></i> Вт
1250	14700	400	5,5	0,85	1600

Завантаження трансформаторів залежить від типу електричних приймачів (за категоріями надійності електропостачання), кількості трансформаторів у трансформаторній підстанції (ТП) та методів резервування електропостачання. Для трансформаторних підстанцій з двома трансформаторами, які обслуговують значну кількість споживачів першої категорії, рекомендоване завантаження становить від 0,65 до 0,7. У випадках, коли домінують споживачі другої категорії, для однострансформаторних підстанцій з резервуванням електропостачання на стороні вторинної напруги, коефіцієнт завантаження коливається від 0,7 до 0,8.

## 2.4 Визначення центру живлення

Навантаження ліній Л3, Л4, Л5, а також зосереджене навантаження  $S_3$  (P3, Q3) та S4 (P4, Q4).

Розрахункове навантаження на шинах центра живлення (п/ст) визначають з врахуванням розбіжності у часі максимумів навантажень комунально-побутових і промислових споживачів:  $P_{pцж} = \sum_{i=1}^n P_{pТПi}$

Значення коефіцієнтів  $K_{cm}$  наведені у відповідних довідкових таблицях.

Навантаження ліній Л3, Л4 розраховані у пункті 4, розраховуємо Л5:

$$\begin{aligned}
 \text{Л5: } P_{Л5} &= \sum_{i=1}^{10} P_i = 70 + 60 + 50 + 40 + 30 + 30 + 30 + 10 + 140 + 50 \\
 &= 510 \text{ кВт,}
 \end{aligned}$$

											Арк.
											33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							





$$\Delta P_{\text{трТП1н}} = \Delta P_{\text{кз}} \left( \frac{S_{\text{ТП1н}}}{S_{\text{трн}}} \right)^2 + \Delta P_{\text{хх}} = 7,6 \cdot \left( \frac{436,4}{630} \right)^2 + 1,05 = 4,7 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{трТП1н}} = \frac{U_{\text{кз}} S_{\text{ТП1}}^2}{100 S_{\text{трн}}} + \frac{I_{\text{хх}}}{100} S_{\text{трн}} = \frac{5,5 \cdot 436,4^2}{100 \cdot 630} + \frac{1,8}{100} \cdot 630 = 27,97 \text{ квар}$$

$$\Delta S_{\text{трТП1н}} = \sqrt{\Delta P_{\text{трТП1н}}^2 + \Delta Q_{\text{трТП1н}}^2} = \sqrt{4,7^2 + 27,97^2} = 28,36 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

$$\Delta P_{\text{трТП1п/а}} = \Delta P_{\text{кз}} \left( \frac{S_{\text{ТП1п/а}}}{S_{\text{трн}}} \right)^2 + \Delta P_{\text{хх}} = 7,6 \cdot \left( \frac{630,7}{630} \right)^2 + 1,05 =$$

$$8,67 \text{ кВт} \quad \Delta Q_{\text{трТП1п/а}} = \frac{U_{\text{кз}} S_{\text{ТП1п/а}}^2}{100 S_{\text{трн}}} + \frac{I_{\text{хх}}}{100} \cdot S_{\text{трн}} = \frac{5,5 \cdot 630,7^2}{100 \cdot 630} + \frac{1,8}{100} \cdot 630 = 46,07 \text{ квар}$$

$$\Delta S_{\text{трТП1п/а}} = \sqrt{\Delta P_{\text{трТП1п/а}}^2 + \Delta Q_{\text{трТП1п/а}}^2} = \sqrt{8,67^2 + 46,07^2} = 46,88 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Аналогічні розрахунки для всіх ТП приведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Розрахунок втрат в трансформаторах ТП

Номер ТП	$\Delta P_{\text{трн}}$ , кВт	$\Delta Q_{\text{трн}}$ , квар	$\Delta S_{\text{трн}}$ , кВ·А	$\Delta P_{\text{трп/а}}$ , кВт	$\Delta Q_{\text{трп/а}}$ , квар	$\Delta S_{\text{трп/а}}$ , кВ·А
ТП1	4,70	27,97	28,36	8,67	46,07	46,88
ТП2	3,72	23,50	23,79	10,60	54,90	55,91
ТП3	4,70	27,97	28,36	8,67	46,07	46,88
ТП4	3,72	23,50	23,79	10,60	54,90	55,91

Знайдемо навантаження на головній ділянці розподільної лінії Л1 в нормальному та післяаварійному режимах:

$$\begin{aligned} P_{\text{н}} &= K_{\text{см}} (P_{\text{ТП1}} + P_{\text{ТП2}} + P_{\text{ТП3}} + P_{\text{ТП4}} + \Delta P_{\text{ТП1}} + \Delta P_{\text{ТП2}} + \Delta P_{\text{ТП3}} + \Delta P_{\text{ТП4}}) = \\ &= 0,85 \cdot (413,97 + 348,85 + 413,97 + 348,85 + 4,7 + 3,72 + 4,7 + 3,72) = \\ &= 1311,09 \text{ кВт} \quad Q_{\text{н}} = K_{\text{см}} (Q_{\text{ТП1}} + Q_{\text{ТП2}} + Q_{\text{ТП3}} + Q_{\text{ТП4}} + \Delta Q_{\text{ТП1}} + \Delta Q_{\text{ТП2}} \\ &\quad + \Delta Q_{\text{ТП3}} + \Delta Q_{\text{ТП4}}) = \\ &= 0,85 \cdot (138,1 + 132,43 + 138,1 + 132,43 + 27,97 + 23,5 + 27,97 + 23,5) = \\ &= 434,82 \text{ квар} \end{aligned}$$

						ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			36





## 2.5.2 Перевірка електричних мереж на відповідність вимогам до показників якості електричної енергії

В таблиці 2.8 показані нормативні відхилення напруги в мережі

Таблиця 2.8

Втрати напруги у розподільній мережі $\Delta U_c\%$	0-2,5	2,5-5	5-7,5	7,5-10	>10
Добавка напруги ET%	0	2,5	5	7,5	10
Номер відгалуження	1	2	3	4	5

Сфера застосування добавок напруги РТ

Втрати напруги у ділянках розподільної мережі обчислюється:

$$U_{\%} = \frac{PR + QX}{10 \cdot U_H^2}$$

Вибір робочого відгалуження трансформатора виконується з урахуванням гранично допустимих відхилень напруги для кінцевих споживачів. При максимальному навантаженні, напруга на клеммах електроприймачів, які знаходяться на найбільшій відстані від джерела, не повинна опускатись нижче за 0,95 від номінальної напруги  $U_H$ , що відповідає відхиленню  $\delta U_U$  - не менше ніж - 5%. Розрахункове максимальне навантаження використовується для визначення найвищих можливих навантажень на систему, тоді як мінімальне навантаження становить 25-30% від розрахункового значення.

Для забезпечення стабільності напруги в мережі, особливу увагу слід приділити належному вибору та настройці робочих відгалужень трансформаторів, а також застосуванню систем регулювання напруги. Це включає використання автоматизованих систем управління та моніторингу напруги, які дозволяють відслідковувати та коригувати параметри в реальному часі для забезпечення оптимальної роботи мережі та попередження перевантажень або недоавантаження.

										Арк.
										39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						





$$E'_{\Pi} = \delta U_y + \Delta U_T = 5 + 2,11 = 7,11 \%$$

Величина  $E''_{\Pi}(В)$  визначається з тієї умови, щоб відхилення напруги на шинах 0,4 кВ першого РТ, що має найбільшу величину  $E_T$ , не перевищувало б верхнього припустимої межі  $\delta U_y$ .

Оскільки в цьому випадку  $\beta = \beta_{\min} = 0,25$ ;  $\Delta U_H = 0\%$ , то:

$$E''_{\Pi}(В) = \delta U_y - E_T + \beta C_{T_{\min}}$$

$$E''_{\Pi}(В) = 5 - 2,5 + 0,25 \cdot (2,527 + 2,11) = 3,659 \%$$

Величина  $E''_{\Pi}(Н)$  визначається виходячи з того, щоб відхилення напруги в найбільш віддаленого споживача останнього ТП не було менше нижньої припустимої межі  $\delta U_{УВ}$ . Оскільки в цьому випадку  $\beta = \beta_{\min} = 0,25$ ,  $E_T = 0$ , то:

$$E''_{\Pi}(Н) = \delta U^B_{\text{доп}} - E_T + \beta C_{T_{H_{\min}}}$$

$$E''_{\Pi}(Н) = -5 - 0 + 0,25 \cdot (2,003 + 2,11 + 7,5) = -2,096 \%$$

Середнє значення у мінімальному режимі:

$$E''_{\Pi} = \frac{E''_{\Pi}(В) + E''_{\Pi}(Н)}{2} = \frac{3,659 + (-2,09)}{2} = 0,7 \%$$

## 2.6 Комутаційна апаратура розподільної мережі

### 2.6.1 Вибір апаратури живлячої мережі

Номинальні параметри обраних пристроїв (струм  $I$  та напруга  $U$ ) мають відповідати розрахунковим показникам у стандартному та аварійному режимах, а також при коротких замиканнях. Інформація про параметри джерела живлення та їхні значення наведена в розділах 2.1.4 та 2.1.4.1. Під час вибору цих пристроїв ми порівнюємо розрахункові дані з каталожними, щоб забезпечити надійність та безперервність роботи системи, при цьому розрахункові значення повинні бути дорівнюють або меншими за допустимі за каталогами.

Доставка електроенергії від джерела живлення (ДЖ) до розподільного пункту (РП) здійснюється через дві повітряні лінії АС 185 на відстань 25 км. До

										Арк.
										42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

РП приєднані два трансформатори ТДТН-80000/110, кожен з яких живиться через повітряну лінію.

З високовольтної сторони кожного трансформатора встановлені два силових вимикачі типу ВЭКТ-110-40/2000У1, а зі сторони середньої напруги - два силових вимикачі типу ВБ4-П-35 У1. На стороні низької напруги трансформаторів встановлено силові вимикачі типу ВР2-10/1600-31,5УЗ.

### **2.6.2. Вибір апаратури розподільної мережі**

До складу розподільної мережі входить РП 10 кВ, яка розділяється на 2 секції. Секції з'єднані між собою за допомогою АВР, який виконано у вигляді з'єднання двох роз'єднувачів типу РВЗ-10/630 УХЛ2 та силового вимикача ВР2-10/1600-31,5УЗ.

Кожна з секцій забезпечена трансформаторами власних потреб (ТВП) типу НТМИ – 10 – 66УЗ. До складу захисту ТВП входить роз'єднувач типу РЛК – 10.IV/400 УХЛ1.

До першої та другої секції шин РП приєднані 3 та 2 КЛ відповідно.

Оскільки в кожній КЛ навантаження приблизно однакове, то для захисту кожної з КЛ використовуються два роз'єднувача типу РВЗ-10/630 УХЛ2 та силовий вимикач ВР2-10/1600-31,5УЗ.

Кожна Л має певну кількість споживачів, кожен з трансформаторів споживачів, захищений за допомогою роз'єднувачів типу РЛК.

### **2.7 Розрахунок струмів короткого замикання та перевірка вибраних комутаційних апаратів і живлячих провідників за умов короткого замикання**

Збої у звичайному режимі роботи систем електропостачання зазвичай відбуваються через короткі замикання (КЗ), що можуть виникнути у мережі або в компонентах електрообладнання через ушкодження ізоляції або невірні дії технічного персоналу. Головна ціль розрахунку токів КЗ полягає в забезпеченні

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

динамічної та термічної стабільності елементів системи під час аварійних режимів роботи. Методології розрахунку токів КЗ поділяються на дві категорії: для напруг понад 1 кВ та для напруг менше 1 кВ. Визначення токів короткого замикання здійснюється в критичних точках системи, де планується установлення захисних пристроїв.

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

### 2.7.1.1 Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані розрахункової схеми:

$$S_{НС}=5000 \text{ МВА}; I_{КС}^{(1)} = 19 \text{ кА};$$

T1: ТДТН-80000/110;  $S_{НТ} = 80 \text{ МВА}$ ;  $U_{ВН}=115 \text{ кВ}$ ;  $U_{СН}=38,5 \text{ кВ}$ ;  $U_{НН}=10,5 \text{ кВ}$ ;  $P_{НХ}=53 \text{ кВт}$ ;  $P_{КЗ}=290 \text{ кВт}$ ;  $u_{КВ-С}=10,5 \%$ ;  $u_{КВ-Н}=18\%$ ;  $u_{КС-Н}=7\%$ ;  $I_{НХ}=0,5\%$ ; з'єднання обмоток: Ун/Д/Д.

Повітряна лінія ПЛ1: АС-150,  $l=15 \text{ км}$ ,  $X_{01}=0,42 \text{ Ом/км}$ ,  $R_{01}=0,198 \text{ Ом/км}$ ,  $X_{0Пл1}=3,5X_{01} \text{ Ом/км}$ ,  $R_{0Пл1}=3,5R_{01} \text{ Ом/км}$ ;

Кабельна лінія КЛ1: АПвП 3х35,  $l=2,5 \text{ км}$ ,  $X_{01}=0,095 \text{ Ом/км}$ ,  $R_{01}=0,868 \text{ Ом/км}$ ;

Кабельна лінія КЛ2: АПвП 3х35,  $l=4,1 \text{ км}$ ,  $X_{02}=0,095 \text{ Ом/км}$ ,  $R_{02}=0,868 \text{ Ом/км}$ ;

Розрахункова схема наведена на рисунку 2.2

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

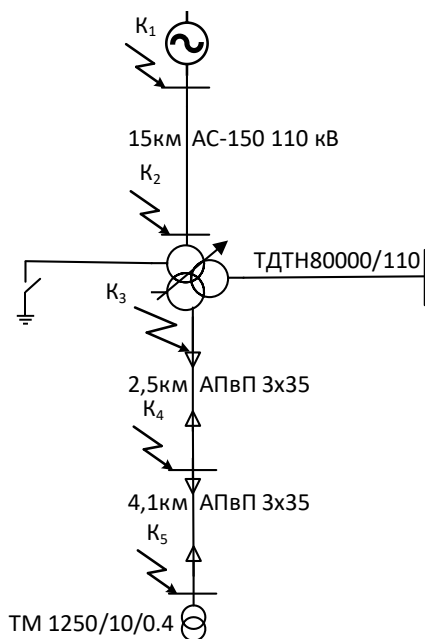


Рисунок 2.2 - Розрахункова схема

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

Розраховуємо опори елементів схеми заміщення у іменованих одиницях. За базисну напругу приймаємо  $U_c = 115$  кВ. По розрахунковій схемі складають схему заміщення, що зображена на рисунку 2.3

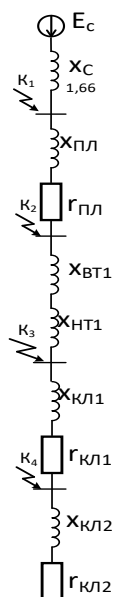


Рисунок 2.3- Схема заміщення

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо ЕРС та опір системи за формулами:

$$E_c = \frac{U_H}{\sqrt{3}},$$

$$E_c = \frac{115}{\sqrt{3}} = 66,47 \text{ кВ},$$

$$X_c = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{відкл}}},$$

$$X_c = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 40} = 1,66 \text{ Ом}.$$

Активний та реактивний опори лінії розраховуються наступним чином:

$$R_l = r_0 \cdot l,$$

$$X_l = x_0 \cdot l.$$

Розраховуємо активний і індуктивний опори ПЛ1:

$$R_{\text{ПЛ1}} = 0,198 \cdot 15 = 2,97 \text{ Ом},$$

$$X_{\text{ПЛ1}} = 0,42 \cdot 15 = 6,3 \text{ Ом}.$$

Розраховуємо активний і індуктивний опори КЛ1:

$$R_{\text{КЛ1}} = r_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2,$$

$$R_{\text{КЛ1}} = 0,868 \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{115}{10,5}\right)^2 = 260,3 \text{ Ом},$$

$$X_{\text{КЛ1}} = x_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2,$$

$$X_{\text{КЛ1}} = 0,095 \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{115}{10,5}\right)^2 = 28,48 \text{ Ом}.$$

Розраховуємо активний і індуктивний опори КЛ2:

$$R_{\text{КЛ2}} = 0,868 \cdot 4,1 \cdot \left(\frac{115}{10,5}\right)^2 = 426,89 \text{ Ом},$$

$$X_{\text{КЛ2}} = 0,095 \cdot 4,1 \cdot \left(\frac{115}{10,5}\right)^2 = 46,72 \text{ Ом},$$

Опори трансформатора Т1:

$$X_{\text{ВТ}} = \frac{u_{\text{ВН-СН}}\% + u_{\text{ВН-НН}}\% - u_{\text{СН-НН}}\%}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{U_H^2}{S_H},$$

$$X_{\text{НТ}} = \frac{u_{\text{ВН-НН}}\% + u_{\text{СН-НН}}\% - u_{\text{ВН-ВН}}\%}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{U_H^2}{S_H},$$

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_{ст} = \frac{u_{вн-сн\%} + u_{сн-нн\%} - u_{вн-нн\%}}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{U_H^2}{S_H}$$

Отримуємо:

$$X_{вт} = \frac{10,5 + 18 - 7}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{115^2}{80} = 17,77 \text{ Ом,}$$

$$X_{нт} = \frac{18 + 7 - 10,5}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{115^2}{80} = 11,98 \text{ Ом,}$$

$$X_{ст} = \frac{10,5 + 7 - 18}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{115^2}{80} = -0,41 \approx 0 \text{ Ом.}$$

### 2.7.1.3 Розрахунок струмів трифазного короткого замикання

Еквівалентуємо схему заміщення відносно точок КЗ. На рисунку 2.4 показана еквівалентна схема заміщення для точки КЗ.

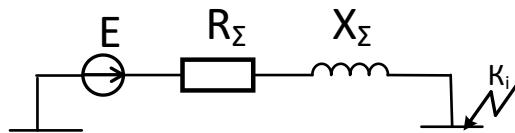


Рисунок 2.4- Еквівалентна схема заміщення для точки КЗ.

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

$$I''_i = I_{i_t} = I_{i_\infty} = \frac{E_c}{\sqrt{R_{\Sigma i}^2 + X_{\Sigma i}^2}}$$

де  $I''_i, I_{i_t}, I_{i_\infty}$  – діючі значення відповідно надперехідного струму, періодичного складника струму КЗ для довільного моменту часу  $t$  та усталеного струму трифазного КЗ.

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

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

Ударний коефіцієнт визначається за формулою:

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Також слід розглядати реакцію захисної апаратури системи на однофазні короткі замикання. Спрацювання захисту має бути швидким та ефективним, аби мінімізувати пошкодження обладнання та відновити нормальну роботу системи якомога швидше. Заздалегідь заплановані сценарії реакції на різні типи замикань забезпечують оптимальну готовність системи до аварій.

Виконаємо розрахунок струму однофазного КЗ на стороні 110 кВ . Розрахуємо еквівалентний опір прямої послідовності, та покажемо на рис.2.5; 2.6

$$X_{рез1} = X_c + X_{пл1} = 1,66 + 4,62 = 6,28 \text{ Ом},$$

$$R_{рез1} = R_{пл1} = 2.97 \text{ Ом}.$$

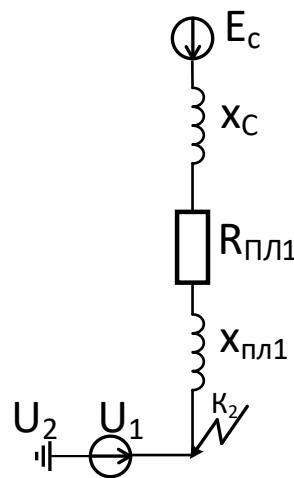


Рисунок 2.5- СЗ прямої послідовності та зворотної послідовності

Розрахуємо еквівалентний опір зворотної послідовності:

$$X_{рез2} = X_{рез1} = X_c + X_{пл1} = 1,66 + 4,62 = 6,28 \text{ Ом},$$

$$R_{рез2} = R_{рез1} = R_{пл1} = 0,192 \text{ Ом}.$$

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

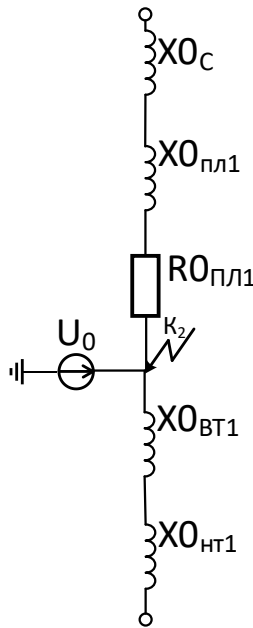


Рисунок 2.6- СЗ нульової послідовності

Опори елементів СЗ нульової послідовності співпадають з опорами СЗ трифазного КЗ, окрім опорів повітряної лінії, тому розрахуємо їх:

$$X_{0пл1} = 3,5 \cdot 0,42 \cdot 15 = 22 \text{ Ом},$$

$$R_{0пл1} = 3,5 \cdot 0,192 \cdot 15 = 10.4 \text{ Ом}.$$

Еквівалентуємо схему заміщення нульової послідовності до найпростішого вигляду: Проводимо повне еквівалентування схеми заміщення нульової послідовності до найпростішого вигляду (рисунок 2.7).

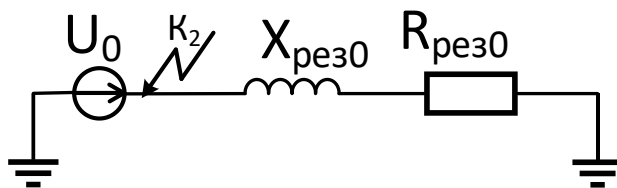


Рисунок 2.7- Еквівалента схема заміщення нульової послідовності

Розрахуємо результуючі опори нульової послідовності відносно точки  $K_2^{(1)}$ :

$$X_{рез01} = X_{0c} + X_{0пл},$$



$$T_{aki} = \frac{X_{\Sigma}^{(1)}}{\omega \cdot R_{\Sigma}^{(1)}}$$

$$T_{ak2} = \frac{74}{314 \cdot 20.8} = 0,011 \text{ с.}$$

Розраховуємо ударний коефіцієнт при однофазному КЗ:

$$k_{уди} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{ak2}}}$$

$$k_{уд1} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,011}} = 1,4.$$

Розраховуємо ударний струм при однофазному КЗ:

$$i_{уди} = \sqrt{2} \cdot k_{уди} \cdot I_{K1}^{(1)}$$

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 1,5 = 3 \text{ кА кА.}$$

Розраховуємо найбільше діюче значення повного струму короткого замикання:

$$I_d = I_{K1}^{(1)} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{уди} - 1)^2}$$

Отримуємо:

$$I_{д1} = I_{д1} = 1,5 \cdot \sqrt{1 + 2(1,4 - 1)^2} = 1,7 \text{ кА,}$$

$$B_{к1} = 1,5^2 \cdot (0,011 + 0,18) = 0,43 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

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

Визначальним фактором для розміру струмів короткого замикання в мережах з напругою до 1 кВ є опір збірних шин і їх з'єднань, трансформаторів струму, розмикаючих котушок автоматичних вимикачів тощо. Важливий вплив на параметри струму короткого замикання також мають опори контактних з'єднань – болтові з'єднання шин та зажимні контакти пристроїв, а також перехідний опір у місці короткого замикання. Тому під час розрахунків важливо враховувати всі активні та індуктивні опори в короткозамкненому контурі. Розрахунок струмів короткого замикання буде проведено в іменованих

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Розраховуємо параметри схеми заміщення у іменованих одиницях: Опір системи:

$$X_c = \frac{U_{HH}^2}{\sqrt{3} I_4^{(3)} U_{HB}}$$

$$X_c = \frac{0,4^2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 1,04 \cdot 10,5} = 8,46 \text{ мОм.}$$

Опори трансформатора:

$$R_m = \frac{\Delta P_{кз} U_{HH}^2 10^6}{S_H^2}$$

$$R_m = \frac{7,6 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{1250^2} = 1,5 \text{ мОм.}$$

$$X_m = \sqrt{\left(\frac{U_{\kappa}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{кз}}{S_H}\right)^2} \cdot \frac{(U_{HH})^2 \cdot 10^6}{S_H}$$

$$X_T = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{7,6}{630}\right)^2} \cdot \frac{(0,4)^2 \cdot 10^6}{1250} = 6,87 \text{ мОм.}$$

Опори шин:

$$R_{ш} = R_{ш.0} \cdot l_{ш} \cdot 10^3,$$

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

$$X_{ш} = X_{ш.0} \cdot l_{ш} \cdot 10^3,$$

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

Активний та індуктивний опори лінії КЛЗ:

$$R_{кЛЗ} = R_{0кЛЗ} \cdot l_{кЛЗ} \cdot 10^3,$$

$$X_{кЛЗ} = X_{0кЛЗ} \cdot l_{кЛЗ} \cdot 10^3,$$

$$R_{кЛЗ} = 0,868 \cdot 0,06 \cdot 10^3 = 5,2 \text{ мОм,}$$

$$X_{кЛЗ} = 0,095 \cdot 0,06 \cdot 10^3 = 5,7 \text{ мОм.}$$

Активний опір одного болтового контактного з'єднання, згідно

$$R_{б.к} = 0,003 \text{ мОм.}$$

										Арк.
										55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						









### 2.7.2.3. Перевірка вибраних комутаційних апаратів і провідників та

#### ВИСНОВКИ

В таблиці 2.13 показано перевірку комутаційних апаратів за струму КЗ

Таблиця 2.13

Напруга	Вибраний елемент	Параметри	Умови перевірки	Розрахункові дані	Каталожні дані
0,4 кВ	CVS630F	Струм динамічної стійкості	$i_{уд} \leq i_{\max}$	17,5	35 кА
			$I'' \leq I_{\text{вимик}}$	18,2	20 кА
		Тепловий імпульс	$B_k \leq I_{m.c}^2 t_{m.c}$	60	120 кА <sup>2</sup> · с

Проведення розрахунків струмів короткого замикання в промисловому цеху на різних рівнях напруги (110 кВ, 10 кВ та 0,4 кВ) надало важливі дані, які допомогли виявити максимальні струми, що можуть виникнути при коротких замиканнях у різних точках електричної мережі. Ця інформація важлива для вибору захисних пристроїв і обладнання, що гарантує безпеку електричних систем. Результати розрахунків також вказують на величину струму короткого замикання, яка повинна бути врахована при проєктуванні захисних пристроїв, забезпечуючи надійність та безперервність роботи електроустановок. Аналіз стійкості системи дозволяє вживати необхідних заходів для забезпечення її довготривалої безпеки та стабільності, запобігаючи потенційним аваріям та забезпечуючи стабільність роботи. Розрахунки струмів короткого замикання є ключовим елементом у проєктуванні електричних систем промислових цехів, що забезпечують врахування критичних факторів для безпеки та надійності електроустановок. Точність цих розрахунків має вирішальне значення для забезпечення ефективності, стійкості та безпеки систем.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.8 Релейний захист та автоматика

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

Релейний захист та автоматика (РЗА) у мережах напругою 10/0,4 кВ є важливим компонентом для забезпечення безпеки, надійності та ефективності електроенергетичних систем. Селективність РЗА дозволяє ізолювати тільки ту частину системи, де виявлено несправність, що допомагає уникнути зайвих перерв у постачанні електроенергії і зменшує вплив на інші частини мережі. Така вибірковість є ключовою для підтримання стабільної роботи системи та забезпечення безперебійного електропостачання для споживачів.

РЗА має надійно виявляти та ідентифікувати різні типи несправностей, включаючи короткі замикання, та активувати заходи захисту відразу після виявлення проблеми. Швидкість реакції є критичною, оскільки швидке відключення пошкодженої ділянки допомагає знизити ризики пошкодження обладнання та забезпечує захист життя та здоров'я людей.

Розуміння та точність у визначенні проблем є життєво важливими для уникнення ложних спрацьовувань, які можуть призвести до непотрібних відключень і дискомфорту для споживачів. РЗА повинна бути здатна точно розрізняти між реальними та помилковими несправностями, забезпечуючи тільки необхідні втручання у роботу системи.

Простота у встановленні, налаштуванні та обслуговуванні РЗА спрощує роботу для технічного персоналу та забезпечує легкість управління захистом на всіх рівнях. РЗА має відповідати чинним нормам і стандартам безпеки та якості, бути сертифікованою і відповідати всім регуляторним вимогам.

Сумісність і можливість інтеграції з іншими системами управління та контролю забезпечують єдність та ефективність управління різними аспектами електроенергетичних систем. Моніторинг та діагностика стану РЗА дозволяють оперативно виявляти та усувати потенційні проблеми, запобігаючи аварійним ситуаціям.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наостанок, енергоефективність та наявність систем резервного живлення забезпечують, що РЗА працює економічно та безперервно, навіть у випадку відключення основного джерела живлення. Ці загальні вимоги формують основу для забезпечення ефективного та надійного захисту в мережах напругою 10/0,4 кВ, підвищуючи загальну безпеку та надійність електроенергетичних систем.

### **2.8.2 Вибір і перевірка селективності елементів релейного захисту та автоматики**

Максимальний струмовий захист є ключовим елементом у забезпеченні безпеки розподільних мереж 10 кВ, виконуючи функцію захисту від коротких замикань. Процес встановлення максимального струмового захисту (МСЗ) включає розрахунок та налаштування струму спрацювання захисту, визначення налаштувань реле спрацювання та установку часу реакції захисного обладнання.

При виборі струму спрацювання важливо врахувати, що захист не має спрацьовувати під час нормальних перевантажень або неаварійних режимів роботи системи. Це забезпечує, що захист активується тільки в разі реальної небезпеки, такої як коротке замикання, але не реагує на збільшення навантаження, яке є типовим для звичайної експлуатації.

Розрахунок параметрів МСЗ має бути заснований на тщеславному аналізі максимальних і мінімальних струмів, що можуть виникати в мережі, а також на динамічних характеристиках системи. Налаштування захисту мають гарантувати, що будь-які короткі замикання будуть швидко ізольовані, мінімізуючи ризик пошкодження обладнання та зниження якості електропостачання.

Також важливо забезпечити координацію МСЗ з іншими видами захисту в системі, щоб уникнути помилкових спрацювань і забезпечити правильну ієрархію спрацювання захисних пристроїв у різних сценаріях аварій. Це включає налагодження співпраці між різними рівнями захисту, від локального

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до централізованого управління, забезпечуючи комплексний підхід до безпеки електроенергетичної системи.

Врахування цих аспектів допомагає створити ефективну та надійну систему максимального струмового захисту, здатну адекватно реагувати на екстрені ситуації, забезпечуючи безпеку і стабільність роботи електромережі.

Струм спрацьовування захисту :

$$I_{сз} = \frac{K_n * K_{сз}}{K_B} * I_{роб.мах}$$

Де  $K_n$  – коефіцієнт надійності, приймаємо рівним 1,2 (реле типу РТ – 80);

$K_{с.з}$  – коефіцієнт самозапуску, приймаємо 2,2;

$K_B$  - коефіцієнт повернення реле, приймаємо 0,8.

$$I_{с.з} = \frac{1,2 * 2,2}{0,8} * 72,25 = 238,4 \text{ А}$$

Неспрацьовування максимального струмового захисту на відключення забезпечується шляхом встановлення порогу спрацювання струмових реле на рівні, що перевищує максимальний струм у режимі самозапуску:

$$I_{сз} \geq \frac{K_n K_{с.з}}{K_B} * I_{роб.мах}$$

де:  $I_{роб.мах}$  – максимальний робочий струм елемента, що захищається, у нормальному режимі що проходить по лінії 10кВ.

$I_{роб.мах} = I_{роб.мах \text{ тр-ра ТП-4}}$

$$I_{роб.мах \text{ тр-ра}} = \frac{S}{1,73 * U}$$

де:  $S$  - номінальна потужність трансформатора ТП-4

$U$  - номінальна напруга обмотки високої напруги трансформатора ТП-4.

$$I_{роб.мах \text{ тр-ра}} = \frac{1250}{1,73 * 10} = 72,25 \text{ А.}$$

Струм спрацювання реле струму пускових органів МСЗ визначається за формулою:

$$I_{с.з} = \frac{I_{сз} * k_{сх}}{n_T}$$

де  $I_{с.з}$  - струм спрацювання захисту;

$n_T$  - коефіцієнт трансформації трансформаторів струму;

									Арк.
									63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$k_{сх}$  - коефіцієнт схеми (схем з'єднання трансформаторів у зірку),  $k_{сх} = 1$ .

Для лінії з максимальним робочим навантаженням 72,25А приймаємо трансформатор струму з коефіцієнтом трансформації ТОЛУ 10 100/5.

Підставимо відповідні значення в отримаємо:

$$I_{с.р} = \frac{I_{сз} * k_{сх}}{n_T} = \frac{238,4 * 1}{20} = 11,92 \text{ А}$$

Необхідно провести узгодження чутливості захисту

$$k_{ч} = \frac{1,73 * I_{кз 2}}{2 * I_{с.з}} = \frac{1,73 * 8500}{2 * 238,4} = 31,4 \geq 2 \text{ (умова виконується)}$$

Необхідно забезпечити координацію селективності захисних пристроїв. Цей процес включає налаштування таких параметрів спрацювання, за яких кожен наступний захисний пристрій, що розміщений ближче до джерела живлення, має вищий поріг спрацювання, тобто є менш чутливим до струму порівняно з попереднім, який знаходиться далі від джерела і ближче до потенційного місця ушкодження.

Час реакції захисту визначається на основі забезпечення селективності захисту та термічної стійкості елемента, який потребує захисту:

$$t_{с.з} = t_{відкл.вим.} + t_{с.рз.},$$

де  $t_{відкл.вим.}$  – час відключення вимикача SM10/1250, рівний 0,1 с.;

$t_{с.рз.}$  – час спрацювання релейного захисту, приймається 0,4 с.

$$t_{с.з.} = 0,1 + 0,4 = 0,5 \text{ с.}$$

Схема максимального струмового захисту наведена на рисунку 2.12

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Звітність: Система АСКОЕ надає можливість створювати звіти та аналітичні дані щодо споживання електроенергії. Це допомагає зрозуміти структуру та розподіл енергоспоживання у цеху, виявляти зайві витрати та приймати рішення щодо оптимізації енергетичних процесів.

Застосування системи АСКОЕ у організації обліку електричної енергії на Оброблювальному цеху допомагає покращити контроль та ефективність енергоспоживання, а також забезпечує точний облік та аналіз даних. Це дозволяє знизити витрати на електроенергію, підвищити енергоефективність та зменшити вплив на навколишнє середовище.

## **2.10 Економічні характеристики проєкту**

### **2.10.1 Порядок приєднання до електричних мереж**

Звернення до мережевої організації: Спочатку необхідно звернутися до мережевої організації, яка займається електропостачанням в даній територіальній зоні. Можна звернутися до місцевого філіалу енергопостачальної компанії або до органу, відповідального за регулювання енергетики.

Тимчасове приєднання електроустановок це надання замовнику оператором системи розподілу послуги із тимчасового створення технічної можливості для передачі (прийняття) електричної енергії у місце приєднання електроустановки замовника, відповідної потужності до електричних мереж оператора системи розподілу (у тому числі новозбудованих) електричної енергії необхідного обсягу з дотриманням показників її якості та надійності, у тому числі тимчасової зміни технічних параметрів.

### **2.10.2 Розрахунок вартості приєднання до електричних мереж оператора системи розподілу**

Вартість приєднання до електричних мереж обслуговуючого енергопостачальника (ОСП) може бути розрахована залежно від різних факторів, таких як тип споживача, потужність приєднання, відстань до електричних мереж,

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

технічні умови тощо Щоб розрахувати вартість приєднання до електричних мереж ОСР, необхідно звернутися до конкретного енергопостачальника та отримати від нього інформацію щодо процедури приєднання та вартості.

Оскільки вартість встановлює (ОСР), то можемо підвести підсумки необхідного для закупівля матеріалу, данні дані занесено у Додатку Є.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. ЗАМІНА ПОРТАЛІВ НА ПІДСТАНЦІЇ 35/10 кВ

#### 3.1 Опис існуючого стану підстанції

Підстанція 35/10 кВ є однією з ключових складових електроенергетичної системи регіону, забезпечуючи електропостачання важливих промислових об'єктів та житлових районів. Існуючий стан підстанції визначено на основі технічних досліджень та оглядів, проведених перед розробкою проєкту заміни порталів.

Підстанція включає в себе такі основні елементи, як трансформатори, шинні збірки та портали. Трансформатори напругою 35/10 кВ відіграють важливу роль у перетворенні та розподілі електроенергії, тоді як шинні збірки забезпечують розподіл електроенергії між різними вихідними лініями.

Стан трансформаторних порталів: Існуючі портали, які перебувають у використанні понад 30 років, піддавалися різним зовнішнім факторам, таким як корозія та механічні пошкодження. Структура металевих конструкцій зазнала значної корозії, що знижує їхню міцність та стабільність. Деформації та мікротріщини, які виникли внаслідок вібрацій та навантажень, підвищують ризик раптових руйнувань.

Оцінка ризиків та потреба в заміні: Відповідно до оцінки, технічний стан існуючих порталів не відповідає сучасним вимогам щодо надійності та безпеки. Основні ризики пов'язані з продовженням експлуатації зношених порталів включають збільшений ризик аварій, що може призвести до перерв у електропостачанні, а також підвищену небезпеку для обслуговуючого персоналу.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ЗАМІНА ПОРТАЛІВ НА ПІДСТАНЦІЇ 35/10 кВ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		Браславський С.С.						
<i>Перевір.</i>		Омельчук А.О.					68	112
<i>Реценз.</i>						НН ІЕЕ, ОЕ-01		
<i>Н. Контр.</i>		Ярмолюк О.С.						
<i>Затверд.</i>		Омельчук А.О.						

Поточні заходи з обслуговування: Регулярні заходи, такі як очищення від корозії та підсилення конструкцій, забезпечують тимчасове підтримання працездатності порталів. Однак ці заходи не гарантують довгострокову надійність, що підкреслює необхідність заміни порталів новими конструкціями з використанням сучасних матеріалів і технологій для забезпечення стабільної та безпечної роботи підстанції у майбутньому.

### 3.1.1 Загальна характеристика підстанції

Підстанція 35/10 кВ є важливим вузлом в електроенергетичній системі регіону, забезпечуючи розподіл і перетворення електроенергії для різних споживачів. Основні компоненти підстанції включають:

- Трансформатори: На підстанції встановлено два силові трансформатори з робочою напругою 35/10 кВ, які виконують критичну роль у перетворенні високої напруги з передавальних ліній на напругу, придатну для розподільних мереж. Ці трансформатори оснащені системами охолодження та захисту для забезпечення їх ефективної та безпечної роботи.

- Шинні збірки: Шинні збірки складаються з мідних або алюмінієвих бус, які з'єднуються з трансформаторами та вихідними лініями. Вони відповідають за рівномірний розподіл електроенергії та її доставку до різних частин електромережі.

- Портали: Портали – це міцні металеві конструкції, які підтримують вагу трансформаторів та шинних збірок. Вони забезпечують не тільки механічну підтримку, але й відіграють роль у забезпеченні захисту цих критичних компонентів від зовнішніх впливів, таких як погодні умови та механічні пошкодження.

Підстанція також обладнана сучасними системами автоматики та контролю, які моніторять і керують її роботою для запобігання перевантаженням, коротким замиканням та іншим потенційним проблемам. Системи безпеки включають детектори диму, системи пожежогасіння та

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

аварійного відключення, що гарантує високий рівень захисту обладнання та персоналу.

Зазначені компоненти та системи вимагають регулярного технічного обслуговування і модернізації, щоб підтримувати надійність та ефективність роботи підстанції, що є основною метою запланованої реконструкції.

### 3.1.2 Розрахункові кліматичні умови

На підставі карт кліматичного районування прийнято такі кліматичні умови:

Таблиця 3.1 - Розрахункові кліматичні умови

Найменування параметру	Розмірність	Значення
Район з ожеледиці	-	5-й
Товщина стінки ожеледиці	мм	28
Характеристичне значення вітрового тиску	Па	500
Характеристичне значення вітрового тиску під час ожеледиці	Па	300
Характеристичне навантаження вітру на дроти та троси Ø10 мм, покриття ожеледиці	Н/м	10
Максимальна температура повітря	°С	+38
Мінімальна температура повітря	°С	-40
Середньорічна температура повітря	°С	+8
Температура повітря під час ожеледиці	°С	-5
Тривалість гроз у середньому році	Год.	60-80
Ступінь забруднення атмосфери (СЗА)	-	4

Таблиця 3.1 описує кліматичні параметри, які важливі для проектування та експлуатації трансформаторної підстанції 35/10 кВ. Основна увага приділяється впливу клімату на матеріали та обладнання, зокрема на портали, що плануються

											Арк.
											70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОЕ-91-02 002 ПЗ						

до заміни. Деталізація таких параметрів допомагає забезпечити надійність конструкцій у складних погодних умовах.

- Район з ожеледицею (5-й): Вказує, що підстанція знаходиться в районі із значною імовірністю ожеледиці, що вимагає заходів для запобігання накопиченню льоду на обладнанні, яке може спричинити його пошкодження або зниження ефективності.

- Товщина шару ожеледиці (28 мм): Показує середню максимальну товщину льоду, яка може сформуватися на поверхнях. Цей параметр критично важливий для вибору матеріалів порталів, здатних витримувати додаткове навантаження від льоду.

- Характеристичні значення вітрового тиску під час ожеледиці (500 Па) та без ожеледиці (300 Па): Ці значення відображають навантаження, які виникають від вітру на конструкції під час ожеледиці та у звичайний час. Вони є важливими для розрахунку стійкості та міцності порталів.

- Максимальна та мінімальна температура повітря (+38°C і -40°C): Ці параметри вказують на необхідність використання матеріалів, стійких до екстремальних температурних коливань, що запобігає їх руйнуванню або деформації.

- Середньорічна температура повітря (+8°C): Вказує на середній рівень температур, який також впливає на вибір матеріалів, особливо щодо їх термічного розширення та усадки.

- Температура повітря під час ожеледиці (-5°C): Цей показник використовується для визначення умов, при яких необхідно забезпечити захист від ожеледи.

- Тривалість гроз у середньому році (60-80 годин): Необхідно врахувати для системи захисту від блискавок та заземлення.

- Ступінь забруднення атмосфери (СЗА): Вказує на середній рівень забруднення, що впливає на вибір антикорозійних обробок та покриттів для металевих конструкцій.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



запобіжить потенційні небезпеки, але й сприятиме покращенню загальної ефективності роботи підстанції.

### 3.1.4 Оцінка ризиків та потреба в заміні

Технічний стан існуючих порталів на підстанції 35/10 кВ суттєво не відповідає сучасним вимогам щодо надійності та безпеки експлуатації, що обумовлює низку ризиків при продовженні їх використання.

- Ризик аварій: Підвищене навантаження на старі, кородовані та механічно пошкоджені портали значно збільшує ймовірність аварійних ситуацій. Це може призвести не тільки до перерв у електропостачанні, але й до серйозних аварій, з потенційною загрозою для навколишнього середовища та обладнання підстанції. Наприклад, обвалення portalу через втому матеріалу може спричинити руйнування шинних збірок або навіть трансформаторів.

- Безпека обслуговуючого персоналу: Пошкодження структурної цілісності порталів створює значні ризики для обслуговуючого персоналу, який здійснює регулярне технічне обслуговування і ремонтні роботи. Випадки обвалення частин конструкцій або несподіване від'єднання елементів можуть призвести до травм або навіть смертельних випадків.

- Надійність електропостачання: Забезпечення стабільної та безперебійної роботи підстанції є життєво важливим для критичних споживачів, таких як лікарні, навчальні заклади та виробничі підприємства. Неадекватний стан порталів може призвести до відмови в системі, що призведе до великих фінансових втрат та можливого негативного впливу на соціальну стабільність.

У зв'язку з цими ризиками, критично необхідно провести заміну старих порталів новими конструкціями, які виготовлені з використанням сучасних матеріалів та технологій. Нові портали повинні відповідати найсучаснішим стандартам безпеки та надійності, забезпечуючи довгострокову стабільність і безпеку експлуатації підстанції, а також зниження потенційних ризиків для персоналу та навколишнього середовища.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 3.2 План демонтажних робіт

Для успішного проведення реконструкції трансформаторної підстанції 35/10 кВ необхідно розробити детальний план демонтажних робіт. Цей план включає опис послідовності дій, заходів безпеки та управління відходами.

Перед початком демонтажних робіт необхідно виконати кілька підготовчих заходів. Спочатку потрібно розробити всю проєктну документацію, підготувати дозвільні документи та проєкт демонтажу. Важливо забезпечити безпеку на місці проведення робіт: встановити знаки безпеки, огородити небезпечні зони та організувати інструктаж для всього персоналу. Крім того, підстанцію необхідно відключити від мережі електропостачання, а все обладнання заземлити, щоб запобігти нещасним випадкам.

Демонтажні роботи починаються з видалення старих порталів, обладнання та конструкцій. Першим етапом є демонтаж трансформаторів. Для цього їх відключають, готують до транспортування, демонтують кріплення та роз'єднують електричні з'єднання, після чого трансформатори вивозять з майданчика. Наступний крок - демонтаж шинних збірок: їх знімають разом із кріпленнями, розрізають шини та готують до утилізації. Далі йде демонтаж порталів: конструкції від'єднують від фундаменту, розбирають на секції для зручності транспортування. На завершення, бетонні фундаменти видаляють за допомогою гідравлічних молотів і вивозять уламки з майданчика.

Після демонтажу всіх елементів, демонтовані матеріали та обладнання необхідно вивезти з підстанції до спеціально підготовленого складу для тимчасового зберігання або утилізації. Металеві частини порталів та шин транспортують до складу для подальшої переробки, а уламки бетонних фундаментів вивозять до місця утилізації або переробки.

Під час проведення демонтажних робіт особливу увагу приділяють заходам безпеки. Персонал повинен використовувати засоби індивідуального захисту, такі як каски, рукавички, захисні окуляри та спецодяг. Небезпечні зони огорожуються, щоб запобігти доступу сторонніх осіб. Крім того, на місці

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проведення робіт обов'язково мають бути засоби пожежогасіння, а всі працівники повинні пройти інструктаж з пожежної безпеки.

Всі відходи, що утворюються під час демонтажних робіт, повинні бути належним чином обліковані та утилізовані. Металеві відходи сортують та відправляють на переробку, уламки бетону та інших будівельних матеріалів видаляють до місць спеціалізованої утилізації, а старе електричне обладнання відправляють до центрів переробки електронних відходів.

Таким чином, детальний план демонтажних робіт є необхідним для забезпечення безпечного та ефективного виконання завдань з реконструкції підстанції. Виконання робіт відповідно до розробленого плану дозволить успішно завершити перший етап реконструкції підстанції 35/10 кВ.

### **3.3 План монтажних робіт**

Монтажні роботи є ключовою частиною процесу реконструкції трансформаторної підстанції 35/10 кВ. Вони включають встановлення нових порталів, монтаж трансформаторів та інших електричних компонентів, а також забезпечення належного функціонування усієї системи.

Перед початком монтажних робіт необхідно підготувати будівельний майданчик. Це включає розмітку території, підготовку фундаментів для нових конструкцій та організацію тимчасових електропостачання для будівельних робіт. Всі роботи повинні проводитися згідно з нормативними документами, такими як ПУЕ (Правила улаштування електроустановок) та ДБН А.3.2-2-2009 (Охорона праці та промислова безпека в будівництві. Основні положення).

Основним етапом монтажних робіт є встановлення нових порталів. Для цього використовуються шинні портали ПС1, ПС2 та ПС3, а також трансформаторні портали ПЖ-220Ш14. Встановлення порталів розпочинається з монтажу металевих конструкцій, які фіксуються на підготовлені фундаменти. Далі, до порталів кріпляться шинні збірки та інші елементи електричної мережі.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шинні збірки з'єднуються між собою і з іншими компонентами підстанції за допомогою натяжних гірлянд та зажимів, таких як ПСД-70Е та НКК.

Після встановлення порталів переходять до монтажу трансформаторів. Трансформатори доставляються на майданчик, встановлюються на фундаменти та закріплюються. Потім виконуються електричні з'єднання трансформаторів з шинними збірками та іншими елементами мережі. Особлива увага приділяється забезпеченню надійного заземлення трансформаторів та інших конструкцій. Для цього використовуються металеві заземлювачі, які встановлюються згідно з планом заземлення.

Наступним етапом є встановлення допоміжного обладнання, такого як роз'єднувачі, обмежувачі перенапруги (ОПН 33 кВ), лічильники імпульсів перенапруги та інші елементи. Ці компоненти встановлюються відповідно до проектної документації та з дотриманням всіх технічних вимог. Кожен елемент проходить тестування на працездатність та відповідність нормам.

Під час монтажних робіт необхідно дотримуватися правил пожежної безпеки та охорони праці. Всі працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту, а на будівельному майданчику мають бути встановлені засоби пожежогасіння. Крім того, необхідно забезпечити постійний контроль за виконанням робіт та їх відповідність проектній документації.

Після завершення монтажних робіт проводиться комплексне тестування всієї системи. Всі елементи перевіряються на правильність монтажу, працездатність та відповідність технічним вимогам. Після успішного тестування та приймання робіт, підстанція вводиться в експлуатацію.

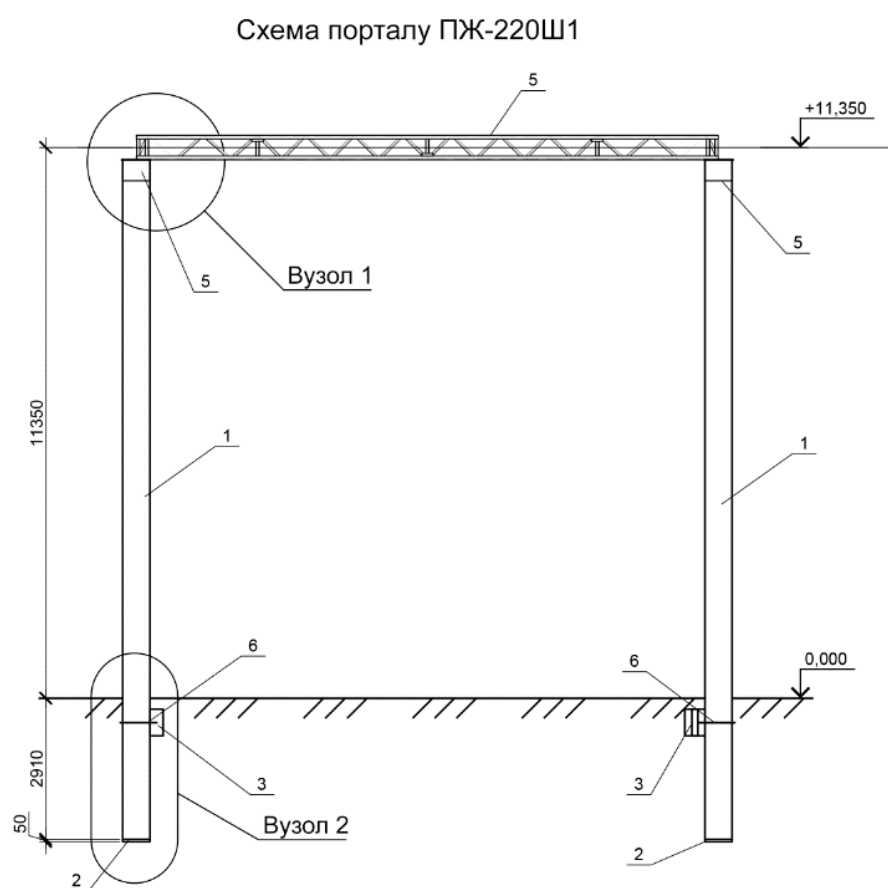
Таким чином, план монтажних робіт передбачає поетапне встановлення та з'єднання всіх компонентів підстанції, з дотриманням всіх необхідних технічних та безпекових вимог. Це забезпечує надійну та безперебійну роботу підстанції 35/10 кВ після її реконструкції .

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.4 Вибір матеріалів та обладнання

Для забезпечення надійності та ефективності роботи підстанції 35/10 кВ при її реконструкції необхідно ретельно підходити до вибору матеріалів та обладнання. Це включає в себе врахування технічних характеристик, надійності, довговічності, а також відповідності нормативним документам.

Портали трансформаторів та шинних збірок: Вибір порталів був здійснений з урахуванням високих вимог до міцності та стійкості. Використані типи ПЖ-220Ш1 та ПЖС-35Я1 виготовлені зі сталі вищої якості, що забезпечує високу корозійну стійкість та здатність витримувати інтенсивні навантаження і вібрації. Такі характеристики критично важливі для забезпечення довготривалої безпеки і стабільності роботи підстанції.



Обладнання та матеріали для монтажу: Використання натяжних гірлянд, коромисел та опор для роз'єднувачів та обмежувачів перенапруги забезпечує

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк. 78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надійне та тривале з'єднання електричних мереж. Ці компоненти відповідають сучасним вимогам до механічної міцності та електричної безпеки.

Вибір кабелів та проводів: Проводи ПВ-3 та наконечники ТМ використовуються для забезпечення надійних та безпечних електричних з'єднань. Мідний провід з полівінілхлоридною ізоляцією гарантує високу електричну стабільність і мінімізує ризики займання.

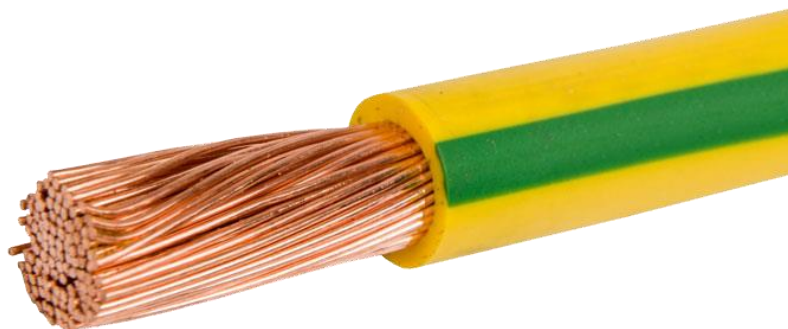


Рисунок 3.2 - ПВ-3

Дотримання нормативних вимог: Усі використані матеріали та обладнання строго відповідають державним будівельним нормам (ДБН) і правилам улаштування електроустановок (ПУЕ). Це не лише підвищує загальну безпеку робіт, але й забезпечує високий рівень надійності підстанції.

Такий обдуманий підхід до вибору матеріалів та обладнання забезпечує, що реконструкція підстанції 35/10 кВ буде виконана з максимальною надійністю та відповідністю до сучасних стандартів, що значно знижує потенційні ризики та забезпечує довготривале та стабільне функціонування критичної інфраструктури регіону.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.4.1 Портали трансформаторів та шинних збірок

Для забезпечення міцності та довговічності нових порталів підстанції, було обрано наступні моделі та методи установки:

1. Портали трансформаторів типу ПЖ-220Ш1: Ці портали були обрані відповідно до типового проєкту 3.407.9-149. Встановлення проводиться на металевих стійках СЦП140, які мають забезпечувати необхідну стійкість та надійність конструкцій. Для додаткової міцності, стійки встановлюються в свердловини діаметром 800 мм, які заповнюються пісчано-гравійною сумішшю, що забезпечує краще закріплення. До стійок також кріпляться залізобетонні ригелі АР-5, що додатково збільшують стабільність і міцність установки.

2. Портали гнучкої ошиновки типу ПЖС-35Я1: Вони встановлюються на стійках ВС105-167 згідно з типовим проєктом 3.407.1-137. Використання металевих траверс типу ТС-1, ТС-2, ТС-3 сприяє додатковій міцності конструкцій. Свердловини під стійки мають діаметр 650 мм і також заповнюються пісчано-гравійною сумішшю для забезпечення оптимальної стійкості. Використання залізобетонних ригелів Р1-А дозволяє забезпечити тривалу стабільність порталів.

Ці портали були спеціально вибрані для задоволення потреб в реконструкції підстанції з врахуванням найсучасніших вимог до міцності, стійкості до корозії та здатності витримувати значні навантаження та вібрації. Використання сучасних матеріалів та технологій у виробництві цих порталів забезпечує їх довговічність і надійність, що критично важливо для безперебійної роботи підстанції.

### 3.4.2 Обладнання та матеріали для монтажу

Для монтажних робіт використовується наступне обладнання та матеріали:

1. Натяжна гирлянда 5хПСД-70Е з вузлом кріплення СК. Ці елементи забезпечують надійне з'єднання між різними частинами електричних мереж.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



ретельний контроль за монтажними роботами забезпечують надійну і безпечну експлуатацію підстанції.

### **3.5 Заземлення та блискавкозахист**

Забезпечення належного заземлення та ефективного блискавкозахисту є критично важливими аспектами безпеки при проектуванні та експлуатації трансформаторних підстанцій, зокрема для підстанцій 35/10 кВ.

#### **Заземлення:**

Заземлювальний пристрій підстанції включає в себе існуючу систему з опором до 0,5 Ом. Опір заземлення такого рівня є ідеальним для забезпечення ефективного розсіювання струмів заземлення та захисту від електричних перешкод. Розрахунковий питомий опір ґрунту для системи заземлення прийнято на рівні 100 Ом·м, що є стандартним показником для більшості ґрунтів.

Для заземлення ново проєктованих конструкцій передбачено прокладання додаткових смуг заземлення на глибині 0,5 м. Ці смуги планується з'єднати з існуючим контуром заземлення підстанції у декількох точках за допомогою зварювання внахлестку. Вимоги до зварювання включають забезпечення висоти шва не менше товщини елементів, що зварюються, що гарантує міцність та довговічність з'єднань в умовах експлуатації підстанції.

#### **Блискавкозахист:**

Захист підстанції від прямих ударів блискавки забезпечується за допомогою існуючих блискавковідводів, що розміщені окремо від основних конструкцій. Ці пристрої ефективно відводять електричний розряд блискавки від важливих компонентів підстанції, мінімізуючи ризик пошкодження.

#### **Захист від перенапруг:**

Для захисту обладнання та трансформаторів від перенапруг, спричинених грозовими розрядами, використовуються існуючі обмежувачі перенапруги. Ці пристрої діють як захисники, автоматично роз'єднуючи або обмежуючи напругу

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

в електричній мережі підстанції, тим самим запобігаючи пошкодженням від високовольтних імпульсів.

Така комплексна система заземлення та блискавкозахисту грає вирішальну роль у забезпеченні безпеки та надійності роботи трансформаторної підстанції, знижуючи ризики для обладнання та персоналу.

### **3.6 Організація реконструкції підстанції**

#### **3.6.1 Загальні умови реконструкції підстанції**

Роботи на території діючої електроустановки повинні виконуватися за нарядом-допуском, відповідно до вимог та інструкцій ГКД.34.03.102-96 "Охорона праці у проектах організації будівництва та виробництва робіт на енергетичних об'єктах", ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів", а також відповідно до частини III СНИП III-4-80 "Правила виробництва та приймання робіт", СНИП 3.05.06-85 "Електротехнічні пристрої", техніки безпеки в будівництві, пожежної безпеки при виробництві будівельно-монтажних робіт, безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів та ін. нормативними документами. Роботи повинні виконуватися спеціалізованою будівельно-монтажною організацією, яка має ліцензію на право виробництва робіт по монтажу металевих порталів за допомогою електрозварювання та має атестованих фахівців з правом виконання таких робіт у своєму штаті.

Для будівництва використовуються під'їзні та внутрішньоплощадкові автодороги, мережа водопостачання.

Механізація робіт проектується будівельно-монтажними організаціями, залежно від наявності механізмів у парку будівельної організації.

Потреба у будівельних механізмах та засобах транспорту визначається при розробці плану виробництва робіт будівельно-монтажною організацією.

Електропостачання на час реконструкції здійснюється від існуючих джерел, що знаходяться на території підстанції.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Водопостачання – від існуючої водопровідної мережі підстанції. При виконанні будівельно-монтажних робіт встановлюється контроль за дотриманням правил пожежної безпеки.

З урахуванням місцерозташування об'єкта та обсягів виконуваних робіт, організується на території ПС у районі будівництва площадка для складування та зберігання матеріалів, виробів і конструкцій, де також проводяться роботи, пов'язані з підготовкою виробництва, складанням конструкцій і вузлів тощо.

Виробництво робіт по реконструкції підстанції виконується в умовах її експлуатації в обмежених умовах на обмеженій площадці поруч з обладнанням, що знаходиться під напругою, загальнопідстанційними спорудами тощо.

Організація та методи виробництва робіт повинні забезпечувати безпечно виробництво робіт з неперервним циклом, з урахуванням виконання вимог експлуатуючої організації за рахунок таких основних організаційних заходів:

- розробки проекту виробництва робіт (ППР) та узгодження його з експлуатуючою організацією - замовником;
- чіткого планування послідовності виробництва робіт, виконання робіт з використанням узгоджених графіків виробництва робіт;
- чіткої організації інженерної підготовки виробництва і робочих місць;
- виконання максимально можливих обсягів робіт без відключення або з частковим відключенням електрообладнання підстанції на мінімально допустимий термін;
- продуктивного використання режиму робочого часу в періоди наданих відключень (залучення висококваліфікованих фахівців, організація робіт кількома ланками тощо), а також виконання інших заходів, спрямованих на скорочення тривалості відключення електрообладнання підстанції. У складі ППР відображається:
  - організація робочих місць і проходів (мають бути вказані проходи, проїзди, огороження зон, небезпечних для перебування людей, робота механізмів, місця встановлення попереджувальних написів і сигналів);
  - розташування і зони дії монтажних механізмів;

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- методи, пристосування та засоби для безпечної роботи механізмів.

### 3.6.2 Тривалість реконструкції підстанції

Термін реконструкції ТП 35/10 визначається на основі загальної оціночної трудомісткості та відповідно до СНиП 1.04.03-85 (1990) «Норми тривалості будівництва і передачі в експлуатацію підприємств, будинків і споруд».

Розрахунок тривалості будівництва:

$$Q = \frac{T}{A \cdot S \cdot 1,5 \cdot H} = \frac{4734}{22 \cdot 8 \cdot 1,5 \cdot 21} = 0,85 \text{міс}$$

де:

- Q – тривалість будівництва, місяці
- T – загальна оціночна трудомісткість складає - 4.734 тис.чол.-год
- A – кількість робочих днів у місяці - 22 дні
- S – кількість годин у зміні - 8 годин
- 1.5 – кількість змін (згідно з СНиП 1.04. 03-85\* до п. 1.19 загальні положення)
- H – кількість людей, задіяних при будівельно-монтажних роботах – 21 особа.

Підготовчий період P приймається 15-25% від загальної тривалості будівництва (згідно з СНиП 1.04. 03-85\* п. 1.4 Додаток №3), у даному розрахунку приймається 25%.

$$P = \frac{Q}{100} \cdot 25 = \frac{0,85}{100} \cdot 25 = 0,2 \text{міс}$$

Висновок: таким чином, загальна розрахункова тривалість будівництва складає 1 місяць, із загальної тривалості будівництва будівельно-монтажні роботи становлять 0.85 місяця, підготовчий період – 0.2 місяця.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



2. Ямобур-стовпостав БКМ-420: Використовується для буріння отворів під стовпи та опори, що є необхідним при зведенні нових конструкцій.

3. Ямобур БКМ-317: Використовується для буріння більших та глибших отворів, зокрема для фундаментів тяжких конструкцій.

4. Автовишка телескопічна АП1809: Використовується для робіт на висоті, включаючи монтаж або обслуговування обладнання на високих конструкціях.

5. Екскаватор Борекс2103: Використовується для земляних робіт, включаючи копання котлованів, траншей та переміщення ґрунту.

6. Електролабораторія ЕТЛ-35: Використовується для проведення електротехнічних вимірювань та тестувань, забезпечення контролю за якістю електромонтажних робіт.

7. Електрозварювальний апарат ТДМ-300С: Використовується для зварювальних робіт, необхідних при з'єднанні металевих елементів конструкцій.

8. Лебідка ручна ЛРП-3,2: Використовується для підняття та переміщення важких вантажів на невеликі відстані.

9. Драбина-стрем'янка ЛСМ-5: Використовується для забезпечення доступу до робіт на висоті, зокрема під час монтажу або обслуговування обладнання.

### 3.6.4 Потреба у робочих кадрах

Для виконання робіт з реконструкції трансформаторної підстанції 35/10 кВ необхідно залучити кваліфікованих спеціалістів різних профілів. Таблиця 3.3 деталізує необхідні спеціальності та кількість осіб для кожної з них:

Таблиця 3.3

Спеціальність	Кількість осіб.
Інженер-будівельник	1
Виконроб	1
Монтажник-будівельник	2

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87



8. Машиніст: Керує будівельними машинами та механізмами, такими як автокрани, екскаватори, автовишки, забезпечує їх безпечну та ефективну роботу.

9. Механізатор: Виконує роботи з обслуговування та ремонту будівельної техніки, забезпечує її справність та готовність до роботи.

10. Різнорабочий: Виконує допоміжні роботи, такі як підготовка будівельного майданчика, прибирання, транспортування матеріалів та інші загальні будівельні завдання.

Залучення кваліфікованих фахівців різних спеціальностей дозволяє забезпечити високу якість та безпеку виконання робіт, а також дотримання всіх проектних вимог та термінів реконструкції підстанції.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІІ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІІ НАПРУГОЮ 35/10 кВ

Реконструкція трансформаторної підстанції 35/10 кВ вимагає особливої уваги до питань охорони праці та пожежної безпеки. Цей розділ детально розглядає основні заходи для забезпечення безпеки працівників, захисту населення та збереження навколишнього середовища.

### 4.1 Загальна характеристика об'єкта реконструкції підстанції 35/10 кВ

На підстанції 35/10 кВ застосовуються два силові понижувальні трансформатори ТДНС – 16000/35. Основні номінальні данні трансформаторів представлені в таблиці 4.1, 4.2.

Таблиця 4.1 – Загальна характеристика об'єкту

Найменування ЕУ	Вид розміщення	Розміщення робочого місця	Категорія електроприміщення	Категорія пожежної безпеки
Силовий понижувальний трансформатор ТДНС-16000/35	В приміщенні підстанції	В машинному залі підстанції	ІІІ (приміщення з підвищеною небезпекою)	В (приміщення з підвищеною пожежною небезпекою)

Ці параметри базуються на типових рекомендаціях та можуть варіюватися залежно від конкретних умов експлуатації на підстанції.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Браславський С.С.			ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІІ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІІ НАПРУГОЮ 35/10 кВ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Омельчук А.О.					90	112
<i>Реценз.</i>						НН ІЕЕ, ОЕ-01		
<i>Н. Контр.</i>		Ярмолюк О.С.						
<i>Затверд.</i>		Омельчук А.О.						







організаційні, так і технічні ініціативи, що допомагають забезпечити цілісний підхід до управління безпекою.

Таблиця 4.5 - Технічні і організаційні заходи

Вид заходу	Найменування заходу	Опис, показники, характеристики
Організаційні заходи з електробезпеки		
Категорія робіт щодо заходів безпеки	Роботи без напруги	Інструктаж – допуск до проведення монтажу
Технічні заходи		
Захисна зона	Обмежити можливість проникнення сторонніх осіб в робочу зону	Огороджувальна стрічка на відстані 3 м від місця проведення робіт
Засоби блокування	Електромеханічне блокування на огорожі	Захист від проникнення сторонніх осіб
Засоби автоматичного відключення	Відключення трансформатора на струму замикання на землю	Захист від напруги непрямого дотику
Маркування	ТР-35-16-6	Захист від напруги прямого дотику
Захисне заземлення	Заземлення контурне, $R_{зз} < 1 \text{ оМ}$	Захист від напруги непрямого дотику і напруги кроку
Ізоляція	Трансформаторне масло	Забезпечує електричну ізоляцію і відводить тепло
Організаційні заходи під час роботи з електроустаткуванням		
Перевірка кваліфікації працівників	Оформлення наряду-допуску	Перевірка документів та видача допуску
Забезпечення безпечних умов праці	Виконання робіт без напруги	Відключення електроенергії та встановлення захисних знаків
Інструктаж	Перед початком виконання робіт, проведення цільового інструктажу	Необхідність використання індивідуальних засобів захисту; Перевірка стану обладнання перед початком робіт.







Виконання цієї умови дозволяє мінімізувати потенційну шкоду від електричних розрядів та підвищити безпеку персоналу та обладнання на підстанції.

### **Висновок до розділу**

У процесі реконструкції трансформаторної підстанції з напругою 35/10 кВ було заплановано та впроваджено ряд конкретних заходів безпеки, щоб забезпечити не лише модернізацію обладнання, але й гарантувати безпеку персоналу та захист довкілля:

1. Заземлення обладнання: Впроваджено систему заземлення, яка задовольняє стандарти з опором не більше 1 Ом, що є критично важливим для безпеки під час експлуатації електрообладнання та в ситуаціях, що можуть призвести до електричних ударів.

2. Регулярне технічне обслуговування: Встановлено графік регулярних перевірок технічного стану обладнання для забезпечення його надійної роботи та своєчасного виявлення та усунення потенційних несправностей.

3. Систематичні інструктажі з безпеки: Проводяться регулярні навчання та інструктажі для персоналу, що включають правила поведінки на робочому місці, заходи безпеки та дії у випадку надзвичайних ситуацій.

4. Інвестиції в засоби індивідуального захисту: Закупівля сучасного захисного обладнання та спецодягу, що відповідають високим стандартам безпеки та призначені для мінімізації ризиків під час роботи.

5. Організація робочого простору: Оптимізація розміщення технологічного обладнання для забезпечення безпечних та зручних умов праці, що також сприяє ефективному зниженню ризиків пожеж та інших надзвичайних ситуацій.

Ці заходи спрямовані на створення безпечного робочого середовища, що не тільки підвищує ефективність виробничих процесів, але й гарантує захист життя та здоров'я працівників, а також забезпечує збереження навколишнього середовища.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі розглядається процес реконструкції трансформаторної підстанції напругою 35/10 кВ, що є ключовим для забезпечення стабільності та ефективності регіональної енергетичної системи. Аналіз існуючої ситуації на підстанції виявив низку проблем, зокрема, застаріле обладнання та системи безпеки, що не відповідають сучасним стандартам і потребують термінового оновлення.

Реконструкція підстанції включала в себе введення сучасних технологічних рішень, таких як нові портали для трансформаторів і шинних збірок, системи заземлення та блискавкозахисту, які значно підвищують надійність об'єкта. Вибір сучасних матеріалів і технологій сприяв зменшенню ризиків виникнення аварій, а також поліпшенню екологічних показників підстанції.

Проєкт також забезпечив оновлення електротехнічного обладнання та систем управління, що дозволяє ефективніше керувати процесами розподілу електроенергії і впровадження сучасних стандартів обслуговування. Реконструкція підстанції створила передумови для інтеграції відновлюваних джерел енергії, що є важливим кроком на шляху до модернізації енергетичної інфраструктури регіону та переходу на стійкі джерела енергії.

Завершення цього проєкту реконструкції має стратегічне значення для підвищення ефективності та безпеки регіональної енергосистеми, сприяє зниженню втрат енергії, підвищенню надійності постачання електроенергії до кінцевих споживачів та покращенню загальних умов експлуатації електроустановок. Таким чином, проєкт реконструкції трансформаторної підстанції став важливим внеском у розвиток інфраструктури регіону та забезпечення його сталого розвитку.

										Арк.
										99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						



17. НАПБ Б.03.002 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».
18. ДБН В.2.5-56 «державні будівельні норми України. Системи протипожежного захисту».
19. Довідкова книга зі світлотехніки. Айзенберг Ю.Б. (Ред.) 1983
20. ДСТУ-Н В.2.5-80:2015 Настанова з проектування систем електропостачання підприємств – К.: Мінрегіон, Київ – 2015
21. Василега П.О. Електропостачання: підручник. Суми: Сумський державний університет, 2019. 521 с.
22. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Вінниця: Нова Книга, 2004. 656 с.

					ОЕ-91-02 002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

## ДОДАТОК А

Лінія	Кількість і номінальний переріз жил, мм <sup>2</sup>	Допустиме струмове навантаження, $I_{доп}, A$	$I_p, A$	$R_0, Ом$	$F_p, мм^2$	$\Delta U, \%$	$P_i, кВт$	$Q_i, квар$
ТП1-А1	4×185	291	418,9	0,164	101,1	2,98	262	85,8
ТП1-А2	4×185	291	418,9	0,164	101,1	2,98	262	85,8
ТП1-Б1	4×70	155	192,2	0,443	46,7	3,71	121	36,8
ТП1-Б2	4×70	155	192,2	0,443	46,7	3,71	121	36,8
ТП2-В1	4×185	291	367,0	0,164	89,3	2,63	231,6	68,7
ТП2-В2	4×185	291	367,0	0,164	89,3	2,63	231,6	68,7
ТП2-В3	4×185	291	367,0	0,164	89,3	2,63	231,6	68,7
ТП2-Е	4×25	82	91,5	1,2	21,7	4,68	56,3	21,4
ТП3-Л1	4×16	62	19,6	1,91	3,7	1,59	12	4,8
ТП3-Л2	4×16	62	19,6	1,91	3,7	1,59	12	4,8
ТП3-М	4×16	62	45,4	1,91	6,7	3,84	29	7,3
ТП3-Н-С	4×95	190	248,7	0,32	59,0	3,39	153	58,1

## ДОДАТОК Б

	п/п	Електроприймач	n, шт	Номинальна потужність, кВт		Кв	tg φ	Кр	Проміжне навантаження		n <sub>с</sub>	Розрахункові навантаження		
				одного	загальна				P <sub>п</sub> , кВт	Q <sub>п</sub> , квар		P <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , квар	S <sub>р</sub> , кВА
СП 1	1	Мостовий кран, ТВ = 25 %	1	30,00	30,00	0,12	1,73		3,60	6,24		4,43	6,24	
	2	Вертикально-свердильний верстат	3	6,20	18,60	0,14	1,73		2,60	4,51		3,20	4,51	
	3	Заточувальний верстат	6	8,00	48,00	0,25	1,17		12,00	14,03		14,76	14,03	
	4	Фрезерувальний верстат	6	10,00	60,00	0,22	1,52		13,20	20,04		16,24	20,04	
ΣСП1			16	54,20	156,60	0,20		1,23	31,40	44,82	16	38,63	44,82	59,17
СП 2	1	Токарно-револьверний верстат	3	12,50	37,50	0,15	1,73		5,63	9,74		6,81	10,72	
	2	Мостовий кран, ТВ = 25 %	1	30,00	30,00	0,12	1,73		3,60	6,24		4,36	6,86	
	3	Шліфувальний верстат	2	4,20	8,40	0,20	1,73		1,68	2,91		2,03	3,20	
	4	Вертикально-свердильний верстат	1	6,20	6,20	0,14	1,73		0,87	1,50		1,05	1,65	
	5	Вентиляція	6	8,20	49,20	0,50	1,02		24,60	25,10		29,79	27,61	
ΣСП2			13	48,60	93,80	0,33		1,21	30,75	35,75	7	37,24	39,32	54,15
СП 3	1	Строгальний верстат	3	16,20	48,60	0,18	1,52		8,75	13,28		8,75	13,28	
	2	Токарно-револьверний верстат	2	12,50	25,00	0,15	1,73		3,75	6,50		3,75	6,50	
	3	Шліфувальний верстат	2	4,20	8,40	0,20	1,73		1,68	2,91		1,68	2,91	
	4	Електрична піч опору	4	50,00	200,00	0,80	0,43		160,00	68,16		160,00	68,16	
	5	Електрична піч індукційна	2	26,00	52,00	0,60	0,48		31,20	15,11		31,20	15,11	
ΣСП3			13	92,7	285,4	0,69		1	196,63	92,68	13	196,63	92,68	217,38
ΣСП1 + ΣСП2 + ΣСП3			42		535,80	0,48		0,85	258,78	173,24	21	219,96	147,25	264,70
ЩО												14,06	10,04	17,27
Шини НН 0,4 кВ												234	157,29	281,97
Втрати на трансформаторі												5,64	28,20	28,76
Шини ВН 10 кВ												239,66	185,49	303,06

## ДОДАТОК В

### Заява про приєднання електроустановки певної потужності

1	Вхідний номер (заповнюється ОСР під час подання заяви замовником)	Дата реєстрації (заповнюється ОСР під час подання заяви замовником)
2		
3	<b>Кому:</b>	
4	Оператор системи розподілу (структурний підрозділ за місцем розташування електроустановок замовника)	Керівнику Оператора системи розподілу (структурного підрозділу за місцем розташування електроустановок замовника)
5		
6	<b>Від кого:</b>	
7	Найменування юридичної особи або ПІБ фізичної особи-замовника послуги з приєднання до електричних мереж	---
8	Номер запису про право власності та реєстраційний номер об'єкта нерухомого майна в Державному реєстрі речових прав на нерухоме майно	---
9	Унікальний номер запису в Єдиному державному демографічному реєстрі (за наявності)	---
10	Наявність/відсутність статусу платника єдиного податку	---
11	Реєстраційний номер облікової картки платника податків (для фізичних осіб, які через свої релігійні переконання відмовляються від прийняття реєстраційного номера облікової картки платника податків та повідомили про це відповідний орган і мають відмітку в паспорті (або слово «відмова» у разі, якщо паспорт виготовлений у формі картки) – серія та номер паспорта) (за наявності)	---
12	Код ЄДРПОУ (для юридичної особи)	---
13	Банківські реквізити замовника	---
14	<b>Характеристика об'єкта замовника:</b>	
15	Назва	Інструментальний цех
16	Місце розташування	
17	Функціональне призначення об'єкта	Обробка корпусних деталей
18	<b>Вихідні дані щодо параметрів електроустановок замовника:</b>	
19	Мета приєднання (нове приєднання/зміна технічних параметрів)	Нове приєднання
20	Призначення (тип) електроустановки (споживання/виробництва)	Споживання

	електричної енергії чи зберігання енергії)					
21	Дозволена потужність відповідно до умов договору про надання послуг з розподілу електричної енергії		Потужність, кВт	Ступінь напруги в точці приєднання, кВ	Номер договору на розподіл	Дата договору на розподіл
			535,80	0,4	№1 22.01.2024	
22	Замовлена до приєднання потужність, кВт		535,80			
23	Величина максимального розрахункового (прогнозованого) навантаження з урахуванням існуючої дозволеної (приєднаної) потужності, кВт		535,80			
24	Ступінь напруги в точці приєднання, кВ		0,4			
25	Категорія надійності, кВт		I категорія надійності електропостачання	II категорія надійності електропостачання	III категорія надійності електропостачання	
					535,80	
26	Параметри УЗЕ (для операторів УЗЕ)		Максимальна потужність відбору, кВт		Максимальна потужність відпуску, кВт	
			-		-	
27	<b>Графік введення потужностей за роками (заповнюється замовником, юридичною особою або фізичною особою-підприємцем):</b>					
28	Рік введення потужності	Величина максимального розрахункового (прогнозованого) навантаження з урахуванням існуючої дозволеної (приєднаної) потужності, кВт	Категорія надійності електропостачання			Прогнозована дата введення об'єкта замовника в експлуатацію
			I категорія надійності електропостачання	II категорія надійності електропостачання	III категорія надійності електропостачання	
29	2024	535,80		535,80		22.01.2024
30						
31						
32	Режим роботи електроустановок замовника			Постійний/денний		
33	Відомості щодо встановленої потужності електроопалювальних та електронагрівальних установок, кухонних електроплит тощо			---		
34	Відомості щодо встановленої потужності генеруючих установок приватних домогосподарств			Тип	Потужність, кВт	
				---	---	
36	Відомості щодо встановлення точки приєднання (межі балансової належності електроустановок замовника та ОСР) на території земельної ділянки замовника (ЗАПЕРЕЧУЮ/НЕ ЗАПЕРЕЧУЮ)			НЕ ЗАПЕРЕЧУЮ		
37	Інформація про бажання замовника здійснювати проектування лінійної частини приєднання (самостійно/оператором системи розподілу (послуга «під ключ»))			Оператором системи розподілу		
38	Додаткова інформація, що може бути надана замовником за його згодою, у тому числі про необхідність приєднання за тимчасовою схемою електрозабезпечення будівельних механізмів			---		
39	Необхідність приєднання будівельних струмоприймачів, кВт			---		

40	Живлення будівельних струмоприймачів передбачити від електроустановок зовнішнього електрозабезпечення об'єкта забудови після реалізації проєкту зовнішнього електропостачання об'єкта забудови (ТАК/НІ)	Ні
41	Приєднання електроустановок замовника до електричних мереж суб'єкта господарювання, який не є ОСР (ТАК/НІ)	Ні
42	<b>Обраний Замовником інший постачальник послуги комерційного обліку, який не є ОСР, (зазначається, якщо ППКО не є ОСР або Замовник має намір обрати іншого ППКО)</b>	---
43	<b>Електронна адреса для листування</b>	---
44	<b>Необхідність направлення документів за результатом розгляду цієї заяви та за результатами надання послуги з приєднання поштою (вказати поштову адресу для листування)</b>	---
45	<b>Інше</b>	---
46	<b>Прошу надати послугу з приєднання електроустановок до електричних мереж та здійснити комплекс заходів з приєднання та первинного підключення електроустановок до електричних мереж. Оплату отриманих послуг гарантую</b>	
47	<p><b>До заяви про приєднання додаються документи:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) копія паспорта у разі відсутності унікального номера запису в Єдиному державному демографічному реєстрі (для фізичних осіб);</li> <li>2) належним чином оформлений документ, що посвідчує право на представництво інтересів особи у випадку подання заяви представником;</li> <li>3) копія документа, що підтверджує право власності чи користування об'єктом нерухомого майна у разі відсутності відомостей у Державному реєстрі речових прав на нерухоме майно;</li> <li>4) графічні матеріали із зазначенням (вказанням) місця розташування об'єкта (об'єктів) замовника, земельної ділянки замовника та прогнозованої точки приєднання (для об'єктів, що приєднуються до електричних мереж уперше);</li> <li>5) ТЕО (у визначених цим Кодексом випадках, в інших випадках – за наявності);</li> <li>6) інформаційна довідка-повідомлення (довільної форми) щодо наявності або відсутності намірів брати участь в аукціоні з розподілу річної квоти підтримки.</li> </ol> <p><b>У разі приєднання фотоелектричної станції/УЗЕ/електрозарядної станції, що розташована на/в об'єкті архітектури (дах, фасад тощо), технічних засобів телекомунікації на об'єкті архітектури, до заяви про приєднання додаються:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) копія документа, що підтверджує право власності чи користування об'єктом архітектури або право власності чи користування частиною об'єкта архітектури (дах, фасад тощо) (у разі приєднання фотоелектричної станції/УЗЕ/електрозарядної станції);</li> <li>2) копія договору з доступу (у випадку приєднання технічних засобів телекомунікації відповідно до Закону України «Про доступ до об'єктів будівництва, транспорту, електроенергетики з метою розвитку телекомунікаційних мереж»);</li> <li>3) графічні матеріали із зазначенням (вказанням) місця розташування об'єкта (об'єктів) замовника, земельної ділянки замовника та прогнозованої точки приєднання (для об'єктів, що приєднуються до електричних мереж уперше);</li> <li>4) лист-погодження від власника об'єкта архітектури, на якому буде здійснено будівництво та експлуатацію фотоелектричної станції, УЗЕ, електрозарядної станції, технічних засобів телекомунікації щодо надання дозволу на</li> </ol>	

улаштування точки приєднання на межі земельної ділянки власника об'єкта архітектури, на якому буде **розташоване відповідне обладнання**. фотоелектрична станція, УЗЕ, електрозарядна станція, технічні засоби телекомунікації.

**У разі приєднання індустріального парку, створеного відповідно до вимог законодавства України, замовником з приєднання індустріального парку додатково до заяви додаються:**

- 1) копія документа на право власності чи користування земельною ділянкою, кадастрові номери земельних ділянок, на яких створено індустріальний парк;
- 2) копія витягу з Реєстру індустріальних (промислових) парків або інформація про рішення Кабінету Міністрів України про включення індустріального парку до Реєстру індустріальних (промислових) парків;
- 3) копія договору про створення та функціонування індустріального парку (якщо замовником послуги з приєднання індустріального парку є керуюча компанія індустріального парку).

**У разі приєднання до електричних мереж суб'єкта господарювання або власника електричних мереж, який не є споживачем електричної енергії (крім ОСР), згідно з пунктом 4.1.11 глави 4.1 розділу IV Кодексу систем розподілу, затвердженого постановою НКРЕКП від 14.03.2018 № 310, до заяви про приєднання додаються технічні вимоги та/або вихідні дані, отримані від суб'єкта господарювання або власника електричних мереж.**

**У разі приєднання багатоквартирного житлового будинку або збільшення його потужності до заяви додається розрахунок навантаження об'єкта архітектури за підписом головного інженера-проектувальника.**

Відповідальність за достовірність даних, наданих у заяві, несе заявник.

Достовірність наданих даних підтверджую

\_\_\_\_\_ (дата)

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Підтверджую згоду на автоматизовану обробку його персональних даних згідно з чинним законодавством та можливу їх передачу третім особам, які мають право на отримання цих даних згідно з чинним законодавством, у тому числі щодо кількісних та/або вартісних обсягів, наданих за Договором послуг.*

\_\_\_\_\_ (підпис)

## ДОДАТОК Г

Таблиця Г 1 – Технічні характеристики силових трансформаторів типу ТМ

Номинальна потужність $S_n$ , кВ·А	Номинальна напруга на високій стороні $U_{вн}$ , кВ	Номинальна напруга на низькій стороні $U_{нн}$ , кВ	Потужність короткого замикання $P_k$ , Вт	Потужність холостого ходу $P_{х.х}$ , Вт	Напруга короткого замикання $U_k$ , %	Струм холостого ходу $I_{х.х}$ , %
100	10	0,4	1970	305	4,5	2,2
160	10	0,4	2650	460	4,5	2
250	10	0,4	3700	560	4,5	1,9
400	10	0,4	5500	830	4,5	1,5
630	10	0,4	7600	1050	5,5	1,8
1000	10	0,4	10800	1550	5,5	1,2

Таблиця Г 2 – Коефіцієнти суміщення максимумів навантажень міських  
електромереж і промислових підприємств

Час максимуму навантаження		Коефіцієнти суміщення максимумів навантажень міських електромереж і промислових підприємств залежно від відношення розрахункового навантаження промпідприємств до навантаження міських електромереж						
		20 %	60 %	100 %	150 %	200 %	300 %	400 %
Ранок	Електроплити	0,75	0,8	0,85	0,88	0,9	0,92	0,95
	Газові плити	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,87	0,9
Вечір	Електроплити	0,85	0,65	0,55	0,45	0,4	0,3	0,3
	Газові плити	0,9	0,85	0,8	0,76	0,75	0,7	0,7

## ДОДАТОК Д

Таблиця Д 1 – Допустиме струмове навантаження й опори для трижильних кабельних ліній (КЛ) марки АПвП з алюмінієвими жилами з ізоляцією з шитого поліетилену, з зовнішньою оболонкою з поліетилену або сополімера поліетилену, на номінальну напругу 10 кВ

Кількість і номінальний переріз жил, мм <sup>2</sup>	Опір жил, Ом/км		Допустиме струмове навантаження, А	
	Активний	Індуктивний	У землі	У повітрі
3×35	0,868	0,095	119	132
3×50	0,641	0,090	140	158
3×70	0,443	0,086	171	196
3×95	0,320	0,083	203	236
3×120	0,253	0,081	232	273
3×150	0,206	0,079	260	309
3×185	0,164	0,077	294	355
3×240	0,125	0,075	340	415

## ДОДАТОК Е

Таблиця Е 1 – Допустиме струмове навантаження й опори для чотирижильних КЛ марки **АВВГ** із **алюмінієвими** жилами з полівінілхлоридною ізоляцією та зовнішньою оболонкою, на номінальну напругу до 1000 В

Кількість і номінальний переріз жил, мм <sup>2</sup>	Опір жил, Ом/км		Допустиме струмове навантаження, А	
	Активний	Індуктивний	У землі	У повітрі
4×2,5	12,1	0,104	26	20
4×4	7,41	0,095	34	27
4×6	5,11	0,090	41	34
4×10	3,08	0,073	55	47
4×16	1,91	0,0675	72	62
4×25	1,20	0,0662	93	82
4×35	0,868	0,0637	113	101
4×50	0,641	0,0625	137	126
4×70	0,443	0,0612	166	155
4×95	0,320	0,0602	197	190
4×120	0,253	0,0602	224	219
4×150	0,206	0,0596	255	254
4×185	0,164	0,0596	286	291
4×240	0,125	0,0587	330	343

## ДОДАТОК Є

Таблиця 2.15 Специфікація обладнання, виробів і матеріалів

Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод - виготовлення	Одиниці виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
1	Світильник	LGT-Prom-Orion-ML-150	9405 40	LEDVANCE	шт	42	5.2	
2	Силовий трансформатор	ТМН-80000/110	8504	Запорожтрансформатор	шт	2	104000	
3	Силовий трансформатор	ТМ-1250/10/0,4	8504	Запорожтрансформатор	шт	2	2700	
4	Кабель	АПвП 3*35	8544	ЮЖКАБЕЛЬ	км	6.6	3420	
5	Кабель	АВВГ 5*95	8544	ЮЖКАБЕЛЬ	км	0.06	9000	
6	ПЛ	АС 150	8544	ЮЖКАБЕЛЬ	км	15	952	
7	Конденсаторна батарея	РКкм-11-150-0-0РТ		Новотехелектро	шт	1	200	
8	Силовий вимикач	GL 312 F1	8536	GE Grid Solution	шт	2	40	
9	Силовий вимикач	SM6-24	8536	schneider electric	шт	1	30	
10	Автоматичний вимикач	ВА63 63А	8531 20	schneider electric	шт	3	1	
11	Автоматичний вимикач	CVS630F	8532 20	schneider electric	шт	2	5	
12	Автоматичний вимикач	CVS160В	8533 20	schneider electric	шт	2	5	
13	Автоматичний вимикач	CVS100F	8534 20	schneider electric	шт	1	2	
14	Автоматичний вимикач	EZ9F34332 32А	8535 20	schneider electric	шт	1	1	
15	Автоматичний вимикач	EZ9F34316 16А	8536 20	schneider electric	шт	1	1	
16	Силовий роз'єднувач	РЛНДз-10/400 УХЛ1	8536	Укрелектро	шт	1	33	
17	Трансформатор струму	ТПЛ-10-30/5	8546 20 00 10	Запорожтрансформатор	шт	3	15	
18	Трансформатор струму	ТШ-0,66-2 2000/5	8546 20 00 10	Запорожтрансформатор	шт	3	4	
19	Трансформатор напруги	НОЛП-ЭК-10-М1-10000/100-0,5-100-У2-Б-КЭАЗ	8546 20 00 10	Запорожтрансформатор	шт	3	25	