

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

МЕНЕДЖМЕНТУ

**Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи**

Магістр

(освітній ступінь)

на тему: Підвищення надійності електричних мереж підприємства Вінницьких високовольтних мереж

Виконав: студент 2-го курсу, групи ЕСЕ-21м

Освітня програма: “Електротехнічні системи електроспоживання”

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(цифр і назва спеціальності)

Кристофоров А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: проф. каф. ЕСЕЕМ

Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 19 » 12 2022 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 19 » 12 2022 р.

Опонент к.т.н., доц. каф. ЕСЕ

Тентя В.В.

(прізвище та ініціали)

« 19 » 12 2022 р.

Вінниця ВНТУ – 2022 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Освітній ступінь – магістр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

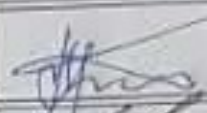
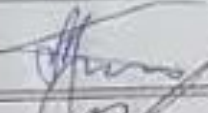


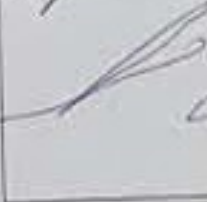

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕМ
д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

«24» вересня 2022 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ
Кристофорову Андрію Валерійовичу

1. Тема роботи Підвищення надійності електричних мереж підприємства Вінницьких високовольтних мереж, керівник Бурбело Михайло Йосипович, д.т.н., проф., затверджені наказом по ВНТУ від «14» вересня 2022 року, №203
2. Строк подання студентом роботи «10» грудня 2022 року.
3. Вихідні дані: відомості про електричні навантаження мереж; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень; основні техніко-економічні показники.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки
 - Анотація
 - Вступ
 - 1. Огляд літератури на тему надійність електропостачання
 - 2. Показники надійності електропостачання споживачів
 - 3. Вибір реклоузера для лінії електропередач
 - 4. Економічний розрахунок
 - 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
 - Висновки.
 - Список літератури.
 - Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу
 - Схема повітряної лінії
 - Функціональна схема реклоузера OSM з шафою керування RC

6. Консультанти розділів роботи

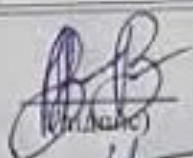

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальний розділ роботи	Бурбело М.Й., д.т.н., проф., каф. ЕСЕЕМ, к.т.н. доцент		
Економічна частина	Шулле Ю.А., доц., каф. ЕСЕЕМ, к.т.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «14» вересня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури на тему надійність електропостачання	30.09.2022	вик.
2	Показники надійності електропостачання споживачів	10.11.2022	вик.
3	Вибір реклоузера для лінії електропередач	16.11.2022	вик.
4	Економічний розрахунок	28.11.2022	вик.
5	Охорона праці	10.12.2022	вик.

Студент


(підпис)Керівник бакалаврської
дипломної роботи
(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)Кристофоров А.В.
(прізвище та ініціали)Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)Войтюк Ю. П.
(прізвище та ініціали)

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування факультету)
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
(повна назва кафедри)
менеджменту

**Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи**

Магістр

(освітній ступінь)

на тему: Підвищення надійності електричних мереж підприємства Вінницьких
високовольтних мереж

Виконав: студент 2-го курсу , групи ЕСЕ-21м

Освітня програма: “ Електротехнічні системи електроспоживання»

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханік

(шифр і назва спеціальності)

Кристофоров А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: проф. каф. ЕСЕЕМ

Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 2022 р.

«__» _____ 2022 р.

Опонент _____

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 2022 р.

Вінниця ВНТУ – 2022 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Освітній ступінь – магістр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕМ
д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

«14» вересня 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ Кристофорову Андрію Валерійовичу

1. Тема роботи Підвищення надійності електричних мереж підприємства Вінницьких високовольтних мереж, керівник Бурбело Михайло Йосипович, д.т.н., проф., затверджені наказом по ВНТУ від «14» вересня 2022 року, №203

2. Строк подання студентом роботи «10» грудня 2022 року.

3. Вихідні дані: відомості про електричні навантаження мереж; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень; основні техніко-економічні показники.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Анотація

Вступ

1. Огляд літератури на тему надійність електропостачання

2. Показники надійності електропостачання споживачів

3. Вибір реклоузера для лінії електропередач

4. Економічний розрахунок

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки.

Список літератури.

Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

- Схема повітряної лінії

- Функціональна схема реклоузера OSM з шафою керування RC

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальний розділ роботи	Бурбело М.Й., д.т.н., проф., каф. ЕСЕЕМ		
Економічна частина	Шулле Ю.А., доц., каф. ЕСЕЕМ, к.т.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «14» вересня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури на тему надійність електропостачання	30.09.22	
2	Показники надійності електропостачання споживачів	10.11.22	
3	Вибір реклоузера для лінії електропередач	16.11.22	
4	Економічний розрахунок	28.11.22	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.12.22	

Студент

_____ (підпис)

Кристофоров А.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

_____ (підпис)

Войтюк Ю. П.
(прізвище та ініціали)

УДК 621.311

АНОТАЦІЯ

Кристофоров А.В. Підвищення надійності електричних мереж підприємства Вінницьких високовольтних мереж. Магістерська кваліфікаційна робота. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ФЕЕЕМ. Кафедра ЕСЕЕМ – Вінниця: ВНТУ, 2022 – 97 с.

В магістерській кваліфікаційній роботі проведено аналіз надійності електричних мереж підприємства Вінницьких високовольтних мереж. Знайдено шляхи підвищення ефективності споживання енергоресурсів та запропоновано їх до впровадження. А також розроблені норми з охорони праці.

Ключові слова: *Надійність електропостачання, реклоузер, категорія надійності електропостачання.*

Рисунків: 4 Таблиць: 17 Бібліографій: 31

UDC 621.311

ANNOTATION

Kristoforov A.V. Increasing the reliability of electrical networks of the Vinnytsia high-voltage networks enterprise. Master's degree. 141 – Electropoenetics, electrotechnics and electromechanics. FEEEM. ECEEM Department - Vinnytsia: VNTU, 2022 - 97 p.

Reliability of electrical networks of the Vinnytsia High-Voltage Networks enterprise is presented in the master's thesis. Ways of increasing the efficiency of energy consumption by energy consumers were found and proposed for approval. And also the gilded noms from the protection of the father.

Key words: *Power supply reliability, recloser, power supply reliability category.*

Pictures: 4 tables: 17 bibliography: 31

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ НА ТЕМУ НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	8
1.1 Надійність електропостачання.....	8
1.2 Загальні характеристики реклоузера.....	10
РОЗДІЛ 2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА УПРАВЛІННЯ РЕКЛОУЗЕРОМ.....	17
2.1 Технічні характеристики реклоузера вакуумного автоматичного OSM	17
2.1.1 Панель управління (ПУ).....	23
2.1.2 Керування реклоузером.....	24
РОЗДІЛ 3 ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СПОЖИВАЧІВ ТА ВИБІР РЕКЛОУЗЕРА ДЛЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ.....	28
3.1 Показники надійності електропостачання споживачів.....	28
3.2 Вибір реклоузера для високвольтних ліній Вінничини	36
3.3 Розрахунок релейного захисту.....	44
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК	52
4.1 Визначення класу наслідків встановлення реклоузера	52
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	56
5.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта	57
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	62
5.3 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	70
5.4 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання в умовах дії загрозливих чинників НС.....	75
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79
ДОДАТКИ.....	82
ДОДАТОК А.....	83
ДОДАТОК Б	86
ДОДАТОК В.....	87
ДОДАТОК Г	88

ДОДАТОК Д..... 89

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

СП - секційний пункт

ПЛ – повітряна лінія

КЛ – кабельна лінія

ЛЕП – лінія електропередач

КЗ – коротке замикання

ЕПС – електропостачання споживачів

ВСТУП

Актуальність теми: Прийняття проектних рішень в Вінницьких високовольтних мереж безпосередньо впливає на об'єм і трудомісткість монтажних робіт, зручність та безпечність експлуатації ЛЕП. Тому актуальним є вибір оптимальних параметрів системи електропостачання: сучасного електрообладнання, провідниково-кабельної продукції. Важливими є заходи по підвищенню надійності електропостачання, а також якості електроенергії в мережах підприємства. Для досягнення бажаних показників ефективності необхідно дослідити надійність електропостачання на підприємстві, що досліджується.

Мета роботи: Підвищення надійності електричних мереж підприємства Вінницьких високовольтних мереж, що призводить до підвищення економічних показників.

Об'єкт дослідження: Споживання електроенергії електричних мереж підприємства Вінницьких високовольтних мереж.

Предмет дослідження: техніко-економічні показники роботи системи електропостачання електричних мереж підприємства Вінницьких високовольтних мереж.

Задача дослідження: Основними задачами під час виконання роботи є розроблення технічних рішень по підвищенню ефективності використання енергоресурсів на підприємстві, вибору енергоефективного обладнання, модернізації системи освітлення.

Наукова новизна: Вдосконалено електричні мережі підприємства Вінницькі високовольтні мережі шляхом впровадження реклоузерів.

Практичне значення одержаних результатів: Проведені дослідження дозволяють дізнатися клас точності робіт по встановленню реклоузерів в електричних мережах підприємства Вінницькі високовольтні мережі.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи:
Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було опубліковано в тезах доповіді [31].

Публікації: За результатами досліджень опубліковано тези доповідей [31].

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ НА ТЕМУ НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1 Надійність електропостачання

Основною вимогою, що висувається до проектів ЕПС, є надійність електропостачання споживачів. Надійність електропостачання забезпечується вибором найбільш досконалих, відповідних умовам навколишнього середовища, електричних апаратів, силових трансформаторів, кабельно-провідникової продукції, відповідністю електричних навантажень в нормальних і аварійних режимах номінальним навантаженням цих елементів, використанням структурного резервування, пристроїв автоматики і релейного захисту. [1]

Існує два підходи до оцінювання надійності ЕПС: перший – оснований на вимогах ПУЕ, другий – теоретичний. Ці підходи взаємопов'язані і практичні рекомендації ПУЕ основані на висновках теоретичного аналізу.

Надійність – властивість ЕПС виконувати задані функції зі збереженням експлуатаційних показників у межах, що регламентуються нормативними документами. Для простих об'єктів надійність забезпечується інтуїтивно на підставі досвіду, а для ЕПС така суб'єктивна оцінка часто недостатня.

Відмова – втрата робочої здатності елементів частини або усієї системи. Відмова буває повна і часткова, раптова і поступова, стійка і нестійка, явна і неявна, конструктивна, технологічна чи експлуатаційна. Відновлення – це подія, яка полягає у підвищенні рівня робочої здатності шляхом проведення ремонтів або заміни обладнання.

Відновлення – це подія, яка полягає у підвищенні рівня робочої здатності шляхом проведення ремонтів або заміни обладнання.

Основним теоретичним показником надійності є: $p(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи за час t . На практиці використовують такі практичні показники, як частота відмов ω , частота ремонтів μ , тривалість відновлення

тв, тривалість поточного ремонту тр. Ці показники характеризують як окремі елементи ЕПС, так і систему в цілому.

Найненадійнішим елементом ЕПС є ЛЕП. На них припадає від 85 до 95 відсотків усіх вимкнень.

Основними причинами виходу з ладу КЛ є їх пошкодження будівельними машинами під час земляних робіт, старіння ізоляції, потрапляння вологи в кабель, пошкодження ізоляції гризунами. Електричні пробої переважно відбуваються на з'єднувальних муфтах, кінцевих заробках, вертикальних ділянках.

Основними причинами пошкоджень ПЛ є грозові перекриття ізоляції, ожеледь, вітер, вібрація проводів, падіння дерев, перекриття повітряних проміжків на будівельні машини. Так, середнє значення відмов ПЛ-110 кВ складає 0,7 рік-1 на 100 км (табл. 3.1). В грозовий період і у випадку ожеледі частота відмов різко зростає. Оскільки КЗ ПЛ часто самоліквідуються, то передбачається їх автоматичне повторне ввімкнення.

Основними причинами відмов силових трансформаторів є: порушення ізоляції обмоток через зовнішні й внутрішні перенапруги, наскрізні струми КЗ, дефекти виготовлення, старіння внаслідок перевантажень; пошкодження регулювальних пристроїв; пошкодження контактних з'єднань; пошкодження вводів трансформаторів через перекриття ізоляції; зниження рівня оливи.

Основними причинами відмов вимикачів є: неспрацьовування приводів; обгорання контактів; зношування дугогасильних камер; заводські дефекти; помилкові дії персоналу при виконанні перемикачів. Однофазні замикання на землю в мережах 6-35 кВ супроводжуються горінням заземлювальних дуг (внаслідок недостатньої компенсації ємнісних струмів), що призводить до виникнення перенапруг, пробивів ізоляції, руйнування ізоляторів. [1]

1.2 Загальні характеристики реклоузера

Згідно п. 4.2.6. ПУЕ реклоузер (секційний пункт (СП)) – це автономний інтелектуальний пристрій, який забезпечує в автономному режимі відділення від мережі пошкодженої ділянки. Електроустановка, призначена для автоматичного поділу мережі на ділянки.

Слово «реклоузер» ще років десять тому було абсолютно незнайомим і ставило в глухий кут багатьох енергетиків. Сьогодні воно стало звичним і навіть модним. [2]

Насправді реклоузери під назвою пункт секціонування повітряних ліній (СП) існували з початку 60-х років минулого століття.

Тоді вони використовувалися майже виключно енергопостачальними організаціями для забезпечення безперебійного електропостачання підприємств та населених пунктів, підключених до повітряних ліній електропередач. Через великі габарити та високу вартість кінцевими споживачами ці пристрої не використовувалися.

Імовірність короткого замикання повітряної лінії на одній із ділянок, наприклад, через обрив приводу або падіння дерева, завжди досить велика і загрожує виходом з ладу всієї лінії. Рішенням є так зване "секціювання" - поділ повітряної лінії на секції з можливістю виведення з експлуатації на час ліквідації аварії лише невеликої аварійної ділянки.

Поділ повітряної лінії на секції проводився за допомогою пунктів секціонування (іноді їх ще називали КРУН-СВЛ - комплектний розподільний пристрій секціонування повітряної лінії електропередач). У той час пункт секціонування являв собою невелику модульну будівлю з встановленим в ній масляним вимикачем або вимикачем навантаження.

Нове життя пунктам секціонування подарувало розвиток нафтогазової галузі, коли для електропостачання віддалених об'єктів (наприклад, насосних станцій, встановлених уздовж трубопроводу) доводилося тягти десятки кілометрів повітряних ліній електропередач. Для захисту лінії від коротких замикань через певні проміжки встановлювалися пункти секціонування (ПС)

або пункти секціонування стовпові (ПСС), дозволяли локалізувати аварійну ділянку без відключення електропостачання частини лінії, що залишилися.

Справжня революція сталася після появи компактних та швидкодіючих вакуумних вимикачів. Це дозволило зробити реклоузери малогабаритними, з можливістю розміщення безпосередньо на опорі ЛЕП, а також значною мірою дозволило автоматизувати роботу секційних пунктів, які стали іменуватися автоматичними пунктами секціонування - АПС.

При цьому АПС набули головної межі, яка зробила їх реклоузерами - АПС стали необслуговуваними, тобто не вимагали регулярної присутності персоналу.

Саме поняття "реклоузер" виникло США. Стандарт IEEE 37.100-1992 дає наступне визначення: «Реклоузер – це автономний пристрій, що використовується для автоматичного відключення та повторного включення ланцюга змінного струму за попередньо заданою послідовністю циклів відключення та повторного включення з подальшим поверненням у вихідний стан, збереженням включеного положення або блокуванням . Реклоузер включає комплекс елементів управління, необхідних виявлення струмів короткого замикання і управління реклоузером».

Звернімо увагу на два моменти. По-перше, реклоузер - це автономний пристрій , по-друге, він призначений для відключення та подальшого повторного включення ланцюга (автоматичне повторне включення - АПВ).

Справа в тому, що близько 80% пошкоджень у мережах не стійкі та самоусуваються протягом кількох секунд. Причинами подібних пошкоджень є схлестування проводів, торкання проводів гілками дерев, перекриття ізоляторів внаслідок грозових впливів, птиці та тварини та ін. .

Останніми роками, у зв'язку з децентралізацією електропостачання, мережеві компанії почали масово вимагати від споживачів електричної енергії установки реклоузерів на відпайках (на межах балансової належності мереж). Виник великий попит на недорогі реклоузери. В даний час компактні

та прості у використанні реклоузери, що встановлюються на одній або двох опорах ЛЕП, випускаються багатьма підприємствами нашої країни.

Багатьом реклоузер є чимось незрозумілим та інноваційним. Проте, нічого складного у ньому немає.

По суті, реклоузер є автоматичним вимикачем, який розмикає лінію при відхиленні її параметрів від заданих, наприклад, при перевищенні струмом порогового значення. У цьому сенсі реклоузер є прямим родичем автоматичних вимикачів, встановлених під'їздах житлових будинків, з тією різницею, що його робоча напруга не 220 В, а 10 кВ або навіть 35 кВ.

Реклоузер складається з двох частин: високовольтного модуля (ВМ) та шафи керування (ШУ), пов'язаних між собою з'єднувальним кабелем.

Високовольтний модуль встановлений у верхній частині опори та підключений до лінії через прохідні ізолятори. У середині високовольтного модуля знаходяться: вакуумний вимикач, трансформатори струму та трансформатор власних потреб.

Шафа управління встановлюється у нижній частині опори на висоті людського зростання. У ньому знаходиться мікропроцесорний пристрій захисту та органи ручного керування реклоузером.

Алгоритм роботи реклоузера наступний.

Трансформатори струму, встановлені у високовольтному модулі, вимірюють струм в лінії і передають сигнал на термінал захисту, що знаходиться в шафі управління.

Мікропроцесорний термінал захисту порівнює струм у лінії (а також, можливо, інші параметри) із заданими уставками. Якщо поточні параметри лінії виходять за межі заданого діапазону, термінал захисту видає команду відключення вакуумного вимикача, який розриває ланцюг.

Але на цьому робота реклоузера не закінчується.

Термінал захисту витримує заданий проміжок часу, наприклад, 1 секунду, і подає на вакуумний вимикач сигнал повторне включення (автоматичне повторне включення - АПВ). Якщо несправність на лінії після

відключення не самоусунулася, з трансформаторів струму на термінал знову приходить "тривожний сигнал", і захист знову відключає лінію. Так повторюється від одного до трьох разів залежно від налаштувань реклоузера.

Якщо автоматичне повторне включення не допомогло усунути несправність, то реклоузер відключає лінію, передає по лінії зв'язку сигнал у диспетчерську та чекає на приїзд ремонтної бригади, яка уранивши несправність на лінії, вручну включає реклоузер. [2]

Згідно п. 4.2.151 ПУЕ роз'єднувач (вимикач навантаження), комбінований апарат «запобіжник-роз'єднувач» ЩТП потрібно встановлювати на кінцевій (відгалужувальній) опорі ПЛ.

Роз'єднувач КТП і СП дозволено встановлювати безпосередньо як на кінцевій (відгалужувальній) опорі ПЛ, так і на їх конструкціях.

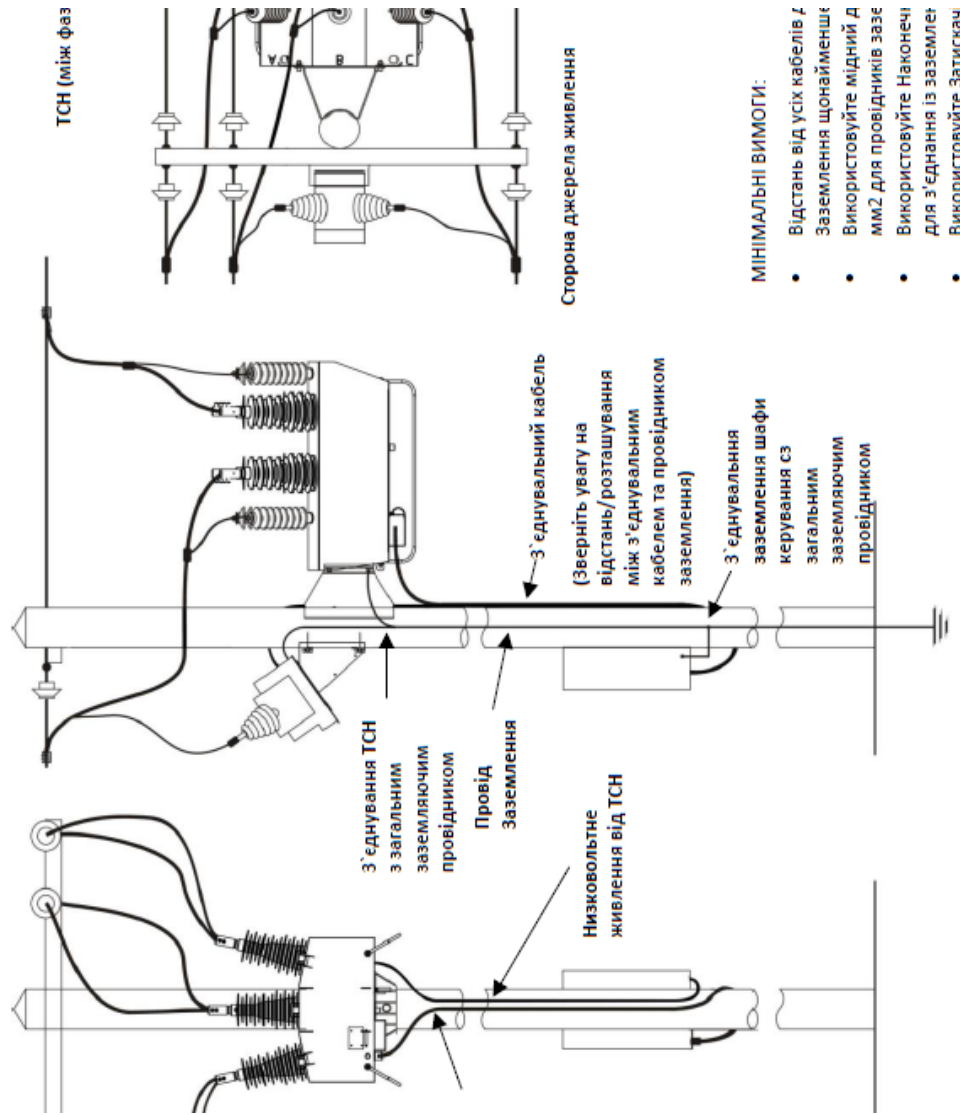
Роз'єднувачі, через які виконано приєднання ЩТП, КТП та СП, повинні мати заземлюючі ножі. Приводи комутаційних апаратів повинні бути керованими, як правило, з поверхні землі та обладнаними пристроями для замикання на замок. [3]

Згідно п. 4.2.152 ПУЕ на ЩТП і СП без огорожі відстань по вертикалі від поверхні землі до неізолюваних струмовідних частин за відсутності руху транспорту під повітряними уводами повинна бути не менше ніж 3,5 м для напруги до 1 кВ; 4,5 м – для напруги 6 кВ і 10 кВ та 4,75 м – для напруги 35 кВ.

На СП з огорожею висотою, не менше ніж 1,8 м, вищезазначені відстані до неізолюваних струмовідних частин напругою 6 – 35 кВ може бути зменшено до розміру Г, зазначеного в табл. 4.2.1. У цьому разі в площині огорожі відстань від нижнього проводу до верхнього краю огорожі повинна бути не менше від розміру Д, зазначеного в тій самій таблиці. [3]

Згідно п. 4.2.159 ПУЕ опори ПЛ, використані як конструкції ЩТП (СП), повинні бути анкерними або кінцевими. [3]

Згідно п. 4.2.160 ПУЕ у місцях можливого наїзду транспорту на ЩТП, СП потрібно захищати їх відбійними тумбами. [3]



Вид Класичного Розташування OSM38-300 На Опорі

Рисунок 1.1 – Розташування OSM38-300 на опорі

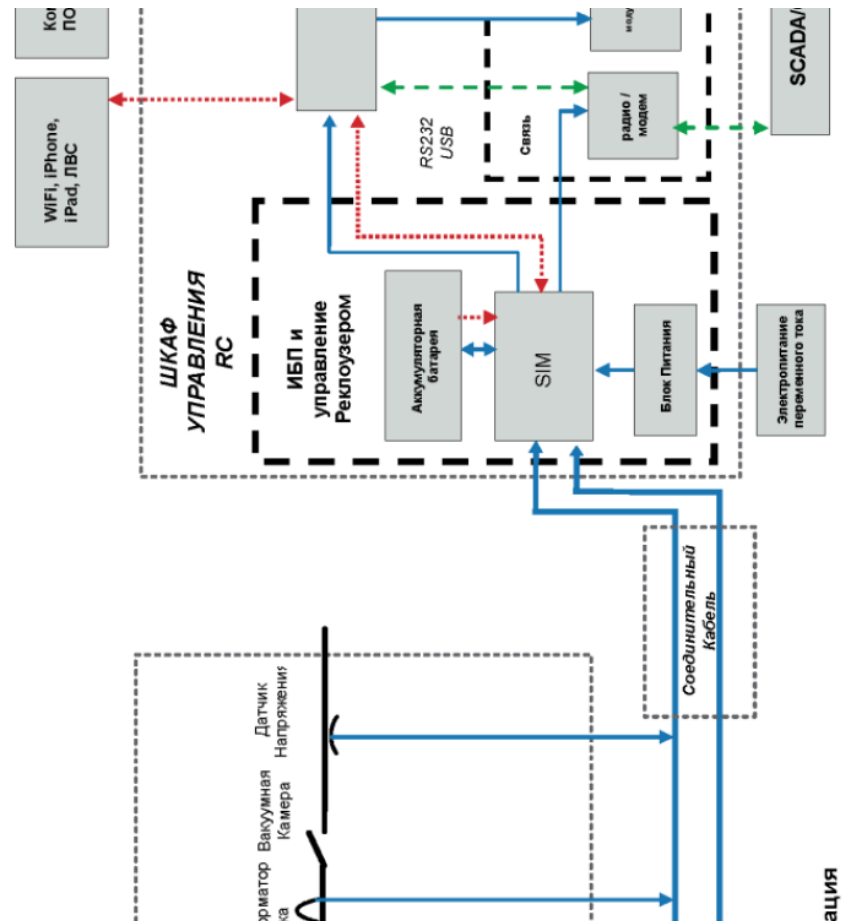


Рисунок 1.2 – Функціональна схема реклоузера OSM з шафою керування RC

Внутрішній модуль керування реклоузером OSM та функції

компонента:

- Панель керування містить інтерфейс користувача для керування оператором.
- Модуль джерела живлення (МІП) підключений до АС живлення та перетворює його на DC живлення для модуля SIM.
- Модуль SIM забезпечує контроль потужності, заряджання батареї та включає конденсатори, що забезпечують енергію для відключення та увімкнення комутаційного модуля OSM.
- Модуль реле містить основний мікропроцесор управління, що виконує функцію обробки цифрових сигналів (DSP), УСО, порти комунікації та стандартні цифрові входи.

- Порти комунікації та модулі I/O забезпечують зовнішнє керування та функції індикації для SCADA або інших програм віддаленого керування (радіо/модем).

**РОЗДІЛ 2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА УПРАВЛІННЯ
РЕКЛОУЗЕРОМ**

2.1 Технічні характеристики реклоузера вакуумного автоматичного OSM

Таблиця 2.1 – Сигнали СКАДА з реклоузера

ТИП	Назва сигналу	ЮА	Назва сигналу	Назначення
Одноелементна інформація				
Окритий	Вимкнути (Будь-який)	6	Вимк. (будь-який)	Вимкнення реклоузера
	Вимкнути (Захист)	7	Вимк. (Захист)	Вимкнення від захисту
	Вимкнути (Вилучено)	20	Вимк. (Віддалено)	Вимкнення від SCADA
	Вимкнути (SCADA)	101	Вимк. (SCADA)	Вимкнення від SCADA
	Вимкнути (Місцевий)	21	Вимк. (Місцевий)	Вимкнення з панелі керування або штангою
	Вимкнути (HMI)	102	Вимк. (HMI)	Вимкнення з панелі керування
	Вимк(Ручн)	103	Вимк. (Ручн)	Вимкнення штангою
Закритий	Увімкнено (Локальний)	26	Увімк. (Локально)	Увімкнення з панелі керування або самовільне увімкнення
	Увімкнено (HMI)	104	Увімк. (HMI)	Увімкнення з панелі керування
	Увімк	105	Увімк	Увімкнення реклоузера
	Увімкнено (Не визначено)	106	Увімк (Не визначено)	Увімкнений стан реклоузера після подачі живлення
Стан	Захист вкл	31	Захист вкл	Захисті відведено в роботу
	Тест батареї пройдено успішно	251	Тест батареї пройдено успішно	За результатами автоматичного тестування батарея в нормі
	Тест батареї не виконано	252	Тест батареї не виконано	Батарея вимкнена, відсутнє живлення ТВП, низька напруга або швидкий розряд батареї
	Auto Battery Test On	253	Auto Battery Test On	Початок автоматичного тестування батареї
Збій	Несправність	39	Несправність	Загальна несправність
	Несправність модуля реле	108	Несправність модуля реле	Несправність модуля реле
	Помилка зв'язку SIM	109	Ошибка зв'язку SIM	Несправність зв'язків між блоками SIM та реле всередині шафи
	I/O1 Помилка зв'язку	110	I/O1 Ошибка зв'язку	Не задіяно, модулі I/O відсутні в даному реклоузері
	I/O2 Помилка зв'язку	111	I/O2 Ошибка зв'язку	Не задіяно, модулі I/O відсутні в даному реклоузері
	Збій I/O1	112	Збій I/O1	Не задіяно, модулі I/O відсутні в даному реклоузері
	Збій I/O2	113	Збій I/O2	Не задіяно, модулі I/O відсутні в даному реклоузері

Перевищення To	114	Перевищення To	Після подачі команди реклоузер не вимкнувся, або час вимкнення перевищив 100мс
Перевищення Tc	115	Перевищення Tc	Після подачі команди реклоузер не увімкнувся, або час увімкнення перевищив 100мс
OSM Котушка OC	116	OSM Котушка OC	Обрив котушки керування реклоузером
OSM Котушка SC	117	OSM Котушка SC	Коротке замикання в катушці керування реклоузером
Несправність кінцевого вимикача OSM	118	Несправність кінцевого вимикача OSM	Контакти положення реклоузера не перемкнулися
Несправні зарядки батареї	119	Несправні зарядки батареї	Відсутність живлення від ТВП, батарея не підключена, батарея пошкоджена, перегорів запобіжник батареї, несправність зарядного пристрою
Перевантаження зовнішнього живлення	120	Перевантаження зовнішнього живлення	Замикання у вторинних колах шафи
Збій модуля SIM	121	Збій модуля SIM	Несправність пристрою управління реклоузером, замикання у вторинних колах, збій програмного забезпечення
Помилка модуля зв'язку	122	Ошибка модуля зв'язку	Обрив вторинних кіл, несправність пристрою управління реклоузером, збій програмного забезпечення
Помилка зв'язку панелі	123	Ошибка зв'язку панелі	Обрив вторинних кіл, несправність пристрою управління реклоузером, збій програмного забезпечення
Помилка контролера	124	Ошибка контролера	Обрив вторинних кіл, несправність пристрою управління реклоузером, збій програмного забезпечення
Controller Module Fault	125	Controller Module Fault	Замикання або обрив вторинних кіл, несправність пристрою управління реклоузером, збій програмного забезпечення
Несправність модуля Пу	126	Несправність модуля Пу	Обрив кабелю між панеллю керування та пристроєм керування реклоузером, внутрішня несправність панелі керування
Несправність OSM	127	Несправність OSM	Несправність одного з пристроїв у шафі керування реклоузером
Несправність шини CAN	128	Несправність шини CAN	Несправність зв'язків між блоками всередині шафи
Напруга конденсаторів ненорм	129	Напруга конденсаторів ненорм	Напруга на конденсаторах нижче за номінальну, необхідно подождать 2хв, якщо сигнал не зникне то управління вимикачем не

			гарантується
Несправність Ph A	130	Несправність Ph A	Обрив чи коротке замикання у катушці керування чи контакти положення не перемкнулися по фазі А реклоузера. Після подачі команди реклоузер не змінивши положення
Несправність Ph B	131	Несправність Ph B	Обрив чи коротке замикання в катушці керування чи контакти положення не перемкнулися по фазі В реклоузера. Після подачі команди реклоузер не змінивши положення
Несправність Ph C	132	Несправність Ph C	Обрив чи коротке замикання в катушці керування чи контакти положення не перемкнулися по фазі С реклоузера. Після подачі команди реклоузер не змінивши положення
Котушка Ph A OC	133	Котушка Ph A OC	Обрив котушки управління фази А реклоузера
Котушка Ph B OC	134	Котушка Ph B OC	Обрив котушки керування фази В реклоузера
Котушка Ph C OC	135	Котушка Ph C OC	Обрив котушки керування фази З реклоузера
Котушка Ph A SC	136	Котушка Ph A SC	Коротке замикання в катушці керування фази А реклоузера
Котушка Ph B SC	137	Котушка Ph B SC	Коротке замикання в катушці керування фази В реклоузера
Котушка Ph C SC	138	Котушка Ph C SC	Коротке замикання в катушці керування фази С реклоузера
Несправність кінцевого вимикача Ph A	139	Несправність кінцевого вимикача Ph A	Контакти положення реклоузера по фазі А не перемкнулися
Несправність кінцевого вимикача Ph B	140	Несправність кінцевого вимикача Ph B	Контакти положення реклоузера по фазі В не перемкнулися
Несправність кінцевого вимикача Ph C	141	Несправність кінцевого вимикача Ph C	Контакти положення реклоузера по фазі С не перемкнулися
Перевищення To Ph A	142	Перевищення To Ph A	Після подачі команди не вимкнулася фаза А, або час вимкнення перевищивши 100мс
Перевищення To Ph B	143	Перевищення To Ph B	Після подачі команди не вимкнулася фаза В або година вимкнення перевищивши 100мс
Перевищення To Ph З	144	Перевищення To Ph З	Після подачі команди не вимкнулася фаза С, або час вимкнення перевищивши 100мс
Перевищення Tc Ph A	145	Перевищення Tc Ph A	Після подачі команди не увімкнулася фаза А, або час увімкнення

				перевищивши 100мс
	Перевищення Tc Ph B	146	Перевищення Tc Ph B	Після подачі команди не увімкнулася фаза B, або час увімкнення перевищивши 100мс
	Перевищення Tc Ph 3	147	Перевищення Tc Ph 3	Після подачі команди не увімкнулася фаза C, або час увімкнення перевищивши 100мс
	Несправність ланцюга тест акумулятора	148	Несправність ланцюга тест акумулятора	Обрив у колах заряджання акумулятора
	GPS несправний	149	GPS несправний	Не задіяно, GPS не використовується
	USB перевантажений	150	USB перевантажень	замикання на флеш-карті, підключеній до входу USB (після того, як нам встановлювати флеш карти)
	УРВ несправність	151	УРВ несправність	Через вимкнення реклоузер протікає струм > 100мА
	CBF Резерв Вимкнути	152	CBF Резерв Вимкнути	
Попередження	Попередження	40	Попередження	Попередження (загальний сигнал для наведених нижче)
	Статус позиції OSM недоступний	153	Статус позиції OSM недоступний	Неможливо отримати інформацію про увімкнене чи вимкнене положення реклоузера
	OSM вимкнено	41	OSM вимкнено	Від'єднаний кабель від шафи керування до реклоузера
	Механічно заблоковано	154	Механічно заблоковано	Реклоузер заблоковано після вимкнення штангою
	Конденсатори SIM не заряджені	155	Конденсатори SIM не заряджені	Конденсатори заряджені не повністю, увімкнення вимикачем по телекеруванню або з панелі керування не гарантується
	Статус батареї ненорм	156	Статус батареї ненорм	Напруга батареї вище чи нижче допустимої або батарея не підключена
	Battery Charger State: Low Power	157	Battery Charger State: Low Power	Несправність зарядного пристрою
	AC Off (On Battery Supply)	107	AC Off (On Battery Supply)	Відсутнє живлення від ТВП, живлення здійснюється тільки від батареї
	Battery Off (On AC Supply)	158	Battery Off (On AC Supply)	Відсутнє живлення від батареї, живлення здійснюється тільки від ТВП
	Критичний рівень заряду батареї	159	Критичний рівень заряду батареї	Низький заряд батареї, вимкнення панелі керування та телекерування протягом 5 хвилин від появи сигналу

	АС харчування High	160	АС живлення High	Напруга від ТВП вище за номінальну
	Перевірте батарею	161	Перевірте батарею	Батарея не пройшла тестування, необхідно перевірити та, за потреби, замінити
Двоелементна інформація				
загальні	Захист вкл	1008	Захист ввімкн.	Релейний захист введено в роботу
Двоелементні команди				
загальні	Увімкнення/Вимкнення	3000	Телекерування	Команди увімкнуті / вимкнуті від телекерування
Вимірювані дані				
Величин а	Ia	10000	Ia	Струм ф.А
	Ib	10001	Ib	Струм ф.В
	Ic	10002	Ic	Струм ф.С
	In	10006	In	Струм нульової послідовності
	Ua	10101	Ua	Напруга ф.А
	Ub	10102	Ub	Напруга ф.В
	Uc	10103	Uc	Напруга ф.С
	Uab	10003	Uab	Напруга ф.А-В
	Ubc	10004	Ubc	Напруга ф.В-С
	Uca	10005	Uca	Напруга ф.С-А
	Ur	10104	Ur	Напруга ф. R
	Us	10105	Us	Напруга ф. S
	Ut	10106	Ut	Напруга ф. T
	Urs	10107	Urs	Напруга ф. RS
	Ust	10108	Ust	Напруга ф. ST
	Utr	10109	Utr	Напруга ф. TR
	F ABC	10010	F ABC	Частота мережі на стороні ABC
	F RST	10110	F RST	Частота мережі на стороні RST
	кВА	10007	кВА	Повна потужність
	кВт	10008	кВт	Активна потужність
	кВАр	10009	кВАр	Реактивна потужність
	PF	10011	PF	Коефіцієнт потужності
	I2	10111	I2	Струм зворотної послідовності
U2	10112	U2	Напруга зворотної послідовності	
Вид uszkodження	10113	Вид uszkodження	Захист, що спрацював під час останньої аварії	
Ia макс	10114	Ia макс	Максимальне значення струму ф.А під час останньої аварії	

	I _b max	10115	I _b max	Максимальне значення струму ф.В під час останньої аварії
	I _c макс	10116	I _c макс	Максимальне значення струму ф.С під час останньої аварії
	I _n макс	10117	I _n макс	Максимальне значення струму нульової послідовності під час останньої аварії
	C _{bt}	10018	C _{bt}	Ємність батареї в % від номінальної

2.1.1 Панель управління (ПУ)

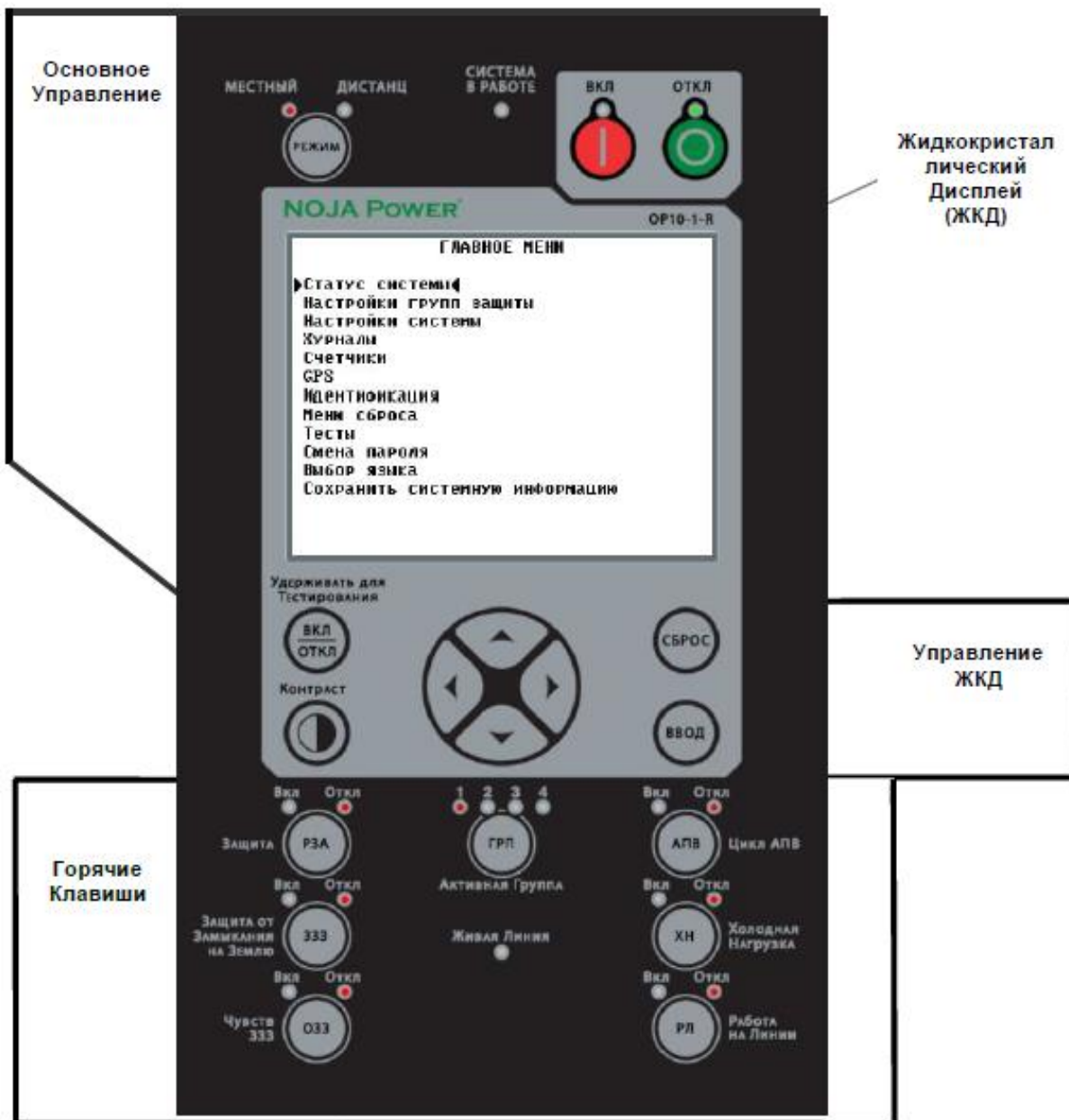


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд панелі управління

ПУ має запечатану мембранну клавіатуру з LED підсвічуванням кнопок управління та 320 x 240 РКД з підсвічуванням для проведення нічних робіт.

Панель керування використовується для доступу до наступної інформації:

- керування реклоузером та індикація стану
- подробиці операцій ВО (Журнал)

- перегляд та зміна налаштувань системи та захисту
- перегляд та зміна налаштувань комунікації та статусу портів
- перегляд усіх лічильників (лічильники SCADA та лічильники зносу)
- Перегляд журналу подій.

Вбудовані в панель LED відображають статус (наприклад, Увімк. або Вимк.). Коли натискаєте кнопку управління починає блимати LED індикатор 'нового статусу', що означає, що зміна була прийнята та обробляється. Коли зміна підтверджена та набуває чинності, LED індикатор 'старого статусу' згасає і LED 'нового статусу' починає горіти постійно. Ця операція не повинна займати більше однієї секунди.

LED “СИСТЕМА В РОБОТІ” блимає один раз на секунду під час нормальної роботи.

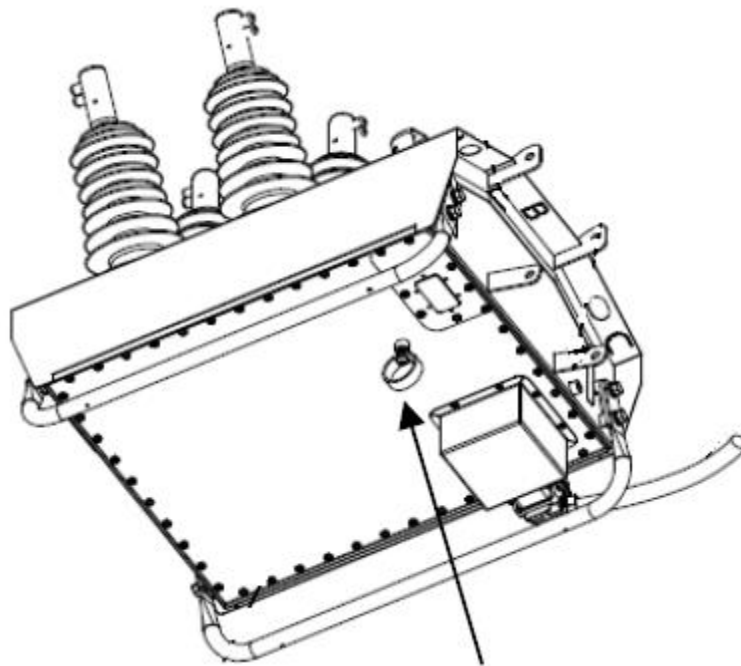
LED “Робота на Лінії” горить, коли активовано режим роботи на лінії. Режим ЖЛі активується з екрана статусу захисту або віддалено і може бути деактивована тільки з джерела, з якого була запущена.

2.1.2 Керування реклоузером

Керувати реклоузером здійснюється трьома способами:

- ручне керування (ТІЛЬКИ ВИМКНЕННЯ)
- місцево (з панелі керування)
- дистанційно (за допомогою телекерування)

Ручне керування. В нижній частині реклоузера є жовте металеве кільце (показано на рисунку нижче), яке також є механічним блокуванням. Якщо його потягнути донизу то реклоузер вимкнеться (вручну увімкнути реклоузер за допомогою кільця неможливо) та заблокується і не дасть можливості його увімкнути будь-яким способом. Для того, щоб розблокувати можливість увімкнення необхідно кільце повернути в попереднє положення.



Також знизу поруч з кільцем розташовано індикатор положення реклоузера, що має два положення:



відповідає увімкненому положенню



відповідає вимкненому положенню

Місьцеве керування

Місьцеве керування здійснюється кнопками з панелі керування.

Для місцевого керування реклоузером спочатку увімкнути панель кнопкою ВКЛ/ОТКЛ:



Одне натискання вмикає панель, при цьому засвічуються світлодіоди та дисплей, повторне натискання – вимикає, при цьому світлодіоди та дисплей гаснуть.



За допомогою кнопки РЕЖИМ (MODE) вибрати місцевий режим керування. Для цього необхідно натиснути кнопку РЕЖИМ щоб засвітився світлодіод МЕСТНЫЙ. Повторне натискання переводить реклоузер в дистанційний режим керування, при цьому засвічується світлодіод ДИСТАНЦ.


Для місцевого керування реклоузером призначені кнопки ВКЛ та ОТКЛ



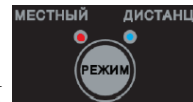
Одне натискання кнопки ВКЛ вимикає реклоузер, а кнопки ОТКЛ вимикає. Положенню реклоузера відповідає засвічення відповідного світлодіоду.

Тобто для місцевого керування реклоузером необхідно:

-переконались в тому, що кільце блокування піднято доверху;

-натиснути один раз кнопку 

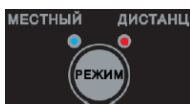
-перевести режим керування в місцеве положення



- натиснути необхідну кнопку керування

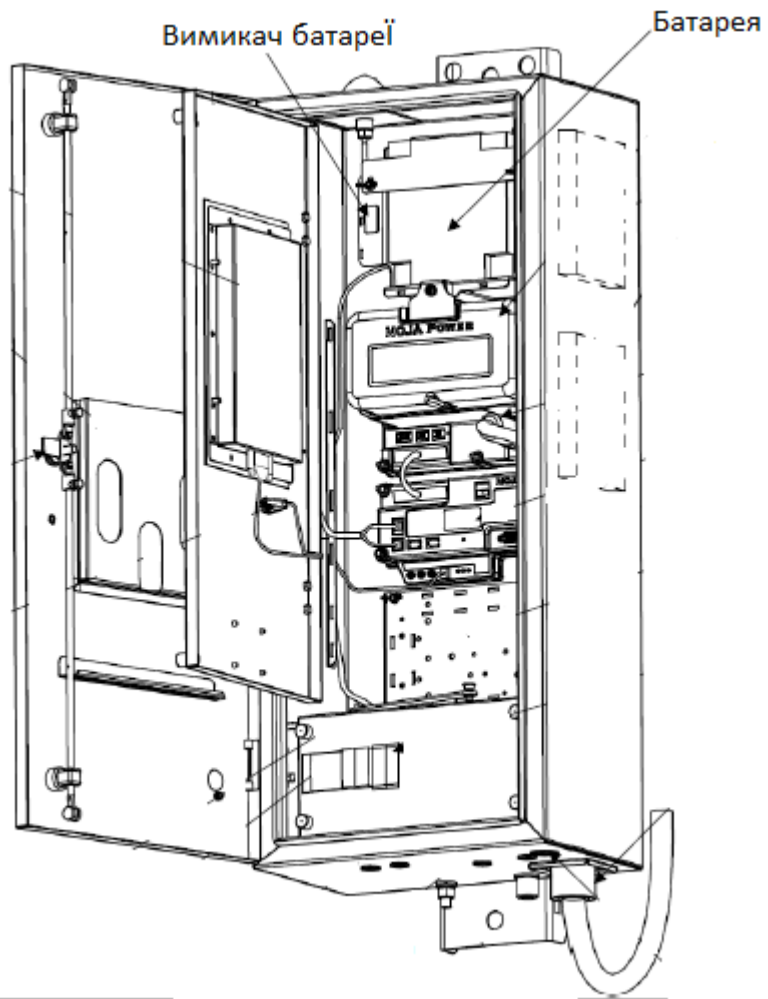


-по завершенню керування повернути в дистанційне положення



При довготривалому знеживленні лінії на якій встановлен реклоузер зі сторони трансформатора власних потреб, необхідно відключити батарею.

Для цього необхідно на внутрішніх дверцятах відкрутити дві гайки зверху і знизу та вимкнути вимикач батареї зліва від акумулятора. Після цього закрити дверцята та закрутити гайки.



Після подачі живлення на трансформатор власних потреб необхідно включити батарею.

РОЗДІЛ 3 ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СПОЖИВАЧІВ ТА ВИБІР РЕКЛОУЗЕРА ДЛЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ

3.1 Показники надійності електропостачання споживачів

Надійність електропостачання споживачів характеризують низкою показників, зокрема:

1) системний показник середньої частоти перерв електропостачання *SAIFI* (*System Average Interruption Frequency Index*)

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^k \omega_i n_i}{n}, \quad (3.1)$$

де i – означає розрахунковий вузол навантаження, до якого приєднано n_i споживачів; n – загальна кількість споживачів $n = \sum_{i=1}^k n_i$;

2) системний показник середньої тривалості перерви електропостачання *SAIDI* (*System Average Interruption Duration Index*)

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^k \omega_i t_{Bi} n_i}{n}; \quad (3.2)$$

3) середній на одного споживача недовідпуск електроенергії *AENS* (*A Energy not Supplied*)

$$AENS = \frac{\sum_{i=1}^k \omega_i t_{Bi} P_{Ci}}{n}; \quad (3.3)$$

4) недовідпуск електроенергії *ENS* (*Energy not Supplied*)

$$ENS = \sum_{i=1}^k \omega_i t_{Bi} P_{Ci}; \quad (3.4)$$

5) середній показник ненадійності (надійності) електропостачання

$$ASUI = \frac{\sum_{i=1}^k \omega_i t_{Bi} n_i}{n \cdot 8760}; \quad (ASAI = 1 - ASUI). \quad (3.5)$$

Для перших трьох показників існують аналогічні показники, які визначаються діленням не на n , а на n' - повну кількість споживачів, які мали хоча б одну перерву електропостачання. Ці показники визначені відносно одного споживача: *CAIFI*, *CAIDI*, *ACCI* (середній показник недовідпуску електроенергії одному споживачу).

Згідно з Постановою НКРЕ від 27.02.2011 р. № 232 надійність електропостачання споживача характеризують такі показники:

- а) індекс середньої частоти довгих перерв (далі – *SAIFI*);
- б) індекс середньої тривалості довгих перерв (далі – *SAIDI*);
- в) індекс середньої частоти коротких перерв (далі – *MAIFI*);
- г) розрахунковий обсяг недовідпущеної електроенергії (далі – *ENS*).

Довга перерва в електропостачанні – перерва в електропостачанні, тривалість якої від 3 хвилин і більше.

Коротка перерва в електропостачанні – перерва в електропостачанні, яка триває від часу спрацювання автоматичного вводу резервного живлення до 3 хвилин. [1]

Індекс середньої частоти довгих перерв *SAIFI* (*System Average Interruption Frequency Index*) розраховують як відношення сумарної кількості відключених точок продажу електричної енергії внаслідок усіх довгих перерв в електропостачанні протягом звітного періоду до загальної кількості точок продажу електричної енергії:

$$SAIFI^* = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{n} = \frac{218 + 154}{5215} = 0,07 \text{ перерв на одного споживача в рік, (3.6)}$$

де n_i – кількість точок продажу електричної енергії, відключених у результаті i -ї довгої перерви в електропостачанні, шт.;

k – кількість довгих перерв в електропостачанні протягом звітного періоду;

i – номер довгої перерви в електропостачанні, $i = 1, 2, 3, \dots, k$;

n – загальна кількість точок продажу електричної енергії, шт.

Індекс середньої частоти коротких перерв *MAIFI* (*Momentary Average Interruption Frequency Index*) розраховують як відношення сумарної кількості відключених точок продажу електричної енергії внаслідок усіх коротких перерв в електропостачанні протягом звітного періоду до загальної кількості точок продажу електричної енергії:

$$MAIFI^* = \frac{\sum_{j=1}^r n_j}{n}, \quad (3.7)$$

де n_j – кількість точок продажу електричної енергії, відключених у результаті j -ї короткої перерви в електропостачанні, шт.;

r – кількість коротких перерв у електропостачанні протягом звітного періоду;

j – номер короткої перерви в електропостачанні, $j = 1, 2, 3, \dots, r$.

Індекс середньої тривалості довгих перерв *SAIDI* (*System Average Interruption Duration Index*) розраховують як відношення сумарної тривалості вимкнень точок продажу електричної енергії внаслідок усіх довгих перерв в електропостачанні за звітний період до загальної кількості точок продажу електричної енергії:

$$SAIDI^* = \frac{\sum_{i=1}^k t_i n_i}{n} = \frac{9 \cdot 218 + 15 \cdot 154}{5215} = 0,82 \text{ год. на одного споживача в рік, } (3.8)$$

де t_i – тривалість i -ї довгої перерви в електропостачанні, хв.

Показник SAIDI в цілому по Україні склав за 2019 рік 478 хвилин для планових відключень, 683 хвилини – для непланових. У сільській місцевості індекс SAIDI нерідко перевищує 1000 хвилин. Для порівняння, індекс SAIDI в країнах ЄС за 2019 рік склав 160 хвилин для планових відключень і 102

хвилини – для непланових. Серед кращих світових прикладів можна відмітити Південну Корею, де рівень SAIDI складає вже близько 9 хвилин.

Розрахунковий обсяг недовідпущеної електроенергії *ENS* (*Energy not Supplied*) розраховують як суму добутків кількості відключених точок продажу електричної енергії на тривалість довгої перерви та на середнє споживання електроенергії на відповідному рівні напруги:

$$ENS^* = \frac{\sum_{i=1}^k t_i n_i^z Q^z}{43800} = \frac{9 \cdot 218 \cdot 6 + 15 \cdot 154 \cdot 8}{43800} = 0,691 \text{ тис. кВт}\cdot\text{год}, \quad (3.9)$$

де z – ознака рівня напруги та відповідної території (0,4 кВ – міський населений пункт, 0,4 кВ – сільський населений пункт, 6-20 кВ – міський населений пункт, 6-20 кВ – сільський населений пункт, 27,5-35 кВ, 110/154 кВ);

n_i^z – кількість точок продажу електричної енергії, відключених внаслідок i -го довгого переривання з z -ю ознакою рівня напруги та відповідної території, 31уч.;

t – тривалість i -ї довгої перерви в електропостачанні, хв.;

Q^z – середньомісячне споживання електричної енергії в попередньому році на одну точку продажу електричної енергії з z -ю ознакою рівня напруги та відповідної території, тис. кВт·год;

43800 – звітний період часу (середньомісячний за рік), перерахований у хвилинах.

Ці показники визначають стосовно запланованих перерв з попередженням та без попередження, а також незапланованих (аварійних) перерв з вини інших ліцензіатів або споживачів, форс-мажорних обставин, з вини інших осіб, технологічних порушень в мережах ліцензіата. Визначення здійснюють диференційовано для різних рівнів напруги та відповідних територій (міських і сільських населених пунктів). [1]

Перерва вважається запланованою, якщо є відповідне документальне підтвердження. Заплановані перерви поділяють на:

- запланована перерва без попередження споживачів - тимчасове припинення постачання електричної енергії споживачам, пов'язане з ремонтом або обслуговуванням електричних мереж, про яке споживачів не було повідомлено за добу, що передувала зазначеній перерві в електропостачанні;

- запланована перерва з попередженням споживачів – тимчасове припинення постачання електричної енергії споживачам, пов'язане з ремонтом або обслуговуванням електричних мереж, про яке споживачів було повідомлено не пізніше ніж за добу, що передувала зазначеній перерві в електропостачанні. Перерва вважається запланованою з попередженням, якщо є відповідне документальне підтвердження, що споживачі були повідомлені про перерву в електропостачанні.

Розглянемо два варіанти секціонування повітряної лінії 10 кВ: з використанням роз'єднувачів та реклоузерів. Вихідні дані (рис. 3.1): всі середні навантаження приєднаних до лінії підстанцій однакові і дорівнюють 400 кВт; протяжність магістралі лінії – 15 км; протяжність ділянки між секційними пристроями – 5 км; протяжність кожного відгалуження – 1 км.

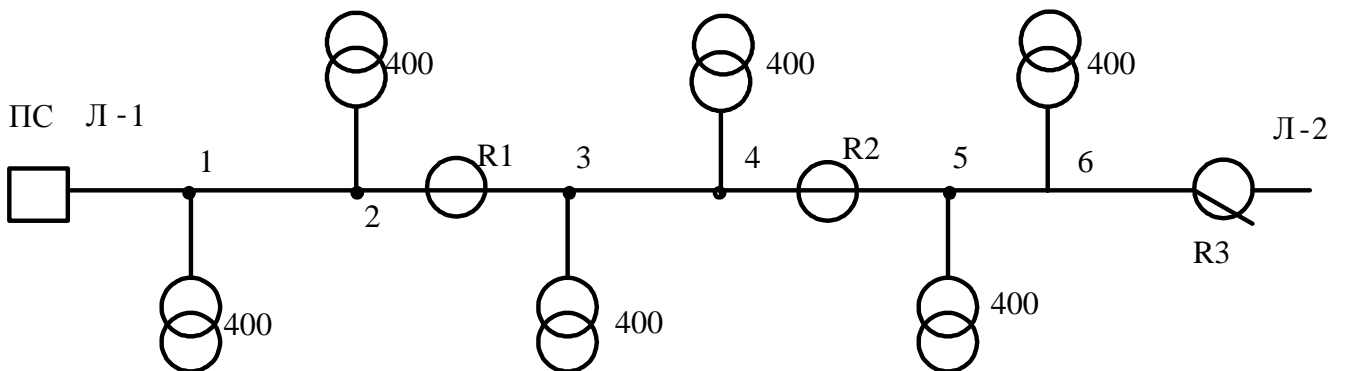


Рисунок 3.1 – Схема повітряної лінії

Критерієм оптимізації для обґрунтування доцільності встановлення реклоузерів в розподільній мережі з метою підвищення надійності електропостачання споживачів є мінімізація річного недовідпущення електричної енергії ($W_{\text{нед.а}}$) усім споживачам, яке розраховується для лінії за виразом:

$$W_{\text{нед.а}} = (0,01 \cdot \omega_{0\text{л}} t_{\text{в.л}} L + \omega_{\text{т}} t_{\text{в.т}} N_{\text{т}}) \cdot P_{\text{с}}, \quad (3.10)$$

де $\omega_{0\text{л}}$ – питома частота пошкоджень ПЛ 10 кВ (1/на 100 км в рік); $t_{\text{в.л}}$ – середній час відновлення одного стійкого пошкодження лінії (год.); L – довжина ділянки лінії (км); $\omega_{\text{т}}$ – частота пошкоджень трансформаторів напругою 10 кВ; $t_{\text{в.т}}$ – середній час відновлення трансформатора; $N_{\text{т}}$ – кількість розподільних трансформаторів, приєднаних до лінії; $P_{\text{с}}$ – середня річна активна потужність навантаження лінії.

У базовому варіанті ймовірність вимкнення споживачів по всій протяжності фідера однакова. Де б не сталося КЗ (в точках К1, К2 і К3) електропостачання втрачають всі споживачі. Ймовірність або кількість вимкнень фідера визначається його сумарною довжиною (15 км по магістралі і 6 км по відгалуженнях). Сумарне недовідпущення електроенергії споживачам:

$$\begin{aligned} W_{\text{нед.а}} &= (0,01 \cdot \omega_{0\text{л}} t_{\text{в.л}} L + \omega_{\text{т}} t_{\text{в.т}} N_{\text{т}}) \cdot P_{\text{с}} = \\ &= (0,01 \cdot 7,64 \cdot 5 \cdot 21 + 0,016 \cdot 50 \cdot 6) \cdot 2400 = 30773 \text{ кВт} \cdot \text{год.} / \text{рік}. \end{aligned}$$

Недовідпущення електроенергії споживачам окремих ділянок буде однаковим $W_{\text{нед.а}} = \{10258, 10258, 10258\}$ кВт·год./рік.

Розглянемо можливість послідовного секціонування лінії з одностороннім живленням. На схемі лінія розділена на три ділянки. Замість роз'єднувачів встановлені автоматичні реклоузери. У даному випадку, ймовірність вимкнення споживачів визначається ймовірністю виникнення

пошкодження на кожній окремій ділянці. При виникненні КЗ на ділянці від головного вимикача до реклоузера $R1$ електропостачання, як і в першому випадку, втрачають всі споживачі. У разі КЗ на ділянці від $R1$ до $R2$ відключаться тільки споживачі за реклоузером $R1$, а у разі КЗ на ділянці за $R2$ живлення збережуть усі споживачі за винятком третьої ділянки. Таким чином, при послідовному секціонуванні лінії з одностороннім живленням надійність споживачів окремих ділянок тим вища, чим ближче знаходиться споживач до центру живлення.

Показники надійності в цьому прикладі необхідно враховувати окремо по кожній ділянці, а сумарне недовідпущення електроенергії визначається як сума недовідпущень при КЗ на різних ділянках лінії:

$$W_{\text{нед.а}} = (0,01 \cdot 7,64 \cdot 5 \cdot 7 + 0,016 \cdot 50 \cdot 2) \cdot 2400 + \\ + (0,01 \cdot 7,64 \cdot 5 \cdot 7 + 0,016 \cdot 50 \cdot 2) \cdot 1600 + \\ + (0,01 \cdot 7,64 \cdot 5 \cdot 7 + 0,016 \cdot 50 \cdot 2) \cdot 800 = 20515 \text{ кВт} \cdot \text{год./рік.}$$

Як видно з наведених результатів, недовідпущення електричної енергії по мережі в цілому знизилося в порівнянні з базовим варіантом на 33 %. Однак недовідпущення електроенергії споживачам окремих ділянок буде неоднаковим: $W_{\text{нед.а}} = \{3419, 6838, 10258\}$ кВт·год./рік. Для споживачів першої ділянки недовідпущення електричної енергії знизилося на 67 %, другої – на 33 %, а третьої – не змінилося.

Отримано вирази, які дозволяють визначати оптимальну кількість КА, що встановлюються на магістральній лінії і відгалуженнях. При цьому пошкодження лінії в будь-якій точці вважаються рівноймовірними, а навантаження – рівномірно розподіленим уздовж магістралі.

Недовідпуск електричної енергії за рік для несекціонованої лінії становить

$$W_{\text{нед.0}} = p_0 L^2 \omega t_p, \quad (3.11)$$

де p_0 – питоме навантаження, кВт/км; L – загальна довжина лінії, км; ω – частота відмов, 1/(км·рік); t_p – середня тривалість одного відключення, год.

У разі встановлення на лінії одного секційного апарату на відстані l від кінця лінії, загальний недовідпуск електроенергії складе

$$W_{\text{нед.1}} = p_0 L(L-l)\omega t_p + p_0 l^2 \omega t_p. \quad (3.12)$$

Авторами даної методики показано, що у разі встановлення на лінії N секційних пристроїв аварійний недовідпуск електроенергії буде дорівнює

$$W_{\text{нед.N}} = \frac{1}{2} W_{\text{нед.0}} \frac{N+2}{N+1}. \quad (3.13)$$

Зокрема,

$$W_{\text{нед.1}} = \frac{3}{4} W_{\text{нед.0}}; \quad W_{\text{нед.2}} = \frac{2}{3} W_{\text{нед.0}}.$$

Річний збиток від перерв в електропостачанні, для несекціонованої лінії становить

$$Z_{\text{пер.0}} = z_{\text{пер}} W_{\text{нед.0}}.$$

де $z_{\text{пер}}$ - питомий збиток від перерв електропостачання, грн / (кВт·год).

Річний збиток при установці N секційних пристроїв буде дорівнювати

$$Z_{\text{пер.N}} = \frac{1}{2} z_{\text{пер.0}} \frac{N+2}{N+1}.$$

Відповідно зниження збитків при установці N пристроїв складе

$$\Delta Z_{\text{пер.N}} = \frac{1}{2} z_{\text{пер.0}} \frac{N}{N+1}.$$

Використовуючи формули для розрахунку недовідпуску електроенергії і зведених витрат на одну лінію з урахуванням збитку, отримано вираз для розрахунку оптимальної кількості секційних апаратів в мережі

$$N_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{3_{\text{пер.0}}}{2EK_c}} - 1.$$

де K_c – вартість одного секційного пристрою, грн.

При цьому приймається, що навантаження споживачів рівномірно розподілене вздовж магістралі і відгалуження. [1]

3.2 Вибір реклоузера для високвольтних ліній Вінниччини

1. Заміри навантаження у режимні дні за попередні 5 років по ЛЕП 10 кВ

Літній замір															
Місяць, рік	06.16			06.17			06.18			06.19			06.20		
Години	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	22 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	22 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	22 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	22 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	22 ⁰⁰
Навантаження, А	20	20	15	15	25	20	10	15	20	15	20	27	7	20	20

Зимовий замір															
Місяць, рік	12.15			12.16			12.17			12.18			12.19		
Години	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	17 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	17 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	17 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	17 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	17 ⁰⁰
Навантаження, А	30	20	20	25	20	15	30	35	30	25	23	30	10	15	15

2. Розрахунок струмів КЗ на шинах 10 кВ

T1: $x_{\text{max}} = 3,07 \text{ Ом}$, $r_{\text{max}} = 0,64 \text{ Ом}$, $I_{\text{max}} = 1936 \text{ А}$;

$x_{\text{min}} = 4,58 \text{ Ом}$, $r_{\text{min}} = 1,17 \text{ Ом}$, $I_{\text{min}} = 1285 \text{ А}$.

T2: $x_{\text{max}} = 3,15 \text{ Ом}$, $r_{\text{max}} = 0,64 \text{ Ом}$, $I_{\text{max}} = 1886 \text{ А}$;

$x_{\text{min}} = 4,66 \text{ Ом}$, $r_{\text{min}} = 1,17 \text{ Ом}$, $I_{\text{min}} = 1263 \text{ А}$.

Рисунок 3.2 – Вихідні дані

Реклоузер серії OSM призначений для застосування на повітряних розподільчих мережах трифазного змінного струму частотою 50 Гц, номінальною напругою 10 (6) кВ для забезпечення секціонування, захисту та гнучкості оперативного керування мережею.

Комплект реклоузера складається з комутаційного модуля із вбудованими трансформаторами струму та трансформатором власних потреб, мікропроцесорної шафи управління та захисту.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики OSM.

Найменування параметра	Значення параметра
Номинальна напруга, кВ	12
Найбільша робоча напруга, кВ	14,4
Номинальний струм, А	630
Номинальний струм відключення при короткому замиканні, кА	20
Номинальний струм короткого замикання, кА	50
Власний час ввімкнення, мс, не більше	60
Власний час вимкнення, мс, не більше	45
Механічний ресурс, циклів ВВ	10 000
Маса вимикача, кг	100

Проведемо перевірку вибраного вакуумного реклоузера:

По напрузі:

$$U_{\text{ном.Р}} \geq U_{\text{ном.М}};$$

$$12\text{кВ} \geq 10\text{кВ}.$$

де $U_{\text{ном.Р}}$ – номінальна напруга вакуумного реклоузера, кВ;

$U_{\text{ном.М}}$ – номінальна напруга мережі, кВ.

По найбільшій робочій напрузі:

$$U_{\text{макс.Р}} \geq U_{\text{макс.М}};$$

$$14,4\text{кВ} \geq 12\text{кВ}.$$

де $U_{\text{макс.Р}}$ – найбільша робоча напруга вакуумного реклоузера, кВ;

$U_{\text{макс.М}}$ – найбільша напруга мережі, кВ.

За максимальним робочим струмом:

Вихідні данні: максимальне значення замірів навантаження у режимні дні за попередні 5 років становить – **35 А** (о 13⁰⁰ 12.2017р.).

$$I_{\text{ном.Р}} \geq I_{\text{макс.}} ;$$

$$630\text{А} \geq 35\text{А.}$$

де $I_{\text{ном.Р}}$ – номінальний струм вакуумного реклоузера, А;

$I_{\text{макс.}}$ – максимальне значення замірів навантаження у режимні дні за попередні 5 років, А.

По відключаючій здатності:

а) симетричний струм відключення

$$I_{\text{Пт}} \leq I_{\text{відкл.Р}} ;$$

де $I_{\text{Пт}}$ – розрахункова періодична складова струму к.з., $I_{\text{Пт}}=1,936$ кА (струм к.з. на 1с. ЗШ-10 кВ);

$I_{\text{відкл.В}}$ – номінальний струм відключення вакуумного реклоузера, кА.

$$1,936\text{кА} \leq 20\text{кА.}$$

б) можливість відключення аперіодичної складової струму к.з.:

$$i_{\text{ат}} \leq i_{\text{а.ном}}$$

де $i_{\text{ат}}$ – аперіодична складова струму к.з. в момент розходження контактів, яка розраховується за виразом:

$$i_{\text{ат}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{ПО}} \cdot e^{\frac{\tau}{T_a}},$$

де $I_{\text{ПО}}$ – періодичне значення періодичної складової струму КЗ, $I_{\text{ПО}}=1,936$ кА (струм к.з. на 1с. ЗШ-10 кВ);

τ – розрахунковий час від початку к.з. до моменту розходження контактів вакуумного реклоузера, який розраховується за наступним виразом:

$$\tau = \tau_{\text{РЗ.мін}} + \tau_{\text{СВ}} = 0 + 0,045 = 0,045\text{с,}$$

де $\tau_{\text{РЗ.мін}}$ – мінімальний час дії РЗ, $\tau_{\text{РЗ.мін}} = 0$ (Уставка захисту МСЗ-1 реклоузера) с;

τ_{CB} – власний час відключення вакуумного реклоузера, $\tau_{CB} = 0,045\text{с}$;

T_a – постійна часу затухання аперіодичної складової струму к.з. для розрахункової точки, $T_a = 0,01\text{с}$;

$i_{a.\text{ном.}}$ – номінальне допустиме значення аперіодичної складової у струмі, що відключається, для часу τ , яке розраховується за наступним виразом:

$$i_{a.\text{ном.}} = \frac{\sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{\text{відкл.в.}}}{100},$$

де β_n – нормована відносна величина аперіодичної складової струму к.з., $\beta_n = 60\%$;

$$i_{\text{ат}} = \sqrt{2} \cdot 1,936 \cdot e^{\frac{0,045}{0,01}} = 3,04 \cdot 10^{-2} \text{кА},$$

$$i_{a.\text{ном.}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 60 \cdot 20}{100} = 16,971 \text{кА},$$

$$3,04 \cdot 10^{-2} \text{кА} \leq 16,971 \text{кА}.$$

По електродинамічній стійкості:

а) по періодичній складовій струму к.з.

$$I_{\text{ПО}} \leq I_{\text{к.з.в.}};$$

де $I_{\text{ПО}}$ – періодичне значення періодичної складової струму к.з., $I_{\text{ПО}} = 1,936 \text{кА}$ (струм к.з. на 1с. ЗШ-10 кВ);

$I_{\text{к.з.в.}}$ – струм електродинамічної стійкості вакуумного реклоузера, $I_{\text{к.з.в.}} = 50 \text{кА}$.

$$1,936 \text{кА} \leq 50 \text{кА};$$

б) по ударному струму к.з.

$$i_{\text{уд}} \leq I_{\text{дин.в.}};$$

де $i_{\text{уд}}$ – ударний струм к.з., який розраховується за наступним виразом;

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{ПО}} \cdot \left(1 + e^{\frac{0,01}{T_a}}\right);$$

$I_{\text{дин.в.}}$ – електродинамічний струм, який вимикач може витримати.

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,936 \cdot (1 + e^{\frac{0,01}{0,01}}) = 3,745 \text{кА.}$$

$$3,745 \text{кА} \leq 50 \text{кА.}$$

За термічною стійкістю:

$$B_K \leq I_{\text{терм.в}}^2 \cdot t_{\text{терм.в}};$$

де B_K – тепловий імпульс розрахункового струму к.з., який визначається за виразом:

$$B_K = I_{\text{ПО}}^2 \cdot (t_{\text{терм.в}} + T_a);$$

де $t_{\text{відкл}}$ – сума часу дії РЗ та часу відключення вакуумного реклоузера. В якості тривалості дії РЗ при к.з. приймається уставка по часу захисту МСЗ-1 вакуумного реклоузера, яка становить 0,0 с. Повний час відключення вакуумного реклоузера складає не більше 0,045 с. Тому $t_{\text{відкл}} = 0,045$ с;

$I_{\text{терм.в}}$ – струм к.з., який вимикач може витримувати протягом часу 3с (струм термічної стійкості), 20А.

$t_{\text{терм.в}}$ – час протікання струму к.з..

$$B_K = 1,936^2 \cdot (0,045 + 0,01) = 0,206 \text{кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$I_{\text{терм.в}}^2 \cdot t_{\text{терм.в}} = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$0,206 \text{кА}^2 \cdot \text{с} \leq 1200 \text{кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Виходячи з результатів розрахунків проєктований вакуумний реклоузер типу OSM задовольняє умови перевірки.

Передбачається встановлення трансформаторів струму 10 кВ типу ТОЛУ-10-1 У2 класом точності 0,5s/10P з коефіцієнтом трансформації 200/5.

Вимірювальні трансформатори струму ТОЛУ-10-1 У2 призначенні для передачі сигналу вимірювальної інформації вимірювальним приладам, для ізолювання ланцюгів вторинних з'єднань від високої напруги змінного струму на клас напруги 10 кВ частотою 50 Гц.

Трансформатори виготовляються у виконанні У категорія розміщення 2 по ГОСТ 15150-69.

Трансформатори відповідають ДСТУ ІЕС 60044-1: 2008.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики ТОЛУ-10-1 У2

Найменування параметра	Значення параметра
Номинальна напруга, кВ	10
Значення найбільшої робочої напруги, кВ	12
Номинальний первинний струм, А	200
Номинальний вторинний струм, А	5
Номинальна частота, Гц	50
Клас точності вторинної обмотки: - для вимірювань - для захисту	0,5S 10P
Номинальне вторинне навантаження при $\cos\Phi=0,8$, ВА, обмотки: - для вимірювань - для захисту	10 15
Номинальна гранична кратність вторинної обмотки для захисту, не менше	8
Струм термічної стійкості для 1 с, кА	14,4
Струм електродинамічної стійкості, кА	36
Номинальний коефіцієнт безпеки приладів обмотки для вимірювань	5
Кількість вторинних обмоток	2

Виконаємо перевірку трансформаторів струму:

По номінальній напрузі:

$$U_{\text{ном.ТС}} \geq U_{\text{ном.М}};$$

$$10\text{кВ} \geq 10\text{кВ}.$$

де $U_{\text{ном.ТС}}$ – номінальна робоча напруга трансформаторів струму, кВ;

$U_{\text{мах.м}}$ – номінальна напруга мережі, кВ.

По найбільшій робочій напрузі:

$$U_{\text{мах.ТС}} \geq U_{\text{мах.м}};$$

$$12\text{кВ} \geq 12\text{кВ}.$$

де $U_{\text{мах.ТС}}$ – максимальна робоча напруга трансформаторів струму, кВ;

$U_{\text{мах.м}}$ – максимальна напруга мережі, кВ.

За максимальним робочим струмом:

$$I_{\text{ном.Р}} \geq I_{\text{мах.}};$$

$$200\text{А} \geq 35\text{А}.$$

де $I_{\text{ном.}}$ – номінальний струм первинної обмотки трансформатора струму, А;

$I_{\text{мах.}}$ – максимальне значення замірів навантаження у режимні дні за попередні 5 років, 35 А.

По електродинамічній стійкості до струмів к.з.:

$$i_{\text{уд}} \leq I_{\text{дин.ТС}}.$$

де $i_{\text{уд}}$ – ударний струм к.з., кА;

$I_{\text{дин.ТС}}$ – електричний струм, який може витримати трансформатор струму, А.

Ударний струм розраховується за виразом:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{П0}} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0.01}{T_a}}\right).$$

де $I_{\text{П0}}$ – початкове значення періодичної складової струму к.з., $I_{\text{П0}}=1,936$ кА (струм к.з. на 1с. ЗШ-10 кВ);

T_a – постійна часу затухання аперіодичної складової струму к.з. для розрахункової точки, $T_a=0,01\text{с}$.

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 1,936 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0.01}{0,01}}\right) = 3,745\text{кА}.$$

$$3,745\text{кА} \leq 36\text{кА}.$$

За термічною стійкістю:

$$B_K \leq I_{\text{терм.В}}^2 \cdot t_{\text{терм.В}};$$

де B_K – тепловий імпульс розрахункового струму к.з., який визначається за виразом:

$$B_K = I_{\text{ПО}}^2 \cdot (t_{\text{відкл}} + T_a);$$

де $t_{\text{відкл}}$ – сума часу дії РЗ та часу відключення вакуумного масляного вимикача. В якості тривалості дії РЗ при к.з. приймається уставка по часу захисту МСЗ-1 вимикача 10 кВ, яка становить 0,5 с. Повний час відключення масляного вимикача складає не більше 0,1 с. Тому $t_{\text{відкл.}} = 0,6$ с;

$I_{\text{терм.в.}}$ – струм к.з., який трансформатор струму може витримувати протягом часу 1с (струм термічної стійкості);

$t_{\text{терм.в.}}$ – час протікання струму к.з.

$$B_K = 1,936^2 \cdot (0,6 + 0,01) = 2,624 \text{кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$I_{\text{терм.в.}}^2 \cdot t_{\text{терм.в.}} = 14,4^2 \cdot 1 = 207,36 \text{кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$2,624 \text{кА}^2 \cdot \text{с} \leq 207,36 \text{кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Виходячи з результатів розрахунків проєктовані трансформатори струму типу ТОЛУ-10-1 У2 задовольняє умови перевірки.

Передбачається встановлення трьох однофазних трансформаторів напруги типу IVS1F-1.1.1.

Трифазна антирезонансна група однофазних вимірювальних трансформаторів напруги 3хIVS1F-1.1.1 являється групою однофазних трансформаторів конструктивно закріплених на монолітній рамі. Виріб призначений для передачі сигналу вимірювальної інформації вимірювальним приладам для ізолювання кіл вторинних з'єднань від високої напруги змінного струму на клас напруги 10 кВ частотою 50 Гц.

Положення трансформаторів в просторі – будь-яке.

Трансформатори відповідають ДСТУ EN 61869-1:2017.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристик IVS1F-1.1.1

Найменування параметра	Значення параметра
Номінальна робоча напруга, кВ	$10/\sqrt{3}$
Номінальна частота, Гц	50
Номінальна напруга основної вторинної обмотки, В	$100/\sqrt{3}$
Номінальна напруга додаткової вторинної обмотки, В	$100/\sqrt{3}$
Значення номінальної повної потужності трансформатора, ВА, при роботі в класі точності: 0,5	50

Перевірка трансформаторів напруги:

По номінальній напрузі:

$$U_{\text{ном.ТН}} \geq U_{\text{ном.М}} / \sqrt{3};$$

$$10/\sqrt{3} \text{ кВ} \geq 10/\sqrt{3} \text{ кВ.}$$

де $U_{\text{ном.ТН}}$ – номінальна робоча напруга трансформатора напруги, кВ;

$U_{\text{ном.М}}$ – номінальна напруга мережі, кВ.

Відповідно до результатів перевірки проєктовані трансформатори напруги типу IVS1F-1.1.1 задовольняють умови перевірки.

3.3 Розрахунок релейного захисту

Таблиця 3.4 - Загальні розрахункові дані.

Первинна розрахункова напруга, $U_{\text{вн.}}$, кВ	Вторинна розрахункова напруга, $U_{\text{нн.}}$, кВ
10,5	-

Таблиця 3.5 - Існуючі уставки РЗА та струми (опори) к.з. живлячої ПС.

Уставка струму МС31, А	Уставка часу МС31, с	Уставка струму МС32, А	Уставка часу МС32, с	Уставка струму СВ, А	Макс. опір к.з.	Мін. опір к.з.	Коеф. тр-ції ТС-10
240	0,5	-	-	900	$r_{\text{макс}}=0,63$ Ом, $x_{\text{макс}}=5,45$ Ом	$r_{\text{мін}}=1,36$ Ом, $x_{\text{мін}}=5,45$ Ом	150/5

Таблиця 3.6 - Технічні дані існуючої ПЛ-10 кВ Л-14.

Ділянка	Марка провoda	Довжина, L, км	Номинальний струм жили, А	Струм терміч. стійкості 1с, кА	Активний опір, r, Ом/км	Індуктивний опір, x, Ом/км
Н1	3хАС-50/8,0	6,3	210	-	0,596	0,392
Н2	3хАС-50/8,0	5,46	210	-	0,596	0,392

Однолінійна пояснювальна схема:

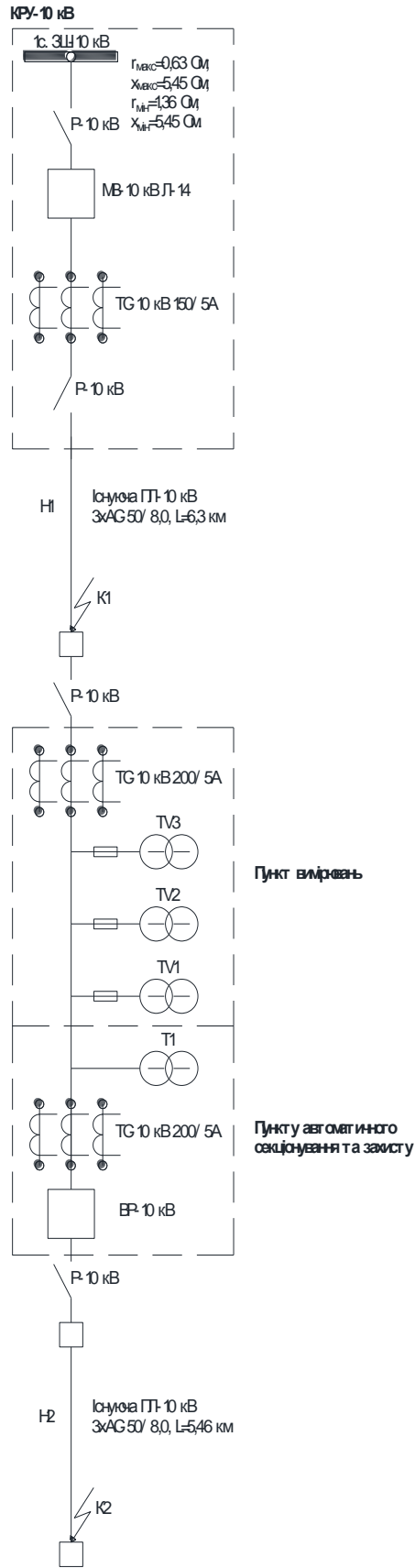
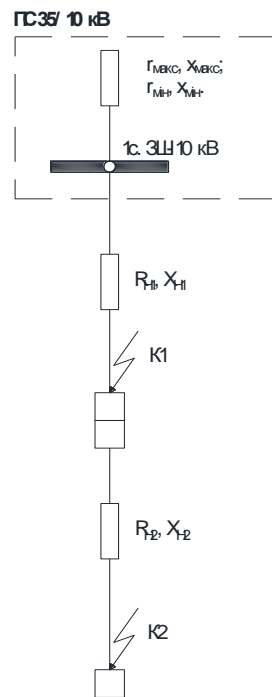


Схема заміщення:ПЛ-10 кВ Н1:

$$R_{H1} = r_{H1} \cdot L_{H1} = 0,596 \cdot 6,3 = 3,75 \text{ Ом};$$

$$X_{H1} = x_{H1} \cdot L_{H1} = 0,392 \cdot 6,3 = 2,47 \text{ Ом};$$

ПЛ-10 кВ Н2:

$$R_{H2} = r_{H2} \cdot L_{H2} = 0,596 \cdot 5,46 = 3,250 \text{ м};$$

$$X_{H2} = x_{H2} \cdot L_{H2} = 0,392 \cdot 5,46 = 2,14 \text{ Ом};$$

Точка К1:

$$Z_{K1.макс} = \sqrt{(r_{макс} + R_{H1})^2 + (x_{макс} + X_{H1})^2}$$

$$= \sqrt{(0,63 + 3,75)^2 + (5,45 + 2,47)^2} = 9,05 \text{ Ом};$$

$$Z_{K1.мін} = \sqrt{(r_{мін} + R_{H1})^2 + (x_{мін} + X_{H1})^2} = \sqrt{(1,36 + 3,75)^2 + (5,45 + 2,47)^2}$$

$$= 9,43 \text{ Ом};$$

Точка К2:

$$\begin{aligned}
 Z_{K2.макс} &= \sqrt{(r_{макс} + R_{H1} + R_{H2})^2 + (x_{макс} + X_{H1} + X_{H2})^2} \\
 &= \sqrt{(0,63 + 3,75 + 3,25)^2 + (5,45 + 2,47 + 2,14)^2} = 12,63 \text{ Ом}; \\
 Z_{K2.мін} &= \sqrt{(r_{мін} + R_{H1} + R_{H2})^2 + (x_{мін} + X_{H1} + X_{H2})^2} \\
 &= \sqrt{(1,36 + 3,75 + 3,25)^2 + (5,45 + 2,47 + 2,14)^2} = 13,08 \text{ Ом};
 \end{aligned}$$

Розрахунок струмів к.з. у вказаних на пояснювальній схемі контрольних точках

Точка К1:

$$\begin{aligned}
 I_{K1.макс} &= \frac{U_{BH}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1.макс}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 9,05} = 0,670 \text{ кА} \rightarrow 670\text{А}; \\
 I_{K1.мін} &= \frac{U_{BH}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1.мін}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 9,43} = 0,643 \text{ кА} \rightarrow 643\text{А}.
 \end{aligned}$$

Точка К2:

$$\begin{aligned}
 I_{K2.макс} &= \frac{U_{BH}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K2.макс}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 12,63} = 0,480 \text{ кА} \rightarrow 480\text{А}; \\
 I_{K2.мін} &= \frac{U_{BH}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K2.мін}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 13,08} = 0,463 \text{ кА} \rightarrow 463\text{А}.
 \end{aligned}$$

Вибір апаратури РЗіА

Таблиця 3.7 - Трансформатори струму.

Місце встановлення	Коеф. тр-ції, $K_{ТТС}$.	Номинальний струм вторинної обмотки, $I_{ТС.П}$, А	Гранична кратн. струму вторин. обмотки, $K_{ТС.П}$.	Гранично допуст. струм вторинної обмотки, $I_{ТС.П.МАКС.}$, А
ПС 35/10 кВ	150/5	5	8	40
Вакуумний реклоузер 10 кВ	200/5	5	10	50

Таблиця 3.8 - Струмове реле захисту.

Місце встановлення	Тип реле	Напруга живл., В	Ном. струм, А	Підживл. при к.з. по струм. колам	Струм термічн. стійкості
ПС 35/10 кВ	РТ-85	-	5,0	-	-
Вакуумний реклоузер 10 кВ	-	-	5,0	-	500А/2с. 1000А/1с.

Розрахунок уставок РЗіА

Загальні розрахункові дані:

$$K_H = 1,2;$$

$$K_{ПОВ.} = 0,95;$$

$$K_{СЗП.} = 1,2;$$

$$K_{Ч.МСЗ.} = >1,5;$$

$$K_{ЗАП.СВ.} = 1,1;$$

$$K_{ЗАП.АВТ.} = 1,2-1,4;$$

$$K_{\text{ЗАП.ЗАП.}} = 1,5.$$

Загальні розрахункові дані:

$$I_{\text{РОБ.НОМ.}} = 35 \text{ А};$$

$$I_{\text{МСЗ.мін}} = \frac{K_{\text{Н.}} \cdot K_{\text{СЗП.}}}{K_{\text{ПОВ.}}} \cdot I_{\text{РОБ.НОМ.}} = \frac{1,2 \cdot 1,2}{0,95} \cdot 35 = 53,05 \text{ А};$$

$$I_{\text{МСЗ.макс}} = I_{\text{К2.мін}} = 463 \text{ А};$$

$$I_{\text{СВ.мін}} = I_{\text{К2.макс}} \cdot K_{\text{ЗАП.СВ.}} = 480 \cdot 1,1 = 528 \text{ А}.$$

МС31 ПЛ-10 кВ вакуумний реклоузер:

$$I_{\text{МСЗ.макс}} > I_{\text{МС31}} > I_{\text{МСЗ.мін.}};$$

$$463\text{А} > I_{\text{МС31}} > 53,05\text{А};$$

$$I_{\text{МС31}} = 160 \text{ А};$$

$$I_{\text{МС31}} = \frac{I_{\text{МС31}}}{K_{\text{ТТС}}} = \frac{160}{40} = 4 \text{ А};$$

$$t_{\text{МС31}} = 0,0 \text{ с};$$

$$K_{\text{ч.МС31}} = \frac{I_{\text{МСЗ.макс}}}{I_{\text{МС31}}} = \frac{463}{160} = 2,89 > 1,5;$$

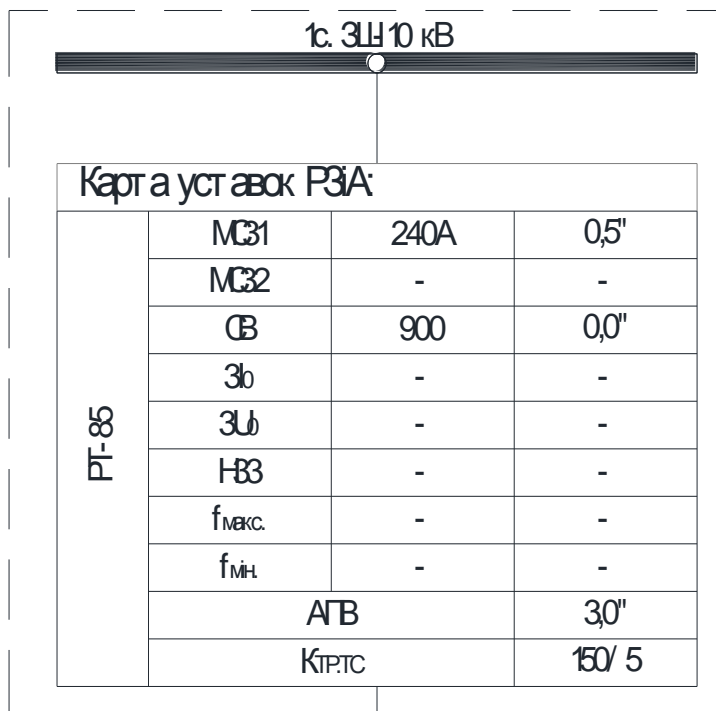
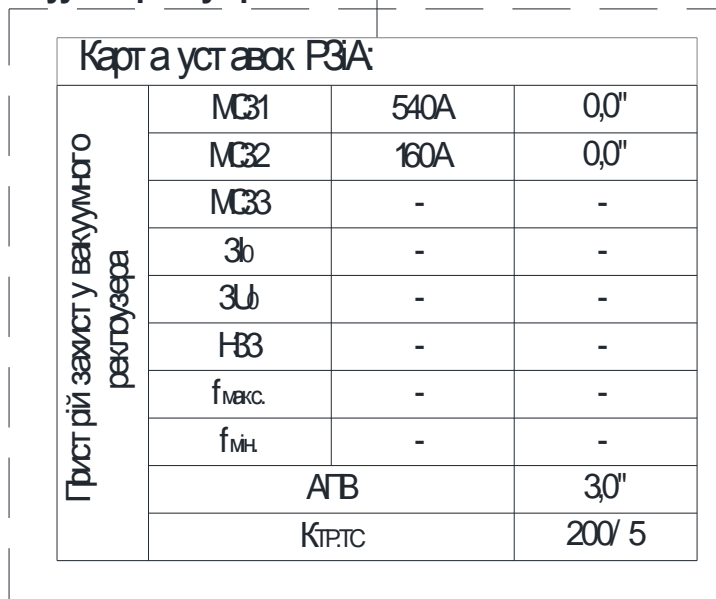
$$I_{\text{ТС.ІІ}} > I_{\text{МС31.ІІ}} \rightarrow 50\text{А} > 4\text{А}.$$

СВ ПЛ-10 кВ вакуумний реклоузер:

$$I_{\text{СВ}} > I_{\text{СВ.мін.}} \rightarrow I_{\text{СВ.Л}} > 528 \text{ А};$$

$$I_{\text{СВ.Л}} = 540 \text{ А};$$

$$I_{\text{СВ.ІІ}} = \frac{I_{\text{СВ.Л}}}{K_{\text{ТТС}}} = \frac{540}{40} = 13,5 \text{ А}; t_{\text{СВ.Л}} = 0 \text{ с}.$$

КРУ-10 кВ**Вакуумний ректузер 10 кВ**

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

4.1 **Визначення класу наслідків встановлення реклоузера**

Розрахунок виконується згідно ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності) будівель і споруд» від 1 грудня 2019.

Оцінка можливої небезпеки для здоров'я і життя людей

Кількість людей, які постійно перебувають (не менше ніж вісім годин на добу і не менше ніж 150 днів на рік):

- на ПЛ-10 кВ - 0.

Всього – 0.

Кількість людей, які періодично перебувають (не більше восьми годин на добу і не більше ніж 150 днів на рік):

- на ПЛ-10 кВ - 4.

Всього – 4.

Кількість людей, які перебувають зовні:

- на ПЛ-10 кВ - 20.

.Всього – 20.

За характеристикою можливої небезпеки для здоров'я і життя людей для об'єкта будівництва визначено клас наслідків (відповідальності) СС1.

Розрахунок обсягу можливого економічного збитку

Можливі економічні збитки для об'єктів будівництва складаються із збитків від руйнування чи пошкодження основних фондів (внаслідок аварійних ситуацій).

Найбільш імовірні аварійні ситуації на об'єктах будівництва, що можуть статися з техногенних або природних причин, пов'язані із виходом із ладу електричного обладнання пункту автоматичного секціонування та захисту.

Аварійні ситуації можуть виникнути внаслідок впливу таких факторів, як порушення правил експлуатації, впливу грозових розрядів, пошкодження обладнання при обслуговуванні, тощо.

Відповідно до ДСТУ 8855:2019 прогнозовані загальні збитки від руйнування та пошкодження основних фондів розраховуються за формулою:

$$\Phi = c \times P \left(1 - \frac{1}{2} T_{ef} \times K_{a,i} \right) \quad (4.1)$$

де Φ – прогнозовані збитки, тис. грн;

c – коефіцієнт, що враховує відносну долю вартості об'єкта, що повністю втрачається під час аварії. Значення c можна оцінювати при аналізі сценарію розвитку аварії відповідно до ДБН В.1.2-14. Умовно $c=0,45$;

P – вартість об'єкта, визначена на підставі ДСТУ Б Д.1.1-1 або за об'єктом-аналогом, тис. грн.

T_{ef} – середнє значення розрахункового строку експлуатації об'єкта, років;

$K_{a,i}$ – коефіцієнт амортизаційних відрахувань.

Вартість об'єкта (P) приймаємо 300 тис. грн. за об'єктом аналогом.

Середнє значення розрахункового терміну експлуатації (T_{ef}) складає 30 років.

Коефіцієнт амортизаційних відрахувань ($K_{a,i}$) визначається як:

$$K_{a,i} = \frac{1}{T_{ef}}, \quad (4.2)$$

$$K_{a,i} = \frac{1}{30} = 0,0333.$$

Прогнозовані загальні збитки від руйнування та пошкодження основних фондів складають:

$$\Phi = 0,45 \times 300 \times \left(1 - \frac{1}{2} \times 30 \times 0,0333 \right) = 6,756 \text{ тис. грн.}$$

Обсяг можливого економічного збитку в мінімальних заробітних платах визначається як:

$$\Phi_{\text{м.р.з.п.}} = \frac{\Phi}{\text{м.р.з.п.}}; \quad (4.3)$$

м.р.з.п. з 1 січня 2022 року становить 6,500 тис. грн.

$$\Phi_{\text{м.р.з.п.}} = \frac{6,756}{6,500} = 1,039.$$

За характеристикою можливого економічного збитку (у межах до 2500 включно) для об'єкта будівництва визначено клас наслідків відповідальності СС1 (незначні наслідки).

Оцінка можливого припинення функціонування лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, об'єктів комунікації, зв'язку енергетики та інших мереж

Відповідно до п. 4.13 ДСТУ 8855:2019 об'єкти будівництва відносяться до об'єктового рівня. [4]

Таблиця 4.1 – Зведена таблиця визначення класу наслідків (відповідальності) за характеристиками можливих наслідків відмов об'єктів будівництва

Клас наслідків (відповідальності) об'єктів	Характеристики можливих наслідків від відмови об'єктів				
	Можлива небезпека, кількість осіб			Обсяг можливого економічно го збитку, м.р.з.п.	Припинення функціонування лінійних об'єктів інженерно- транспортної інфраструктури, об'єктів комунікації, зв'язку енергетики та інших мереж, рівень
	Для здоров'я і життя людей, які постійно перебуваю ть на об'єкті	Для здоров'я і життя людей, які періодично перебувають на об'єкті	Для життєдіяльн ості людей, які перебувають зовні об'єкта		
СС1	СС1	СС1	СС1	СС1	(СС1) Об'єктовий

Висновок:

За сукупністю підсумкових даних відповідно до вимог ДСТУ 8855:2019 для об'єкта будівництва встановлюється клас наслідків (відповідальності) СС1.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В цьому розділі магістерської дипломної роботи розробляються заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в процесі підвищення надійності електричних мереж підприємства Вінницьких високовольтних мереж..

Наразі зі зростанням темпів розвитку сучасного виробництва значно зростає роль і значення охорони праці на підприємстві. Для дотримання нормального режиму праці робітників роботодавець зобов'язаний створити безпечні та сприятливі умови роботи, зокрема, такі, щоб забезпечували досягнення високих та ефективних результатів. Про це йдеться, зокрема в Законі України «Про охорону праці». Законодавством України установлені соціальні гарантії у сфері охорони праці найманих працівників, які потрібно виконувати в обов'язковому порядку.

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Основна мета охорони праці – зведення до мінімуму імовірності травматизму та захворювань працівників. Це здійснюється за рахунок забезпечення нормальних умов праці.

При експлуатації котельні на підприємстві необхідно використовувати нормативно-технічну документацію. Для постійного обслуговування обладнання працівники повинні бути забезпечені усіма необхідними інструментами. Крім того, необхідно створити сприятливі умови праці.

На електротехнічний оперативний персонал, який обслуговує обладнання котельні, згідно ГОСТ 12.0.003-74, діють такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- 1). фізичні:

- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена температура повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- підвищена та знижена рухомість повітря;
- підвищена та знижена рухомість повітря;
- недостатнє природне освітлення;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений рівень вібрації;
- знижена вологість повітря;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може пройти через тіло людини;
- незахищені рухомі елементи виробничого обладнання.

2). хімічні:

- загальнотоксичні речовини, які діють на нервову систему (окис вуглецю);
- подразнюючі речовини, що діють на очі, ніс, тіло людини (окис азоту).

3). психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (статичні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

5.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у приміщенні струмопровідної підлоги.

Перед допуском до роботи на комутаційних апаратах з дистанційним керуванням слід виконати такі технічні заходи:

- відключити силові кола приводу, кола оперативного струму і кола підігріву;
- закрити і замкнути на замок засувки на трубопроводі подачі повітря в баки вимикачів або на пневматичні приводи і випустити в атмосферу повітря, що в них є, в цьому разі спускні пробки (клапани) залишаються у відкритому стані;
- привести в неробочий стан вантаж або пружини, що вмикають комутаційні апарати;
- вивісити плакати «Не вмикати! Працюють люди» на ключах дистанційного керування і «Не відкривати! Працюють люди» на закритих засувках.

Для пробних вмикань і вимикань комутаційного апарата під час його налагоджування і регулювання допускається у випадку, якщо ще не здано наряд, тимчасове подавання напруги в кола оперативного струму і силові кола приводу, в кола сигналізації і підігрівання, а також подавання повітря в привод і на вимикач.

Встановлення знятих запобіжників, вмикання відключених кіл і відкриття засувок під час подавання повітря, а також зняття на час випробування плакатів «Не вмикати! Працюють люди» і «Не відкривати! Працюють люди» здійснюють оперативні працівники або з їх дозволу керівник робіт. Дистанційно вмикати або вимикати комутаційний апарат для випробування дозволяється особі, яка проводить налагодження чи регулювання, або за її вимогою оперативному працівнику.

Після випробування, в разі необхідності продовження роботи на комутаційному апараті, оперативним працівником або, з його дозволу – керівником робіт слід виконати технічні заходи, що вимагаються для допуску до роботи.

Підніматися на повітряний вимикач, що перебуває під робочим тиском, дозволяється тільки в разі проведення випробувальних і налагоджувальних робіт (регулювання демпферів, зняття віброграм,

під'єднаний або від'єднання провідників від вимірювальних приладів, визначення місць витoku повітря тощо).

Підймання на відключений повітряний вимикач з повітряноповненим відокремлювачем забороняється в усіх випадках, коли відокремлювач перебуває під робочим тиском.

Вологонепроникність (герметичність) повітряних вимикачів перевіряється за умови пониженого тиску відповідно до заводських інструкцій.

Перед підйманням на повітряний вимикач для випробування і налагодження необхідно:

- вимкнути кола оперативного струму;
- заблокувати кнопку місцевого керування та пускові клапани (наприклад від'єднати повітропровідні трубки, замкнути шафи тощо) чи поставити біля вимикача проінструктованого члена бригади, який допускав би до оперування вимикачем (після вмикання оперативного струму) тільки одного визначеного працівника за вказівкою керівника робіт.

В разі перебування людей на повітряному вимикачі, що перебуває під тиском, припиняються всі роботи в шафах керування і розподільчих.

Під час вмикання і вимикання повітряних вимикачів у разі перевірок, налагодження і випробування присутність людей біля вимикачів не допускається.

Команду на виконання операцій вимикачем керівник робіт з випробування і налагодження (або уповноважений ним член бригади) може подати після того, як члени бригади будуть відведені від вимикача на безпечну відстань або в укриття.

Перед допуском до роботи, пов'язаної з перебуванням людей всередині повітрозбірників, необхідно:

- закрити засувки на всіх повітропроводах, якими може бути подане повітря, замкнути на замок, вивісити на засувках плакати «Не відкривати! Працюють люди»;

- випустити повітря, що перебуває під тиском в повітрозбірнику, залишивши відкритими пробку в його верхній частині і спускний клапан;
- від'єднати від повітрозбірника повітропровід подавання повітря і встановити на ньому заглушки,

Нульове показання манометрів на баках вимикачів і повітрозбірників не може слугувати достовірною ознакою відсутності стисненого повітря,

Спускні пробки (клапани) або засувки дозволяється закривати тільки після загвинчування всіх болтів і гайок, що кріплять кришку лазу,

Компресорну установку слід обслуговувати згідно з «Правилами будови і безпечної експлуатації стаціонарних компресорних установок, повітропроводів і газопроводів» працівнику з групою ІІІ, закріпленому за цією установкою.

В приміщенні, де розташована когенераційна біопаливна установка знаходиться обладнання, яке відноситься до класу посудин, що працює під надлишковим тиском. Дане обладнання розміщується таким чином, що за ним можна здійснити нагляд та виконати ремонтні роботи. Згідно законодавства України, всі котли підлягають огляду інспектором з котлонагляду. Якщо в приміщенні, де розташована когенераційна біопаливна установка буде знайдено порушення в роботі котла або не задовільний стан котлоагрегату, то його використання припиняється, до моменту здійснення ремонту.

Обслуговуванням приміщення, де розташована когенераційна біопаливна установка підприємства займається машиніст установки. Експлуатація, обслуговування та ремонт здійснюється згідно інструкцій, які містять вимоги з техніки безпеки.

5.1.2 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць

Для опалення виробничих приміщень використовується власна котельня.

Персонал котельні повинен:

1. не залишати без нагляду обладнання, яке працює на газу;
2. не допускати до такого обладнання сторонніх осіб;
3. сповіщати майстру про аварійні ситуації, які виникають при роботі газового обладнання.

В котельні встановлений автоматичний блок керування насосами та компресорами, який використовується тоді, коли виникає загазованість повітря та зниження його температури нижче допустимої.

Все обладнання приміщення, де розташований водогрійний котел, і де знаходяться прилади під тиском, заземлене. Здійснюється навмисне електричне з'єднання з нульовим проводом металевих не струмоведучих частин, що можуть опинитись під напругою.

Для забезпечення безпечних умов праці персоналу здійснюються такі заходи: автоматична зупинка обладнання при виникненні аварійної ситуації; ізоляція трубопроводів та обладнання, що має температуру стінок $> 45^{\circ}\text{C}$; розміщення арматури таким чином, щоб вона була доступна для обслуговування; заземлення та занулення обладнання; герметичність обладнання; раціональне виконання кольорової обробки приміщень; створення температурного та вологого режиму, згідно норм технологічного режиму.

В приміщенні, де розташований водогрійний котел, використовується трифазна 4-провідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Умови роботи за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом є з підвищеною небезпекою. Оскільки в приміщенні, де розташована когенераційна біопаливна установка, залізобетонна підлога, і є можливість одночасного дотику до корпусів електрообладнання та підлоги. В якості захисту від ураження електричним струмом застосовується:

1. ізоляція струмовідних елементів електроустаткування відповідно з вимогами нормативів, опір ізоляції нового устаткування не менше 1 кОм на 1В напруги; використання засобів орієнтації в електроустаткуванні, що запобігає помилковим діям при обслуговуванні та експлуатації

електроустаткування – написи, таблички, попереджувальні знаки, сигналізація, різнокольорова ізоляція провідників окремих елементів електросхем, використання пониженої напруги 12В у стаціонарній мережі розеток для переносного електричного освітлення на котельні і 42В у системі місцевого освітлення; підвод кабелів до електроспоживачів у трубах, розведення до електромережі в приміщеннях у каналах стін, підлоги.

2. захисне занулення – навмисне електричне з'єднання нормально неструмовідних елементів устаткування із заземленим нульовим проводом.

3. використання електрозахисних засобів: ізолювальні кліщі, заземлення, інструменти з ізолювальними ручками, діелектричні рукавиці, підставки для ніг на ізоляторах, покажчики відсутності напруги, плакати безпеки, огороження.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

З метою підвищення працездатності та збереження здоров'я важливим є створення працівникові (оператору котельні) стабільних метрологічних умов - мікроклімат повітряного середовища. Він складається з:

- температури;
- відносної вологості;
- швидкості руху повітря;
- інтенсивності теплового випромінювання.

Робота виконується на постійних робочих місцях, сидячи, тому її можна віднести до категорії робіт легка, 1а.

В залежності від періоду року існують нормовані значення параметрів температури, відносної вологості та швидкості руху повітря. Допустимі норми температури відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення приводяться в таблиці 5.1

Виміри приладами показників мікроклімату необхідно проводити на початку, в середині та в кінці кожного періоду року не менше 3-х разів за

зміну. Температура повітря в робочій зоні, заміряна на різній висоті в приміщенні не повинна виходити протягом зміни за межі оптимальних величин при забезпеченні оптимальних показників мікроклімату, а для допустимих показників мікроклімату перепад температури повітря по висоті в робочій зоні дозволяється до 3°C. Інтенсивність теплового опромінювання на робочих місцях не повинна перевищувати нормованих величин.

Таблиця 5.1 – Допустимі норми параметрів повітря

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість	Швидкість руху повітря, м/с
		Допустима на робочих місцях	Доп. на пост і непост. роб. місцях	Доп. на пост і непост. роб. місцях
Холодний	Легка Ia	21-25	75	не більше 0,1
Теплий	Легка Ia	22-28	55 при 28°C	0,1-0,2

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Згідно ГОСТ 12.1.005-88, концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони приміщення котельні не повинно перевищувати гранично допустиму концентрацію (ГДК). Повітря у приміщенні повинно бути чистим.

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів

Речовина	Гранично допустима концентрація, мг/м ²		Клас безпеки
	Максимально разова, ГДК _{МАХ}	Середньодобова, ГДК _{СЕР}	
Двоокис азоту (NO ₂)	0,085	0,04	2

Вуглець (CO)	3,0	1,0	3
--------------	-----	-----	---

Для нормалізації повітря робочої зони котельня містить дві системи вентиляції: припливну та витяжну. Перша призначена для постачання чистого повітря, а друга – видаляє забруднене пилом та іншими речовинами повітря із приміщення котельні. Повітря в котельні повинно бути очищене від пилу, шкідливих домішок, крім того мати необхідну температуру і вологість для створення сприятливого мікроклімату.

5.2.3 Освітлення робочої зони

При поганому освітленні зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. 5% травм можна пояснити недостатнім освітленням, а у 20% випадків воно сприяло їх появі. Погане освітлення може призвести до професійних захворювань: погіршують загальне самопочуття, зменшують фізичну і розумову працездатність.

Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на:
 - природне освітлення – освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке попадає в приміщення через світлові пройми в зовнішніх огорожуючих конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (ϵ). КПО - відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна.

Штучне освітлення.

Штучне освітлення буває двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення – освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення – додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місцеве освітлення – освітлення, яке створюється світильниками, концентруючими світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи – малої точності V, підрозряд «б». Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Суміщене Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Малої точності	Від 1,0 до 5,0 включно	V	б	малий середній	середній темний	-	200	3	1,8

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати

головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

5.2.4 Виробничий шум

Під поняттям шуму розуміють звук (або сукупність звуків різної інтенсивності та частоти) незалежно від його характеру та походження, який несприятливо впливає на здоров'я і працездатність людини та заважає сприйняттю корисної інформації. Зростання рівнів виробничих шумів, які суттєво перевищують нормативні значення. Шкідливо впливають на людський організм, знижує продуктивність праці та стає фактором ризику і виробничого травматизму. У замкненому просторі (виробниче приміщення) звукові хвилі багато разів відбиваються від огорожуючих поверхонь, якими є стіни, стеля, підлога при цьому рівень шуму зростає, оскільки за умов утворення дифузійного звукового поля має місце накладання відбитої звукової хвилі на пряму.

Димососи, вентилятори, насоси, пальники котлів – це основні джерела шуму котельні. Дія шуму на людину шкідлива. Нормування шуму проводиться за граничним спектром шуму і за рівнем звуку. За характером спектру шум – широкосмуговий з безперервним спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням – гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску представлені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Найбільш раціональними способами є пониження шуму в джерелі, або зміна напрямку його випромінювання. Однак вони потребують конструкторської переробки джерела, яке випромінює шум, або механізми в цілому, що є несприятливими. Але можна рекомендувати застосування менш шумного обладнання. Пониження рівнів шуму, який проникає зовні, може бути отримано збільшенням звукоізоляції огорожуючих конструкцій. Звукопоглинання є найбільш простим і в той же час найбільш достатньо ефективним способом зменшення шуму в виробничих приміщеннях. Звукопоглинаюче облицювання слід розміщувати на стелі та на верхній частині стін.

Найбільше поглинання шуму досягається при облицюванні 60% та більше загальної поверхні приміщення. Ефект пониження шуму збільшується із зниженням висоти приміщення.

5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрація – процес розповсюдження механічних коливань різних видів у твердому тілі з частотою від 3 до 100 Гц . Параметри, які нормуються згідно ДЕСТ 12.1.012-90 є: середньоквадратичне значення віброшвидкості V (та їх логарифмічних рівнів L_v) або віброприскорення A (та їх логарифмічні прискорення L_a).

У приміщенні котельні розміщуються прилади, що є джерелом вібрації. Дії вібрації на людину класифікуються по способу передачі вібрації на загальну і локальну (місцеву). В котельні на людину діє загальна і місцева вібрація. Загальна вібрація у котельні по джерелу виникнення відноситься до 3 категорії, тип «а» - технологічна, критерій оцінка – межа зниження продуктивності праці.

Допустимі рівні виробничої вібрації представлені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні полоси з середньо геометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1.3}{108}$	$\frac{0.45}{99}$	$\frac{0.22}{93}$	$\frac{0.2}{92}$	$\frac{0.2}{92}$	$\frac{0.2}{92}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2.8}{115}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$	$\frac{1.4}{109}$

Основними засобами колективного захисту є: зниження вібрації впливає на джерело збудження, динамічне гасіння коливань та заміна конструктивних елементів пристроїв та будівельних конструкцій.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

а) Класи умов праці за показниками важкості праці:

Загальні енергозатрати організму (кг/м):

Зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг/(Вт);

При регіональному навантаженні (для чоловіків) - 12 000(40);

При загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) - 40 000(80);

Маса вантажу. Що постійно підіймається – до 25.

Стереотипні робочі рухи:

При локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 60 000;

При регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30 000;

Статичне навантаження (кг/с):

Двома руками (чоловіки) – до 70 000;

За участю м'язів тулуба та ніг – до 200 000.

Робоча поза:

Періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) до 25% часу зміни.

Нахил тулуба:

Вимушені нахили протягом зміни – 150 разів;

Переміщення у просторі(переходи задля технологічного процесу) – більше 12

б) Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

Зміст роботи - рішення складних завдань з вибором за алгоритмом;

Сприймання інформації та їх оцінка - сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій;

Розподіл функцій за ступенем складності завдання - обробка, контроль, перевірка завдання.

Сенсорні навантаження:

Зосередження (%за зміну) - до 50;

Щільність сигналів (звукові за 1 год) - до 150;

Навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80;

Навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності - є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці:

Тривалість робочого дня - більше 8 год;

Змінність роботи – тризмінна (цілодобова).

5.3 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Надзвичайні ситуації військового характеру є не безпечні тим, що застосування зброї масового ураження, негативно впливає на характеристики систем енергопостачання, вони погіршують свою роботу. Також, небезпечними є загрозові чинники при надзвичайних ситуаціях техногенного характеру тому, що вони призводять до викидів шкідливих радіоактивних, біологічних речовин, які можуть пошкодити метали, що входять до складу радіоелементів.

З усіх загрозливих чинників найбільш небезпечними є дія іонізуючих випромінювань та електромагнітні імпульси. Дослідження стійкості роботи ОГ в надзвичайних ситуаціях (НС) мирного та військового часу має велике значення, тому що вона дозволяє не тільки оцінити можливі втрати, нанесені об'єкту, але й розробити комплекс заходів, направлених на підвищення його стійкості.

Дослідження стійкості роботи об'єкта може бути проведена за допомогою моделювання його ураження при дії деяких еквівалентних факторів ураження, що враховують можливі наслідки руйнувань, пожеж і уражень людей у НС мирного та військового часу.

При оцінці стійкості потрібно приймати до уваги такі положення :

- Дослідження стійкості роботи ОГ передбачає максимальні значення факторів ураження;

- стійкість роботи об'єкта в цілому визначається стійкістю роботи кожного елемента ОГ окремо. Як правило, зі всієї сукупності елементів ОГ вибираються ті, без яких неможливий випуск продукції (функціонування ОГ);

- обов'язково повинна враховуватись можливість виникнення на ОГ повторних факторів ураження.

Дія радіації на матеріали і деталі апаратури залежить від виду випромінювання, дози радіації, природи опроміненої речовини та умов навколишнього середовища.

В енергетичних системах використовуються елементи, до складу яких входять матеріали: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та різні органічні сполуки (діелектрики, смоли та ін.). Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до радіації.

В радіоелектронній апаратурі радіація викликає оборотні і необоротні процеси, внаслідок яких можуть бути порушення роботи елементів схеми, що приведе до пошкодження апаратури.

5.3.1 Дослідження стійкості роботи СЕП підприємства Вінницьких високовольтних мереж в умовах дії іонізуючих випромінювань

За критерій стійкості приймається максимальне значення дози радіоактивного опромінення. Функціонування РЕА при дії іонізуючих випромінювань залежить від стійкості її окремих елементів.

- 1) Визначаємо елементи, від яких залежить функціонування схеми.

2) Визначаємо граничні значення експозиційних доз, при яких в елементах можуть виникнути зворотні зміни, але елемент ще буде працювати. Дані заносимо до таблиці 5.6

Таблиця 5.7 - Експозиційні дози для матеріалів і елементів обладнання (початок зміни параметрів, при яких елементи ще можуть працювати).

№	Дільниця	Елементи РЕА	$D_{гр1}, P$	$D_{гр}, P$
1	Блок живлення	Мікросхеми ТТЛ DA3	10^5	10^3
		Транзистори, діоди КТ531, VD 648	10^4	
		Інтегральні схеми К1553ЛА	$5 \cdot 10^5$	
2	Пульти управління	Конденсатори К-41	10^7	
3	Розвідна мережа	Резистори СП1-10	10^3-10^7	
		Напівпровідникові елементи	10^5-10^6	
		Електричні батареї Е48, Е96	10^5-10^6	
4	Управляючий МПК	Випрямлячі ВД-306	10^6	
		Діелектричні матеріали	10^{10}	

По мінімальному значенню визначаємо границю стійкості роботи РЕА в цілому $D_{гр} = 10^3 P$. Можлива експозиційна доза опромінення:

$$t_n = 1 \text{ год}$$

$$t_k = 12 \text{ років} = 103800 \text{ год}$$

$$K_{осл} = 1$$

$$D_m = \frac{2 \cdot P_{1\max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{нос}} [P] \quad (5.1)$$

$$D_m = \frac{2 \cdot 3 \cdot (\sqrt{103801} - \sqrt{1})}{1} = 1972,2 (P)$$

Визначаємо допустимий час роботи за формулою:

$$t_{дон} = \left(\frac{D_{зр} \cdot K_{нос} + 2 \cdot P_{1\max} \sqrt{1}}{2 \cdot P_1} \right)^2 [год] \quad (5.2)$$

$$t_{\text{дон}} = \left(\frac{10^3 \cdot 1 + 2 \cdot 3 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 3} \right)^2 = 28089,76 \text{ (год)}$$

Отже, $D_m > D_{\text{гр}}$, робота системи електропостачання не стійка, допустимий час роботи РЕА складатиме 28089,76 годин.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання підприємства Вінницьких високовольтних мереж в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій стійкості роботи СЕП або окремих її елементів в умовах дії електромагнітного імпульсу можна прийняти коефіцієнт безпеки:

$$K_B = 20 \lg \frac{U_{\text{дон}}}{U_{B(\Gamma)}} \geq 40 \text{ [дБ]}; \quad (5.3)$$

де U_d - допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(\Gamma)}$ - наруга наведення за рахунок електромагнітного імпульсу у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Вхідні дані.

Приймаємо вертикальну складову напруженості електричного поля, $E_\theta = 9,92 \text{ кВ/м}$.

Напруга живлення, $U_{\text{жс}} = 36, 220, 380 \text{ В}$.

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електричного поля:

$$E_\Gamma = E_B \cdot 10^{-3} = 9,92 \cdot 10^{-3} \text{ (В/м)}.$$

Напруга наводки:

$$U_{z1} = E_{\theta1} \cdot l_{z1}, \text{ [кВ]}; U_{\theta1} = E_{\Gamma1} \cdot l_{\theta1}, \text{ [кВ]}; \quad (5.4)$$

На кожній ділянці визначаємо максимальну довжину струмопровідних частин (в горизонтальній і вертикальній площинах) $l_{B1}, l_{\Gamma1}$, м.

$$l_{B1} = 7,5 \text{ м}, l_{B2} = 9 \text{ м}, l_{B3} = 4 \text{ м}, l_{B4} = 11 \text{ м},$$

$$l_{\Gamma1} = 6 \text{ м}, l_{\Gamma2} = 15 \text{ м}, l_{\Gamma3} = 12 \text{ м}, l_{\Gamma4} = 8 \text{ м}.$$

$$U_{z1} = 9000 \cdot 6 = 54000 \text{ (кВ)},$$

$$U_{\theta1} = 9,92 \cdot 7,5 = 74,4 \text{ (В)}.$$

Допустиме коливання напруги живлення дорівнює:

$$U_{д} = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N [B] ; \quad (5.5)$$

$$U_{д1} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 10 = 418 (B) ;$$

$$U_{д2} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 10 = 242 (B) ;$$

$$U_{д3} = 36 + \frac{36}{100} \cdot 10 = 39,6 (B) ;$$

Де $U_{ж}$ – напруга живлення, В;

N – допустиме відхилення напруги, 10%

Визначаються коефіцієнти безпеки для горизонтальних струмопровідних частин:

$$K_{бг1} = 201g \frac{U_{д1}}{U_{г}} [\partial B] ; \quad (5.6)$$

$$K_{бг1} = 201g \frac{440}{54000} = -41,8 (\partial B) .$$

Визначаються коефіцієнти безпеки для вертикальних струмопровідних частин:

$$K_{бв1} = 201g \frac{U_{д1}}{U_{в}} [\partial B] ; \quad (5.7)$$

$$K_{бв1} = 201g \frac{440}{67,5} = 30,3 (\partial B) .$$

Дані всіх розрахунків закосимо в таблицю 5.7.

Таблиця 5.7 - Результати розрахунків по стійкості обладнання до ЕМІ

№	Дільниця	$U_{ж}, В$	$U_{в}, В$	$U_{г}, В$	$K_{бв}$	$K_{бг}$	Результати дії
1	Блок живлення	380	67,5	54000	16,3	-41,8	нестійкий
2	Розвідна мережа	220	81	135000	9,5	-54,9	нестійкий
3	Пульт управління	36	36	108000	0,8	-68,7	нестійкий

Так як $K_{\text{бгi}}$ та $K_{\text{бВi}} < 40$ дБ, то апаратура буде не стійкою в роботі, а отже потрібно проводити екранування.

5.4 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання в умовах дії загрозливих чинників НС

Для зменшення дії іонізуючих випромінювань використовують такі заходи: зменшення чутливості перемикальних схем до зміни вхідних сигналів і напруг джерел живлення; зниження напруги живлення на аноді і збільшення негативного зміщення сіток газорозрядних приладів, збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням та ін.

Проводимо захисне екранування.

Розрахунок екрану для сталі:

$$t = \frac{A_{\text{екр}}}{k \cdot \sqrt{f}} \quad [\text{см}], \quad (5.8)$$

$k=5,2$ (для сталі);

f - частота, $f = 1500$ Гц;

$A_{\text{екр}}$ - затухання в екрані, дБ:

$$A_{\text{екр}} = K_{\text{б}} - K_{\text{б,роз}} \quad (5.9)$$

$$t_1 = \frac{40 - 16,3}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,04 \quad (\text{см}),$$

$$t_2 = \frac{40 - 9,5}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,05 \quad (\text{см}),$$

$$t_3 = \frac{40 - 0,8}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,07 \quad (\text{см}),$$

Отже при екрануванні блоку живлення з використанням екрану товщиною 0,04 см зі сталі, розвідної мережі з використанням екрану товщиною що дорівнює 0,05 см, пульта управління 0,07 см система електропостачання буде безпечно працювати в умовах дії електромагнітного імпульсу.

Також, в даному розділі приведено аналіз і дана Дослідження стійкості роботи елементів системи електропостачання підприємства Вінницьких високовольтних мереж при дії іонізуючих випромінювань, при цьому виявлено, що система працює не стійко в заданих умовах, оскільки $D_m > D_{гр}$, тому запропоновано заходи по підвищенню стійкості системи.

Дослідження стійкості роботи елементів системи електропостачання при дії електромагнітного імпульсу показала, що вона буде стійкою при застосуванні захисного екрану товщиною 0,04; 0,05; 0,07 см зі сталі. Для чого може використовуватись кожух на лотках з кабелями.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі було обгрунтовано заходи для покращення енергоефективності підприємства Вінницькі високовольтні мережі.

Було розроблено та розраховано можливі заходи з енергозбереження. Такі як:

- Розрахунок надійності електропостачання
- Встановлення реклоузерів

В першому розділі було проаналізовано теоретичні відомості надійності електропостачання та загальні характеристики реклоузера. Існує два підходи до оцінювання надійності ЕПС: перший – оснований на вимогах ПУЕ, другий – теоретичний. Ці підходи взаємопов'язані і практичні рекомендації ПУЕ основані на висновках теоретичного аналізу.

В другому розділі було проаналізовано технічні характеристики реклоузера вакуумного автоматичного OSM. Наведено сигнали СКАДА які можливо зняти з даного реклоузела. Також за допомогою інструкції до даного реклоузела було розглянуто можливі види керування OSM, такі як:

- ручне керування (ТІЛЬКИ ВИМКНЕННЯ)
- місцево (з панелі керування)
- дистанційно (за допомогою телекерування)

В третьому розділі за допомогою наведених даних електричних навантажень було проведено розрахунок існуючої надійності електропостачання. Під час розрахунків згідно з Постановою НКРЕ від 27.02.2011 р. № 232 було визначено, що надійність електропостачання споживача характеризують такі показники:

- а) індекс середньої частоти довгих перерв (далі – *SAIFI*);
- б) індекс середньої тривалості довгих перерв (далі – *SAIDI*);

- в) індекс середньої частоти коротких перерв (далі – *MAIFI*);
- г) розрахунковий обсяг недовідпущеної електроенергії (далі – *ENS*).

Також в даному розділі було проведено розрахунок та перевірку вибраного реклоузела, вибрано трансформатори струму та напруги, а також доведено, що вакуумний автоматичний OSM задовільняє умови перевірки.

В четвертому розділі було проведено розрахунок та визначено клас наслідків для об'єкта будівництва. За сукупністю підсумкових даних відповідно до вимог ДСТУ 8855:2019 встановлюється клас наслідків (відповідальності) СС1.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с.
2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tmtrade.ru/chto-takoe-reklouzer>
3. Правила улаштування електроустановок, 2017р., 617 с.
4. Визначення класу наслідків (відповідальності) будівель і споруд (ДБН 8855-2019).
5. Афанасьев Н. А., Юсипов М. А. Система технического обслуживания и ремонта оборудования энергохозяйств промышленных предприятий / Н.А. Афанасьев, М.А. Юсипов – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
6. Демов О. Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах / О.Д. Демов – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 95 с.
7. Поспелов Г. Е. Потери мощности и энергии в электрических сетях / Г. Е. Поспелов, Н. М. Сыч. – М. : Энергоиздат, 1981. – 216 с.
8. Методика складання структури балансу електроенергії в електричних мережах 0,38 – 150 кВ, аналізу його складових і нормування технологічних втрат електроенергії. (ГНД 34. 09. 104 – 2003). – К. : Міністерство палива та енергетики України, 2004. – 115 с.
9. ГОСТ 13109-97. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. с 01. 01. 99.
10. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / [под ред. Ю. Г. Барыбина и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 464 с.
11. Трахтенберг І. М. Гігієна праці та виробнича санітарія / І. М. Трахтенберг, М. М. Коршун, О. В. Чабанова – К. : Охорона праці, 1997. – 464 с.

12. М. П. Охорона праці : Лабораторний практикум / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець – К. : Основа, 1998. – 224 с.
13. Мешков В.В. Основы светотехники: Учебное пособие для техникумов. - М.: Энергоатомиздат, 1979. -368с.
14. Гительман Л. Д., Ратников Б. Е. Эффективная энергокомпания: Экономика. Менеджмент. Реформирование / Л. Д. Гительман, Б. Е. Ратников – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2002. – 544 с.
15. Єдина тарифна сітка розрядів і коефіцієнтів з оплати праці працівників установ та організацій окремих галузей бюджетної сфери. Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/ST000596.html
16. Закон України «Про Державний бюджет України на 2014 рік» та зміни до додатка № 3 до Закону України "Про Державний бюджет України на 2016 рік" щодо державної підтримки державних вугледобувних підприємств. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1063-19#n2>
17. Методичні вказівки до виконання розділу з охорони праці в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього ступеня магістра за спеціальностями 153, 163, 171 і 172 / Уклад.: С. В. Дембіцька, І. М. Кобилянська, О. В. Кобилянський. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 51 с.
18. Кобилянський О. В., Кобилянська І.М., Яблочников С.Л. Основи охорони праці. – Вінниця: Планер, 2007. – 171 с.
19. Кобилянський О. В. Охорона праці при експлуатації електроустановок. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 125 с.
20. Кобилянський О. В. Охорона праці у галузі. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 139 с.
21. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 1. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 183 с.
22. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 2. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 171 с.
23. ДСН «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та

- напруженості трудового процесу», Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>.
- 24.ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://vsegost.com/Catalog/41/41131.shtml>
- 25.ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf
- 26.ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
- 27.ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. – К. : Мінбуд України, 2006. – 154 с.
- 28.ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. –149 с.
- 29.ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
- 30.ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
- 31.Вибір вставок релейного захисту реклоузера для повітряних ліній 10 кВ / [Кристофоров А.В., Бурбело М.Й.], матеріали Науково-технічної конференції Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023) [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://conferences.vntu.edu.ua/>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ____ ” _____ 2022р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМ

к.т.н., проф. Бурбело М.Й. _____
“ ____ ” _____ 2022 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

Підвищення надійності електричних мереж підприємства Вінницьких
високовольтних мереж

Науковий керівник:

д.т.н., проф. Бурбело М.Й. _____

(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ – 21м

Кристофоров А.В. _____

(підпис)

Вінниця 2022 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за №203 від 14 . 09 .22 р.

Дата початку роботи 14 . 09 .22 р.

Дата закінчення роботи 10 . 12 .22 р.

2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) мета – підвищення енергоефективності енерговикористання на підприємстві.

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень; основні техніко-економічні показники.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 60 с,

3.2 Правила улаштування електроустановок.: Міненерговугілля України, 2017.

3.3. М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків».- Вінниця: ВНТУ, 2005р.

3.4 ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

3.5 Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Л.Б. Терешкевич, О.Д. Демов, Ю.А. Шулле. – Вінниця: ВНТУ, 2006р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження		
4.2 Проведення дослідних розрахунків		
4.3 Розробка робочих креслень		
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи		

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

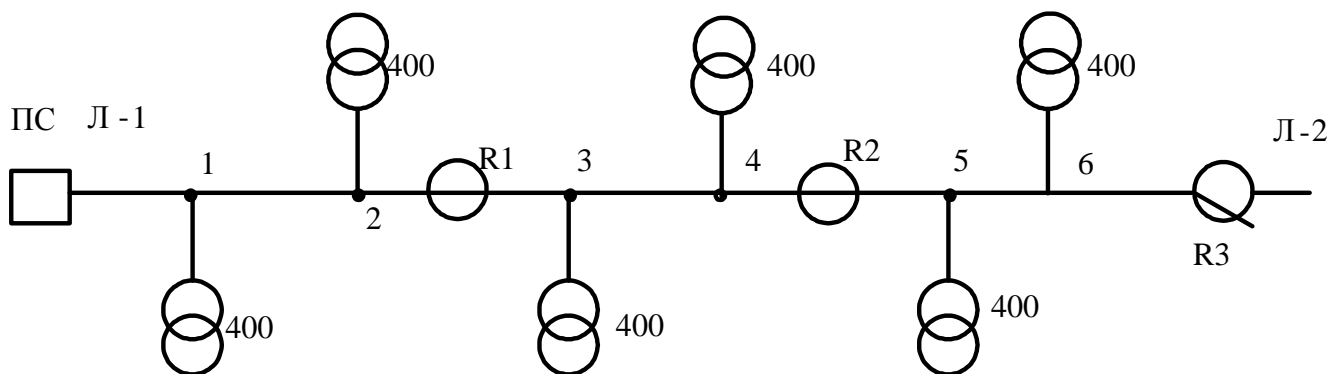
Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

ДОДАТОК Б

Схема повітряної лінії



ДОДАТОК В

Заміри навантажень у режимні дні за попередні 5 років

1. Заміри навантаження у режимні дні за попередні 5 років по ЛЕП 10 кВ

Літній замір

Місяць, рік	06.16			06.17			06.18			06.19			06.20		
Години	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	22 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	22 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	22 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	22 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	22 ⁰⁰
Навантаження, А	20	20	15	15	25	20	10	15	20	15	20	27	7	20	20

Зимовий замір

Місяць, рік	12.15			12.16			12.17			12.18			12.19		
Години	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	17 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	17 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	17 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	17 ⁰⁰	3 ⁰⁰	13 ⁰⁰	17 ⁰⁰
Навантаження, А	30	20	20	25	20	15	30	35	30	25	23	30	10	15	15

2. Розрахунок струмів КЗ на шинах 10 кВ

T1: $x_{\max}=3,07 \text{ Ом}$, $r_{\max}=0,64 \text{ Ом}$, $I_{\max}=1936 \text{ А}$;

$x_{\min}=4,58 \text{ Ом}$, $r_{\min}=1,17 \text{ Ом}$, $I_{\min}=1285 \text{ А}$.

T2: $x_{\max}=3,15 \text{ Ом}$, $r_{\max}=0,64 \text{ Ом}$, $I_{\max}=1886 \text{ А}$;

$x_{\min}=4,66 \text{ Ом}$, $r_{\min}=1,17 \text{ Ом}$, $I_{\min}=1263 \text{ А}$.

ДОДАТОК Г

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Підвищення надійності електричних мереж підприємства
Вінницьких високовольтних мереж.

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота.

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та
енергетичного менеджменту.

Науковий керівник: д.т.н. професор Бурбело М.Й.

Показники звіту подібності	
UNICHECK	
Схожість	14.4%

Аналіз звіту подібності

Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак
плагіату.

Заявляю, що ознайомлений з повним звітом подібності, який був
згенерований Системою щодо роботи.

Автор _____ Кристофоров А.В.

Опис прийнятого рішення

Магістерська кваліфікаційна робота допускається до захисту

Особа відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В.

Керівник роботи _____ Бурбело М.Й.

Експерт _____ Бурбело М.Й., зав кафедри ЕСЕМ

ДОДАТОК Д

Пояснювальна записка до кваліфікаційної магістерської дипломної роботи

на тему: Підвищення надійності електричних мереж підприємства Вінницьких високовольтних мереж

Виконав: студент 2 курсу, ОПП Магістра, групи ЕСЕ-21М
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напрямку підготовки)

Кристофоров А.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)

2

- **Актуальність роботи.** Прийняття проектних рішень н Вінницьких високовольтних мереж безпосередньо впливає на об'єм і трудомісткість монтажних робіт, зручність та безпечність експлуатації ЛЕП. Тому актуальним є вибір оптимальних параметрів системи електропостачання: сучасного електрообладнання, провідниково-кабельної продукції. Важливими є заходи по підвищенню надійності електропостачання, а також якості електроенергії в мережах підприємства. Для досягнення бажаних показників ефективності необхідно дослідити надійність електропостачання на підприємстві, що досліджується.
- **Об'єктом дослідження** Споживання електроенергії електричних мереж підприємства Вінницьких високовольтних мереж
- **Предметом дослідження** техніко-економічні показники роботи системи електропостачання електричних мереж підприємства Вінницьких високовольтних мереж
- **Мета роботи:** : Підвищення надійності електричних мереж підприємства Вінницьких високовольтних мереж, що призводить до підвищення економічних показників.
- **Задачі дослідження.** Основними задачами під час виконання роботи є розроблення технічних рішень по підвищенню ефективності використання енергоресурсів на підприємстві, вибору енергоефективного обладнання, модернізації системи освітлення
- **Наукова новизна одержаних результатів.** Вдосконалено електричні мережі підприємства Вінницькі високовольтні мережі шляхом впровадження реклоузерів

Існує два підходи до оцінювання надійності ЕПС: перший – оснований на вимогах ПУЕ, другий – теоретичний. Ці підходи взаємопов'язані і практичні рекомендації ПУЕ основані на висновках теоретичного аналізу.

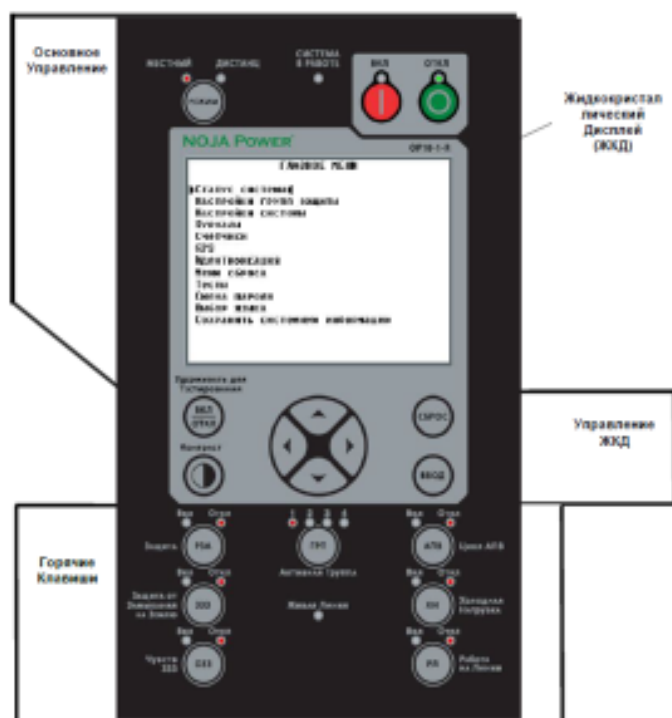
Надійність – властивість ЕПС виконувати задані функції зі збереженням експлуатаційних показників у межах, що регламентуються нормативними документами. Для простих об'єктів надійність забезпечується інтуїтивно на підставі досвіду, а для ЕПС така суб'єктивна оцінка часто недостатня.

Основними причинами відмов вимикачів є: неспрацьовування приводів; обгорання контактів; зношування дугогасильних камер; заводські дефекти; помилкові дії персоналу при виконанні перемикань. Однофазні замикання на землю в мережах 6-35 кВ супроводжуються горінням заземлювальних дуг (внаслідок недостатньої компенсації ємнісних струмів), що призводить до виникнення перенапруг, пробойів ізоляції, руйнування ізоляторів.

Загальні характеристики реклоузера

- Згідно п. 4.2.6. ПУЕ реклоузер (секційний пункт (СП)) – це автономний інтелектуальний пристрій, який забезпечує в автономному режимі відділення від мережі пошкодженої ділянки. Електроустановка, призначена для автоматичного поділу мережі на ділянки.
- Саме поняття "реклоузер" виникло США. Стандарт IEEE 37.100-1992 дає наступне визначення: «Реклоузер – це автономний пристрій, що використовується для автоматичного відключення та повторного включення ланцюга змінного струму за попередньо заданою послідовністю циклів відключення та повторного включення з подальшим поверненням у вихідний стан, збереженням включеного положення або блокуванням. Реклоузер включає комплекс елементів управління, необхідних виявлення струмів короткого замикання і управління реклоузером».
- По-перше, реклоузер - це автономний пристрій, по-друге, він призначений для відключення та подальшого повторного включення ланцюга (автоматичне повторне включення - АПВ).
- Якщо автоматичне повторне включення не допомогло усунути несправність, то реклоузер відключає лінію, передає по лінії зв'язку сигнал у диспетчерську та чекає на приїзд ремонтної бригади, яка уранивши несправність на лінії, вручну включає реклоузер

Панель управління (ПУ) реклоузером



Панель керування використовується для доступу до наступної інформації:

- керування реклоузером та індикація стану
- подробиці операцій ВО (Журнал)
- перегляд та зміна налаштувань системи та захисту
- перегляд та зміна налаштувань комунікації та статусу портів
- перегляд усіх лічильників (лічильники SCADA та лічильники зносу)
- Перегляд журналу подій.

Керування реклоузером

Керувати реклоузером здійснюється трьома способами:

- ручне керування (ТІЛЬКИ ВИМКНЕННЯ)
- місцево (з панелі керування)
- дистанційно (за допомогою телекерування)

Вакумний автоматичний реклоузер OSM має модуль SIM карти та порти комунікації та модулі I/O забезпечують зовнішнє керування та функції індикації для SCADA або інших програм віддаленого керування (радіо/модем).

Саме ці модулі дозволять налаштувати реклоузер на дистанційне керування З'єднання між модулями виконуються за допомогою кабелів КВВГЕнг та КПВонг-НФЗО-ВП (200)

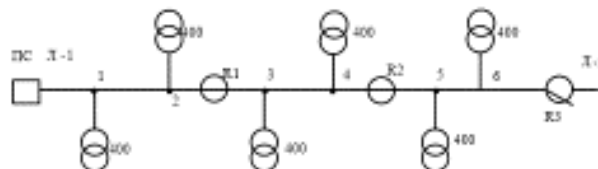
Показники надійності електропостачання споживачів

Згідно з Постановою НКРЕ від 27.02.2011 р. № 232 надійність електропостачання споживача характеризують такі показники:

- а) індекс середньої частоти довгих перерв (SAIFI);
- б) індекс середньої тривалості довгих перерв (SAIDI);
- в) індекс середньої частоти коротких перерв (MAIFI);
- г) розрахунковий обсяг недовідпущеної електроенергії (ENS).

$$SAIFI^* = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{n} \quad MAIFI^* = \frac{\sum_{j=1}^r n_j}{n}, \quad SAIDI^* = \frac{\sum_{i=1}^k t_i n_i}{n}, \quad ENS^* = \frac{\sum_{i=1}^n t_i n_i^2 Q^2}{43800}$$

секціонування повітряної лінії 10 кВ



Критерієм оптимізації для обґрунтування доцільності встановлення реклоузерів в розподільній мережі з метою підвищення надійності електропостачання споживачів є мінімізація річного недовідпущення електричної енергії ($W_{\text{нед.}}$) усім споживачам, яке розраховується для лінії за виразом:

$$W_{\text{нед.}} = (0,01 \cdot \omega_{\text{д.}} \cdot I_{\text{д.}} \cdot L + \omega_{\text{т.}} \cdot I_{\text{д.}} \cdot N_{\text{т.}}) \cdot P_{\text{с.}}$$

У базовому варіанті ймовірність вимкнення споживачів по всій протяжності фідера однакова. Де б не сталося КЗ (в точках К1, К2 і К3) електропостачання втрачають всі споживачі. Ймовірність або кількість вимкнень фідера визначається його сумарною довжиною (15 км по магістралі і 6 км по відгалуженнях). Сумарне недовідпущення електроенергії споживачам:

$$W_{\text{нед.}} = (0,01 \cdot \omega_{\text{д.}} \cdot I_{\text{д.}} \cdot L + \omega_{\text{т.}} \cdot I_{\text{д.}} \cdot N_{\text{т.}}) \cdot P_{\text{с.}} = \\ = (0,01 \cdot 7,64 \cdot 5 \cdot 21 + 0,016 \cdot 50 \cdot 6) \cdot 2400 = 30773 \text{ кВт год./рік.}$$

Недовідпущення електроенергії споживачам окремих ділянок буде однаковим $W_{\text{нед.}}$ — {10258, 10258, 10258} кВт год./рік.

Найменування параметра	Значення параметра
Номінальна напруга, кВ	12
Найбільша робоча напруга, кВ	14,4
Номінальний струм, А	630
Номінальний струм відключення при короткому замиканні, кА	20
Номінальний струм короткого замикання, кА	50
Власний час ввімкнення, мс, не більше	60
Власний час вимкнення, мс, не більше	45
Механічний ресурс, циклів ВВ	10 000
Маса вимикача, кг	100

Перевірка вибраного вакуумного реклоузера проводиться

- По напрузі
- По найбільшій робочій напрузі
- За максимальним робочим струмом
- По відключаючій здатності
- По електродинамічній стійкості
- За термічною стійкістю

По напрузі:

$$U_{\text{ном.Р}} \geq U_{\text{ном.Л}};$$

$$12\text{кВ} \geq 10\text{кВ}.$$

По найбільшій робочій напрузі:

$$U_{\text{макс.Р}} \geq U_{\text{макс.Л}};$$

$$14,4\text{кВ} \geq 12\text{кВ}.$$

За максимальним робочим струмом:

Вихідні данні: максимальне значення замірів навантаження у режимні дні за попередні 5 років становить – 35 А (о 13⁰⁰ 12.2017р.).

$$I_{\text{ном.Р}} \geq I_{\text{макс.}};$$

$$630\text{А} \geq 35\text{А}.$$

Клас наслідків (відповідальності) об'єктів	Характеристики можливих наслідків від відмови об'єктів				
	Можлива небезпека, кількість осіб			Обсяг можливого економічного збитку, м.р.а.п.	Припинення функціонування лінійних об'єктів Інженерно-транспортної інфраструктури, об'єктів комунікацій, зв'язку енергетики та інших мереж, рівень
	Для здоров'я і життя людей, які постійно перебувають на об'єкті	Для здоров'я і життя людей, які періодично перебувають на об'єкті	Для життєдіяльності людей, які перебувають зовні об'єкта		
	СС1	СС1	СС1		

Розрахунок виконується згідно ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності) будівель і споруд» від 1 грудня 2019.

Відповідно до ДСТУ 8855:2019 прогнозовані загальні збитки від руйнування та пошкодження основних фондів розраховуються за формулою:

$$\Phi = c \times P \left(1 - \frac{1}{2} T_{ef} \times K_{ад} \right)$$

За сукупністю підсумкових даних відповідно до вимог ДСТУ 8855:2019 для об'єкта будівництва встановлюється клас наслідків (відповідальності) СС1.

Висновки

В даній магістерській роботі було обґрунтовано заходи для покращення енергоефективності підприємства Вінницькі високовольтні мережі.

Було розроблено та розраховано можливі заходи з енергозбереження. Такі як:

- Розрахунок надійності електропостачання
- Встановлення реклоузерів

Проаналізовано технічні характеристики реклоузера вакуумного автоматичного OSM. Наведено сигнали СКАДА які можливо зняти з даного реклоузела.

Також в даній дипломній роботі було проведено розрахунок та перевірку вибраного реклоузела, трансформатори струму та напруги, виконано перевірку вибраної апаратури, що показує відповідність її до умов перевірки.