

Вінницький національний технічний університет

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електричних станцій і систем

Бакалаврська дипломна робота на тему:

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ПІДСТАНЦІЙ 110/10 кВ З ЗАМІНОЮ МАСЛЯНИХ
ВИМИКАЧІВ НА ВАКУУМНІ**

Виконав: студент 4 курсу, групи 1ЕЕ-206
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика та електротехніка»,
Карєва К.Р.

Керівник: к.т.н., доц., доцентка каф. ЕСС
Собчук.Н.В.

«___» _____ 2024 р.

Рецензент: _____
(наук.ступінь, вч.звання, назва кафедри)

«___» _____ 2024 р.

Допущено до захисту
завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Комар В.О.

«17» _____ 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність – 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма – Електроенергетика та електротехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Комар В. О.

«11» 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ **НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Карсва Каріна Русланівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. «Модернізації підстанції 110/10 кВ з заміною масляних вимикачів на вакуумні»

Керівник роботи к.т.н., доц., доцента каф. ЕСС Собчук Н.В

затверджена наказом вищого навчального закладу від 11 березня 2024, #80

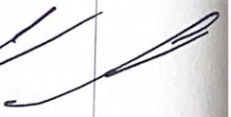
2. Термін подання студентом роботи 08 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: 1. ВР1 / Вакуумні вимикачі 10 кВ / Комутаційні апарати / Продукція http://www.rzva.ua/ua/produkcija/komutaciini-aparati_1472639412/vakuumni-vimikachi-10-kv_1472639305/vr1_1472639255.htm 2. Електрообладнання розподільних установок. Оливні вимикачі: навчальний посібник / П. Д. Лежнюк, В. Ц. Зелінський, Вінниця: ВНТУ, 2011.-86 с.

4. Зміст текстової частини: Вступ 1.Дослідження вакуумних вимикачів при модернізації підстанції. 2. Дослідження заміни масляної комутаційної апаратури. 3 Вибір комутаційних апаратів. 4 Охорона праці ВИСНОВКИ. Список використаних джерел.

5. Перелік ілюстративного матеріалу(з точним зазначенням обов'язкових креслень)1.Вигляд вакуумної дугогасильної камери. 2. Вид вакуумний вимикач серії ВР1.3. Конструкція А) полюса та Б) привода вимикача серії ВР1.4. електрична дуга в сфері газового пузиря в маслі;5. Конструктивна схема вимикача масляного.6. Загальний вигляд вимикача WMSWPI-10/6/3,5. 7. Переріз полюса вимикача WMSWPI-10/6/3,5

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Собчук Н.В. к.т.н., доц., доцент кафедри ЕСС		
Охорона праці	Кобилянський О.В. д. пед. н., проф., завідувач каф.		

7. Дата видачі завдання 15 березня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи		Прізвище, ініціали
		початок	кінець	
1	Формування та затвердження теми БДР	16.03.2024	17.03.2024	
2	Вступ. Огляд літературних джерел	18.03.2024	20.03.2024	
4	Принцип дії вимикачів	01.04.2024	06.04.2024	
5	Порівняння вимикачів	19.04.2024	25.04.2024	
6	Виконання розділу охорона праці	26.04.2024	30.04.2024	
7	Формування висновків по роботі	01.05.2024	09.05.2024	
8	Оформлення пояснювальної записки	15.05.2024	20.05.2024	
9	Виконання графічної частини та оформлення презентації	21.05.2024	30.05.2024	
10	Перевірка БДР на плагіат. Попередній захист БДР	04.06.2024	05.06.2024	
11	Рецензування БДР	07.06.2024	09.06.2024	
	Захист БДР	13.06.2024	14.06.2024	

Студент

Керівник роботи

Карсва К.
(підпис)

Собчук Н.
(підпис)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.311

Карєва Каріна Русланівна. «Модернізації підстанції 110/10 кВ з заміною масляного вимикача на вакуумний». Бакалаврська кваліфікаційна робота. – Вінниця: ВНТУ. – 2024. – 63 с. Бібліогр.: 23. Рис. : 16. Табл. : 12.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі буде проведено вивчені технічні характеристики масляного та вакуумного вимикачів. У багатьох старих підстанціях використовуються масляні вимикачі, які мають деякі недоліки, зокрема, низьку екологічність та потребу в систематичному обслуговуванні. Одним із способів підвищення надійності та зниження витрат експлуатації таких підстанцій є їх модернізація з використанням сучасних технологій, зокрема, заміна масляних вимикачів на вакуумні. Результати дослідження рекомендації можуть бути використані для підвищення ефективності та безпеки електропостачання не лише на конкретній підстанції, але й у подальшій практиці електроенергетичного сектора.

Ключові слова: вимикачі, вакуумні вимикачі, масляні вимикачі, дугогасильна камера, пугир, дуга, газ, масло, контакти, перенапруга, струм, контакти, коротке замикання, іонізування газів, електрична міцність, тиск, фаза, ізолятор, комутування.

ANNOTATION

Kareva Karina Ruslanivna. "Modernization of the 110/10 kV substation with replacement of the oil circuit breaker with a vacuum circuit breaker." Bachelor's Thesis. Vinnytsia National Technical University, 2024.

In the bachelor's qualification work, the existing state of the substation will be conducted, the technical characteristics of oil and vacuum switches will be studied. In many old substations, oil switches are used, which have some disadvantages, in particular, low environmental friendliness and the need for systematic maintenance. One of the ways to increase the reliability and reduce the operating costs of such substations is their modernization using modern technologies, in particular, replacing oil switches with vacuum ones. The results of the research recommendation can be used to improve the efficiency and safety of power supply not only at a specific substation, but also in the further practice of the electric power sector.

Keywords: switches, vacuum switches, oil switches, arc extinguishing chamber, bubble, arc, gas, oil, contacts, overvoltage, current, contacts, short circuit, ionization of gases, electrical strength, pressure, phase, insulator, switching.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1.Дослідження вакуумних вимикачів при модернізації підстанції.....	9
1.1 Загальні відомості про вакуумний вимикач	9
1.2 Принцип дії та конструкція вакуумного вимикача.	10
1.3 Основними перевагами вакуумного вимикача перед іншими типами вимикачів.....	12
1.4 Вакуумний вимикач ВР1.	14
2.Дослідження заміни масляної комутаційної апаратури.....	21
2.1 Загальні відомості про масляний вимикач	21
2.2 Принцип дії масляного вимикача та його конструктивність.....	22
2.3 Вимикач масляний WMSWPI-10/6/3,5.....	28
2.4 Порівняльне співставлення вакуумних і масляних вимикачів для модернізації підстанції	32
3.Вибір комутаційних апаратів	34
3.1 Умови вибору комутаційних апаратів	34
3.2 Розрахунок струмів короткого замикання.....	36
3.3 Вибір обладнання	49
4 Охорона праці.....	52
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.	52
4.2 Мікроклімат	53
4.3 Склад повітря робочої зони.....	54
4.4 Виробниче освітлення.....	56
4.5 Виробничий шум.....	57
4.6 Виробничі вібрації	58
4.7 Пожежна безпека.....	60
ВИСНОВКИ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	63
ДОДАТКИ	
ДОДАТОК А Протокол перевірки навчальної роботи	

ДОДАТОК Б Габаритні розміри вакуумного вимикача ВР1

ДОДАТОК В Схема до та після модернізації

ДОДАТОК Г Ілюстративна частина

ВСТУП

Актуальність роботи. У сучасному світі, енергетичні системи є невід'ємною частиною інфраструктури кожної країни. Зростання населення, розвиток технологій та збільшення виробничих потреб ставлять підвищений тиск на енергетичні мережі. Однак, багато з цих мереж були побудовані десятиліття тому та потребують суттєвого оновлення для забезпечення стабільності та ефективності. Модернізація енергетичних систем з використанням вакуумних вимикачів є актуальною та перспективною темою в контексті розвитку сучасної електроенергетики. Наукові дослідження підтверджують, що вакуумні вимикачі виявляють високу ефективність, надійність та безпеку у порівнянні з традиційними масляними аналогами. Вони забезпечують оптимальне керування електричними мережами та мають значний потенціал для зменшення втрат енергії, що робить їх привабливими для впровадження у сучасних енергетичних системах. Модернізація енергетичних систем є процесом, спрямованим на підвищення ефективності, надійності та безпеки їх функціонування. Питома вага електрообладнання, яке найбільше потребує ремонту та заміни в мережах напругою 6-10 кВ, становить 60-70 відсотків. Загальносвітовою тенденцією розвитку електрообладнання є повсюдна заміна поширених досі масляних і маломасляні вимикачів напругою від 6 до 10 кВ на вакуумні. Співвідношення між різними типами вимикачів середньої напруги, що продаються в усьому світі, наведено у відсотках: малооливні 6-10, елегазові 20-25, вакуумні 65-70. Подібна тенденція зараз спостерігається і в Україні. Кількість вакуумних вимикачів в нашій країні становить близько 40%. Вакуумні комутаційні пристрої є найбільш розробленими та найбільш перспективними для розподільних систем середньої напруги. Вакуумні дугогасильні пристрої характеризуються дуже високою надійністю та зносостійкістю. Високоєфективний вакуумний вимикач має електричну зносостійкість 10⁶ комутацій з номінальним струмом 400 А і може вимикати номінальний струм розриву до 50 разів за цикл. Мала маса рухомих контактів, малі відстані переміщення контактів і низькі швидкості спрацьовування значно спрощують вимоги до механізму приводу вимикача.

Мета і задачі дослідження: вивчення роботи масляних та вакуумних вимикачів для розробки проекту модернізації електричної підстанції напругою 110/10 кВ шляхом заміни існуючого масляного вимикача на вакуумний. Основними цілями є підвищення надійності та ефективності роботи підстанції, зниження експлуатаційних витрат та забезпечення відповідності вимогам сучасних стандартів безпеки та екології.

Відповідно до вказаної мети в роботі розв'язуються такі **основні задачі:**

- дослідження переваг та недоліків масляних вимикачів;
- дослідження переваг та недоліків вакуумних вимикачів;
- вивчення принцип роботи масляних вимикачів;
- вивчення принцип роботи вакуумних вимикачів;
- співставлення вакуумного вимикача та масляного.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ВАКУУМНИЙ ВИМИКАЧІВ ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПІДСТАНЦІЙ

1.1 Загальні відомості про вакуумний вимикач

Вакуумні вимикачі з'явилися на ринку електротехнічної продукції наприкінці 1970-х років. Недоліків комутації у вакуумі, виявлені на ранніх стадіях дослідження, такі як явище обмеження струму та пов'язана з ним перенапруга, повторне запалювання дуги після перетину струму через нуль і зварювання контактів під час перетину короткого замикання. Завдяки подоланню недоліків, шляхом створення відповідних матеріалів для контактів і технологічних рішень для конструкції вакуумних вимикачів, виробництво вакуумних вимикачів почало швидко розвиватися. У галузі високовольтних автоматичних вимикачів вакуумні автоматичні вимикачі становлять приблизно 80% ринку, і ця тенденція зростає.

На відміну від тенденції у високовольтному обладнанні створювати складні та вдосконалені пристрої для гасіння дуги, вакуум як середовище для гасіння дуги дозволяє розробляти найпростіші такі пристрої з точки зору конструкції. Якщо при вимкненні контакти вимикача розходяться, то горінню виниклої дуги сприяють не іонізовані гази, як в інших типах дугогасних пристроїв, а іонізовані пари металу, які потрапляють у контактний зазор вимикача під час відключення сприяє лише. Випаровування з поверхонь, обпалених дугою контактів. [1]

Камера вакуумного гасіння дуги має прості торцеві контакти. Перемикачі з іншими методами гасіння дуги вимагають використання інших контактів із більш складними ковзанками або контактними пружинами, менш надійні та чутливі до небажаних високих температур під час перемикавання. Крім того, виключає можливість контактного окислення та забруднення у вакуумі, зводячи до мінімуму вигорання, забезпечуючи тим самим тривалий термін служби та високу комутаційну зносостійкість. Ці умови забезпечують тривалу роботу розподільного пристрою без перевірки або ревізії вакуумної камери. Якість і надійність вакуумної камери, яка використовується в конструкції вимикача, підтверджується багаторічним досвідом виробництва та експлуатації.

Вакуум має вищу електричну міцність, ніж інші середовища, що використовуються у вимикачах. При зниженні тиску довжина вільного пробігу електронів, атомів, іонів і молекул збільшується. Розміри вакуумної камери не враховують довжину вільного пробігу. Частинки стикаються зі стінками камери частіше, ніж частки стикаються одна з одною. Розміри камери можуть бути відносно невеликими через малу відстань між контактами. Процес відновлення електричної міцності зазору між контактами при відключенні струму відбувається набагато швидше у вакуумі, ніж у газах. [2]

1.2 Принцип дії та конструкція вакуумного вимикача

Серед сучасних високовольтних пристроїв для комутації електричних кіл в електроенергетиці особливе місце займають вакуумні вимикачі. Часто використовується в мережах 6-35 кВ. Номінальний струм відключення 20-40 кА, електродинамічний опір приблизно 50-100. Загальний час спрацювання для такого навантаження або аварійного вимикача становить приблизно 45 мілісекунд.

Кожна фаза електричного кола надійно розділена ізолятором, а всі пристрої конструктивно з'єднані з єдиним загальним приводом. Шини підстанції підключаються на вхідні виведення вимикача, а відходить приєднання - на вивідні. Силові контакти працюють у вакуумній дугогасній камері та притиснуті один до одного, щоб мінімізувати контактний опір і забезпечити проходження навантажувальних струмів. Верхня частина контактної системи нерухома, а нижня може переміщатися тільки по осі під дією приводу. Контактна пластина поміщається у вакуумну камеру і приводиться в дію стрижнем, керованим натягом пружини та електромагнітної котушки. Вся конструкція інтегрована в систему ізоляції, що виключає виникнення струмів витоку.

Стінки вакуумної камери виготовлені з очищених металів, сплавів і спеціальних керамічних композицій, що забезпечує герметичність робочого середовища протягом десятиліть. Для запобігання проникненню повітря під час роботи рухомих контактів встановлено сильфонний пристрій. Якір електромагніту постійного струму може рухатися, замикаючи або розриваючи силові контакти

через зміну полярності напруги, що подається на обмотки. Круглий постійний магніт, інтегрований у структуру приводу, утримує рухому частину в потрібному робочому положенні. Система пружин забезпечує оптимальну швидкість руху арматури під час комутації, уникаючи деренчання та можливого пошкодження конструкції стіни через контакт. Усередині корпусу перемикача встановлені кінематичні та електричні схеми з синхронізованим валом і додатковими блок-контактами, що забезпечують можливість контролю та контролю положення перемикача в будь-яких умовах.

Основою конструкції вакуумного вимикача і елементом, який грає основну роль, є камера вакуумного дугогасіння. Камери мають особливі конструктивні особливості залежно від напруги, струму спрацьовування та конструкції автоматичного вимикача, базуються на загальних принципах умов гасіння дуги у вакуумному середовищі.

У загальному вигляді і розрізі представлено вакуумний вимикач на рисунку 1.1.

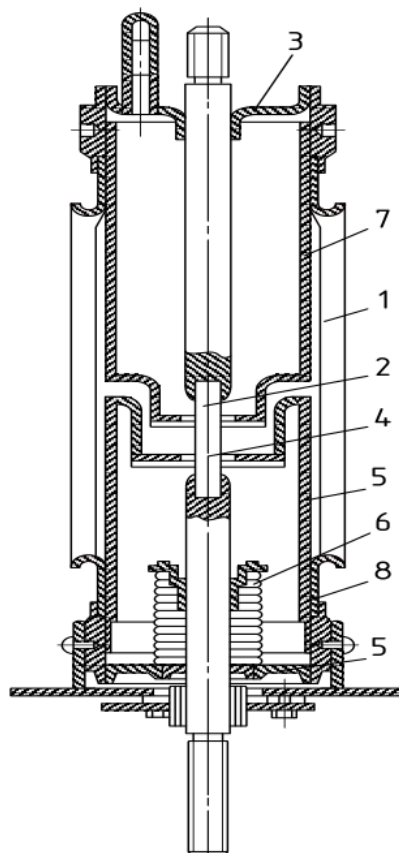


Рисунок 1.1 – Вигляд вакуумної дугогасильної камери

Нерухомий контакт 2 розташований всередині циліндричного контейнера 1, виготовленого з ізоляційного матеріалу, і фіксований контакт 2 прикріплений до металевого фланця 3 і герметично з'єднаний циліндром. Також є рухомий контакт 4, який через сильфон 6 з'єднаний з фланцем 5. Сильфон - це циліндрична гармоніка з нержавіючої сталі, яка забезпечує герметичність усієї камери. Камера має максимальну рухливу контактну площу 20 мм і має достатню механічну міцність. Екрани 7 і 8 служать для захисту стінок ізоляційного корпусу 1 від парів металу з електродів. Без екрану пара металевих електродів осіла б на поверхню циліндра, і тоді ізоляція між контактами 2 і 4 перекрилася б. Екран також врівноважує електричне поле між контактами, роблячи перемикач більш надійним. У сучасних вимикачах тиск всередині дугогасильної камери становить $10^{-4} \div 10^{-6}$ Па.

Тиск на рухомі контакти відносно нерухомих створюється атмосферним тиском. Для більших номінальних струмів встановлюються додаткові контактні пружини. Коли контакти розходяться в момент загоряння дуги, з матеріалу електрода спочатку утворюється рідкий металевий міст. Цей місток швидко нагрівається завдяки високій щільності струму всередині нього, що значно підвищує питомий опір матеріалу в розплавленому стані. Потім міст випаровується, створюючи дугу, яка горить у середовищі пари металевих електродів. Така дуга називається вакуумною. Її особливістю є низька напруга від 20 до 40 В. Лише при великих силах струму (10-100 кА) напруга підвищується до 50-200 В. При проходженні струму через нульове значення дуга гасне. Низька щільність газу в камері гасіння дуги призводить до дуже високої швидкості дифузії заряду через велику різницю в щільності частинок між гасною дугою та навколишнім простором (вакуумом). При переході струму між контактами через нульове значення за 10 мкс відбувається відновлення діелектричної міцності вакууму. В однорідному магнітному полі ця напруженість досягає 105 В/мм.

1.3 Основними перевагами вакуумного вимикача перед іншими типами вимикачів

1. Висока надійність.

До показників надійності елементів систем електричного зв'язку належать частота відмов, час відновлення, періодичність і тривалість капітального та поточного ремонтів. Вакуумний автоматичний вимикач практично не потребує обслуговування. Рекомендована перевірка та періодичність перевірки один раз на 3-5 років. Ці перевірки вимагають проведення випробувань високою напругою вакуумної дугогасильної камери та ізоляції вимикача та перевірки контактної опору контактів.

2. Низькі експлуатаційні витрати.

Низькі експлуатаційні витрати визначаються відсутністю масла (у випадку масляного вимикача). Крім того, вакуумна камера гасіння дуги не вимагає повторного заповнення середовища гасіння дуги. Висока зносостійкість при перемиканні значно знижує витрати на технічне обслуговування, а також перебої в електроживленні, пов'язані з виконанням повсякденних завдань. [4]

3. Високий комутаційний і механічний ресурс.

Кількість номінальних струмів відключення, які можуть бути дозволені без змін, досягає 50 000, а номінальний струм відключення (струм короткого замикання) коливається від 20 до 200 залежно від типу ВДК і значення струму. При використанні автоматичних вимикачів із низьким рівнем мастила перевірка необхідна після 1000-2000 відключень при номінальному струмі або від 3 до 12 відключень при номінальному струмі відключення. Висока механічна стійкість вакуумних вимикачів пояснюється головним чином тим, що хід контакту ВДК становить 6-12 мм при напрузі 6-10 кВ. Для масляних вимикачів і електромагнітних вимикачів з однаковою напругою зазор досягає 100-200 мм, тому використовується більш складна конструкція приводу, яка потребує більше енергії для включення/вимкнення. Тому необхідно постійно контролювати і перевіряти стан приводних частин. Це також збільшує експлуатаційні витрати на обслуговування автоматичних вимикачів.

4. Безпека експлуатації і екологічність

Безпека праці та екологічні міркування вакуумний вимикач характеризується низькою рушійною енергією, низьким динамічним навантаженням і відсутністю викидів газу чи масла. Їх маса і габарити значно менше, ніж у звичайних вимикачів з тими ж номінальними параметрами струму і напруги. Все це забезпечує тиху роботу і запобігає забрудненню.

Герметичність ВДК і відсутність середовища для підтримки горіння забезпечують високий рівень пожежо- та вибухозахисту, що дозволяє працювати в агресивних середовищах.

При великому виробництві вартість вакуумного вимикача лише на 5-15% вища, ніж вартість вимикача з низьким вмістом мастила, і нижча, ніж вартість електромагнітного вимикача тієї самої напруги. Значна економія експлуатаційних витрат робить ці комутатори високоефективними, і їх використання в розподільних мережах 6-10 кВ і 35 кВ зростає. Завдяки своїм перевагам вакуумні вимикачі все частіше використовуються як при будівництві нових комплектних розподільних пристроїв, так і в якості заміни морально і фізично застарілих звичайних вимикачів при реконструкції.

1.4 Вакуумний вимикач ВР1

Вакуумний вимикач Рівненського заводу високовольтної апаратури «РЗВА – Електрик» серії ВР1 призначений для звичайних комутаційних схем. Аварійний режим у трифазних мережах змінного струму частотою 50 (60) Гц номінальною напругою від 6 до 10 кВ для систем з ізолюваним і частково заземленим нейтральним провідником.

Автоматичні вимикачі ВР1 (до модернізації – ВМ1С-10) на напругу від 6 до 10 кВ застосовуються у нововстановлених комплектних розподільних пристроях з класичним розташуванням (положення вимикача в нижній частині шафи КРУ на візку елемента викочування), що використовується для роботи.

Автоматичні вимикачі ВР1 часто використовується для заміни розподільних пристроїв із виснаженим ресурсом у рамках програми модернізації більшості розподільних пристроїв, вироблених за останні кілька років.



Рисунок 1.2 - Вид вакуумний вимикач серії BP1

Вимикач складається з трьох полюсів з залитою вакуумною дугогасильною камерою (VDC), розміщена на загальній основі. Привід електромагнітного вимикача розташований всередині корпусу вимикача. Сердечник електромагнітного приводу з'єднаний з валом перемикачів через проміжний вал і тягу. Вал вимикача підключений до ВДК через ізоляційний стрижень, і при обертанні контролює положення контактів вимикача зовнішнього допоміжного кола. Гніздо ізоляційного стрижня містить дискову пружину для притискання контакту ВДК. Схема блоку керування реалізована на штампованих платах, встановлених на корпусі вимикача. Нова серія литих полюсів вакуумних вимикачів серії BP1 дає багато додаткових переваг автоматичним вимикачам. Вакуумна камера, заповнена епоксидною смолою, забезпечує надійний захист від механічних і електричних пошкоджень на штампованих платах, Трубочаста структура полюсних ізоляторів забезпечує оптимальний розподіл електричного поля, мінімізуючи не тільки відстань між полюсами, але й відстань до заземлюючої

частини конструкції вимикача або розподільного пристрою. Правильно підібрана конструкція планки запобігає накопиченню пилу на ізоляційних поверхнях.

Новий багатофункціональний електромагнітний привід вакуумного автоматичного вимикача серії BP1 виконує наступні функції:

- Забезпечує надійне і стабільне перемикання з нормалізованими параметрами .
- Забезпечує надійне та стабільне відключення з нормалізованими параметрами.
- «Магнітний замок» закріплює перемикач у двох кінцевих положеннях «ON» і «OFF».
- Забезпечує нормалізоване відключення вручну.
- Універсальність електромагнітного приводу і простота конструкції значно підвищують надійність і термін служби комутатора.

Крім того, були такі переваги:

- Низьке енергоспоживання під час увімкнення/вимкнення.
- Можливість керування в ланцюгах постійного та змінного струму.
- Мінімальна вага та розміри.
- Відсутність буферів і регулювань.
- Ремонт не потрібен протягом усього терміну служби .

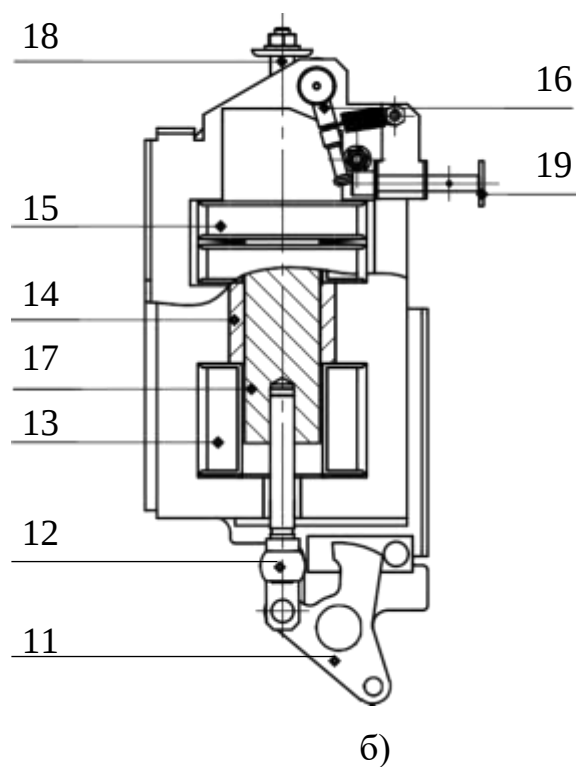
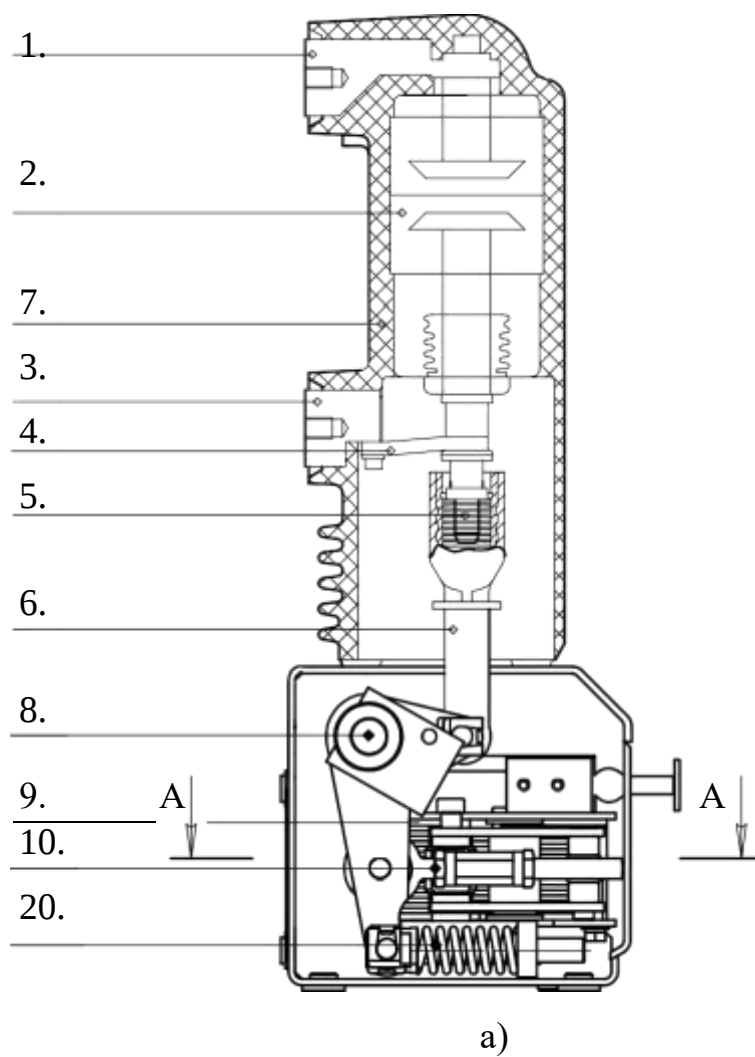


Рисунок 1.3 - Конструкція А) полюса та Б) привода вимикача серії ВР1.

1 - верхній контакт, 2 - вакуумна дугогасильна камера (ВДК), 3 - нижній контакт, 4 - гнучкий зв'язок, 5 - пружинний піджим, 6 - ізоляційна тяга, 7 - ізоляційний каркас полюса, 8 - основний вал, 9 - електромагніт, 10 - регулювальна тяга, 11 - проміжковий вал, 12 - вставка включення, 13 - котушка включення, 14 - постійний магніт, 15 - котушка відключення, 16 - механізм ручного відключення, 17 - сердечник, 18 - штак відключення, 19 - кнопка ручного відключення, 20 - пружина відключення.

Технічний процес увімкнення та вимикання вимикача ВР1 за рисунком 1.3:

- сердечник 17 втягується в котушку електромагніту і приводить в дію вставку 12.
- вставка 12 обертає проміжний вал 11, який через шток 10 обертає основний вал 8 перемикача.
- ізоляційна штанга 6 і рухомий контакт ВДК піднімаються разом з головним валом 8.
- контакт ВДК замикається.
- осердя 17 і з'єднаний з нею ізолюваний кабель 6 продовжують рухатися вгору, а контакт ВДК штовхається пружиною стиснення 5.
- сердечник 17 досягає свого крайнього зовнішнього положення і замикає ланцюг, щоб увімкнути постійний магніт 14 ("магнітний фіксатор"). Це гарантує, що контакти ВДК утримуються у включеному положенні з необхідним ступенем стиснення. Котушка 13 знеструмлена вимикається за таким алгоритмом:
 - за командою "ВДК" струм відключення від блоку управління протікає через котушку 15 відключення, створюючи електромагнітне поле в ланцюзі електромагнітного відключення. Воно більше, ніж магнітне поле постійного магніту 14 всередині ланцюга відключення, створеного магнітним полем.
 - під дією електромагнітного поля сердечник 17 рухається в напрямку вимикаючої вставки і приводить в рух вал 8 через проміжний вал 11 і тягу 10.

- під час процесу ввімкнення енергія, що зберігається в електромагніті та натискній пружині 5, прискорює рух вниз ізоляційного стрижня 6 та підключеного до нього рухомого контакту ВДК.

- Перемикач негайно вимикається.

- Сердечник 17 досягає кінцевого положення, замикає ланцюг і вимикає постійний магніт 14 ("магнітний замок"), котушка вимикання 15 знеструмлюється, і привід знаходиться в початковому положенні.

Конструкція вимикача дозволяє вимикати вручну. Вимкнення здійснюється за допомогою спеціальної ручки вимикання, оснащеної пружиною ручного вимикання. Після приєднання рукоятки відключення до валу ручного відключення 16 рукоятку необхідно повернути проти годинникової стрілки до повного вимкнення вимикача (на 180° або менше). У той же час кулачок, встановлений на валу ручного вимикання 16, діє на ролик вимикаючої вставки 18, приводячи в дію сердечник 17 електромагніту до вимкнення. Запас енергії вимикаючої пружини достатній, щоб гарантувати ідеально контрольоване вимикання.

Блок керування вакуумного перемикача ВР1 інтегрований у перемикач і розміщений у його корпусі. Керування здійснюється як змінним, так і постійним струмом (випрямлення). Схемотехнічне рішення, реалізоване в блоці управління, дозволяє всім відомим загальним Ви можете використовувати перемикач в будь-якому режимі роботи. Блок відключення резервного захисту використовується для відключення автоматичного вимикача ВР1 у разі короткого замикання на лінії та відсутності робочої напруги протягом тривалого періоду часу. Також використовується для дистанційного включення автоматичних вимикачів ззовні. Коли робоча напруга недостатня. Вимикачі з такими блоками призначені для роботи на підстанціях, де можливе тривале падіння робочої напруги (більше 10 годин).

Принцип роботи цього пристрою заснований на перетворенні струму в первинному ланцюзі в напругу, яке потім підвищується до 220 В. При нормальній роботі підстанції робоча напруга подається на вимикачі через діодний міст. Коли

напруга пропадає, включається помножувач, а конденсатор продовжує заряджатися. Ключові переваги комутатора серії ВР1:

- Висока надійність.
- Високі механічні ресурси.
- Зберігає здатність відключатися протягом тривалого періоду часу навіть за відсутності робочого живлення.
- Блок повторного включення (якщо команда ввімкнення продовжує працювати після автоматичного вимкнення автоматичного вимикача).
- Блокує переміщення з робочого положення в положення керування і навпаки в розподільному пристрої, коли перемикач увімкнено.
- Блокує ввімкнення та вимкнення перемикачів між робочим положенням і положенням керування .
- Високі ресурси комутації при номінальному струмі та номінальному струмі відключення .
- Поліус і комутаційний привід не потребують обслуговування протягом усього терміну служби .
- Тривалий гарантійний термін.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАМІНИ МАСЛЯНОЇ КОМУТАЦІЙНОЇ АПАРАТУРИ

2.1 Загальні відомості про масляний вимикач

Вимикач - це електричний пристрій з двома положеннями, призначений для багаторазового ввімкнення та вимкнення електричних кіл. Вимикач, контакти якого замикаються та розмикаються в середовищі масла, називається масляним. Масляні вимикачі були одними з перших комутаційних пристроїв, використовуваних у високовольтних електроустановках з кінця XIX століття. Для класифікації масляних вимикачів враховують метод гасіння дуги та спосіб ізоляції частин, що знаходяться під напругою. [5] Згідно з цим виділяють такі типи масляних вимикачів:

- Масляні малооб'ємні (маломасляні) вимикачі, де масло використовується лише як газогенеруючий матеріал, а для ізоляції частин під напругою застосовують тверді діелектрики.

- Багатооб'ємні масляні вимикачі, які використовують масло як газогенеруючий матеріал і основний ізоляційний матеріал струмоведучих частин.

Найскладнішим і відповідальним процесом є відключення при короткому замиканні. Отже, масляний вимикач має наступні основні вимоги:

- Надійне переривання струмів перевантаження та короткого замикання.
- Кілька перемикачів вмикаються та вимикаються без координації, потенційно пошкоджуючи окремі вузли та компоненти.
- Здатність витримувати довгострокові комутаційні та робочі перенапруги.
- Здатність витримувати короточасні стрибки напруги без пошкодження ізоляції під час роботи.
- Здатність переносити робочий струм протягом тривалого часу без небезпечного нагрівання струмоведучих частин.
- Здатність витримувати певні механічні навантаження, що виникають у нормальних умовах експлуатації.

Основною проблемою при розробці високовольтних вимикачів є забезпечення правильної комутації струмів як у нормальному, так і в аварійному режимі роботи

електричних мереж. [6] Основне призначення вимикача - мати дуже низький опір, майже нульовий у включеному стані та абсолютно нескінченний у вимкненому стані. Для цього використовуються різні методи впливу на дугу. При цьому опір не тільки раптово зростає до великого значення, але й автоматично збільшується через певний проміжок часу, синхронізований з моментом, коли це найбільше потрібно, тобто коли струм проходить через нульове значення при вимкненні. Подібна ситуація може виникнути при протіканні струму через напівпровідниковий перетворювач. Надійно вимкнути автоматичний вимикач можна лише двома способами. По-перше, це покращити спосіб впливу на дугу для збільшення опору плазмового стовпа відразу після того, як струм перетинає нуль. Другий метод полягає у зменшенні амплітуди та швидкості наростання рекуперативної напруги, що подається з боку схеми на шлях дуги після розриву дуги. Це полегшує вирішення проблеми забезпечення необхідної сили напруги в даному проміжку під час перехідних процесів. Перший спосіб використовується всіма комутаторами без винятку. Дуга має ряд позитивних властивостей, які певним чином впливають на процес випрямлення електричних з'єднань. Дугові плазмові колони не мають обмеження по струму. Дуга піддається зовнішнім впливам і може охоплювати значні відстані. Стабільність можна збільшити подовженням дуги або розтягуванням дуги всередині дугогасної камери. Висока рухливість дуги, яка дозволяє уникнути ефектів деіонізації, може бути ефективно використана різними способами для впливу на плазмовий стовп власним магнітним полем. Це дає можливість швидко переміщати дугу в потрібному напрямку, сприяючи успішному гасінню.

2.2 Принцип дії масляного вимикача та його конструктивність

Спосіб гасіння дуги в масляному середовищі поступово отримав широке застосування в конструкціях автоматичних вимикачів змінного струму на напругу від 6 до 10 кВ, а пізніше і в конструкціях від 35 до 220 кВ. Дуга, що виникає при перемиканні кола і розмиканні контактів перемикача, має високу температуру (5000-6000 ° С), що викликає дуже сильне випаровування дугогасного масляного

середовища і дисоціацію його парів. Навколо дуги утворюється міхур, наполовину заповнений парами масла, а наполовину продуктами його розпаду рисунок 2.1. Продукти розпаду містять близько 70% водню (дугова сфера і його ореолу містять атомарний водень), близько 17% ацетилену, 9% метану та інші газоподібні вуглеводи. Вільний вуглець виділяється в дуже малих кількостях і може осідати на поверхнях. Водень має найвищу теплопровідність і найнижчу в'язкість серед усіх газів, що визначає його високу ефективність охолодження, а також значною мірою пояснює хорошу дугогасильну здатність газу.

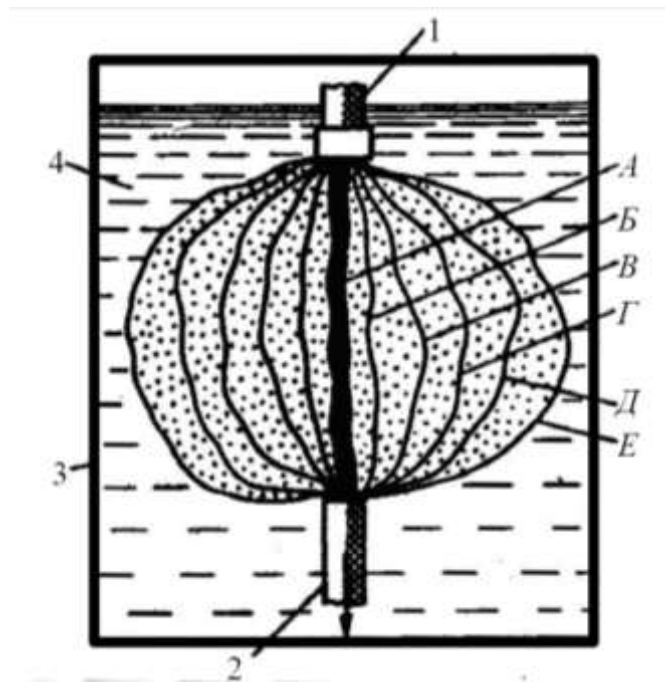


Рисунок 2.1 – Електрична дуга в сфері газового пузиря в маслі;

1 – нерухомий контакт; 2 – рухомий контакт; 3 – стінки бака; 4 – масло; А – стовп дуги, Б – воднева оболонка; В – зона розпаду; Г – зона газу; Д – зона пару; Е – зона випару.

Нагріті в дузі масляні пари розширюються. Цьому головним чином перешкоджають навколишні газові пузирі нафти і газу та інерція стінок бака або дугогасильних пристроїв. Газ, що виділяється з високою швидкістю, проникає безпосередньо в зону стовпа дуги, створюючи суміш холодного та гарячого газу в газовом пузирі. В результаті траєкторія дуги сильно охолоджується і деіонізується, особливо в момент протікання струму. Це дасть вам природну нульову точку.

Швидке (вибухове) розкладання масла підвищує тиск всередині пузиря, що також сприяє ефективному гасінню дуги.

У масляних вимикачах звичайної конструкції тиск у пузиря підвищується до 0,5-1 МПа, а у вимикачах з дугогасильними камерами – ще більше. Підвищення тиску збільшує діелектричну міцність залишкового стовбура дуги. У дугогасильних пристроях тиск значно вище. Відзначимо, що процес розкладання масла з утворенням суміші газу і пари пов'язаний з вилученням великої кількості енергії (30-35%) від дуги, що також благотворно впливає на необхідність гасіння дуги. Якщо дуга горить в газовому пузирі і її об'єм не обмежений стінками камери, середня температура парогазової суміші знаходиться в межах 800-1000 К; в обмеженому об'ємі середня температура парогазової суміші при великих струмах досягає 2000-2500 К. Це означає, що відбір енергії від дуги в цьому випадку набагато більший.

Процес гасіння в масляному середовищі стає тим інтенсивнішим, чим більше дуга контактує з маслом і чим швидше дуга рухається відносно дуги. Коли дуга переривається в маслі, вона оточується пухирем, наповненою газовою парою, яка залишається відносно нерухомою. Хоча саме масло має відносно невеликий вплив на дугу, його ефект значно зростає, коли відстань дуги обмежена типом герметичного ізоляційного пристрою, який називається дугогасильним пристроєм (камерою).

У камері для гасіння дуги масло і дуга вступають у більш тісний контакт, що призводить до концентрованого вибуху дуги потоком газу, масляними парами та самим маслом. Це значно збільшує поздовжній градієнт напруги, прискорюючи процес деіонізації та скорочуючи процес час горіння дуги та розвиток контакту скорочуються порівняно з простим розривом дуги в маслі. У міру переміщення точки контакту довжина дуги та розмір газового пузиря збільшуються. Коли дуга досягає певної довжини, струм зникає в один із моментів, коли він перетинає нуль. Значна частка водню в пузирі визначає високу дугогасну здатність трансформаторного масла.

У автоматичному вимикачі з великою кількістю масла (бак) гарячий газ, що виходить з камери, потрапляє в масло, пари конденсуються, і газ випаровується, проходячи через шар масла над дугогасильним пристроєм охолоджується. Уже охолоджений газ потрапляє в повітряний простір між рівнем масла і кришкою бака. Якщо масла в камері недостатньо, то газ (водень, метан і т.д.) не встигає охолонути. Якщо гарячі гази потраплять у повітряний простір, масляний перемикач може вибухнути. Викиди гарячих газів в атмосферу неприпустимі.

З цієї причини масляний перемикач оснащений масловіддільником, який конденсує масляні пари та охолоджує продукти розкладання.

Конструктивна схема бакового масляного вимикача одинарним (подвійним) розривом наведена на рисунку 2.2. Показано процес замикання вимикача та спостерігаються дві послідовні дуги, що виникають одночасно. Основні частини перемикача: бак 1, кришка 2, прохідні ізолятори 3, приводний механізм 5-10 і контакти 11,12.

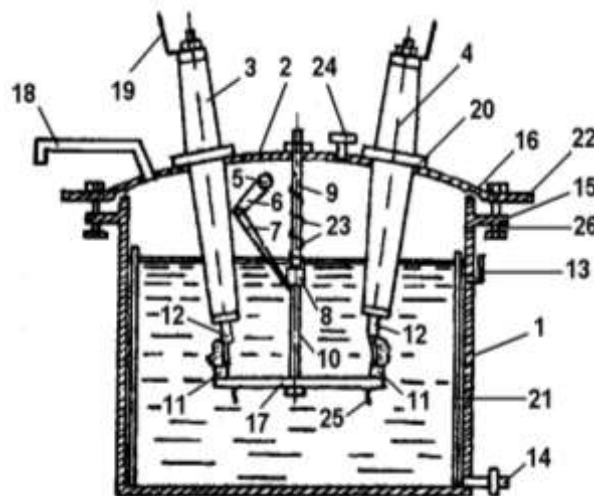


Рисунок 2.2 - Конструктивна схема вимикача масляного

Баки вимикачів виготовляються зі зварних сталевих листів і можуть мати прямокутну, круглу або овальну форму. Щоб запобігти перекриттю дуги від контактів до заземленої ємності при вимкненому вимикачі, внутрішня поверхня бака ізолювана одним або кількома шарами ізоляційного матеріалу (бар'єру) 21, такого як фанера або електротехнічний картон. В однобакових вимикачах використовуються також перегородки між окремими фазами, щоб уникнути

міжфазних замикань між контактами при вимкненні вимикача. Бак забезпечений датчиком рівня масла 13 і краном 14 для відбору і зливу масла. Бак вимикача напругою до 35 кВ має знімну кришку і до неї приварений хомут 15 для кріплення бака. Для вимикачів напругою вище 35 кВ кришка приварюється до бака, а вимикач кріпиться на фундаменті. Для кріплення вимикача до фундаменту до дна ємності приварюється опорне кільце з ніжками. Доступ до внутрішніх частин такого перемикача можливий через спеціальний люк (при зливі масла). Для вимикачів напругою 10 кВ до бака приварюють ролики для підйому і опускання. Кришка вимикача 10 кВ виготовлена з чавуну, а кришка вимикача високої напруги виготовлена з листової зварної сталі. Кришка забезпечена отвором для кріплення струмопровідної тяги 4 і отвором для проходки ізоляторів приводних механізмів 5-10. До кришки прикріплена ручна лебідка для підняття і опускання бака всередині перемикача. Кришка такого вимикача має відповідні елементи 22 з отворами для кріплення на резервуар і для кріплення вимикача на спеціальній конструкції або рамі. Висота підвіски перемикача підібрана так, щоб забезпечити безпечний доступ до контактної системи, коли резервуар опущений, і забезпечити комфортну роботу перемикача під час ручного керування. [11]

Для забезпечення необхідної герметичності з'єднання бака з кришкою на глибині кришки встановлено ущільнювач 16. У кришці також є отвір для заливки масла 24 і вихідний патрубок 18 з клапаном для запобігання потрапляння вологи в корпус вимикача. До кришки вимикача за допомогою фланців 20 і болтів кріпиться провідний ізолятор, що складається зі струмопровідного стрижня, що дозволяє легко замінити його в разі пошкодження. До зовнішнього кінця стрижня прикріплена струмоведуча частина 19, а до внутрішнього кінця - нерухомий контакт 12. Механізм приводу містить кривошипно-шатунний механізм, який надійно перетворює обертовий рух вала 5 в поступальний рух рухомого контакту 11. Вал має кривошип 6 і шарнірно з'єднаний з поперечиною 8 через шатун 7. Траверса рухається по двох напрямних 9, закріплених на кришці. Направляюча тяга оснащена окремою пружиною 23, яка при вимкненні стискається. До траверси прикріплені три ізоляційні стрижні 10, на яких закріплено контактний пристрій 17,

що несе рухомий контакт 11. Перемикач утримується у включеному положенні за допомогою засувки приводу.

Контакти є дуже важливою частиною вимикача. Потрібні регулярні огляди та ремонти. Нерухомі контакти прикріплюються безпосередньо до стрижня під напругою або до контактних майданчиків, прикріплених до стрижня під напругою. Деякі типи перемикачів використовують робочі контакти та дугогасильні контакти. Коли перемикач вимкнено, головні контакти спочатку роз'єднуються, а потім контакти для гасіння дуги роз'єднуються, оскільки головні контакти довші за головні контакти. Тому дуга горить не між головними контактами, а тільки між дугогасильними. Це означає, що основні контакти не перегорають і забезпечується хороше з'єднання у включеному положенні вимикача. Пружини стиснення 25 використовуються для створення необхідного тиску на нерухомі та рухомі контакти. Масло для вимикачів повинно бути якісним по опору напруги.

Бак не повністю заповнюється маслом, залишаючи повітряний простір під кришкою, яка з'єднується з навколишнім повітрям через вихлопну трубу. Швидке підвищення тиску в резервуарі під час горіння дуги (масло практично нестисливе) призводить до заміни повітря маслом через газовідвідну трубу, пом'якшуючи гідравлічний вплив на стінки бака. Якщо обсяг буфера недостатній (рівень масла вищий за нормальний), відключення живлення заповнить буфер маслом швидше, ніж згасне дуга і почнеться злив. Площа перерізу газовідвідної труби невелика. Тому, якщо масло вдариться по кришці занадто сильно, масло може відшаруватися від бака або пошкодити сам бак. Для запобігання іржі на болт, який з'єднує бак і кришку, насаджують тонкостінну трубу 26, зі збільшенням тиску перемикач деформується до небезпечного значення, спричиняючи витік масла через кільцеву щілину, утворену між кришкою та баком, що призводить до падіння тиску всередині бака. Деякі вимикачі оснащені запобіжними клапанами. Мідна мембрана розривається під небезпечним тиском, дозволяючи маслу швидко витікати назовні. Кількість масла в перемикачі повинна бути такою, щоб при вимкненні максимально можливого струму дуга згасала до того, як масло заповнить буферний простір. Однак, якщо рівень масла занадто низький, автоматичний вимикач може

вибухнути, тому що за певних умов гарячі гази можуть запалити суміш, що утворюється з водню та атмосферного кисню. З цих причин багатомасляні перемикачі вважаються вибухонебезпечними та пожежонебезпечними.

2.3 Вимикач WMSWPI-10/6/3,5

Вимикачі WMSWPI-10/6/3,5 застосовуються в закритих розподільних пристроях (РУ) на напругу від 6 до 10 кВ і працюють в розподільних пристроях з номінальними струмами 600, 1000, 1600 А і струмами вимкнення до 20 кА. Перемикач WMSWPI-10/6/3,5 з вбудованим пружинним приводом. Вимикач розрахований на номінальний струм від 630 до 3150 А і струм відключення 20 кА і 31,5 кА. На рисунку 2.3 показана загальна схема вимикача WMSWPI-10/6/3,5, розрахованого на номінальний струм від 630 до 3150. Цей вимикач має дві паралельні схеми: схему активації та схему гасіння дуги. Контакт спрацьовування знаходиться зовні, а контакт для гасіння дуги - з внутрішньої сторони корпусу.

Кількість масла для вимикачів, розрахованих на струм від 630 до 1600 А, становить 5,5 кг.

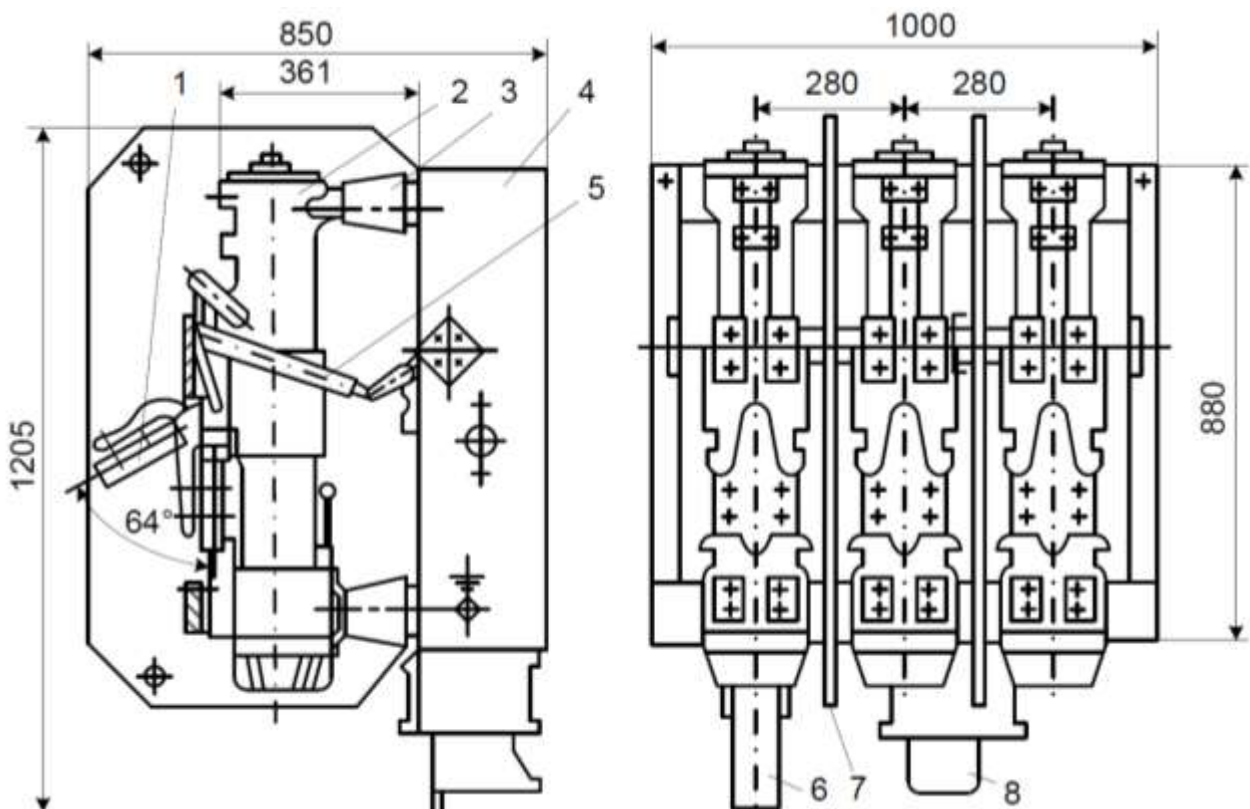


Рисунок 2.3 - Загальний вигляд вимикача WMSWPI-10/6/3,5.

1 - робочий рухомий контакт; 2 - корпус вимикача; 3 - ізолятор; 4 - сталева рама; 5 - ізоляційна тяга; 6 - контактор; 7- ізоляційна перегородка; 8 - привод.

Максимальна кількість циклів увімкнення-вимкнення, яку може виконати пружинний привід при повністю заведених робочих пружинах (без додаткового заведення), становить три. Час заведення робочих пружин приводу на три операції при мінімальній напрузі мережі не перевищує 30 секунд.

Полюс вимикача рисунок 2.4 являє собою вологостійкий ізоляційний циліндр 5 зі склоепоксидної пластмаси, торці якого укріплені металевими фланцями. До верхнього фланця ізоляційної трубки прикріплений корпус з алюмінієвого сплаву, всередині якого розміщені випрямляч приводу, рухомий контактний стрижень, роликострумознімач і масловідділювач. Нижній фланець з силуміну закритий кришкою, в яку встановлюється розетковий контакт, а зовні встановлена маслосливна пробка. Всередині циліндра над контактом гнізда знаходиться гартівна камера, що складається з ізоляційної пластини з формованими отворами. Ці пластини утворюють три бічні канали і масляну кишеню.

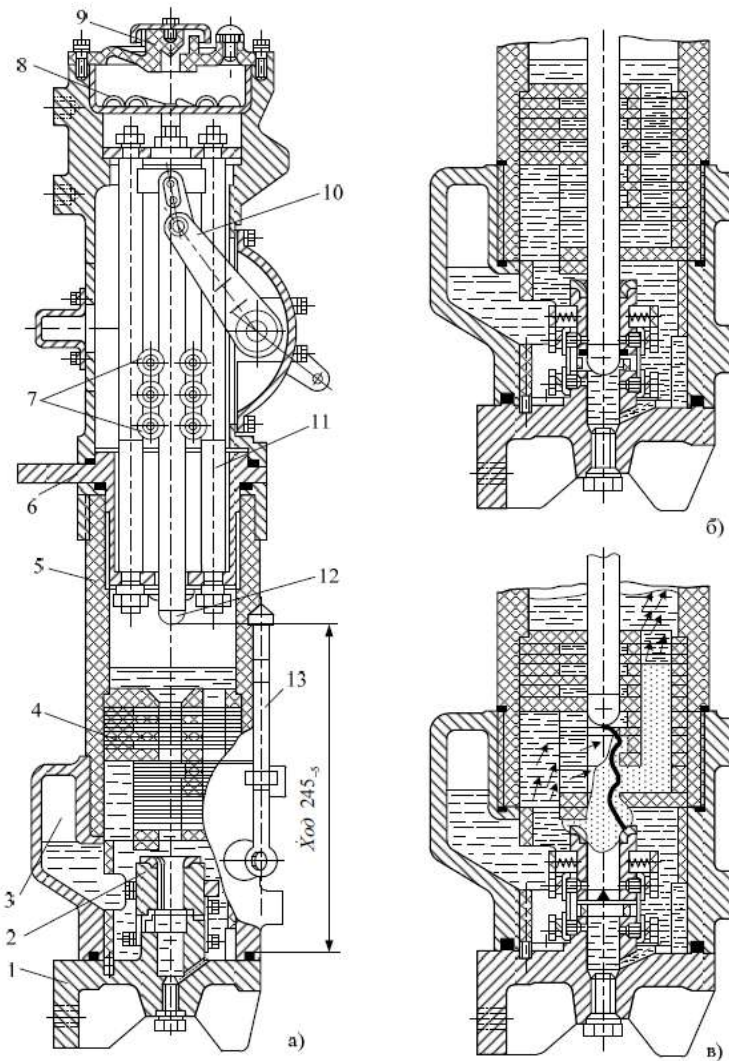


Рисунок 2.4 - Переріз полюса вимикача WMSWPI-10/6/3,5: а положення "Вимкнено"; б положення "Увімкнено"; в процес вимикання / нижній вивід і кришка вимикача; 2 - нерухомі контакти; 3 - повітряна подушка; 4 - гасильна камера; 5 - ізоляційний циліндр; 6 - верхній вивід; 7 - роликовий струмознімальний контакт; 8 - масловіддільник, 9 - кришка; 10 - привідний механізм; 11 – направляючий стержень; 12 - рухомий контакт; 13 –показчик рівня масла.

У включеному положенні контактний стержень знаходиться в контактні гнізда рисунок 2.4 б. У вимкненому стані привод відпускає перемикальну пружину, розташовану в перемикальній рамі, зусилля якої обертає перемикаючий вал, рух якого передається на ізоляційну тягу, а від ізолюючої тяги - на водяний

механізм 10 і контактному стержні який рухається вгору. При розмиканні контактів виникає дуга, масло випаровується і розкладається. У перший момент контактний стрижень замикає бічний канал дугогасильної камери. В результаті тиск швидко зростає, і частина масла заповнює буферний об'єм і стискає повітря всередині нього. Як тільки стрижень відкриває перший поперечний канал, відбувається поперечний нагнітання парів газу і масла. Коли сила струму перевищує нуль, тиск у паровому пазурі зменшується і стиснене повітря в буферному об'ємі виштовхує масло в зону гасіння дуги, як поршень рисунок 1.7 б.

Коли великий струм вимикається, виникає енергійне поперечне дуття, яке гасить дугу в нижній частині камери. При вимкненні малого струму дуга слідує за стрижнем, випаровуючи масло в спеціальній кишень у верхній частині камери, створюючи зустрічно радіальне дуття, а коли стрижень залишає камеру, продовжний удар. Час гасіння дуги при відключенні великого струму і малого струму становить всього 0,015-0,025 секунди. З метою підвищення стійкості контактів до дії дуги і продовження терміну їх служби наконечники і верхні торці рухомих контактів знімні. Тонкі пластинчасті контакти з фіксованої сторони виготовлені з дугостійкої металокераміки. Після гасіння дуги пара та газу, що утворюються під час процесу гасіння дуги, потрапляють у верхню частину корпусу вимикача, де масляна пара конденсується, а газ виходить через отвір у кришці. Після заповнення камери маслом перемикач готовий до наступного робочого циклу. Рівень масла в циліндрі перевіряється за допомогою масломіра.

Його якість повинна відповідати звичайним вимогам до ізоляційних масел. Якщо масло стає занадто брудним і канали камери обвуглюються, шляхи ізоляції між контактами можуть перекриватися, коли перемикач знаходиться у вимкненому положенні.

Основні переваги вимикача:

- Висока відключаюча здатність;
- Придатність для зовнішньої установки;
- Можливість установки з вбудованим трансформатором струму;

Недоліки резервуарних автоматичних вимикачів:

- Небезпека вибуху та пожежі;
- Необхідно регулярно контролювати стан і рівень масла;
- Потрібна велика кількість масла;
- Необхідний великий запас масла;
- Не підходить для швидкодіюча реалізація AVR;
- Висока металомісткість;
- Велика маса;
- Незручність транспортування, монтажу та налаштування.

2.4 Порівняльне співставлення вакуумних і масляних вимикачів для модернізації підстанції

Одним з найважливіших аспектів вимикача є його механічна міцність, і чим простіша конструкція, тим вища ця міцність. З цього погляду, вакуумний вимикач має найпростішу конструкцію і найвищу механічну міцність, у той час як масляний вимикач має найнижчу міцність.

Електрична міцність дугового середовища є ще однією ключовою характеристикою автоматичного вимикача. Дугове середовище вакуумних вимикачів, включаючи ті до 110 кВ, має високу електричну міцність. Масляні вимикачі, з іншого боку, мають меншу електричну міцність дугового проміжку. Не менш важливим фактором є комутаційний ресурс вимикача, або кількість робочих циклів. Кількість циклів увімкнення та вимкнення залежить від величини струму, що перемикається. При цьому, чим вище сила струму, тим швидше автоматичний вимикач вичерпає свій комутаційний ресурс. Вакуумний перемикач необхідно замінити після того, як ресурси комутації вичерпано. Термін служби масляного перемикача значно скоротиться. Як правило, капітальний ремонт потрібен після семикратного автоматичного припинення струму короткого замикання. Головним чином це відбувається тому, що речовина, що гасить дугу, трансформаторне масло, втрачає свої ізоляційні та дугогасильні властивості та має бути замінена. [12]

Ще одна важлива характеристика - вага вимикача. З огляду на вакуум, має покращені робочі характеристики, але це лише частка від загального розміру

масла. Дуже актуальним є питання експлуатації високовольтних вимикачів та їх обслуговування, тобто регулярний капітальний поточний ремонт, а також позаплановий (аварійний) ремонт. Як правило, вакуумники мають простішу структуру, ніж масляні перемикачі, тому не потребують спеціального обладнання чи інструментів, що робить обслуговування дуже легким. Ремонт масляного вимикача комутатора вимагає набагато більше роботи. Електроустановки приділяють велику увагу питанням пожежної безпеки. Що стосується високовольтних масляних та вакуумних вимикачів, то на масляній основі є найнебезпечнішим з точки зору пожежної безпеки, оскільки містить певну кількість трансформаторного масла - легкозаймиста рідина. Розподільний пристрій з масляним вимикачем має підвищені вимоги пожежної безпеки. Вакуумний перемикач абсолютно безпечний, оскільки його конструкція не містить горючих рідин або матеріалів.

Також дуже актуальним є питання впливу електромонтажного обладнання на навколишнє середовище. У цьому випадку масляний вимикач найбільше згубно впливає на навколишнє середовище. Масляні трансформатори, що містяться в баках цих вимикачів, часто просочуються в землю через порушення герметичності баків. Вакуумний вимикач є найбезпечнішим з екологічної точки зору, оскільки не містить шкідливих речовин, а гасіння дуги відбувається у вакуумі, тобто без присутності газу чи рідини.

3 ВИБІР КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ

3.1 Умови вибору комутаційних апаратів

При виборі вимикача необхідно враховувати 12 різних параметрів, але завод-виробник гарантує певну залежність параметрів.

Наприклад:

$$I_{\text{ВКЛ,НОМ}} \geq I_{\text{ВИМ,НОМ}};$$

$$i_{\text{ВКЛ,НОМ}} \geq 1,8 \sqrt{2} I_{\text{ВИМ,НОМ}},$$

припустимо робити вибір вимикачів за найважливішими параметрами:

за установки напругою $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{НОМ}};$

за струмом тривалим $I_{\text{НОМ}} \leq I_{\text{НОМ}}; \quad I_{\text{max}} \leq I_{\text{НОМ}};$

за здатністю вимикальною.

Проводиться перевірка у першу чергу за умовою на симетричний струм вимкнення:

$$I_{\text{П,}\tau} \leq I_{\text{ВИМ,НОМ}};$$

Потім проводиться перевірка вимкнення аперіодичної складової струму КЗ:

$$i_{\text{а,}\tau} \leq i_{\text{а,НОМ}} = \sqrt{2} \beta_{\text{н}} I_{\text{ОТК,НОМ}}/100,$$

де $i_{\text{а,НОМ}}$ – допустиме номінальне значення неперіодичної складової струму розриву в момент часу τ ; $\beta_{\text{н}}$ – нормована величина (%) аперіодичної складової струму вимикання; $i_{\text{а,}\tau}$ – аперіодична складова струму короткого замикання при розриві контактів τ ; τ – мінімальний час від початку короткого замикання до моменту відриву дугогасного контакту:

$$\tau = t_{\text{з,min}} + t_{\text{с,в}};$$

тут $t_{\text{з,min}} = 0,01$ с - min час дії релейного захисту; $t_{\text{с,в}}$ – час вимкнення вимикача власний.

Коли дотримується умова

$$I_{п,τ} \leq I_{отк,ном},$$

а $i_{a,τ} > i_{a,ном}$, при повному струмі КЗ можливо роботу перевірку на вимикальною здатністю:

$$(\sqrt{2} I_{п,τ} + i_{a,τ}) \leq \sqrt{2} I_{отк,ном}(1 + \beta_H/100).$$

При умові проводиться перевірка за вимикальною здатністю

$$i_y \leq i_{вкл}; \quad I_{п,0} \leq I_{вкл},$$

де i_y – імпульсний струм при короткому замиканні вимикача; $I_{п,0}$ – періодичної складової струму короткого замикання вимикача початкове значення; $I_{вкл}$ – номінальний струм перемикавання; $i_{вкл}$ – максимальне пікове значення струму комутації (згідно каталогу);

Виробники дотримуються умови

$$i_{вкл} \geq 1,8 \sqrt{2} I_{вкл},$$

де $k_y = 1,8$ – ударний коефіцієнт. Перевірка за двома умовами необхідна для того що, для системи k_y може бути більший 1,8.

На електродинамічну стійкість вимикач перевіряється за граничними наскрізними струмами КЗ:

$$I_{п,0} \leq I_{дин}; \quad i_y \leq i_{дин},$$

де $i_{дин}$ – струм електродинамічної стійкості за каталогом; $I_{дин}$ – значення періодичної складової граничного наскрізного діючого струму КЗ. З тих же намірів перевірка за двома умовами проводиться.

Вимикач перевіряється на термічну стійкість за тепловим імпульсом струму КЗ:

$$B_k \leq I_{тер}^2 t_{тер},$$

де B_k – тепловий імпульс струму КЗ за розрахунком; $I_{тер}$ – середньоквадратичне значення струму за час його протікання визначається за каталогом; $t_{тер}$ – тривалість протікання струму термічної, стійкості.

Вимикача за параметрами перевіряється на відновлення напруги контактів вимикача в навчальному проектуванні, як правило, не проводиться, тому що в більшості енергосистем фактично є відновлення напруги відповідають умовам випробування вимикача. Якщо вам необхідно перевірити автоматичний вимикач за параметрами відновленої напруги, розрахувати та побудувати відповідно до потужності джерела, реактивного опору, конкретних даних електричної системи, таких як трансформатори, шини, прилади тощо. Криві процесу тимчасової поновлюваної напруги (ПВН). Тому крива не повинна перетинати нормалізовану криву ПВН.

3.2 Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахунок струму короткого замикання використовується для вибору або перевірки параметрів електричного пристрою, а також для вибору або перевірки налаштувань релейного захисту та автоматики.

Струм короткого замикання використовується для вибору або перевірки параметрів електричного пристрою, а також для вибору або перевірки налаштувань релейного захисту та автоматики. Для розрахунку струму короткого замикання створюється розрахункова схема і відповідно створюється еквівалентна схема.

За допомогою поетапного перетворення еквівалентна схема зводиться до простішої форми, де кожне джерело струму або група джерел струму з'єднана з точкою короткого замикання через результуючий опір. Знаючи ЕРС і результуючий опір результуючого джерела живлення, визначити початкове значення періодичної складової струму короткого замикання, потім імпульсного струму, періодичної і аперіодичної складових струму короткого замикання, відповідно до закону Ома.

Накреслимо розрахункову схему (спрощену однолінійну схему електроустановки), на якій відображені всі фактори, що впливають на струм короткого замикання, із зображенням точок короткого замикання (рисунок 3.1).

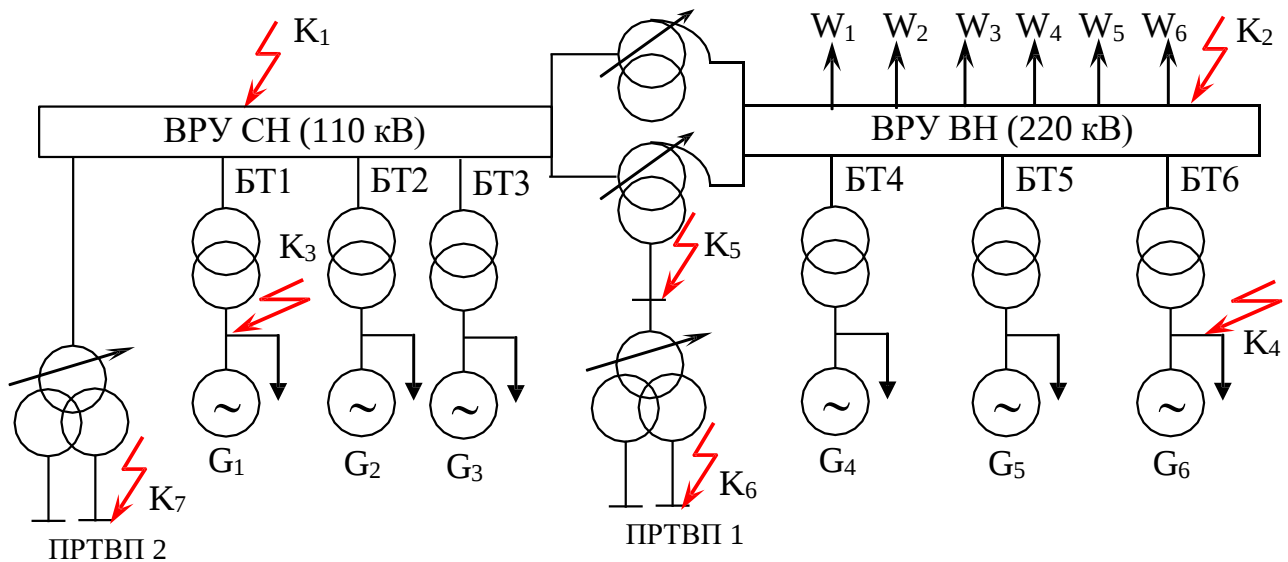


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема установки

3.2.13 Заступна схема установки

Для обраних точок КЗ створити еквівалентну схему заміщення, що відповідає вихідним даним розрахункової схеми, але з заміною всіх магнітних (трансформаторних) з'єднань на електричні рисунок 3.2. Виконуємо обчислення у відносних одиницях.

Тому використовуються методичні вказівки для приведення всіх носіїв елементів схеми заміщення до однакових базових умов.

Приймаємо $S_B = 1000$ (МВА).

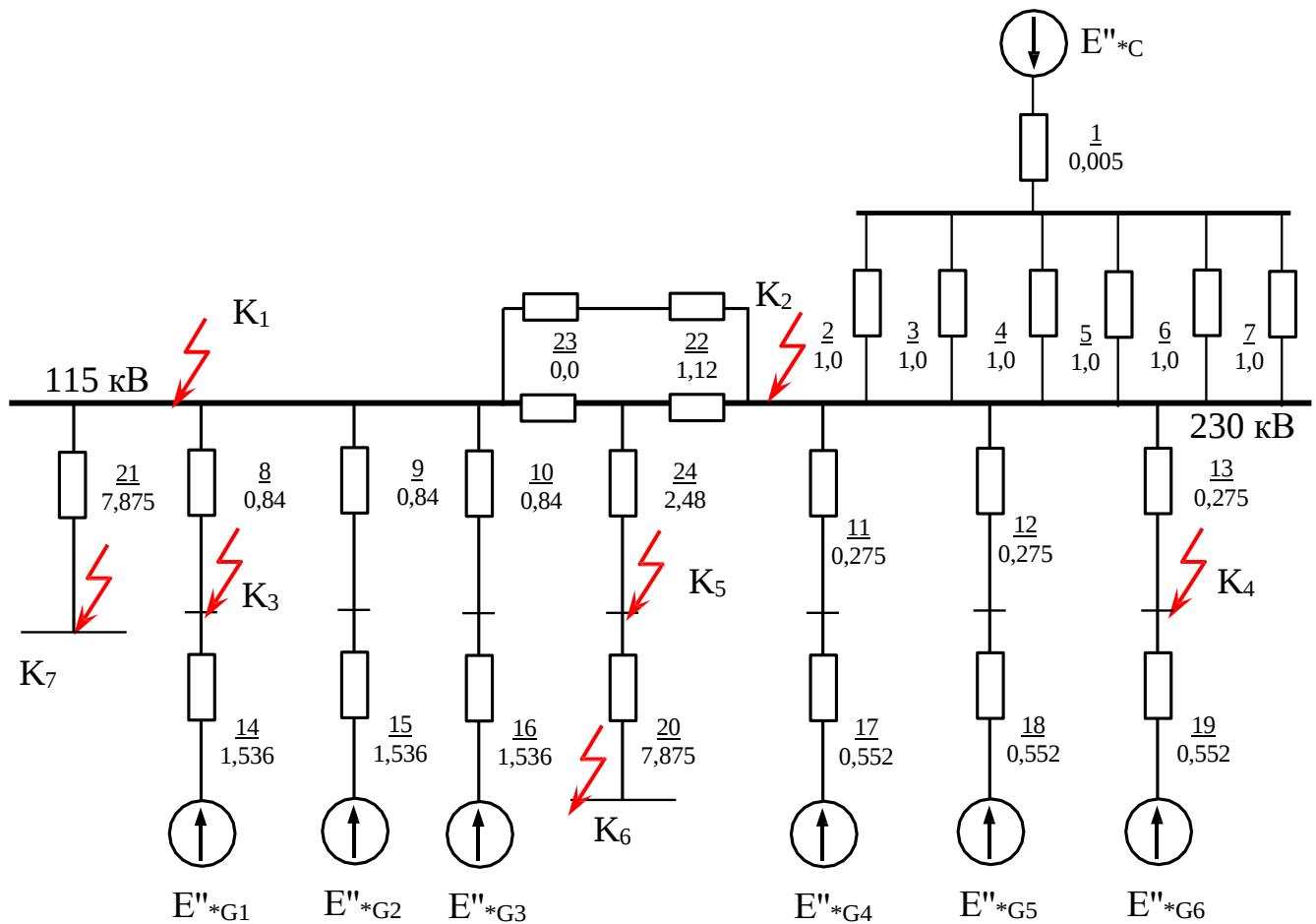


Рисунок 3.2 – Заступна схема станції

Приведені значення опорів визначаємо:

- системи:

$$x_{*1} = x_{*c \text{ ном}} \cdot \frac{S_B}{S_{\text{ном}}} = 0,09 \cdot \frac{1000}{19200} = 0,005;$$

- ЛЕП 220 кВ:

$$x_{*2-7} = x_{\text{пит}} \cdot 1 \cdot \frac{S_B}{u_{\text{ср}}^2} = 0,32 \cdot 165 \cdot \frac{1000}{230^2} = 1,0;$$

- блочних трансформаторів БТ 1-3:

$$x_{*8-10} = \frac{u_{\text{к в-н \%}}}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{\text{ном}}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{125} = 0,84;$$

- блочних трансформаторів БТ 4-6:

$$X_{*11-13} = \frac{u_{KB-H} \%}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{НОМ}} = \frac{11}{100} \cdot \frac{1000}{400} = 0,275;$$

- генераторів G₁₋₃:

$$X_{*14-16} = x''_{d^{*НОМ}} \cdot \frac{S_B}{S_{НОМ}} = 0,192 \cdot \frac{1000}{125} = 1,536;$$

- генераторів G₄₋₆:

$$X_{*17-19} = x''_{d^{*НОМ}} \cdot \frac{S_B}{S_{НОМ}} = 0,195 \cdot \frac{1000}{353} = 0,552;$$

- ПРТВП 1:

$$X_{*20} = \frac{1,875 \cdot u_{KB-H} \%}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{НОМ}} = \frac{1,875 \cdot 10,5}{100} \cdot \frac{1000}{25} = 7,875;$$

- ПРТВП 2:

$$X_{*21} = \frac{1,875 \cdot u_{KB-H} \%}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{НОМ}} = \frac{1,875 \cdot 10,5}{100} \cdot \frac{1000}{25} = 7,875;$$

- АТЗ:

$$u_{KB} \% = 0,5 \cdot (u_{KB-H} \% + u_{KB-C} \% - u_{KC-H} \%) = 0,5 \cdot (45 + 11 - 28) = 14,0\%;$$

$$u_{KC} \% = 0,5 \cdot (u_{KB-C} \% + u_{KC-H} \% - u_{KB-H} \%) = 0,5 \cdot (11 + 28 - 45) = -3\%;$$

$$u_{KH} \% = 0,5 \cdot (u_{KB-H} \% + u_{KC-H} \% - u_{KB-C} \%) = 0,5 \cdot (45 + 28 - 11) = 31,0\%.$$

$$X_{*B} = X_{*22} = \frac{u_{KB} \%}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{НОМ}} = \frac{14,0}{100} \cdot \frac{1000}{125} = 1,12;$$

$$X_{*C} = X_{*23} = 0;$$

$$X_{*H} = X_{*24} = \frac{u_{KH} \%}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{НОМ}} = \frac{31,0}{100} \cdot \frac{1000}{125} = 2,48.$$

3.2.2 Розрахунок періодичної складової струму КЗ для часу $t = 0$

Початкове значення періодичної складової струму КЗ в системі відносних одиниць визначається за формулою, кА:

$$I_{\text{по}} = \frac{E'_{**} \cdot I_{\text{б}}}{X_{\text{рез}*}}$$

де E''_{**} – джерела ЕРС, в.о.;

$X_{\text{рез}*}$ – результуючий відносний опір ланки КЗ приведений до базисних умов,

який $I_{\text{б}}$ – струм базисний, кА:

$$I_{\text{б}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср}}}.$$

К₁ Складаємо розрахункову схему враховуючи тільки елементи, які мають вплив на точку К₁ (рисунок 3.3). Цю схему скоротимо до найбільш простого вигляду.

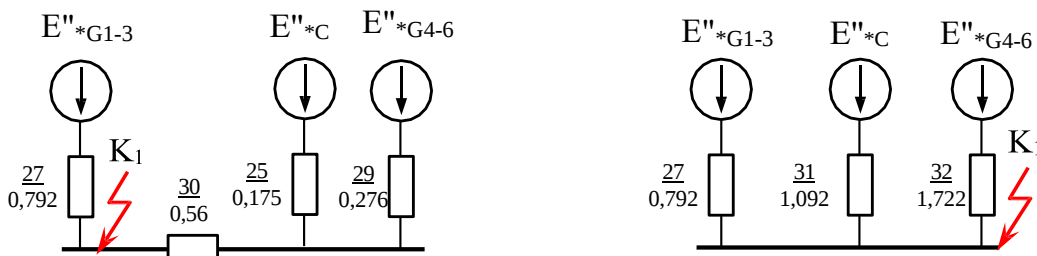


Рисунок 3.3 – Звертання заступної схеми (точка К-1)

$$X_{*25} = X_{*1} + \frac{X_{*2}}{6} = 0,005 + \frac{1,0}{6} = 0,172;$$

$$X_{*26} = X_{*8} + X_{*14} = 0,84 + 1,536 = 2,376;$$

$$X_{*27} = \frac{X_{*26}}{3} = \frac{2,376}{3} = 0,792;$$

$$X_{*28} = X_{*11} + X_{*17} = 0,275 + 0,552 = 0,827;$$

$$X_{*29} = \frac{X_{*28}}{3} = \frac{0,827}{3} = 0,276;$$

$$X_{*30} = \frac{X_{*22}}{2} = \frac{1,12}{2} = 0,56;$$

$$X_{\Delta} = X_{*30} \cdot (X_{*25} + X_{*29}) = 0,56 \cdot (0,175 + 0,276) = 0,253;$$

$$X_{*31} = X_{*25} + \frac{X_{\Delta}}{X_{*25}} = 0,175 + \frac{0,253}{0,175} = 1,092;$$

$$X_{*32} = X_{*29} + \frac{X_{\Delta}}{X_{*29}} = 0,276 + \frac{0,253}{0,175} = 1,722.$$

Розрахуємо струми $I_{\text{по}}$:

$$I_{6 \text{ К1}} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср К1}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,02 \text{ (кА)};$$

$$I_{\text{по C}} = \frac{E''_{*C} \cdot I_{6 \text{ K1}}}{X_{*31}} = \frac{1}{1,092} \cdot 5,02 = 4,597 \text{ (кА)};$$

$$I_{\text{по Г1-3}} = \frac{E''_{*Г1-3}}{X_{*27}} \cdot I_{6 \text{ K1}} = \frac{1,13}{0,792} \cdot 5,02 = 7,162 \text{ (кА)};$$

$$I_{\text{по Г4-6}} = \frac{E''_{*Г4-6}}{X_{*32}} \cdot I_{6 \text{ K1}} = \frac{1,13}{1,722} \cdot 5,02 = 3,294 \text{ (кА)}.$$

Проводимо аналогічно розрахунок періодичної складової струму КЗ для інших точок та результати розрахунків зводимо в таблицю 3.1.

Результати розрахунків I_6 та U_6 для точок КЗ приводимо у таблицю

3.1. Таблица 3.1 – Базисні напруг та струми для кожної точки розраховано

Точка КЗ	К-1	К-2	К-3	К-4	К-5	К-6, К-7
U_6 , кВ	115	230	10,5	20	37	6,3
I_6 , кА	5,02	2,51	54,99	28,868	15,6	91,64

К₂ Для розрахунків струмів КЗ в точці К₂ показана заступна схема на рисунку 2.4.

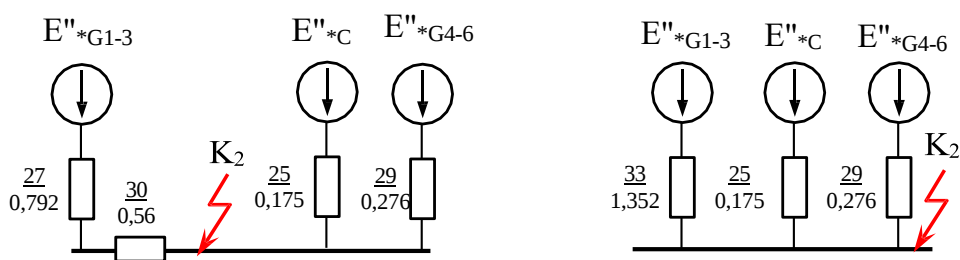


Рисунок 3.4 – Звертання заступної схеми (точка К-2)

К₃ Для розрахунків струмів КЗ в точці К₃ показана заступна схема на рисунку 3.5.

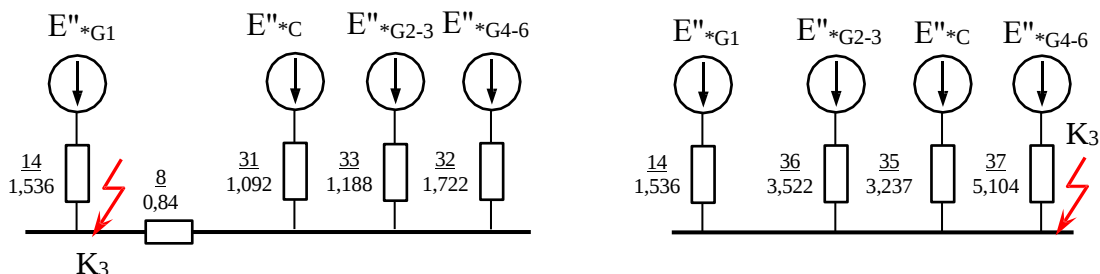


Рисунок 3.5 – Звертання заступної схеми (точка К-3)

$$X_{*34} = \frac{X_{*26}}{2} = \frac{2,376}{2} = 1,188;$$

$$X_{\Delta} = X_{*8} \cdot (X_{*33} \cdot X_{*31} + X_{*33} \cdot X_{*32} + X_{*31} \cdot X_{*32}) =$$

$$= 0,84 \cdot (1,188 \cdot 1,092 + 1,188 \cdot 1,722 + 1,092 \cdot 1,722) = 4,388;$$

$$X_{*35} = X_{*31} + \frac{X_{\Delta}}{(X_{*33} \cdot X_{*32})} = 1,092 + \frac{4,388}{1,188 \cdot 1,722} = 3,237;$$

$$X_{*36} = X_{*33} + \frac{X_{\Delta}}{(X_{*31} \cdot X_{*32})} = 1,188 + \frac{4,388}{1,092 \cdot 1,722} = 3,522;$$

$$X_{*37} = X_{*32} + \frac{X_{\Delta}}{(X_{*33} \cdot X_{*31})} = 1,722 + \frac{4,388}{1,188 \cdot 1,092} = 5,104.$$

K₄

3.6.

Заступна схема для розрахунків струмів КЗ в точці K₄ показана на рисунку

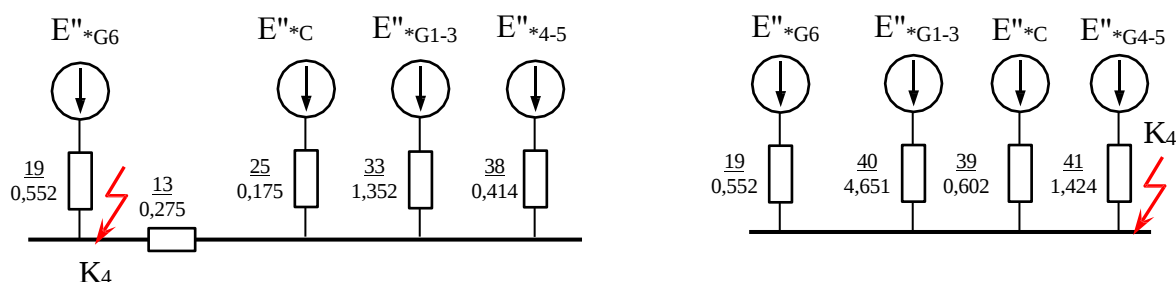


Рисунок 3.6 – Звертання заступної схеми (точка K-4)

$$X_{*38} = \frac{X_{*28}}{2} = \frac{0,827}{2} = 0,414;$$

$$X_{\Delta} = X_{*13} \cdot (X_{*33} \cdot X_{*25} + X_{*33} \cdot X_{*38} + X_{*25} \cdot X_{*38}) =$$

$$= 0,275 \cdot (1,352 \cdot 0,175 + 1,352 \cdot 0,414 + 0,175 \cdot 0,414) = 0,239;$$

$$X_{*39} = X_{*25} + \frac{X_{\Delta}}{(X_{*33} \cdot X_{*38})} = 0,175 + \frac{0,239}{1,352 \cdot 0,414} = 0,602;$$

$$X_{*40} = X_{*33} + \frac{X_{\Delta}}{(X_{*25} \cdot X_{*38})} = 1,352 + \frac{0,239}{0,175 \cdot 0,414} = 4,651;$$

$$X_{*41} = X_{*38} + \frac{X_{\Delta}}{(X_{*33} \cdot X_{*25})} = 0,414 + \frac{0,239}{1,352 \cdot 0,175} = 1,424.$$

K₅

3.7.

Для розрахунку струмів КЗ в точці K₅ представлена заступна схема на рисунку

$$X_{\Delta} = X_{*24} \cdot (X_{*27} \cdot X_{*31} + X_{*27} \cdot X_{*32} + X_{*31} \cdot X_{*32}) =$$

$$= 2,48 \cdot (0,792 \cdot 1,092 + 0,792 \cdot 1,722 + 1,092 \cdot 1,722) = 10,191;$$

$$X_{*42} = X_{*31} + \frac{X_{\Delta}}{(X_{*27} \cdot X_{*32})} = 1,092 + \frac{10,191}{0,792 \cdot 1,722} = 8,564;$$

$$X_{*43} = X_{*27} + \frac{X_{\Delta}}{(X_{*31} \cdot X_{*32})} = 0,792 + \frac{10,191}{1,092 \cdot 1,722} = 6,212;$$

$$X_{*44} = X_{*32} + \frac{X_{\Delta}}{(X_{*27} \cdot X_{*31})} = 1,722 + \frac{10,191}{0,792 \cdot 1,092} = 13,505.$$

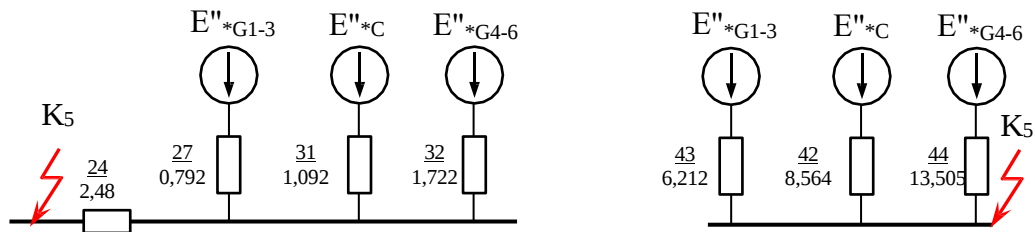


Рисунок 3.7 – Звертання заступної схеми (точка К-5)

3.2.3 В системі власних потреб електростанції розрахунок струмів КЗ.

К₆ Суттєвий вплив при цьому на характер і силу струму процесу має група потужних електродвигунів, увімкнена поблизу місця пошкодження. При цьому напруга на клеммах двигуна виявляється нижчою за ЕРС, в результаті чого клема двигуна переходять в генераторний режим і направляють електроенергію в місце пошкодження.

Альтернативна схема розрахунку струму КЗ в точці К₆ наведена на рисунку 3.8.

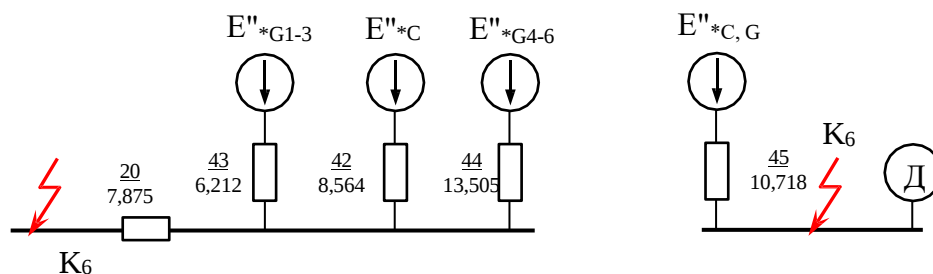


Рисунок 3.8 – Звертання заступної схеми (точка К-6)

Початкове визначаємо значення періодичної складової струму короткого замикання для двигунів:

$$I_{\text{по Д}} = 4 \cdot \Sigma P_{\text{ном}} / U_{\text{ном}},$$

де $\Sigma P_{\text{ном}}$ – сума номінальної потужності всіх побутових двигунів, електрично підключених до КЗ.; $U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга двигуна.

Згідно при живленні від ПРТВП:

$$\Sigma P_{\text{ном}} = 1,25 \cdot S_{\text{ном ПРТВП}} = 1,25 \cdot 16,58 / 2 = 10,363 \text{ (МВт)};$$

$$I_{\text{по Д}} = \frac{4 \cdot 10,363}{6} = 6,908 \text{ (кА)}.$$

$$I_{6\text{ К6}} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср К6}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 91,64 \text{ (кА)};$$

$$I_{\text{по C+Г}} = \frac{E''_{*C+Г}}{X_{*45}} \cdot I_{6\text{ К6}} = \frac{1}{10,718} \cdot 91,64 = 8,55 \text{ (кА)}.$$

К₇
3.9.

Для розрахунку струмів КЗ в точці К₇ представлена заступна схема на рисунку

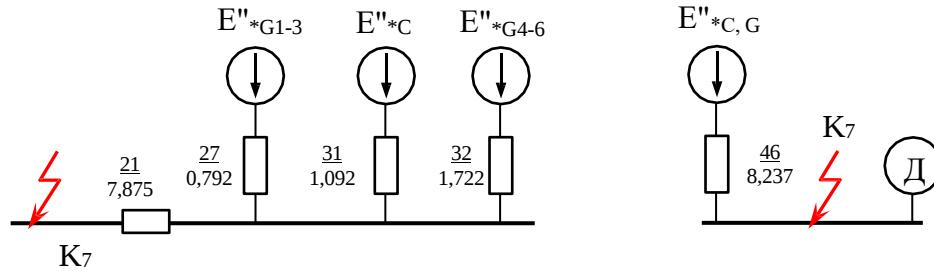


Рисунок 3.9 – Звертання заступної схеми (точка К-7)

$$X_{*46} = \frac{1}{\frac{1}{X_{*27}} + \frac{1}{X_{*31}} + \frac{1}{X_{*32}}} + X_{21} = \frac{1}{\frac{1}{0,792} + \frac{1}{1,092} + \frac{1}{1,722}} + 7,875 = 8,237.$$

$$I_{\text{по C+Г}} = \frac{E''_{*C+Г}}{X_{*46}} \cdot I_{6\text{ К7}} = \frac{1}{8,237} \cdot 91,64 = 11,125 \text{ (кА)}.$$

Оскільки у власній потребі системі підібрані однотипні пристрої та струмоведучі частини, то вони підбираються за максимальним значенням струму короткого замикання.

У нашому випадку це струми в точці К-7.

Тому надалі залишайте цю коротку точку в схемі ВП.

3.2.4 Аперіодичної та періодичної складової струму КЗ в момент часу $t = \tau$ при розрахунку ударного струму КЗ,

Визначаємо за формулою ударний струм КЗ:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по}} \cdot k_y,$$

де $I_{\text{по}}$ – періодична складова початкового значення струму короткого замикання;

k_y – коефіцієнт імпульсний, який залежить від постійного часу спаду неперіодичної складової струму короткого замикання;

T_a – константа затухання неперіодичної складової струму короткого замикання.

Якщо коротке замикання відбувається між клемми генератора, T_a цієї гілки є постійним.

Для характерних точок електричних мереж значення T_a і k_y .

Для вибору комутаційного пристрою спочатку потрібно знати значення періодичної і аперіодичної складових КЗ замикання в момент часу $t > 0$ в .

Час розрахунковий, для якого потрібно знайти струм КЗ:

$$\tau = t_{\text{вв відк}} + 0,01,$$

де $t_{\text{вв відк}}$ – власний час відключення.

Складові струму аперіодична короткого замикання:

$$i_{\text{ат}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по}} \cdot e^{-\tau/T_a}.$$

Вибір вимикачів попередній для визначення τ .

Таблиця 3.2 – Вибір попередніх вимикачів

ВРУ 110 кВ	ВГБУ-110У1	$t_{\text{вв відк}} = 0,035$ с	$\tau = 0,045$ с
ВРУ 220 кВ	ВГБУ-220У1	$t_{\text{вв відк}} = 0,035$ с	$\tau = 0,045$ с
НН АТЗ	ВВУ-35Б	$t_{\text{вв відк}} = 0,05$ с	$\tau = 0,06$ с
НН РТВП	ВЭ-6-40	$t_{\text{вв відк}} = 0,06$ с	$\tau = 0,07$ с

Необхідні величини всі занесені до таблиці 3.3.

Виконаємо розрахунок аперіодичної та періодичної складової ударного струму КЗ і струму КЗ для точки К-1.

К₁ Ударний струм:

$$i_{\text{yc}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{поС}} \cdot k_y = \sqrt{2} \cdot 4,597 \cdot 1,717 = 11,161 \text{ (кА)};$$

$$i_{yG1-3} = \sqrt{2} \cdot I_{поG1-3} \cdot k_y = \sqrt{2} \cdot 7,162 \cdot 1,955 = 19,799 \text{ (кА)};$$

$$i_{yG4-6} = \sqrt{2} \cdot I_{поG4-6} \cdot k_y = \sqrt{2} \cdot 3,294 \cdot 1,977 = 9,209 \text{ (кА)}.$$

Аперіодична складова струму КЗ:

$$i_{атC} = \sqrt{2} \cdot I_{поC} \cdot e^{-\tau/T_{aC}} = \sqrt{2} \cdot 4,597 \cdot 0,223 = 0,63 \text{ (кА)};$$

$$i_{атG1-3} = \sqrt{2} \cdot I_{поG1-3} \cdot e^{-\tau/T_{aG1-3}} = \sqrt{2} \cdot 7,162 \cdot 0,841 = 7,737 \text{ (кА)};$$

$$i_{атG4-6} = \sqrt{2} \cdot I_{поG4-6} \cdot e^{-\tau/T_{aG4-6}} = \sqrt{2} \cdot 3,294 \cdot 0,869 = 3,743 \text{ (кА)}.$$

Періодична в момент часу складова $t = \tau$:

У нас система зв'язана з точкою К, тому приймаємо, що $I_{пт} = I_{по} = \text{const.}$

$$I_{птC} = I_{поC} = 4,597 \text{ (кА)}.$$

Для віток з турбогенераторами періодичні складові струму КЗ, є такою:

$$I'_{ном G1-3} = \frac{3 \cdot S_{ном G1-3}}{\sqrt{3} \cdot U_{ср K3}} = \frac{3 \cdot 125}{\sqrt{3} \cdot 115} = 1,883 \text{ (кА)};$$

$$\frac{I_{по G1-3}}{I'_{ном G1-3}} = \frac{7,162}{1,883} = 3,8, \text{ по [рисунок 3.9]: } \frac{I_{пт G1-3}}{I_{по G1-3}} = 0,88 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_{птG1-3} = 7,162 \cdot 0,88 = 4,597 \text{ (кА)}.$$

$$I'_{ном G4-6} = \frac{3 \cdot S_{ном G4-6}}{\sqrt{3} \cdot U_{ср K3}} = \frac{3 \cdot 353}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,32 \text{ (кА)};$$

$$\frac{I_{по G4-6}}{I'_{ном G4-6}} = \frac{3,294}{5,32} = 0,62 < 1 \Rightarrow \frac{I_{пт G4-6}}{I_{по G4-6}} = 1 \Rightarrow I_{птG4-6} = 3,294 \text{ (кА)}.$$

Аналогічно виконуються розрахунки періодичних і аперіодичних складових струму короткого замикання та імпульсних струмів короткого замикання для точок К-2 і К-5. Результати розрахунку в таблиці 3.3. Генераторний вимикач не встановлюється, тому що не розраховуються періодична і аперіодична складова струму короткого замикання в точках К-4 і К-3.

К₆ У системі електростанції власних потреб складова періодична в момент часу $t = \tau$:

$$I_{пт(C+G)} = I_{по(C+G)} = 8,55 \text{ (кА)};$$

$$I_{пт(D)} = I_{по(D)} \cdot e^{-\tau/0,07} = 6,908 \cdot e^{-0,07/0,07} = 2,541 \text{ (кА)}.$$

Для точки К₇ розрахунок проводиться аналогічно точці К₆.

Розрахункові результати ударного струму і складових струмів КЗ для всіх точок наведені в таблицю 3.3.

3.2.6 Розрахункові результати струмів КЗ

Отримані значення струму короткого замикання заносяться в спеціальну таблицю 3.3.

Зведена таблиця значно полегшує використання результатів струму короткого замикання і дозволяє знайти значні похибки струму короткого замикання шляхом аналізу отриманих результатів.

Таблиця 3.3 – Таблиця розрахункових результатів струмів КЗ

Точка КЗ	Джерела струмів КЗ	$x, \text{ в.о.}$	$\tau, \text{ с}$	$T_a, \text{ с}$	k_y	$e^{-\tau/T_a}$	$\frac{I_{i0}}{I_{iii}}$	$\frac{I_{i\tau}}{I_{i0}}$	$I_{ii}, \text{ кА}$	$i_y, \text{ кА}$	$i_{at}, \text{ кА}$	$I_{i\tau}, \text{ кА}$
К ₁ шини 110 кВ	Система	1,092	0,045	0,03	1,717	0,223	—	1	4,597	11,161	0,630	4,597
	Г 1-3	0,792		0,26	1,955	0,841	3,8	0,88	7,162	19,799	7,737	6,303
	Г 4-6	1,722		0,32	1,977	0,869	0,62	1	3,294	9,209	3,743	3,294
	Сума	—		—	—	—	—	—	15,054	40,169	12,110	14,194
К ₂ шини 220 кВ	Система	0,175	0,045	0,03	1,717	0,223	—	1	14,343	34,822	6,316	14,343
	Г 1-3	1,352		0,26	1,955	0,841	2,23	0,96	2,098	5,799	2,593	2,014
	Г 4-6	0,276		0,32	1,977	0,869	3,9	0,92	10,276	28,728	13,025	9,454
	Сума	—		—	—	—	—	—	26,717	69,349	21,934	25,811
К ₃ генератор Г1 100МВт (10,5 кВ)	Система	3,237	—	—	1,78	—	—	—	16,988	41,244	—	—
	Г 2,3	3,522		—	1,955	—	—	—	17,643	48,772	—	—
	Г 4-6	5,104		—	1,977	—	—	—	12,175	34,034	—	—
	Сума	—		—	—	—	—	—	46,805	124,049	—	—
	Г 1	1,536		—	1,975	—	—	—	40,455	112,976	—	—
К ₄ генератор Г6 300 МВт (20 кВ)	Система	0,602	—	—	1,78	—	—	—	47,957	116,431	—	—
	Г 1-3	4,651		—	1,955	—	—	—	7,014	19,390	—	—
	Г 4-5	1,424		—	1,977	—	—	—	22,909	64,043	—	—
	Сума	—		—	—	—	—	—	77,881	199,864	—	—
	Г 6	0,552		—	1,981	—	—	—	59,100	165,547	—	—
К ₅ ВН ПРТВП1	Система	8,564	0,06	0,03	1,717	0,135	—	1	1,822	4,422	0,349	1,822
	Г 1-3	6,212		0,26	1,955	0,794	0,5	1	2,838	7,845	3,186	2,838
	Г 4-6	13,505		0,32	1,977	0,829	0,08	1	1,305	3,649	1,530	1,305
	Сума	—		—	—	—	—	—	5,965	15,916	5,064	5,965
К ₆ НН ПРТВП1	Г + С	10,718	0,07	0,046	1,818	0,218	—	1	8,550	21,979	2,640	8,550
	Д	—		0,04	1,65	0,174	—	—	6,908	16,118	1,697	2,541
	Сума	—		—	—	—	—	—	15,458	38,097	4,337	11,092
К ₇ НН ПРТВП2	Г + С	8,237	0,07	0,046	1,818	0,218	—	1	11,125	28,600	3,435	11,125
	Д	—		0,04	1,65	0,174	—	—	6,908	16,118	1,697	2,541
	Сума	—		—	—	—	—	—	18,034	44,717	5,132	13,667

3.3 Вибір обладнання.

Елементи підстанції або розподільного пристрою підстанції повинні надійно працювати в нормальних умовах протягом тривалого періоду часу і мати достатню термічну і динамічну стабільність навіть у разі найсильніших коротких замикань. Надійність пристрою гарантується виробником тільки в тому випадку, якщо пристрій правильно підібрано. При виборі пристрою перевіряється відповідність його параметрів тривалим і короткочасним аварійним режимам, що виникають під час експлуатації.

3.3.1 Вибір роз'єднувачів та вимикачів.

Вибір вимикачів та роз'єднувачів для ВРУ-110 кВ.

Визначемо робочий максимальний струм елементів, які приєднані до ВРУ- 110 кВ:

струм генератора:
$$I_{p.max.} = \frac{S_{ном.г}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot 0,95} = \frac{125}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,95} = 0,691 \text{ кА};$$

струм від ПЛЕП:

$$I_{p.max.} = \frac{P_{пр.спр.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi} = \frac{50}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,85} = 0,309 \text{ кА};$$

струм від АТЗ:
$$I_{p.max.} = 1,5 \cdot \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = 1,5 \cdot \frac{125}{\sqrt{3} \cdot 110} = 0,984 \text{ кА}.$$

струм від ВН ПРТВП:
$$I_{p.max.} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{16,58}{\sqrt{3} \cdot 110} = 0,087 \text{ кА}.$$

Щоб вибрати вимикача використовуємо максимальне значення робочого струму: $I_{p.max.} = 0,984 \text{ кА}.$

Беремо вимикач ВБП-110:

- за напругою установки:
$$U_{уст} \leq U_{ном};$$

$$110 \text{ кВ} = 110 \text{ кВ};$$

- за тривалим струмом: $I_{роб.мах} \leq I_{ном};$
 $0,984 \text{ кА} < 2,0 \text{ кА}.$

Перевірку проводимо за вимогами:

- а) за здатністю вимикача до вмикання:

$$i_{ат} \leq \sqrt{2} \beta_H \cdot I_{ном.відк},$$

$$12,11 \text{ кА} < \sqrt{2} \cdot 0,35 \cdot 31,5 = 15,59 \text{ кА}, - \text{ умова виконалась.}$$

$$I_{пт} \leq I_{ном.відк.};$$

$$15,59 \text{ кА} < 31,5 \text{ кА}, - \text{ умова виконалась.}$$

- б) на електродинамічну стійкість:

$$I_{п,0} \leq I_{дин},$$

$$15,054 \text{ кА} < 40 \text{ кА}; \quad \text{умова виконалась;}$$

$$i_y \leq i_{дин},$$

$$40,169 \text{ кА} < 80 \text{ кА} \quad \text{умова виконалась,}$$

- в) на термічну стійкість:

$$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T,$$

$$117,84 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < 40^2 \cdot 2 = 3200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}, \quad \text{умова виконилась.}$$

Роз'єднувач обираємо: РНД-110/1000 У1

- за напругою установки: $U_{уст} \leq U_{ном};$ $110 \text{ кВ} = 110 \text{ кВ};$
 – за тривалим струмом: $I_{роб. мах} \leq I_{ном};$ $0,984 \text{ кА} < 1,0 \text{ кА}.$

Перевірку проводимо:

– на електродинамічну стійкість: $i_y \leq i_{\text{дин}}; 40,169 \text{ кА} < 80 \text{ кА};$

$B_K \leq I^2 \cdot t_T; 117,84 \text{ кА}^2\text{с} < 31,5^2 \cdot 3 = 2976,75 \text{ кА}^2\text{с};$ всі умови виконуються.

Вибори вимикачів і роз'єднувачів для інших з'єднань виконуємо так само, а результати розрахунків зведені в таблицю 3.4.

Вибрані комутаційні пристрої забезпечують надійне перемикання елементів схеми як в оперативному, так і в аварійному режимах.

Таблиця 3.4 – Вибрані вимикачі та роз'єднувачі.

Розрахункові дані	Марка вимикача	Марка роз'єднувача
ВРУ-110	ВБП-110	РНД-110/1000 У1
1	2	3
$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$
$I_{\text{р.мах}} = 0,984 \text{ кА}$	$I_{\text{ном.}} = 2,0 \text{ кА}$	$I_{\text{ном.}} = 1,0 \text{ кА}$
$I_{\text{пт}} = 14,194 \text{ кА}$	$I_{\text{н.відк.}} = 31,5 \text{ кА}$	—
$i_{\text{ат}} = 12,11 \text{ кА}$	$i_{\text{а.ном.}} = 19,8 \text{ кА}$	—
$I_{\text{по}} = 15,054 \text{ кА}$	$I_{\text{дин.}} = 40 \text{ кА}$	—
$i_{\text{уд.}} = 40,169 \text{ кА}$	$i_{\text{дин.}} = 80 \text{ кА}$	$i_{\text{дин.}} = 80 \text{ кА}$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

На електротехнічний персонал під час виконання оперативних та технічних обслуговувань масляних комутаційних апаратів впливають такі шкідливі виробничі фактори [13]:

а)фізичні:

- мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання);
- виробничий шум, ультразвук;
- вібрація (локальна, загальна);
- освітлення: природне (відсутність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

б)хімічні фактори:

- речовини біологічної природи, які отримані хімічним синтезом та/або для контролю яких використовуються методи хімічного аналізу,
- аерозолі фіброгенної дії (пил).

в) фактори трудового процесу:

- важкість праці (статичне навантаження, незручні робочі пози, понад нормоване переміщення у просторі);
- напруженість праці (сенсорні, емоційні перевантаження, режим роботи).

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

До робіт на маслonaповненому обладнанні допускаються особи, які мають відповідну групу з електробезпеки, які вивчили будову та принцип дії регенераційної установки і здали залік. Трансформаторне масло є не тільки легко займистою, але і отруйною рідиною. Тому працівники, пов'язані з обслуговуванням маслonaполненого обладнання, мають право на отримання спецхарчування. Після відключення масляним вимикачем струму КЗ ні в якому разі не можна запалювати сірники або входити з відкритим вогнем в камеру вимикача, так як там може утворитися вибухова суміш. При експлуатації регенераційних установок, що працюють за схемою «кислота-земля», слід вживати заходів обережності щодо

поводження з сірчаною кислотою. Очищення масла під напругою повинна застосовуватися лише в разі неможливості зняття напруги з апарату або в разі, якщо відключення трансформатора буде пов'язано з недовідпуском електроенергії споживачам. До очистки масла під напругою може бути допущений лише персонал, повністю освоїв методику очищення масла із застосуванням адсорберів або центрифуги, після перевірки знань відповідних інструкцій і правил безпеки. Очищення масла під напругою може проводитися на відкритих підстанціях напругою 35 кВ і вище, причому кількість залитого в трансформатор масла повинно бути не менше 500 кг. Крім того, ємність розширювача трансформатора повинна бути такою, щоб після включення адсорбційної установки рівень масла в розширювачі не знизиться по відношенню до верхньої позначки початкового рівня більше ніж на $1/2$. Для виключення розтікання пролитого масла і забезпечення пожежної безпеки під обладнанням (трансформатором або установкою) влаштовують гравійну засипку для збору і регенерації масла. При роботі персоналу з трансформаторним маслом звичайна спецодяг швидко просочується маслом, може викликати роздратування шкіри і легко загорається. Тому персоналу, який обслуговує маслonaповнене обладнання, необхідно або надягати захисний одяг, що має покриття з капронової пластика, або використовувати спецодяг з просоченням розчином діамонійфосфат. Для роботи всередині високовольтного обладнання в масляному господарстві повинен бути комплект одягу з захисне професійного покриттям, гумові маслостійкі рукавички і засоби захисту органів дихання (протигаз або респіратор). Забороняється працювати на регенераційних установках при появі постійного шуму, що виникає при роботі установки. З огляду на складності роботи з маслом, в деяких випадках краще застосовувати сухі трансформатори типу ТСЗ.

4.2 Мікроклімат

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожувальними конструкціями виробничих приміщень, що має висоту 2 м над рівнем підлоги або підмостями, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих.

Відповідно, до параметрів мікроклімату, що нормуються за ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [13]. відносяться: температура (t , $^{\circ}\text{C}$) і відносна вологість повітря (W , %), швидкість його переміщення (м/с), потужність теплових випромінювань (Вт/м^2).

Допустимі параметри мікроклімату для умов, що розглядаються Пб в теплий та холодний період року, наводяться в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату виробничих приміщень.

Період року	t , $^{\circ}\text{C}$	W , %	V , м/с
Теплий	15-29	70 при 25°C	$< 0,2-0,5$
Холодний	13-23	< 75	$< 0,4$

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату виробничих приміщень, відповідно до ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування, [14]. проектом передбачено:

- 1.Заходи індивідуального захисту від холоду;
- 2.Приміщення для відпочинку та обігріву;
- 3.Регламентацію часу роботи в виробничих приміщеннях, в яких не можливо забезпечити допустимі норми.

При виконанні робіт на відкритих територіях в холодну пору року, в неопалюваних та охолоджених приміщеннях допустимі значення температури приймаються відповідно до Гігієнічних умов праці [15] I-10,0.

4.3 Склад повітря робочої зони

Якість повітря за ДСТУ-Н Б А.3.2.1:2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва, [16] у першу чергу, залежить від наявності, рівня небезпечності та кількості шкідливих речовин. Шкідливі речовини можуть потрапляти до організму людини інгаляційними та іншими шляхами надходження (пероральний, шкірно-резорбтивний).

Контроль наявності шкідливих хімічних речовин у повітрі потрібно виконувати на місцях постійного та тимчасового перебування працюючих з урахуванням особливостей технологічного процесу (періодичний, безперервний), температурного режиму, кількості хімічних речовин та їх агрегатного стану в повітрі, летючості, тиску пари, можливості їх перетворення (окислення, гідроліз, деструкція), класу небезпечності та їх біологічної дії.

За ступенем негативного впливу на організм людини шкідливі речовини згідно з ДСТУ-Н Б А.3.2.1:2007 [17] підрозділяють на чотири класи небезпечності: 1-й – надзвичайно небезпечні; 2-й – високонебезпечні; 3-й – помірно небезпечні; 4-й – малонебезпечні.

Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Можливі забруднювачі повітря та їх ГДК.

Найменування речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Діоксид вуглецю (CO ₂);	3	1	4
Азот діоксид (NO ₂);	0,085	0,085	2

Для забезпечення складу повітря робочої зони, відповідно до ДБНВ.2.5-67:2013, [14] в роботі передбачені такі рішення:

1. У теплий період часу застосовувати природну та примусову вентиляцію виробничих приміщень.

2. Проводити контроль ГДК шкідливих речовин у приміщенні.

3. Застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановлено безпосередньо на ділянках біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення.

4.4 Виробниче освітлення

Штучне освітлення

Штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, охоронне та чергове. Існують дві системи штучного освітлення – загальне та комбіноване.

Загальне – освітлення, за якого світильники розміщуються рівномірно у верхній зоні приміщення (загальне рівномірне освітлення) або локалізовано відносно розміщення обладнання (загальне локалізоване освітлення).

Для загального штучного освітлення приміщень потрібно використовувати найбільш енергоекономічні джерела світла, віддаючи перевагу при рівній потужності джерелам світла з більшою світловіддачою та терміном служби, з виконанням вимоги не знижувати якість освітлювального устаткування для зниження енерговитрат. Отже, для загального штучного освітлення доцільно використовувати розрядні та світлодіодні джерела світла, які за однакової потужності з тепловими джерелами (лампи розжарювання), мають більшу світлову віддачу та з більшим терміном експлуатації. Світлова віддача джерел світла, зокрема світлодіодних ламп, для штучного освітлення приміщень при мінімально допустимих індексах кольоропередачі не повинна бути менше визначених за ДБН В.2.5-28:2018 [19].

Рівень ефективності споживання електроенергії електричними лампами та світильниками повинен відповідати вимогам Технічного регламенту енергетичного маркування електричних ламп та світильників [20]. При відсутності відповідного маркування підтвердження має бути отримано за результатами вимірювань.

Визначені нормовані значення штучного освітлення вносимо до таблиці 4.3.

Харак. зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту з фоном	Харак. фону	Штучне при системі комбінованого освітлення	
						всього	у т. ч. від загального
Серед. точності	Вище 0,5 до 1	IV	в	Серед. малий	Серед. темний	400	200

	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Для тонального та непостійного шуму допустимі значення L та L_A на 5 одиниць менші.

Джерелами шуму в умовах, що розглядаються в роботі, є : обладнання, машини, двигуни, механізми та верстати.

Для забезпечення допустимих параметрів шуму (поліпшення шумового клімату) в приміщенні проектом передбачено:

1. Усунення коливань у джерелі виникнення, ретельне балансування обладнання, мас, які обертаються;
2. У цеху двигуни виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі;
3. Використовують проти шумні навушники, які закривають вушну раковину;
4. Організаційно-технологічні рішення: своєчасне і якісне проведення планово-попереджувальних ремонтів, контроль за правильною експлуатацією, вибір малошумних технологій.

4.6 Виробничі вібрації

Нормуються за ДСНЗ.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації [22] допустимі величини віброшвидкості (м/с) чи віброприскорення (м/с²), або логарифмічні рівні віброшвидкості $L=20\lg (V1/V0)$, дБ ($V1$ – середньоквадратичне значення віброшвидкості за повний період часу, м/с, $V0 = 5 \cdot 10^{-8}$, м/с – вихідне значення віброшвидкості) залежно від частоти коливань, їх виду (транспортні, транспортно-технологічні, технологічні, вібрації робочого інструменту чи робочих місць), напрямку (X, Y, Z) і часу дії протягом зміни.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в роботі, є трансформатори, генератори, електродвигуни.

Для умов, що розглядаються в роботі (вібрації робочого інструменту чи

робочих місць, транспортні, транспортно-технологічні, технологічні) параметри вібрацій не повинні перевищувати наведені в таблиці 4.5 середньоквадратичні значення, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$ та логарифмічні рівні, дБ.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях.

Вид вібрації	Октавні смуги 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:	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

* В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих у роботі передбачено:

1. Відстрочка від режиму резонанс;
2. Динамічне гасіння коливань;
3. Заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій.
4. Засоби індивідуального захисту для ніг, рук та тіла працюючого.

4.7 Пожежна безпека

Належність приміщення чи зони до відповідного класу визначається показниками пожежонебезпечних властивостей речовин і матеріалів, що застосовуються в технологічному процесі чи в оформленні приміщень, кількістю цих речовин і матеріалів, особливостями виробництва. Категорія приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою –

Д. Приміщення підстанції, де здійснюється діагностика вводів, за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д (знижено пожежонебезпечної) [23] - негорючі речовини і матеріали в холодному стані з зонами П-III [номер ПУЕ]. Приміщення підстанції розташовані в будівлі II ступеня вогнестійкості. Межі і ступень вогнестійкості будівельних конструкцій приміщень і будівель у цілому II будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів;

Мінімальної межі вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальної межі поширення вогню по них таблиця 4.6

Таблиця 4.6-мінімальної межі вогнестійкості будівельних конструкцій

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				КОЛОНИ	сходові площадки, сходи, балки, марші сходових кліт	перекрыття між поверхами (у т.ч. горючі та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Таблиця 4.7- відстані між будівлями та іншими об'єктами.

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
I, II	6/9	8/9	10/12

Запобігання пожежі забезпечується наступними заходами :

- а) Запобігання потраплянню горючих речовин у повітря приміщень шляхом герметизації, ущільнення та вентиляції;
- б) використання негорючих та важкозаймистих матеріалів, обладнання, конструкцій, споруд, установок та будівель, споруди, обладнання та будівлі
- в) ізолювати пожежонебезпечні середовища в окремі спеціальні приміщення або відкриті майданчики.

Крім технічних заходів, для забезпечення пожежної безпеки застосовуються такі організаційні заходи :

- а) Навчання працівників правилам безпеки.
- б) Створення комітетів з пожежної безпеки та технічних комітетів;
- в) розробка та впровадження правил і норм пожежної безпеки для приміщень, встановлення пожежної сигналізації.

До комплекту засобів пожежогасіння слід включити :

- а) вогнегасники типу ВВ-8 - 3шт.;
- б) ящик з піском місткістю 3,0 м³ - 1шт.,
- в) покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу розміром 2мх2м- 1шт.,
- г) гаки -2шт.;
- д) лопати- 2шт.;
- є) ломи- 2шт.;
- ж) сокири-2шт.

ВИСНОВОК

Дипломна робота спрямована на процес модернізації підстанції 110/10 кВ, з фокусом на заміні масляного вимикача на вакуумний. Ця модернізація є важливим етапом в еволюції електропостачання, оскільки впливає на його надійність, ефективність, безпеку та екологічність. Перш за все, робота встановлює актуальність даного питання у контексті сучасних тенденцій в енергетичній галузі, таких як підвищення ефективності та стійкості систем, а також зменшення впливу на довкілля. Результатом роботи є що заміна масляного вимикача на вакуумний може суттєво підвищити надійність та ефективність електропостачання, знизити витрати на обслуговування та експлуатацію, а також покращити екологічні показники.

У ході дипломної роботи були проаналізовані загальні характеристики масляних та вакуумних вимикачів, їх принципи роботи, переваги та недоліки. В результаті аналізу встановлено, що вакуумні вимикачі мають значно більшу надійність та ефективність у порівнянні з масляними вимикачами. Вони забезпечують безперебійне функціонування електричних мереж, мають більш короткий час відновлення та мають менші втрати енергії. У результаті аналізу було обрано ВР1 тип вакуумного вимикача, який відповідає вимогам технічної специфікації та забезпечує оптимальні характеристики електромережі. Обране обладнання відповідає найсучаснішим стандартам та відоме своєю надійністю та довговічністю, що робить його ідеальним варіантом для успішної модернізації підстанції.

Тому, модернізація з використанням вакуумних вимикачів дозволяє оптимізувати роботу системи, зменшуючи втрати енергії та підвищуючи рівень безпеки та стійкості. Крім того, такий крок сприяє редукції екологічного впливу енергетичних установок, що відповідає сучасним екологічним стандартам та сприяє збереженню природних ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Клименко Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навчальний посібник. – Х. : Точка, 2012. – 340 с. – ISBN 978-617-669-015-3.
2. Журахівський А. В., Казанський С. В., Матеєнко Ю. П. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 457 с.
3. Тарасевич П. Й. Перспективи розвитку засобів виявлення високовольтних вимикачів, що відмовили. Електроенергетичні та електромеханічні системи. – Л. : Вид-во Нац. університету «Львівська політехніка» – 2009. – С. 91–96.
4. Романченко Ю.А., Петухов О. Г., Рєзнік І. О. Порівняльний аналіз різних типів високовольтних вимикачів. Майбутній науковець – 2021 : матеріали всеукр. наук.практ. конф. з міжнар. участю. Сєверодонецьк: СХУ ім. В. Даля, 2021. – С. 160-162.
5. Електрообладнання розподільних установок. Оливні вимикачі: навчальний посібник / П. Д. Лежнюк, В. Ц. Зелінський. Вінниця: ВНТУ, 2011.-86 с.
6. Кутін В. М., Рубаненко О. Є., Мисенко С. В. Досвід впровадження та забезпечення надійності вимикачів в умовах експлуатації. Наукові праці ВНТУ.– 2013. – No 1. – С. 1–7.
6. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Електричні апарати» (для студентів 3,4 курсів денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 Електротехніка та електротехнології, а також для слухачів другої вищої освіти за спеціальністю «Електротехнічні системи електроспоживання») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: С. В. Швець, Д. В. Рум'янцеv. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 69 с.
7. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи. Підручник. Видавництво: Львівська політехніка, 2015. · 540
8. Проектування електричної частини електричних станцій та підстанцій: Ч. 1 [Електронний ресурс] : навчальний посібник / НТУУ «КПІ» ; уклад. Є. І. Бардик, П.

Л. Денисюк, Ю. В. Безбереж'єв. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,75 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2011.

9. Проектування електричної частини електричних станцій та підстанцій. Ч. 2 [Електронний ресурс] : навчальний посібник / НТУУ «КПІ» ; уклад. Є. І. Бардик, П. Л. Денисюк, Ю. В. Безбереж'єв. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,13 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2012.

10. Гаряжа В. М. Конспект лекцій з курсу «Електрична частина станцій та підстанцій» (частина 1) (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / В. М. Гаряжа, А. О. Карюк; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 149 с.

11. Електричне обладнання станцій та підстанцій навчальний посібник / Лесько В. О., Нетребський В. В., Малогулко Ю. В. - Вінниця: ВНТУ, 2018. 121 с.

12. Карєва К.Р Модернізація підстанції 110/10 кВ з заміною масляних вимикачів на вакуумні [Електронний ресурс] / К. Р. Карєва, Н. В. Собчук // Матеріали молоді в науці: дослідження, проблеми, перспективи, конференція підрозділів ВНТУ, Вінниця, 20 травня 2024 р. - Електрон. текст. дані. - 2024 р. – Режимний

доступ:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/21673>

13. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: Постанова від 01.12.1999 р. № 42 . К.: Міністерство охорони здоров'я України. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=14283.

14. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 140 с. URL: <http://deos-release.com/image/catalog/img/pdf/DBN%20V.2.5-67%202013.pdf>.

15. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» : наказ Міністерства охорони здоров'я України № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. Вид. офіц. Київ 2014. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ z0472-14#Text>.

16. ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01] Вид. офіц. Київ : Мінбуд України. 2007. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=40230.

17. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Київ: Мінрегіон України. 2019. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

18. Про затвердження Технічного регламенту енергетичного маркування електричних ламп та світильників: Постанова Кабінету Міністрів України № 340 від 27.05.2015. [Чинний від 2015-12-05]. Київ. 2015. URL: <http://parusconsultant.com/?doc=09LBO3C339&abz=H2CSR>.

19. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. [Чинний від 1999-12-01]. Київ. 1999. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=48147.

20. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. [Чинний від 1999-12-01]. Вид. офіц. К. 1999. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

21. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2020 URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82138.

22. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007; чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ. 2016. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=65419.

23. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок: наказ Міністерства праці та соціальної політики України 21.06.2001 р №272. Київ 2001. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА
НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Модернізації підстанції 110/10 кВ з заміною масляних вимикачів на вакуумні.

Тип роботи: Бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра електричних станій та систем, факультет електроенергетики та електромеханіки

(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 91,7 % Схожість 8,3 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

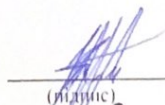
Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Вишневецький С.Я.
(прізвище, ініціали)

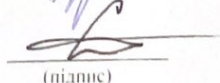
Знайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Карсва К.Р.
(прізвище, ініціали)

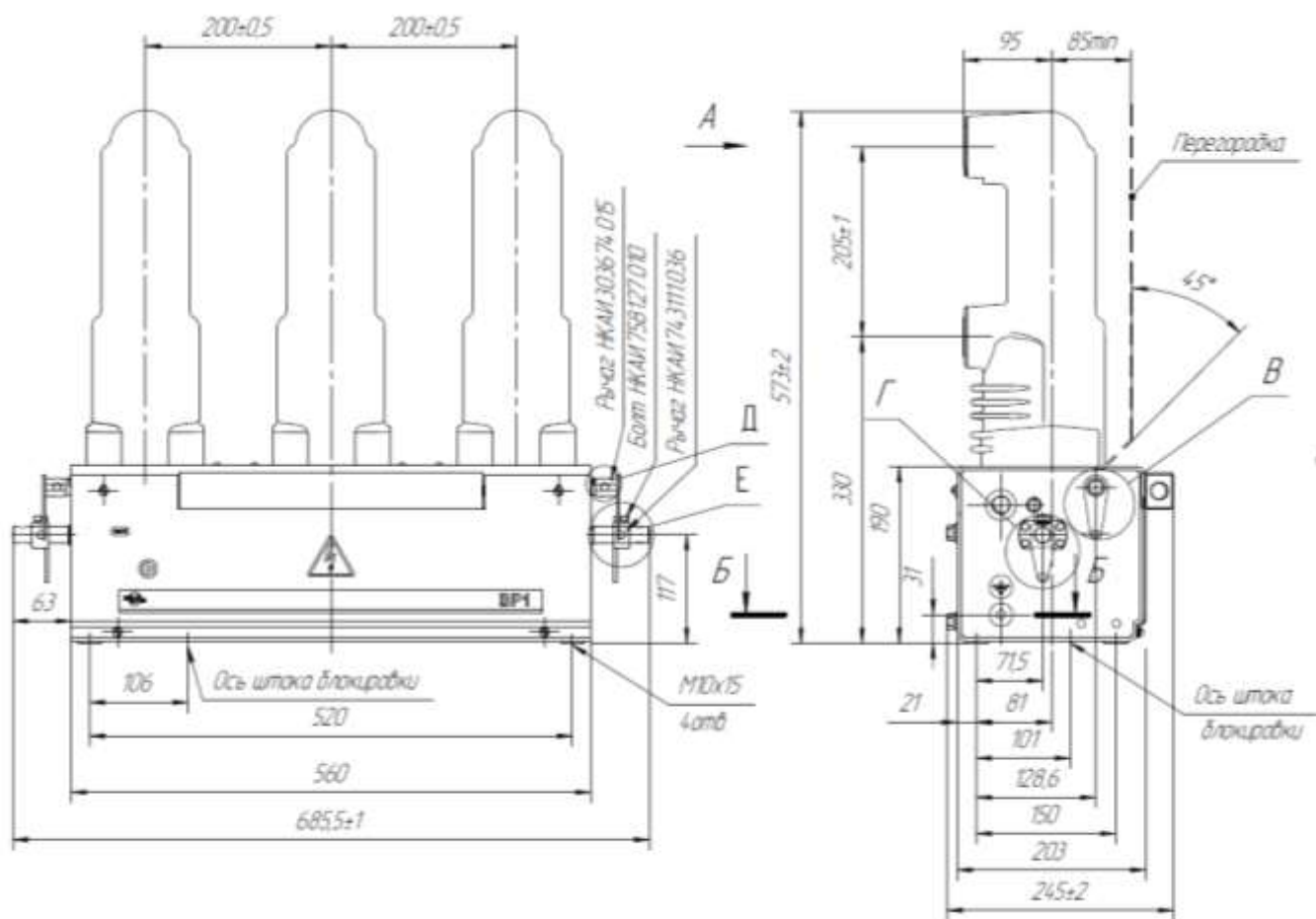
Перевірник роботи

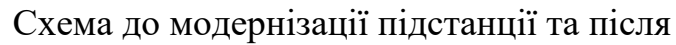

(підпис)

Собчук І.В.
(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б

Габаритні розміри вакуумного вимикача ВР1.





ДОДАТОК Г
Ілюстративна частина

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ПІДСТАНЦІЙ 110/10 кВ
З ЗАМІНОЮ МАСЛЯНИХ ВИМИКАЧІВ
НА ВАКУУМНІ**



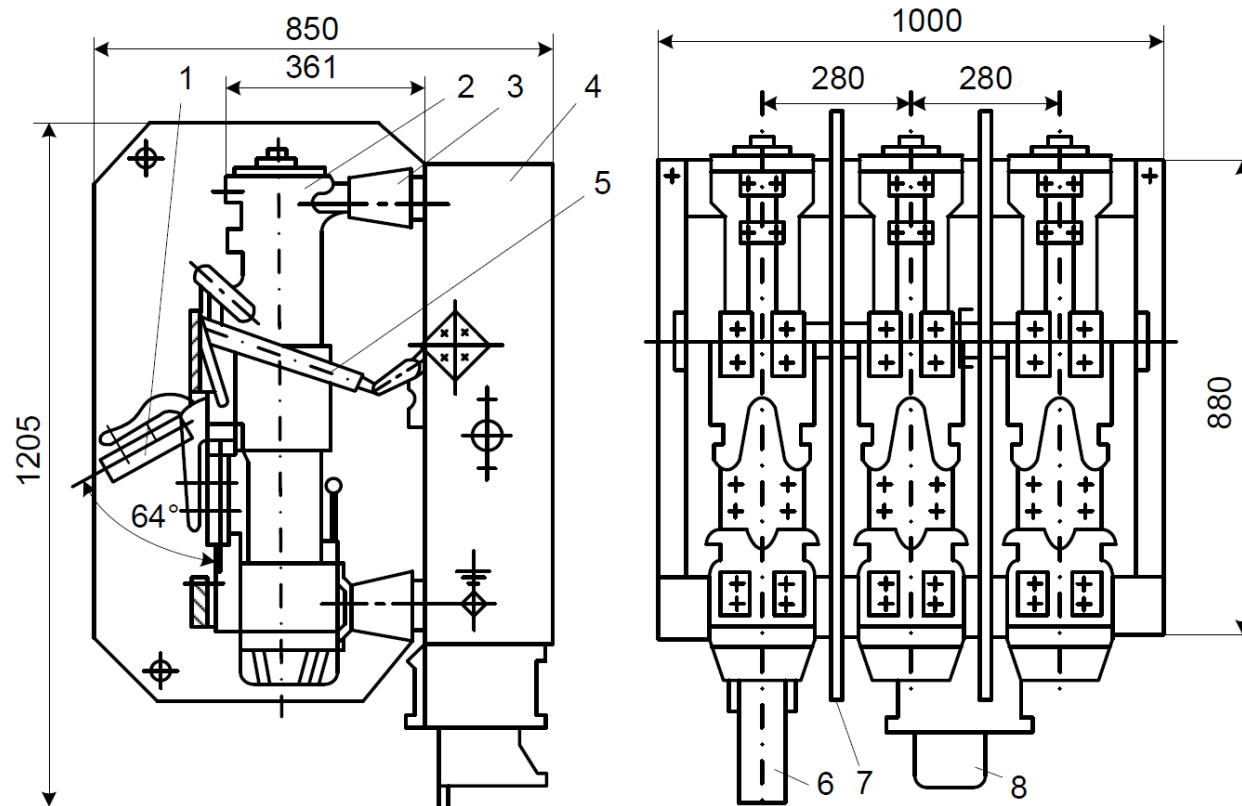
Актуальність роботи. У сучасному світі, енергетичні системи є невід'ємною частиною інфраструктури кожної країни, розвиток технологій та збільшення виробничих потреб ставлять підвищений тиск на енергетичні мережі. Однак, багато з цих мереж були побудовані десятиліття тому та потребують суттєвого оновлення для забезпечення стабільності та ефективності.

Мета і задачі дослідження: вивчення роботи масляних та вакуумних вимикачів для розробки проекту модернізації електричної підстанції напругою 110/10 кВ шляхом заміни існуючого масляного вимикача на вакуумний.

Відповідно до вказаної мети в роботі розв'язуються такі **основні задачі:**

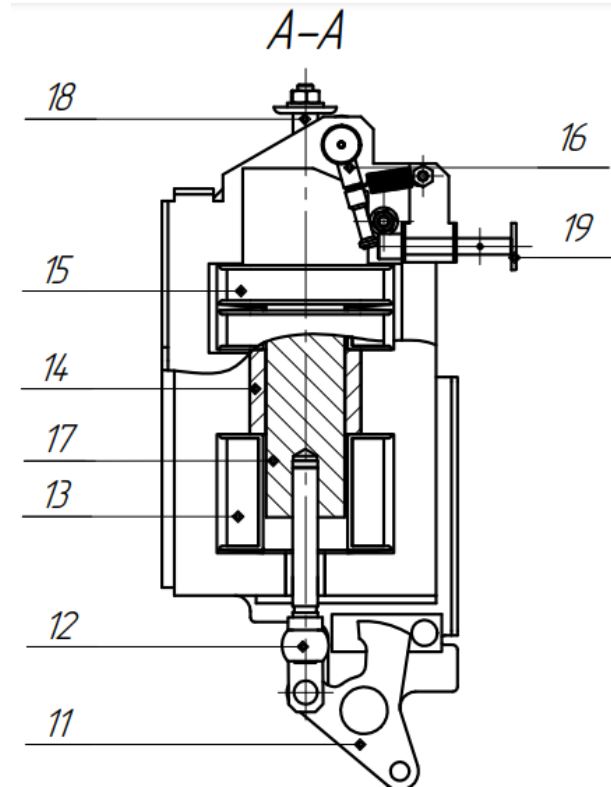
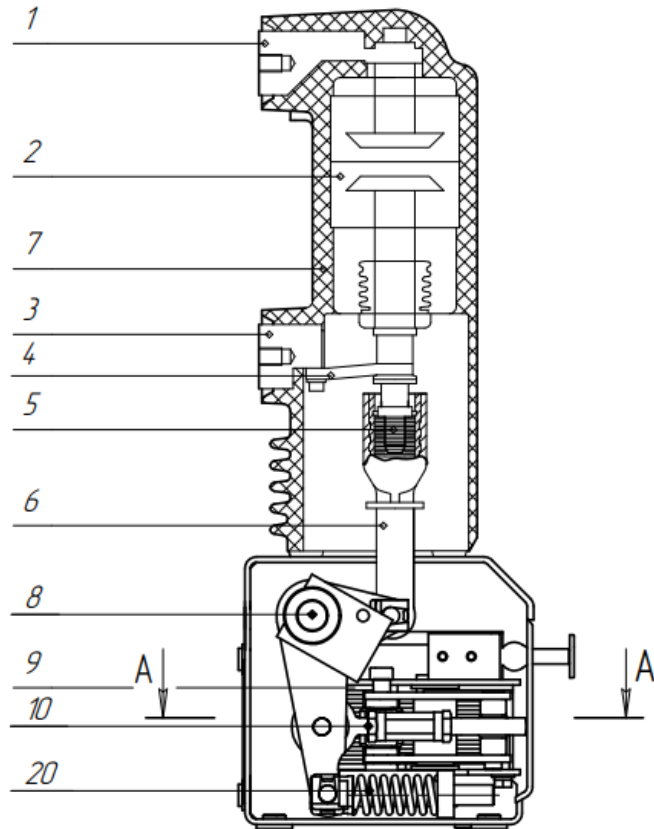
- дослідження переваг та недоліків масляних та вакуумних вимикачів;
- вивчення принцип роботи масляних та вакуумних вимикачів;
- співставлення вакуумного вимикача та масляного.

Конструкція масляного вимикача WMSWPI



1 - робочий рухомий контакт; 2 - корпус вимикача; 3 - ізолятор; 4 - сталева рама; 5 - ізоляційна тяга; 6 - контактор; 7- ізоляційна перегородка; 8 - привод.

Конструкція вакуумного вимикача ВР1



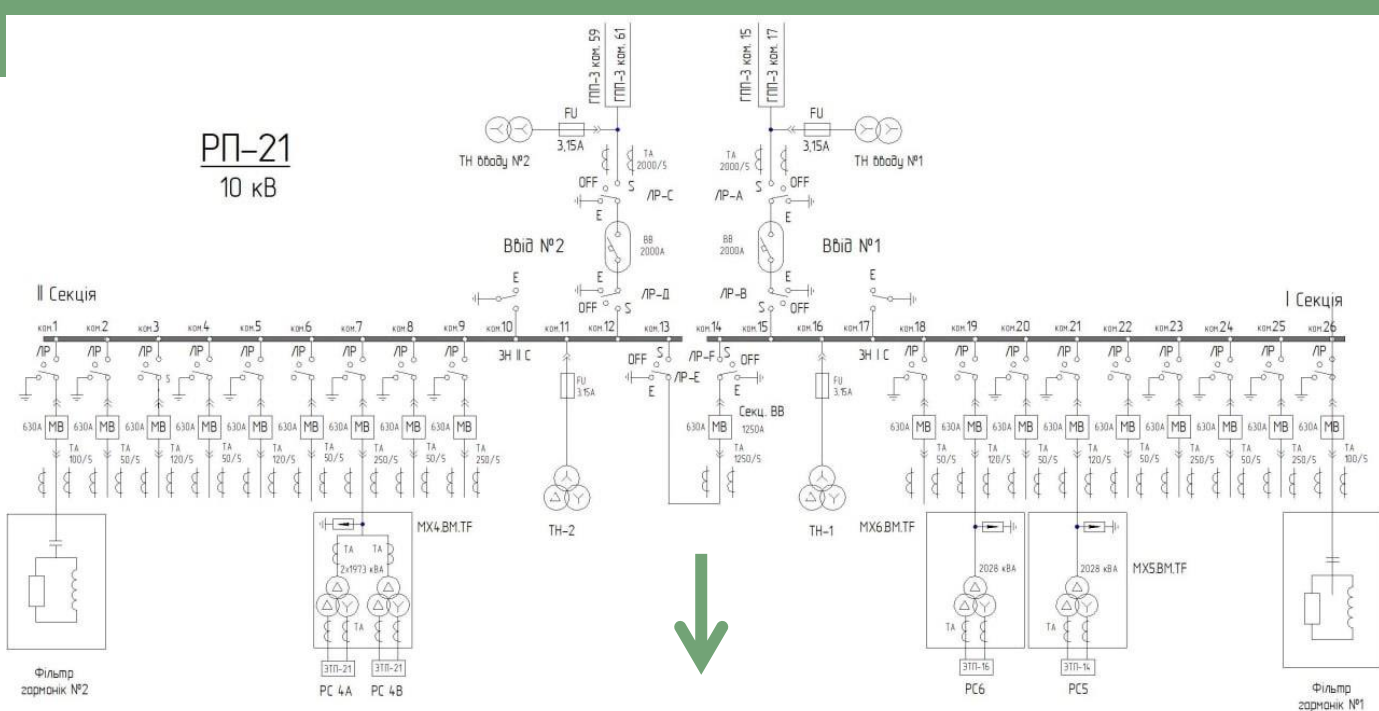
1 - верхній контакт, 2 - вакуумна дугогасильна камера (ВДК), 3 - нижній контакт, 4 - гнучкий зв'язок, 5 - пружинний піджим, 6 - ізоляційна тяга, 7 - ізоляційний каркас полюса, 8 - основний вал, 9 - електромагніт, 10 - регульовальна тяга, 11 - проміжковий вал, 12 - вставка включення, 13 - котушка включення, 14 - постійний магніт, 15 - котушка відключення, 16 - механізм ручного відключення, 17 - сердечник, 18 - штак відключення, 19 - кнопка ручного відключення, 20 - пружина відключення.

Порівняльна характеристика вимикачів:

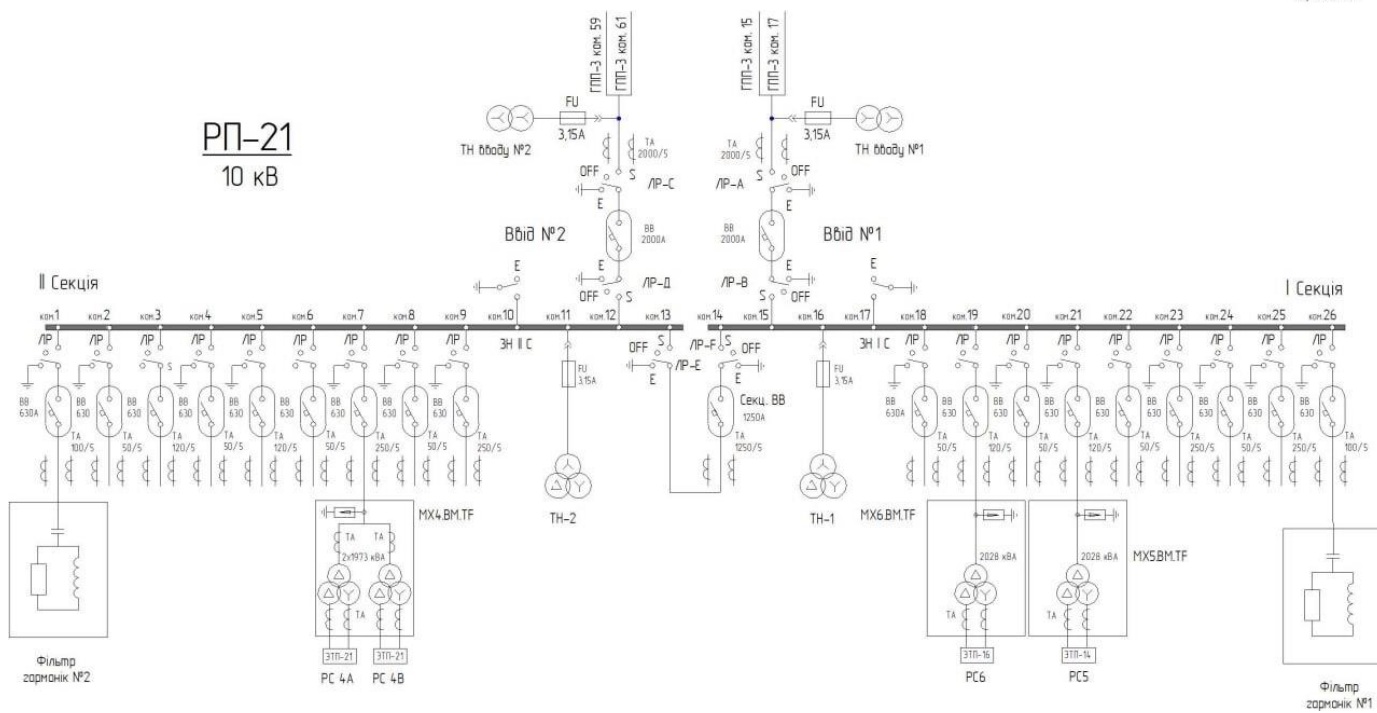
- за механічною міцністю;
 - за комутаційним ресурсом;
 - за обслуговування вимикачів;
 - за вартістю;
 - за пожежною безпекою
- та впливом обладнання на навколишнє середовище.



РП-21
10 кВ



РП-21
10 кВ



ДЯКУЮ ЗА УВАГУ !