

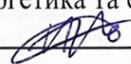
Вінницький національний технічний університет

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електричних станцій і систем

Бакалаврська дипломна робота на тему:

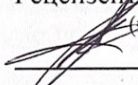
Методи та засоби діагностики повітряних вимикачів

Виконав: студент 4 курсу, групи ІЕЕ-206
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика та електротехніка»,
Бондаренко А. Є. 

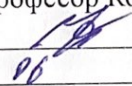
Керівник: д.т.н., проф., професор каф. ЕСС
Рубаненко О. Є.

« » 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. ЕССЕМ
(наук. ступінь, вч. звання, назва кафедри)

 Бойчук Ю. П.
« » 2024 р.

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

«12»  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.

З А В Д А Н Н Я

НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Бондаренко Артем Євгенійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. «Методи та засоби діагностики повітряних вимикачів»

Керівник роботи д.т.н., проф., професор каф. ЕСС Рубаненко О. Є.

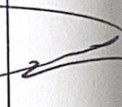
затверджена наказом вищого навчального закладу від від 11.03.2024р № 80

2. Термін подання студентом роботи 28 травня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за тематикою роботи:
Бржезицький В.О. Електричні апарати: Підручник/ В. О. Бржезицький, В. Ц. Зелінський, П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко: – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. – 602 с.;
M. Kutin, O. E. Rubanenko, and S. V. Mysenko, "Investigation of the effect of bushing on the current test signal monitoring devices speed characteristics of high-voltage switches,"
Technical Electrodynamics, Note no. 2, pp. 93-94, 2012;
В.М. Кутін Методи та засоби діагностування елегазових вимикачів: монографія / В. М. Кутін, О.Є. Рубаненко, С.В. Мисенко. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 124 с. ;
P. Lezhniuk Determination of Optimal Transformation Ratios of Power System Transformers in Conditions of Incomplete Information Regarding the Values of Diagnostic Parameters/ Chapter 4 of book: "Fuzzy Logic": monograph Лежнюк П.Д., Рубаненко О.Є., Випуск 3/2007 (44). Частина 1, с. 125-127

4. Зміст текстової частини: Вступ. 1. Аналіз особливостей повітряних вимикачів 330 кВ 2. Особливості експлуатації пв 330 кВ. 3. Коефіцієнт залишкового ресурсу пв 330 кВ. 4. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
Перелік ілюстративного матеріалу 1. Вступ. 2. Призначення повітряних високовольтних вимикачів 3. Конструктивні особливості ПВ 330 кВ ПЗЕС. 4. Підготовка до монтажу ПВ 330 кВ 5. Обладнання випробовувань та діагностики вимикачів 6. Моделювання в програмному середовищі MathLab 7.Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Рубаненко О. Є., д.т.н., проф., професор кафедри ЕСС		
Охорона праці	Кобилянський О. В. д. пед. н., професор, зав. каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання 16 січня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

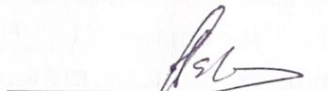
№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи		Примітка
		початок	кінець	
1	Формування та затвердження завдання БДР	16.01.2024	20.01.2024	
2	Вступ. Огляд літературних джерел	15.03.2024	21.03.2024	
3	Аналіз особливостей повітряних вимикачів 330 кВ (розділ 1 БДР)	21.03.2024	30.03.2024	
4	Особливості експлуатації пв 330 кВ (розділ 2 БДР)	30.03.2024	11.04.2024	
5	Коефіцієнт залишкового ресурсу пв 330 кВ (розділ 3 БДР)	10.05.2024	18.05.2024	
6	Охорона праці (розділ 4 БДР)	20.05.2024	21.05.2024	
8	Формування висновків по роботі	1.06.2024	5.06.2024	
9	Оформлення пояснювальної записки	7.06.2024	8.06.2024	
10	Виконання графічної частини та оформлення презентації	9.06.2024	11.06.2024	

Студент


 (підпис)

А. Є. Бондаренко

Керівник роботи


 (підпис)

О. Є. Рубаненко

АНОТАЦІЯ

«Методи та засоби діагностики повітряних вимикачів». Бакалаврська дипломна робота – Вінниця: ВНТУ, 2024.–103 с., таблиць: 22, рисунків: 20, бібліографія: 20.

У бакалаврській дипломній роботі було досліджено методи експлуатації повітряних вимикачів 330 кВ та розроблено математичну модель його залишкового ресурсу.

В першому розділі виконано дослідження призначення та конструктивні особливості повітряних вимикачів.

В другому розділі розглянуто питання особливостей експлуатації повітряних вимикачів, серед яких досліджено існуючі методи діагностики високовольтних повітряних вимикачів.

В третьому розділі розроблено метод аналізу технічного стану повітряного вимикача з використанням нейро-нечіткого моделювання.

Також було виконано розділ з охорони праці, в якому проаналізовано умови роботи персоналу електричної станції, що займається експлуатацією та ремонтом повітряних вимикачів.

Ключові слова: повітряний вимикач, пошкодження, нейронечітке моделювання, технічний стан обладнання, онлайн діагностика.

ABSTRACT

‘Methods and means of diagnostics of air circuit breakers’. Bachelor's thesis - Vinnytsia: VNTU, 2024.-103 p., Tables: 22, figures: 20, bibliography: 20. In the work the methods of operation of 330 kV air switches were investigated and a master model of its residual resource was developed.

In the first section the purpose and design features of air switches are investigated. In the second section the question of features of operation of air switches is considered, among which the existing methods of diagnostics of high-voltage air switches are investigated.

In the third section the method of the analysis of a technical condition of the air switch with use of neuro-fuzzy modeling is developed.

A part on labor protection was also performed, in which the working conditions of the personnel of the power plant engaged in the operation and repair of air switches were analyzed.

Key words: air switch, damage, neurofuzzy modeling, technical condition of equipment, online diagnostics.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОВІТРЯНИХ ВИМИКАЧІВ 330 кВ	8
1.1 Призначення повітряних високовольтних вимикачів	8
1.2 Конструктивні особливості ПВ 330 кВ ПЗЕС	10
1.3 Особливості парку повітряних вимикачів ПЗЕС	19
2 ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПВ 330 кВ	21
2.1 Монтаж ПВ 330 кВ	21
2.1.1 Підготовка до монтажу ПВ 330 кВ	21
2.2 Вимоги до монтажу ПВ 330 кВ	21
2.3 Обладнання випробовувань та діагностики вимикачів	30
2.4 Існуючі методи діагностики високовольтних вимикачів	30
3 КОЕФІЦІЄНТА ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ПВ 330 кВ	48
3.1 Пошкоджувальність та визначення роботоздатності високовольтного обладнання	48
3.2 Нечітке моделювання в програмному середовищі MathLab	54
3.2.1 Цифрова модель автоматичного вимикача з використанням алгоритму Мамдані	65
3.3 Нечітка модель для аналізу результатів випробовувань вимикача	72
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	83
ВИСНОВКИ	97
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	98
ДОДАТКИ	100
ДОДАТОК А	101
ДОДАТОК Б	103

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

ВВ	—	високовольтний вимикач
ПВ	—	повітряний вимикач
ПЛ	—	повітряна лінія електропередачі
МПК	—	мікропроцесорний контролер
ВК	—	вимірювальний канал
БлК	—	блок керування
ППА	—	перепрограмований адаптер
Вих	—	вихід
Вх	—	вхід
ПЗЕС	—	Південо-Західна електроенергетична система

ВСТУП

Ефективна національна енергетична політика є ключовим елементом успішного розвитку будь-якої країни. Для України це питання є життєво важливим сьогодні, і її енергетична безпека в найближчому майбутньому буде прямо залежати від здатності адекватно вирішувати це питання в різних його аспектах.

Важко переоцінити значення енергетики в сучасному суспільстві. Національна безпека, відродження національної економіки та підвищення рівня життя нерозривно пов'язані зі сталим розвитком енергетичного сектору країни. Енергетичний потенціал України є надійною основою для стабільного забезпечення економіки та населення паливно-енергетичними ресурсами.

На електростанціях та підстанціях електропередавальних компаній вже багато років експлуатується велика кількість енергетичного обладнання та розподільчих пристроїв. Однак, заміна відпрацьованого електрообладнання на нове для забезпечення надійної безперебійної передачі електроенергії гальмується через брак фінансування. Тому існує нагальна потреба в розробці нових технічних методів діагностики стану електрообладнання в енергосистемах з терміном експлуатації понад 25 років.

По-перше, необхідно переглянути систему технічної діагностики та ремонту вимикачів, яка використовується в Україні ще з радянських часів. Прикладом цього є регулярне профілактичне обслуговування. Очевидно, що відключення великого електрообладнання для профілактики та поточного ремонту призводить до невиправданих витрат. Це пов'язано з тим, що періодичні ремонти не можуть виявити приховані несправності, і ці несправності розвиваються, що призводить до більш дорогого і тривалого аварійного ремонту. Планово-попереджувальні ремонти ґрунтуються на технічному стані електрообладнання, тобто тривалість планово-попереджувальних ремонтів і обсяг необхідних робіт визначаються

несправностями, виявленими під час діагностики.

У разі виникнення несправності аварійний процес прогресує настільки швидко, що навіть за наявності відповідного обладнання дистанційного моніторингу та дистанційного керування можливість її усунення зникає, ускладнюючи дії обслуговуючого персоналу. У зв'язку з цим експлуатація ліній електропередачі з потенційно швидким і стрімким зростанням навантаження постійно і автоматично контролюється для забезпечення своєчасного відключення ліній електропередачі. Переривання високовольтних ліній електропередач супроводжується стрибками напруги, які можуть небезпечно перевантажувати паралельні лінії електропередач та інше обладнання, спричиняючи порушення стійкості та появу асинхронних режимів. Тому високовольтні вимикачі відіграють важливу роль у запобіганні, локалізації та усуненні порушень нормального режиму. Допуск і кількість робочих факторів залежать від часу роботи вимикача. Характер кривої пошкоджень для вимикачів зростає з часом після досягнення нормативного терміну служби, як і для інших типів високовольтного обладнання. Більшість вимикачів, що експлуатуються, досягли або наближаються до свого номінального терміну служби (25 років).

Існує нагальна потреба продовжити термін служби високовольтних вимикачів шляхом оптимізації ефективного моніторингу стану та профілактичного обслуговування. Подовження експлуатаційних пошкоджень після закінчення нормативного терміну служби збільшує витрати на регламентне обслуговування обладнання та підвищує ймовірність аварійних відключень вимикачів. Тому метою цього дослідження є вивчення практики експлуатації вимикачів 330 кВ, які перебувають в експлуатації понад 25 років. Для досягнення мети отримання кваліфікації магістра були визначені та вирішені наступні дослідницькі завдання:

1. проаналізувати характеристики повітряних вимикачів 330 кВ

2. дослідити експлуатаційні характеристики вимикачів 330 кВ;
3. розробити математичну модель для визначення залишкового ресурсу розподільчих пристроїв 330 кВ; та
4. розробити заходи з охорони праці при ремонті відкритих розподільчих пристроїв 330 кВ. Об'єктом дослідження є методи та засоби експлуатації вимикачів повітряних ліній 330 кВ.

Предметом дослідження є процес погіршення технічного стану вимикачів повітряних ліній електропередачі та метод визначення їх ресурсу.

Методи дослідження Для визначення відмов вимикачів ПЛ проаналізовано конструктивні особливості, призначення та процеси роботи вимикачів ПЛ 330 кВ з використанням теорії електрообладнання, а залишковий ресурс вимикачів визначено з використанням методів нейро-нечіткого моделювання.

Практична цінність даного дослідження полягає в результатах аналізу пошкоджень вимикача повітряної лінії 330 кВ та прикладі визначення коефіцієнта залишкового ресурсу вимикача 330 кВ.

1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОВІТРЯНИХ ВИМИКАЧІВ 330 кВ

1.1 Призначення повітряних високовольтних вимикачів

Автоматичні вимикачі є основними комутаційними апаратами в електроустановках з різними номінальними напругами. Найскладнішою і найважливішою операцією є переривання струму короткого замикання і перемикачів на відповідне коло короткого замикання.

Більшість високовольтних вимикачів (включаючи приводи) призначені для комутації електричних кіл в нормальному і аварійному режимах в трифазних мережах змінного струму частотою 50 Гц і номінальною напругою від 6 до 750 кВ (ГОСТ 687-78). Незважаючи на значне вдосконалення елегазових вимикачів за останні роки та вдосконалення слабкострумівих гідравлічних і вакуумних вимикачів, використання пневматичних вимикачів все ще є дуже поширеним. Очевидно, що за майбутнім розширенням цієї галузі стоять наступні умови.

По-перше, струми відключення газових і слабких гідравлічних вимикачів не перевищуватимуть 80-100 кА в найближчі кілька років, особливо при напрузі вище 35 кВ. З іншого боку, генераторні повітряні вимикачі зі струмом спрацьовування до 250 кА вже широко використовуються, а вимикачі зі струмом спрацьовування до 100 кА будуть потрібні при напрузі вище 750 кВ. По-друге, через необхідність стиснення повітря під час відключення, економічно недоцільно проектувати такі вимикачі з часом відключення менше двох циклів. З іншого боку, час спрацьовування повітряних вимикачів вже зараз технічно доступними засобами можна зменшити до однієї години. По-третє, проблеми підігріву повітря при мінусових температурах і підтримання високої герметичності визначають переваги повітряних вимикачів у холодному кліматі.

По-четверте, струми короткого замикання поблизу джерел високої потужності з ациклічними компонентами також можуть бути перервані лише

повітряними вимикачами.

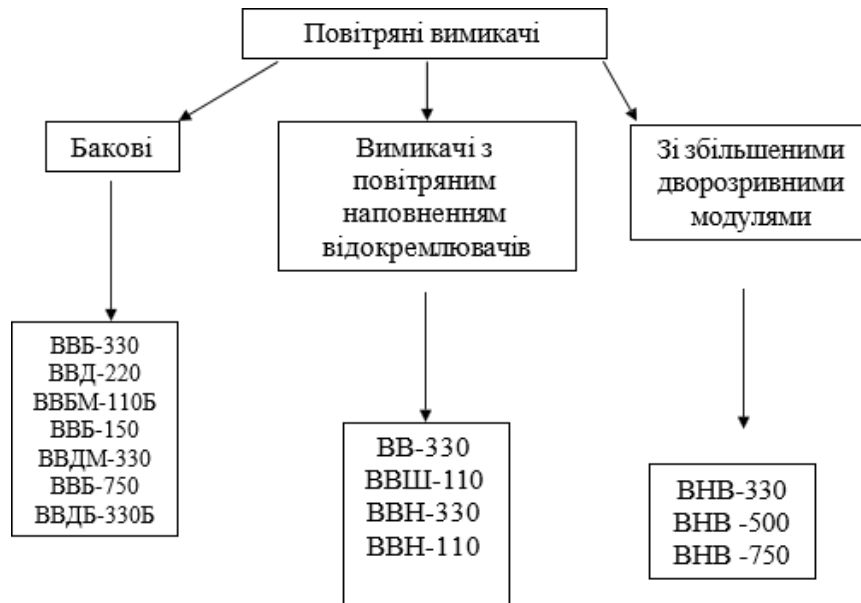


Рисунок 1.1 – Класифікація повітряних вимикачів

Кожен тип повітряного вимикача характеризується низкою особливостей, які дають загальне уявлення про його параметри, конструкцію, застосування та умови експлуатації. Національні стандарти на автоматичні вимикачі в країнах-членах МЕК враховують специфічні для кожної країни умови і зазвичай ґрунтуються на рекомендаціях комітетів МЕК комітетів МЕК. Зазвичай вони базуються на рекомендаціях комітетів ІЕС. Номінальний струм короткого замикання і струм відключення 3-полюсних вимикачів з номінальною напругою не менше 52 кВ і струмом відключення не менше 12,5 кА при безпосередньому підключенні до повітряної лінії електропередачі; номінальний струм відключення без навантаження 3-полюсних вимикачів з номінальною напругою не менше 72,5 кВ при перемиканні повітряних ліній електропередачі в режимі обриву фази. Струм відключення (для вимикачів напругою понад 110 кВ); номінальний струм холостого ходу кабелю; номінальний струм відключення конденсатора (незалежного); струм низькоіндуктивного відключення; номінальна напруга живлення допоміжного

кола; номінальна частота живлення допоміжного кола. Класифікація ПВ за принципом роботи показана на рис. 1.1.

1.2 Конструктивні особливості ПВ 330 кВ ПЗЕС

У повітряних вимикачах дуга гаситься стисненим повітрям, а ізоляція між активним контуром і розрядником виконана з порцеляни або іншого жорсткого ізоляційного матеріалу. Автоматичні вимикачі складаються з трьох однакових полюсів і загальної розподільної шафи. Індикатором положення вимикача є сигнальна лампа на передній стінці шафи (з червоним світлофільтром - "Вимкнено. вимикач замкнений") та електричний контактний манометр у шафі керування полюсами, який показує тиск стисненого повітря в роз'єднувачі при увімкненому вимикачі. Основними елементами щогли вимикача є візок, шафа управління, стійка, камера гасіння, роз'єднувач, омичний дільник і конденсатор. Основною частиною щогли є повітряна ємність у вигляді двох циліндричних резервуарів (труб) діаметром 720 мм, з'єднаних між собою трубами і повітропроводами. У нижній частині лайнер-бака розташовані два клапани і оглядовий люк для зливу повітря і конденсату. На кінцях повітряного і конденсатного баків розташовані ревізійні та ремонтні люки. Вентиляційні клапани сепаратора розташовані в цистерні машини. З цистерни повітря подається в камеру загартування і сепаратор. Клапан випуску повітря на сепараторі обладнаний зворотним клапаном. Цей клапан запобігає витоку повітря під тиском з сепаратора при розмиканні автоматичного вимикача. Повітрорудувний клапан з'єднаний з камерою пожежогасіння та сепаратором за допомогою прокладки. Панель управління розташована в центрі цистерни автомобіля. Панель управління містить всі елементи електропневматичного управління запірним стовпом. Сюди входять робочі контакти, клемні колодки та електромагнітні манометри (рис. 1.2). Шафа також містить лічильник аварійного відключення електроенергії, вентиляційний бак, нагрівач, запобіжні клапани та електропроводку. Блок клапанів приводиться в дію високошвидкісним керуючим магнітом. Катушка

електромагніту має дві обмотки. Друга обмотка котушки вмикається послідовно з першою обмоткою (тягової) після короткого ходу якоря

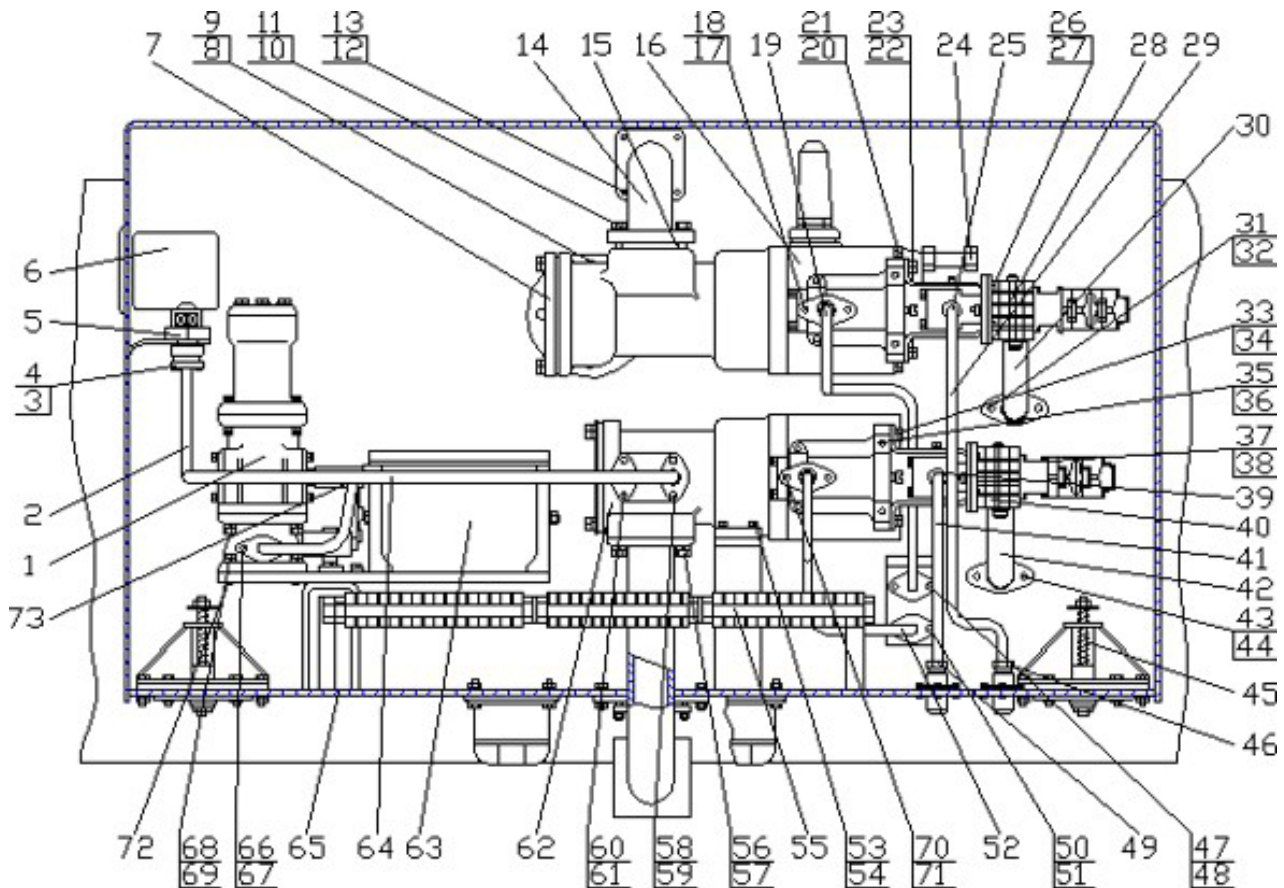


Рисунок 1.2 – Шафа керування ПВ

На рисунку 1.2 1.2 показано наступне: 1.... Drives.SBC, 2, 19, 29, 41, 52, 52, 64, 65.... Tube, 3... ,

10, 12, 17, 35, 47, 50, 53, 56, 58, 60, 66, 70 - болти M10, 4, 9, 11, 13, 18, 36, 48, 51,

57. 59, 61, 67, 71 - шайба Pr10; 5 - гайка M30; 6 - електронний манометр; 7 - Кришка кришка; 8 - гайка M10; 14, 30, 42 - форсунка; 15 - великий запірний кран; 16... Середній запірний клапан; 20, 33... Гайка M16; 21, 34... Шайба Pr16; 22, 31, 43... Болти M12; 23, 32, 44... Шайби Pr12; 24... Голка ріжуча; 25, 39... Накидна гайка M12.

Накидна гайка M12; 26, 37, 72... Болт M8; 27, 38, 69... Шайба P8; 28...

Електромагніт закриття, 40... Електромагніт відкривання, 45... Запобіжний клапан, 46, 49... Гайка M12, 55... Клемна колодка, 62... Клапан великого відкриття, 63... .SBC, 68... Гайка M8.

Опора встановлюється на візок. Опора вимикача має чотири ніжки.

Кожна опора складається з чотирьох порожнистих високоміцних ізоляторів, з'єднаних між собою пружними герметичними механічними з'єднаннями, як показано на рисунку 1.3.1.3. Механічні з'єднання ізоляторів на полиці закриті кришкою з сітчастим фільтром для відділення води.

На рисунку 1.3 показані наступні елементи: 1, 18, 24... Фланці, 2, 3, 37, 39... Прокладка, 4... Корпус, 5. Притискне кільце, 6... Півкільце, 7... Шпильки M10, 8, 10... Гайки M10, 9, 11... Шайби Pr10, 12... Спеціальні болти 13... Типи кріплень

17... Ізолятори; 19... .M6 гвинти; 20... .Pr6 шайби; 21, 29, 36... Шайби; 22...

Рухомі контакти

Рухомі контакти; 23... Пружини; 25, 30... Гайки спеціальні; 26, 33... Шпильки

M16; 27, 34... Гайки M16; 28, 35... Шайби Pr16; 31... Головка; 32... Випускний клапан; 38... Втулки.

Для зменшення згинальних навантажень і підвищення стійкості стійка посилена опорами, що складаються зі стрижневих ізоляторів з кріпленнями і пружинними стяжками. Для забезпечення рівномірного розподілу напруги між ізоляторами над стійкою розміщується електростатичний високовольтний екран.

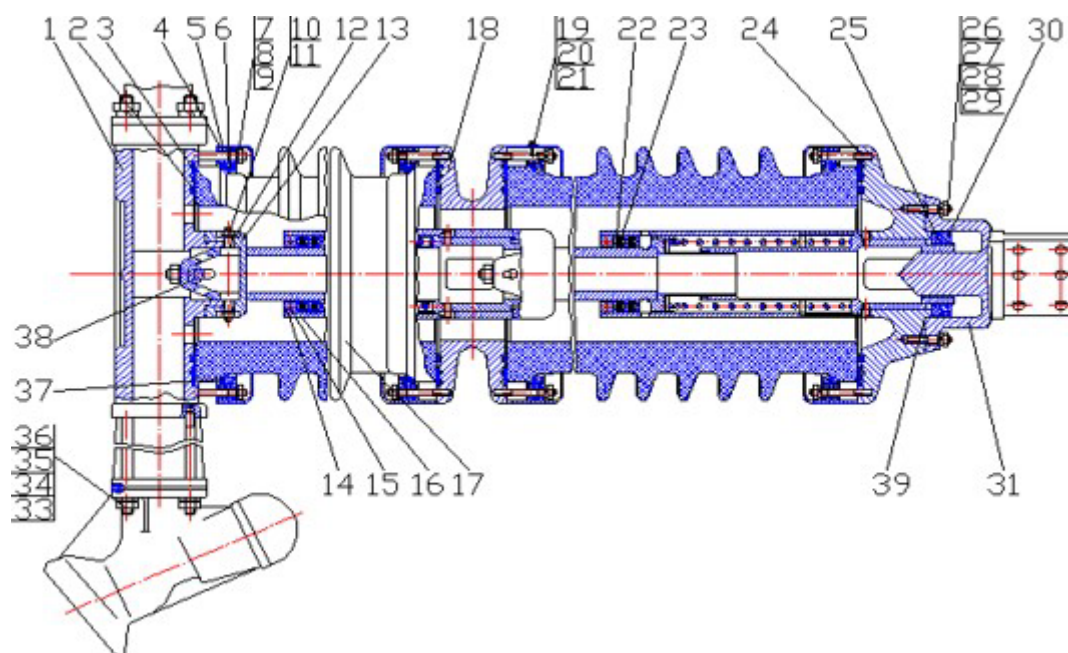


Рисунок 1.3 – Дугогасильні камери в опорах повітряних вимикачів

Дугогасильні камери призначені для гасіння електричних дуг, що виникають при замиканні контактів камери при відключеному вимикачі.

Дугогасильні камери Дугогасильні камери призначені для гасіння електричних дуг, що виникають при замиканні контактів камери при відключеному вимикачі. Камера складається з двох однакових вертикальних колон, встановлених на опорах і симетрично розташованих на резервуарі. Кожна колона демпфуючої камери складається з чотирьох демпфуючих елементів (дисків).

Елементи камери загартування складаються з порцелянового ізолятора, нерухомого контакту і вбудованого в нього механізму рухомого контакту. Контактний тиск між рухомим і нерухомим контактами забезпечується пружинами. Рухомі контакти приводяться в рух стисненим повітрям, що діє на поршень. Струм передається від рухомих контактів до корпусу механізму за допомогою рухомих контактів, розташованих у двох розрядних секціях (по 14 в ряд).

Контакти в камері гасіння мають внутрішню порожнину. Внутрішні

порожнини контактів з'єднані з атмосферою через отвори, просвердлені у фланцях, і випускні клапани (по два клапани на фланці), встановлені на фланцях.

Головки 23 колон камери пожежогасіння служать контактними затискачами для автоматичного вимикача; їх можна повертати на 30°.

Поруч з колонами, що закривають камеру пожежогасіння (на тій же плиті), розташовані омичні роздільники, кожен з яких з'єднаний з елементом камери пожежогасіння за допомогою шини.

Омичні дільники використовуються для рівномірного розподілу напруги по всьому об'єму камери пожежогасіння при спрацьовуванні автоматичного вимикача.

Роз'єднувач PV, зображений на рисунку 1.4, призначений для створення необхідного постійного ізоляційного проміжку між розімкненими контактами роз'єднувача, заповненими стисненим повітрям в положенні відключення автоматичного вимикача, і для відведення електричної дуги, що утворюється в проміжку між контактами роз'єднувача струмом, що протікає через омичний дільник напруги після відкриття пожежної камери. Призначення роз'єднувача - відключення автоматичного вимикача (коли контакти роз'єднувача замкнуті).

Рисунок 1.4 1.4: 1, 29, 41 фланець; 2, 40, 49 прокладка; 3 прокладка; 4 півкільце; 5 - притискне кільце; 6 - корпус; 7, 45 - шпилька M10; 8, 46 - гайка M10; 9, 47 - шайба Pr10; 10 - ізолятор; 11, 14, 17, 50, 62 - пружина; 12 - рухомий контакт

Рухомі контакти; 13, 53 - втулка; 15 - кришка; 16 - рухомі контакти; 18, 19, 21, 23, 63... Кільце; 20, 22, 24, 55... Демпфер; 25... Шпилька M6; 27, 43... Шайби

Pr6; 28... Випускний клапан; 30, 37... M8 шпилька; 31, 38... ...гайка M8; 32, 39.....шайби Pr8.

Шайби Pr8; 33, 35... Стопорне кільце; 34, 54... Шайби; 36... Корпус; 42...

Гвинти.

М6; 44, 48... Шайба; 51... Штифти; 52... Труби; 56... Бак; 57... Гвинти М4; 58... Шайби Р4; 59.... Спеціальні гвинти; 60, 61.....Комунікації.

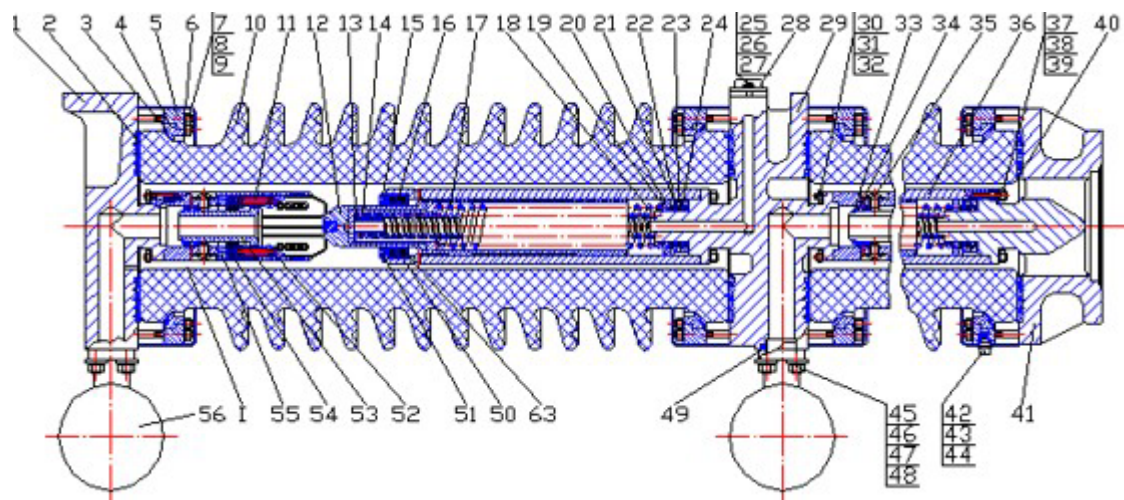


Рисунок 1.4 – Відокремлювач ПВ

Сепаратор складається з двох вертикальних колон. Кожна колонка складається з трьох елементів (переривників). Кожен елемент покритий порцеляновим ізолятором і має один рухомий контакт і один нерухомийпружинний контакт.

Струм передається від рухомих і нерухомих контактів до корпусу за допомогою рухомих контактів, розташованих у двох розрядних групах (по 14 в ряд).

Повітряний клапан встановлюється на верхньому фланці захисного елемента (вимикача).

Верхні фланці двох запірних колонок з'єднані шинами, а нижній фланець запірної колонки і камера пожежогасіння з'єднані шинами.

Дільник ємності складається з двох рядів конденсаторів. Дільники напруги (паперово-масляні високовольтні конденсатори) підключені паралельно до

кожного роз'єднувача для забезпечення рівномірного розподілу напруги по проміжку роз'єднувача в положенні роз'єднувача.

Шафи розподільчого пристрою встановлюються на фіксованій відстані (залежно від конструкції) від полюса вимикача для пневматичних і електричних з'єднань трьох вимикачів.

Використовується для підключення баків вимикачів до системи подачі стисненого повітря.

Шафа вимикача має два відсіки: пневматичний і електричний. Пневматичний відсік включає в себе

- Повітропровід з запірним клапаном, призначений для подачі або перекриття стисненого повітря з магістралі в бак вимикача, фільтр, призначений для очищення повітря, що надходить в вимикач, від механічних домішок через зворотний клапан, фільтр, що запобігає виходу стисненого повітря з бака вимикача в разі падіння тиску в магістралі або пошкодження лінії стисненого повітря між компресором і шафою вимикача.

- Манометр з двома електричними контактами, що показує тиск стисненого повітря в баку вимикача, щоб запобігти спрацьовуванню і замиканню вимикача в разі падіння тиску повітря нижче допустимих меж;

- Два клапани для перекриття подачі повітря до манометра;
- Запобіжні ущільнювачі, призначені для того, щоб у разі витoku стисненого повітря в кабінку, воно швидко виходило в атмосферу;
- Обігрівач.

Електричний відсік кабінки включає в себе:

- Панель приладів - елементи допоміжних кіл (управління, блокування, сигналізації, релейного захисту)
- Клемні колодки

- Кабельні муфти
- Додаткові резистори для сигнальних ламп
- Нагрівачі
- Лампи розжарювання для освітлення кабіни.

Сигнальні лампи встановлюються на передній стінці кабіни для індикації вмикання та вимикання розподільчого пристрою.

Система примусової вентиляції вимикача призначена для захисту порожнистих порцелянових ізоляторів полюса, пожежної камери і внутрішніх поверхонь роз'єднувача від конденсату і вологи. Вентиляція забезпечується безперервним продуванням сухим повітрям під невеликим надлишковим тиском. Виняток становить лише внутрішня порожнина роз'єднувача і його стійка, яка під час роботи наповнює приміщення стисненим повітрям і неприємними запахами.

Система вентиляції складається з талькового дросельного клапана і дуттьового витяжного клапана.

Тальковий дросельний клапан призначений для забезпечення потоку повітря, необхідного для вентиляції, і монтується на візку з декількома стійками.

Клапани випуску повітря призначені для випуску повітря і відкриваються при постійному (одна десята бар) надлишковому тиску.

Конструкція повітряних вимикачів залежить від номінальної напруги, способу утворення ізоляційного проміжку між контактами в замкненому положенні і способу подачі стисненого повітря до дугогасильного пристрою.

Розглянемо конструкцію і принцип дії повітряних вимикачів на прикладі повітряного вимикача ВВГ-20 [1].

Повітряні вимикачі серії ВВГ-20 застосовуються для встановлення в ланцюгах потужних генераторів і розраховані на струми до 20 000 А (рис. 1.5).

Основний комутаційний ланцюг складається з чотирьох контактних

затискачів і п'яти роз'єднувачів.

Дугогасильний ланцюг складається з двох камер 3 і 8, двох резисторів і роз'єднувача 9. Послідовно з резистором 2 у другому відсіку вмикається допоміжний відсік 6 з резистором 7 та іскровим проміжком. При розмиканні автоматичного вимикача основний струм надходить в основний ланцюг.

Контакти автоматичного вимикача 5 розмикаються, весь струм надходить в ланцюг дугового захисту, а контакти дугового захисту відсіків 3 і 8 розмикаються. Перед цим в камери подається стиснене повітря (2 МПа), створюється вертикальний імпульс і дуга гасне через 0,01 секунди.

Струм через резистор 2 переривається контактом у допоміжному відсіку 6. Можливі два стани: Струм через резистор 2 переривається контактом у допоміжній комірці 6; струм через резистор 2 переривається контактом у допоміжній комірці 6. Якщо вимикач перериває великий струм короткого замикання і реактивний опір кола значно менший за ефективний опір шунтуючого резистора 2, швидкість відновлення напруги на контактах допоміжного відділення буде високою. У цьому випадку після згасання дуги іскровий проміжок проходить через контакти відсіку 6, і паралельно контактам розмикається шунтувальний резистор 7.

Коли струм досягає нуля, дуга в іскровому проміжку гаситься потоком стисненого повітря. Кришка роз'єднувача закривається востаннє, і електричний ланцюг остаточно розривається.

Коли роз'єднувач закривається, подача повітря до відсіків 3 і 8 перекривається, а дія пружини повертає рухомі контакти у відкрите положення.

Загальний час замикання цього вимикача не перевищує 0,17 секунди. При вмиканні вимикача спочатку замикається блокувальний ніж 9, а потім блокувальний ніж 5. Опорні роз'єднувачі оснащені вогнегасною камерою і резистором.

1. розмикання і замикання вимикача, а також послідовність роботи окремих

компонентів здійснюється за допомогою пневматичної системи управління полюсами. Автоматичні вимикачі не використовуються для АПВ.

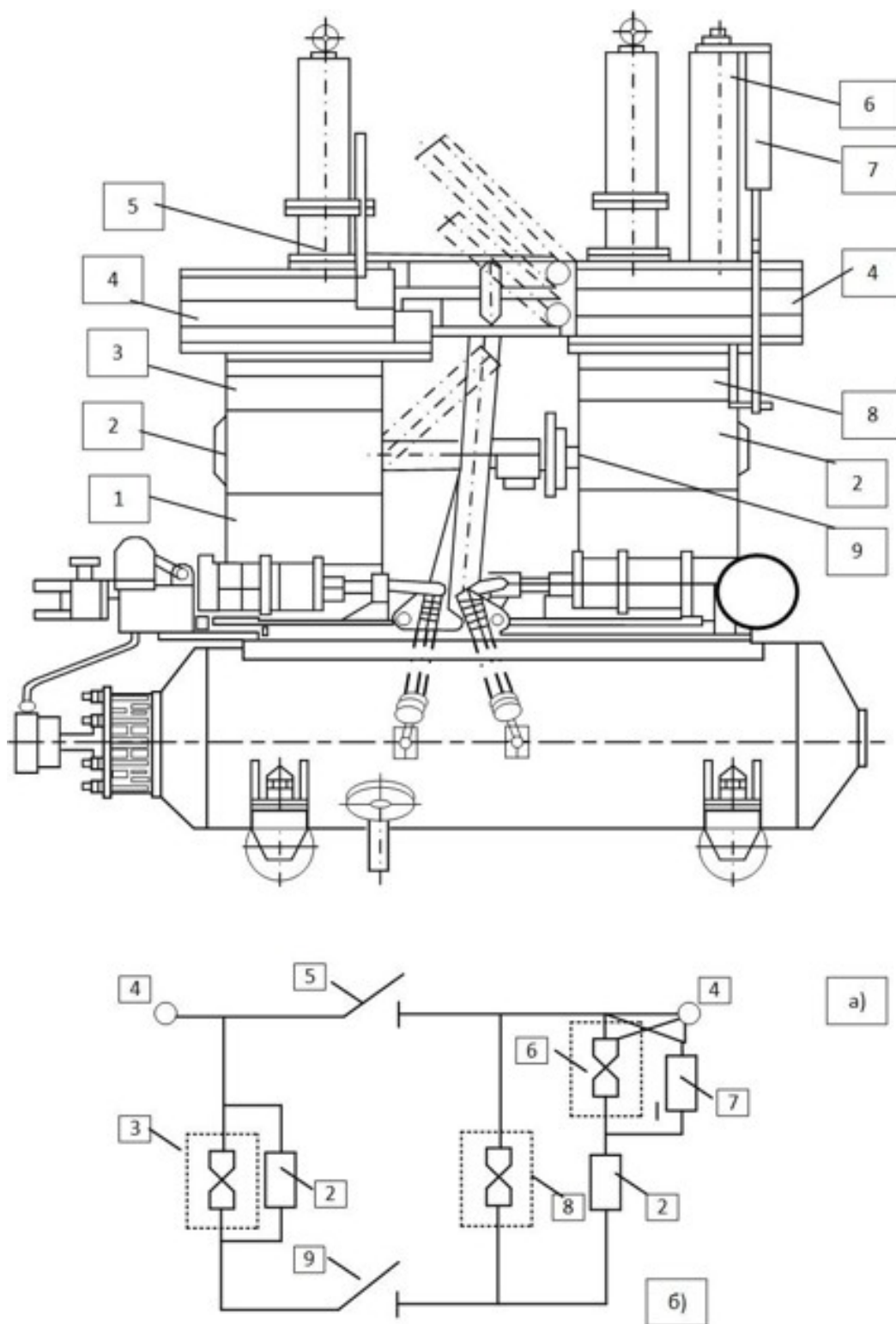


Рисунок 1.4 – Повітряний вимикач ВВГ-20

а – загальний вигляд, б – схема електрична функціональна

1.3 Особливості парку повітряних вимикачів ПЗЕС

Аналіз причин пошкоджень повітряних вимикачів ГАЕС, проведений ремонтними службами ГАЕС у співпраці з ВНТУ, показав наступне.

Типові види пошкоджень окремих елементів Клапан дуття камери (9,52%), Роз'єднувальний клапан дуття (9,52%), Роз'єднувальні контакти (4,76%), Камерні контакти (4,76%), Нагрівач камери (4,76%) Запірний клапан (4%, 76%), Клапани відкривання та закривання (4%, 76%) 76%), гумові ущільнення (19,04%), камерний фарфор (19,04%), сепараторний фарфор (9,52%), електромагніти (4,76%), регулювальні клапани (4,76%), причини відмов за компонентами Ізоляція сердечника (23,56%), електромагнітні приводи (4,76%). PZES розробляє нові методи діагностики стану вимикачів з 2001 року, а мікропроцесорний прилад ARVVN-3, розроблений ВНТУ у співпраці з PZES, зберігає результати випробувань в комп'ютерній базі даних для визначення частоти відмов і прогнозування відмов. Комп'ютерний аналіз даних Regina дозволяє контролювати параметри вимикача під час експлуатації (без необхідності його демонтажу для ремонту). Статистика пошкоджень вимикачів показує, що найбільше пошкоджень вимикачів спричиняють вводи. Повітряний вимикач ВВВ-750 кВ, встановлений в комірці 1В підстанції 750 кВ "Віницька" Південно-Західної енергосистеми, безперервно комутував лінію електропередачі 750 кВ Західноукраїнська при напрузі, близькій до гранично допустимої.

2 червня 1998 року, коли цей вимикач виконував операцію "відключення" для перемикання лінії електропередачі, черговий диспетчер виявив витік повітря з індикатора дуття вентилятора у верхній дугогасильній камері елемента 4 на посту А. Вона була заповнена повітрям. Це призвело до пошкодження вимикача.

Щоб запобігти пошкодженню автоматичного вимикача, він був знеструмлений вимикачами "ЗВ" і "5В" і відключений роз'єднувачами Р1 і РС1 для припинення роботи. Під час демонтажу модуля було виявлено тріщину в

епоксидній втулці біля краю вирівнюючої прокладки з боку бака вимикача. Несправну втулку замінили на нову, і вимикач знову почав працювати. Останній випадок пошкодження вимикача ВВВ-750 через епоксидну втулку був зафіксований 5 вересня 2006 року на підстанції 750 кВ "Вінітка" в ПЗЕС (вимикач

4В, фаза С). До цього інциденту подібне пошкодження сталося на розподільчому пристрої 750 кВ ВВВ, але на розподільчому пристрої 330 кВ ВВД не було зафіксовано жодного подібного пошкодження з використанням тієї ж епоксидної втулки. Пошкодження епоксидних втулок у повітряних вимикачах також може статися, якщо система вентиляції, яка запобігає утворенню конденсату в порожнині порцелянової кришки втулки, не функціонує належним чином.

Висновки до першого розділу

1. як свідчить аналіз літературних джерел, призначенням повітряних вимикачів 330 кВ є переривання струмів короткого замикання в електрообладнанні 330 кВ та, в окремих випадках, їх вмикання і вимикання.

2) Конструктивні особливості повітряних вимикачів 330 кВ залежать від типу вимикача: ВВ-330, ВВД-330 та ВВДМ-330. Вони комбіновані з використанням стисненого повітря для гасіння дуги в дугогасильній камері, багатомодульні та багатороз'ємні конструкції вимикачів.

3 В даний час РЗЕС експлуатує наступні типи повітряних вимикачів.

ВВН-330 на підстанції "Тернопільська 330", ВВ-330Б на підстанції "Чернівецька 330" та ВВДМ на підстанції "Козятинська 330".

2 ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПВ 330 кВ

2.1 Монтаж ПВ 330 кВ

2.1.1 Підготовка до монтажу ПВ 330 кВ

Встановлення та налаштування автоматичного вимикача має виконуватися персоналом, який має відповідну підготовку та ознайомлений із заходами безпеки, описаними в розділі "Заходи безпеки".

Під час підготовки до встановлення автоматичного вимикача виконайте такі дії

- a) Підготуйте фундамент (згідно з проектом) і місце встановлення з опорними конструкціями для автоматичного вимикача;
- b) Підготуйте кабельні та повітряні канали;
- c) Підготувати приміщення для огляду, демонтажу та монтажу окремих компонентів вимикача;
- d) Забезпечити умови для запобігання потрапляння дощу, снігу та пилу в зону монтажу вимикача;
- e) Доставити складальну одиницю та її складові частини в упаковці до місця монтажу; д) Доставити монтажний блок і комплектуючі в упаковці до місця монтажу; f) Доставити складальну одиницю та її компоненти в упаковці до місця монтажу; g) Доставити монтажний блок та його складові частини в упаковці до місця монтажу. Перед монтажем розпакуйте, перевірте цілісність поставки та огляньте всі зібрані вузли, щоб переконатися у відсутності ознак пошкоджень, вологи та корозії. За результатами перевірки складіть інспекційний звіт;
- f) Підготувати вантажопідйомне обладнання, інструменти та аксесуари. g) Підготуйте місце монтажу до гідравлічних випробувань ізоляції.

2.2 Вимоги до монтажу ПВ 330 кВ

2.3.3 Перед встановленням автоматичного вимикача

2.3.4 - Зніміть транспортну заглушку (за винятком заглушки, встановленої на лінії подачі стисненого повітря в бак) і переконайтеся, що на деталях і вузлах автоматичного вимикача немає корозії, бруду і вологи.

2.3.52.3.5

2.3.6 Перевірте бак, камеру гасіння, сепаратор і клапанні пристрої.

2.3.7 - Закрийте отвори щільною пило- та водонепроникною плівкою до завершення монтажу;

2.3.8 - видалити антикорозійне мастило чистим скребком, змоченим авіаційним бензином (ГОСТ 1012-71) або бензиновим розчинником (уайт-спіритом) (ГОСТ 3134-78), і зняти захист з монтажних вузлів і деталей;

2.3.9 - нанесіть оліфу ЦИАТИМ-203 ГОСТ 8773-73 або ЦИАТИМ-221 ГОСТ 9433-73; нанесіть тонкий шар ЦИАТИМ-221 ГОСТ 9433-80;

2.3.10 - Провести гідравлічні випробування всіх ізоляторів в камері полімеризації, сепараторі та сепараторі. Після випробування протріть ізолятори чистою ганчіркою, змоченою бензином;

2.3.11 - Перевірте потік повітря для вентиляції вздовж талькової котушки;

2.3.12 - Перевірити перетин електричного контактного манометра. Після перевірки наявності масла в з'єднаннях манометра неприпустима.

2.3.13 Загальні умови монтажу

2.3.14 Під час монтажу дотримуйтесь інструкцій заводів-виробників на деталі та вузли, що встановлюються.

2.3.15 Перед установкою ізоляції в вимикач встановлення протріть внутрішню поверхню ізоляції ганчіркою, змоченою в спирті. Тканина для протирання повинна бути сухою, чистою та без ворсу.

2.3.162.3.16

2.3.17 Під час встановлення ізолятора переконайтеся в наступному

2.3.18 - Відсутність контакту металу з будь-якою частиною порцеляни;

2.3.19 - Ізолятор знаходиться на одному рівні з фланцем.

2.3.20 - Виступ прокладки з нижньої частини півкільця однаковий з усіх боків;

2.3.21 - Відхилення паралельності краю притискного кільця відносно поверхні фланця не повинно перевищувати 2 мм.

2.3.22 Гайки механічних затискачів на ізоляторах повинні бути затягнуті ретельно і рівномірно за годинниковою стрілкою (перехресне затягування гайок не допускається). За один раз гайки не можна затягувати більше ніж на $\frac{1}{4}$ оберту. Гайки необхідно затягувати до кінцевого моменту за допомогою спеціально відкаліброваного (динамометричного) ключа (1,8 кгс·м для гайок М10 і 2 кгс·м для гайок М12), що постачається виробником.

2.3.23 Не рекомендується виконувати монтаж з'єднань, у тому числі гумових, при температурі нижче -35°C .

2.3.24 Під час збирання окремих складових частин вимикача особливу увагу слід звернути на стан робочих поверхонь гумового клапана та гумового демпфера. Порізи та глибокі вм'ятини не допускаються.

2.3.25 Під час монтажу автоматичного вимикача слідкуйте за тим, щоб колонка була вертикальною. Відхилення від вертикальної середньої лінії порцелянової підставки вимикача (від нижнього краю підставки до верхнього фланця пожежної камери, роз'єднувача або конденсатора) не повинно перевищувати 70 мм у будь-якому положенні.

2.3.26 Пропелер (пропелерна частина) автоматичного вимикача дозволяється переносити тільки у вертикальному положенні.

2.3.27 Автоматичні вимикачі повинні встановлюватися в стекових системах, де окремі елементи (колони, частини колон, телескопічні секції тощо) встановлюються одночасно (паралельно).

2.3.282.3.28

2.3.29 Змонтуйте вимикачі в наступній послідовності:

2.3.30 - Встановіть візок на фундамент;

2.3.31 - Встановіть шафу розподільчого пристрою на несучу конструкцію;

2.3.32 - Встановіть повітроводи між опорою КРП, шафою КРП та компресорною установкою;

2.3.33 - Встановіть опорну платформу на візок;

2.3.34 - Прикріпіть плиту до верхнього ізолятора опори та з'єднайте її арматурною трубою; 1.3.35 - Прикріпіть плиту до верхнього ізолятора опори та з'єднайте її арматурною трубою;

2.3.35 - Зберіть опори; 1.3.36 - Зберіть опору;

2.3.36 - Зберіть опори для камер пожежогасіння, роз'єднувачів, омичних дільників та дільників потужності;

2.3.37 - Установлювання шинопроводів; установлювання шинопроводів;

2.3.38 - Монтаж високовольтних розподільчих пристроїв

2.3.39 - Монтаж елементів розподільчих пристроїв 330 кВ

Основні вимоги до монтажу візків з продувними клапанами у відстійниках і сепараторах:

- Під час монтажу захистити лакофарбове покриття корпусу резервуара від пошкоджень.

- Перевірте стан внутрішньої порожнини бака: очистіть, знежирте, пофарбуйте ґрунтовкою ФЛ-03-К за ГОСТ 9109-81 і просушіть пошкоджені пофарбовані місця.

- Автомобільний бак, кришка картера і запірний клапан вентилятора виготовлені зі спеціального матеріалу і марковані для постійного тиску. Не змішувати з іншими з'єднаннями розподільника.

- При використанні поршня розподільного клапана і клапана з комплекту

запасних частин відріжте шток і переконайтеся, що зазор між штоками не перевищує 1,5 мм.

- Для зняття зливного клапана бункера використовуйте спеціальний інструмент з центральним штифтом, який обертається навколо різьбового отвору в поршні. За допомогою цього інструменту витягніть поршень з корпусу разом з латунним контейнером і клапаном.

- Не замінюйте талькові дросельні клапани, які зазнали впливу води.

- Зніміть транспортну заглушку точки подачі стисненого повітря з циліндра, замініть її з'єднувальним кільцем і попередньо приваріть його до труби.

- Усі повітропроводи в машині повинні бути продуті повітрям безпосередньо перед складанням.

- Якщо машина обладнана діафрагмою, вставте діафрагму в автоматичний вимикач і від'єднайте повітропровід, як описано в технічному паспорті автоматичного вимикача.

- Приєднайте шину заземлення до бака. Основні вимоги до монтажу панелі керування такі

- Перевірте легкість переміщення якоря електромагніту рукою. Повний хід якоря електромагніту повинен становити 8-10 мм, а блок-контакт повинен проходити через 4-5 мм після повного ходу якоря електромагніту.

- При складанні клапана (ручного, безпружинного) переконайтеся, що він не заклинює під час роботи.

- Особливої обережності слід дотримуватися під час зміни кришки корпусу клапана між відкриттям і закриттям.

Основні вимоги до гвинтового кріплення.

- Камери гасіння, роз'єднувачі та розподільники тиску не можуть бути встановлені, якщо робоче колесо не закріплене порцеляновими стяжками.

- Нижня частина шатуна ВВ-330В повинна бути встановлена під кутом, як і у ВВ-500В.

- При монтажі роз'єднувача між з'єднувальним склом і шайбою слід залишити зазор 4 мм і прикласти зусилля розтягування приблизно 3500 Н (350 кгс).

Основні вимоги до монтажу камери дугового пожежогасіння: при складанні механізму камери пожежогасіння відрегулюйте хід механізму в наступному порядку.

а) Під гумову заслінку без встановленої пружини встановити шайби 12 і 13 в кількості, наведеній в таблиці 2.1.

б) Перемістіть деталі по різьбі до розміру 145 мм;

в) Виміряйте фактичні розміри Н (хід механізму) і Н₁ (загальна довжина механізму) і, при необхідності, замініть товщину пакета шайб на величину Х, яка визначається за формулою

$$X=(H+H_{\phi})-(H_1+116), \text{ мм.} \quad (2.1)$$

Якщо Х додатне, товщина шкали збільшується на цю величину, якщо від'ємне - зменшується;

г) Встановлюючи (знімаючи) шайби, враховуйте зміну розміру (145 мм) при остаточному складанні (суміщення гвинта М6 і виступу на корпусі механізму).

Під час монтажу затягніть фіксуючі контакти камери спеціальним інструментом до упору. Потім кілька разів постукайте по фіксуючим контактам молотком (7-8 кг) і знову затягніть їх до упору.

Щоб перевірити, чи обертаються контакти, додайте олівцем контрольну лінію. Повторіть це кілька разів, поки лінія не вийде.

Потім зафіксуйте контакти за допомогою стопорного пристрою (пластина,

штифт з пружинною шайбою, гайка М10). Переконайтеся, що виїмка на пластині спрямована вгору.

Під час збирання переконайтеся, що головка (контактний штифт) і фланець надійно зафіксовані гумовими ущільнювачами для забезпечення безпечного електричного контакту.

При розбиранні механізму камери для заміни рухомих контактів використовується спеціальний пристрій.

Цей пристрій запобігає розхитуванню рухомих контактів.

Таблиця 2.1 – Кількість шайб

Виміряна фактична висота ізолятора, H_f , мм	523	524	525	526	527	528	529
Кількість шайб (3 мм)	-	1	-	1	2	1	2
Кількість шайб (2 мм)	1	-	2	1	-	2	1

Складання відокремлювача здійснюють за допомогою спеціальних пристроїв.

Регулювання роблять набором шайб в залежності від висоти ізолятора H_f .

Таблиця 2.2 – Кількість шайб

Висота ізолятора, Нф, мм	Місце установки гвинтів	К-сть шайб товщиною 3 мм над демпфером, од.	Загальна виміряна товщина пакету шайб з 18 од.	Кількість шайб товщиною, од.				Розмір, мм
				3 мм	4 мм	5 мм	6 мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
790	Отвори	-	-	1	-	2	-	257
791		-	1	-	-	-	2	258
792		-	2	-	-	1	1	259
793		1	3	-	-	2	-	260
794		1	4	-	1	1	-	261
795		1	5	-	2	-	-	262
796		2	6	1	1	-	-	263
797		2	7	-	-	-	1	264
798		2	8	-	-	1	-	265
799		3	9	-	1	-	-	266
800		3	10	1	-	-	-	267
801	Отвори	3	11	-	-	-	2	268
802		4	12	-	-	1	1	269
803		4	13	-	-	2	-	270
804		4	14	-	1	1	-	271
805		5	15	-	2	-	-	272
806		5	16	1	1	-	-	273
807		5	17	-	-	-	1	274
808		6	18	-	-	1	-	275
809		6	19	-	1	-	-	276
810		6	20	1	-	-	-	277

Омічний елемент часткового тиску повинен бути встановлений у сухому приміщенні зі свіжим повітрям (відносна вологість нижче 50%).

Під час встановлення фланця ізолятора переконайтеся, що два отвори діаметром 14 мм у верхньому фланці та два отвори діаметром 14 мм у нижньому фланці суміщені.

Після остаточного складання помістіть ізолятор в ємність, наповнену водою, і перевірте його на герметичність. Через різьбовий отвір у верхньому фланці нагнітається повітря під тиском 0,2 МПа (2 кгс/см²), і якщо через 5 хвилин на поверхні води не з'являються бульбашки повітря, елемент вважається герметичним.

Після випробування встановлюється і затягується ущільнювальне кільце. Потім вимірюється опір розділювального елемента і перевіряється, що він становить $14144 \pm 142 \Omega$.

При складанні омічної колони розподільника часткового тиску між елементами вставляється проміжна труба із зовнішнім діаметром 102 мм для запобігання деформації запресованих фланців.

2.3 Обладнання випробовувань та діагностики вимикачів

Надійне електропостачання споживачів можливе тільки за умови надійної роботи всіх підстанцій і розподільних пристроїв. Традиційно особливу увагу приділяють обладнанню, надійна робота якого забезпечує усунення аварій і нормальну роботу іншого обладнання.

До них належать високовольтні автоматичні вимикачі. Однією з їхніх функцій є ізоляція пошкоджених елементів силового кола та усунення коротких замикань.

Жорсткі вимоги до надійності високовольтних вимикачів супроводжуються високими вимогами до систем діагностики для перевірки їхньої працездатності.

Особливо гостро проблема діагностики стоїть в Україні, де в більшості вимикачів використовуються пневматичні вимикачі, які практично або повністю

вичерпали свій паспортний і фактичний ресурс. Нині існує низка методів і засобів діагностики таких вимикачів. Деякі з них використовують і в Україні.

2.4 Існуючі методи діагностики високовольтних вимикачів

Наразі інтенсивно розвиваються два основні напрямки експлуатаційної діагностики високовольтних вимикачів: безперервний (моніторинг) та періодичні огляди [6]. Безперервний моніторинг дозволяє діагностувати обладнання, що працює під високою напругою, але це виправдано лише для відповідальних установок, оскільки значно ускладнює це обладнання та збільшує його вартість. Тому особлива увага приділяється розробці методів та обладнання для регулярного оперативного моніторингу параметрів розподільчих пристроїв у знеструмленому стані.

Для діагностики стану високовольтного вимикача необхідно провести повне випробування вимикача .

Вимикач повинен бути випробуваний персоналом, який виконує монтаж, щоб переконатися, що контакти замикаються і розмикаються одночасно. Також слід виміряти хід рухомих частин, контактний тиск, хід у відкритому положенні, висоту рухомих і напрямних частин, ізоляцію бака, блокувальні штифти і дугогасильні пристрої. Також слід перевірити швидкісні характеристики та тепловізійне зображення вимикача. Слід виміряти опір верхньої та нижньої поверхонь ізоляції бака.

Помістіть тимчасовий електрод на рухому частину і підключіть кабель мегомметра. Опір ізоляції рухомої частини вимикача вимірюється шляхом підключення мегомметра до траверси з від'єднаною однією стороною, а іншою - до конструкції бака вимикача.

Для вимикачів з волокнистими ущільнювачами опір ізоляції ущільнювача вимірюється в дугогасильній камері. За результатами вимірювань опору ізоляції у відкритому та закритому положеннях повітряного вимикача визначається опір ізоляції рухомої частини за такою формулою.

$$R_{\text{из.ВКЛ}} = R$$

$$R_{\text{из.ВІДКЛ}},$$

$$R_{\text{из.ВІДКЛ}} - R_{\text{из.ВКЛ}}$$

де $R_{\text{из.ВКЛ}}$ = величина опору ізоляції ввімкненого повітряного вимикача, МОм;

$R_{\text{из.ВІДКЛ}}$ = величина опору ізоляції відключеного повітряного вимикача, МОм.

Якщо значення опору ізоляції, отримане в результаті вимірювання, нижче контрольного значення, ізоляцію бака необхідно висушити. Опір ізоляції котушки перемикачання та вторинного кола приводу вимикача вимірюється за напруги 1000 В за допомогою мегомметра і повинен становити не менше 1 МОм.

Якщо тангенс кута діелектричних втрат $\text{tg}\delta$ втулки вимірюється після її встановлення у вимикач, виміряне значення може перевищувати вказане значення через ізоляцію в баку. Вимірювання тангенса кута діелектричних втрат $\text{tg}\delta$ вимикача переноситься на повністю зібраний вимикач "Вектор 2" або СА7100 з мостовим зворотним контуром (MD-16 або R-5026). Якщо $\text{tg}\delta$ перевищує еталонне значення, слід скористатися наступними методами Виключити вплив ізоляції бака (опускання бака, злив масла, коротке замикання в дугогасильній камері); для бакових вимикачів 35 кВ вплив ізоляції бака необхідно оцінювати при високих значеннях $\text{tg}\delta$. Якщо після виключення впливу ізоляції бака $\text{tg}\delta$ у точці підключення знижується більш ніж на 4 %, внутрішню ізоляцію вимикача необхідно висушити. Після заповнення вимикача маслом перевірте опір ізоляції мегомметром при напрузі 2 500 В і виміряйте $\text{tg}\delta$ при розімкненому і замкненому вимикачі. Значення опору ізоляції та діелектричних втрат повинні бути приблизно однаковими в обох випадках.

Таблиця 2.3 – Величина випробувальної напруги для вимикачів

Номінальна напруга, кВ	Величина випробувальної напруги, кВ		Номінальна напруга, кВ	Величина випробувальної напруги, кВ	
	Нормальна ізоляція	Полегшена ізоляція		Нормальна ізоляція	Полегшена ізоляція
3	22	12	35	85	—
6	29	19		225	—
10	38	29		290	—
15	49	43		425	—
20	58	—			—

Випробувальна напруга подається на обидві втулки в кожній фазі. Ізоляція маслонаповнених вимикачів випробовується підвищеною напругою промислової частоти протягом однієї хвилини.

Ізоляція вимикачів і контактів вимикача випробовується при наступних напругах.

Значення залежать від номінальної напруги вимикача і наведені в таблиці. 2.3.

Ізоляція вторинних кіл і приводних котушок випробовується напругою 1 кВ змінного струму 1 хв.

Методи випробування ізоляції повітряних вимикачів Опір ізоляції базових ізоляторів, ізоляторів дугогасильних камер і роз'єднувачів повітряних вимикачів на всіх напругах вимірюється мегомметром при 2500 В після гідравлічних і механічних випробувань. Якщо ізолятори мають потужне армування, напруга прикладається безпосередньо до армування. Якщо армування відсутнє, напруга з мегомметра подається через фольгу, притиснуту до краю порцеляни. Попередні вимірювання опору ізоляції електромагнітних котушок проводяться мегомметром при напрузі 500-1000 В перед монтажем. Опір ізоляції котушки повинен бути не менше 1 МОм. Якщо це не так, котушку необхідно просушити. Опір ізоляції ланцюга нагрівача

автоматичного вимикача вимірюється мегомметром при напрузі 500 В або 1000 В [5].

Опір ізоляції повітряних вимикачів випробовують протягом однієї хвилини за напруги, зазначеної в таблиці 2.2.

Таблиця 2.4 - Значення випробувальної напруги промислової частоти для ізоляції вимикачів

Номінальна напруга вимикача, кВ 15 35 110 220 330 500	Випробувальна напруга, кВ 55 95 250 470 600 850
--	--

Методи вимірювання опору постійному струму повітряних вимикачів Опір постійному струму контактів повітряних вимикачів необхідно вимірювати після встановлення вимикача. Вимірюється опір контактів у кожній точці розриву дугогасильної камери, у кожній точці розриву роз'єднувача, у кожній точці розриву шини та у кожній точці розриву з'єднання шини.

Фланці бункера та роз'єднувача. Для живлення постійним струмом можна використовувати зварні генератори або достатньо потужні випрямлячі. До апаратних клем вимикача підключайте струмопровідні кабелі з перерізом не менше 95 мм². Не підключайте струмопровідні кабелі до камери або фланців роз'єднувача. Це пов'язано з тим, що контактний опір фланця спричиняє значні похибки в результатах. Як провідники можна використовувати кінці зварювального дроту і готову клемну колодку розподільного пристрою. Контактний опір вимикачів зі струмами нижче 1000 А можна виміряти при струмі не менше 20 А за допомогою амперметра-вольтметра або моста постійного струму. Не можна використовувати малі або розряджені батареї, оскільки під час вимірювання не можна гарантувати постійний струм. Приєднайте обидва кінці вольтметра по черзі до фланців відсіку та роз'єднувача, а також до з'єднувальної шини автоматичного вимикача, що знаходиться під напругою. Для цього також можна використовувати кабелі від камери і роз'єднувача до осцилографа за умови, що вони мають достатню площу перерізу (не менше 2,5 мм²). Для вимірювання опору контактів вимикача використовуйте мікроомметр М-246.

Як виміряти швидкісні характеристики вимикачів за допомогою вібрографа та осцилографа. Швидкість розмикання і замикання вимикача вимірюється при подачі номінальної напруги на котушку стиснення і розтиснення відкритого електромагніту і при Напруга нижче заводської номінальної напруги. Швидкість розмикання та замикання вимикача вимірюється за допомогою віброметра [7] (рис. 2.1). Віброметр складається з перетворювача та реєструючого пристрою. На котушку віброметра подається змінна напруга 12 В. Він складається зі сталеві пластини з якорем і пишучого або реєструючого пристрою у формі пера.

Коливання якоря реєструються кулькою. Кулька коливається з інтервалом 0,01 с під впливом змінної напруги 50 Гц. Коливання якоря записуються на рухому паперову стрічку, розміщену з протилежного боку самописця. Паперова стрічка слідує за рухом приводу траверси або приводу перемикача. Паперова стрічка слідує за рухом приводу траверси або приводу ключа. Віброметр розташовують так, щоб стилус або кулька пишучого інструменту торкався поверхні паперової стрічки, коли шток нерухомий. Перед початком вимірювань необхідно короткочасно запустити віброметр, щоб переконатися в правильності його роботи.

Подача живлення на віброметр синхронізована з імпульсами, які вмикають і вимикають вимикач. Коли перемикач працює, самописець спочатку малює лінію (коли траверса не рухається), а потім синусоїду, поки траверса не почне рухатися і не зупиниться. Крива переміщення, отримана при відкритті та закритті вимикача, називається віброграмою.

На рисунку 2.1 показано 1 - рухома частина перемикача, 2 - нерухома частина перемикача, 3 - лінійка з паперовою стрічкою, 4 - кронштейн з самописцем, 5 - самописець.

Отримані віброграми розшифровуються і отримані дані є відправною точкою для оцінки якості роботи вимикача.

Найбільш поширеним є осцилографічний метод, який вимірює швидкісні характеристики вимикача [7].

Осцилограф - це прилад, призначений для спостереження, реєстрації та вимірювання параметрів досліджуваного сигналу, який зазвичай є залежною від часу напругою.

Осцилографи також можуть використовуватися для дослідження неелектричних процесів.

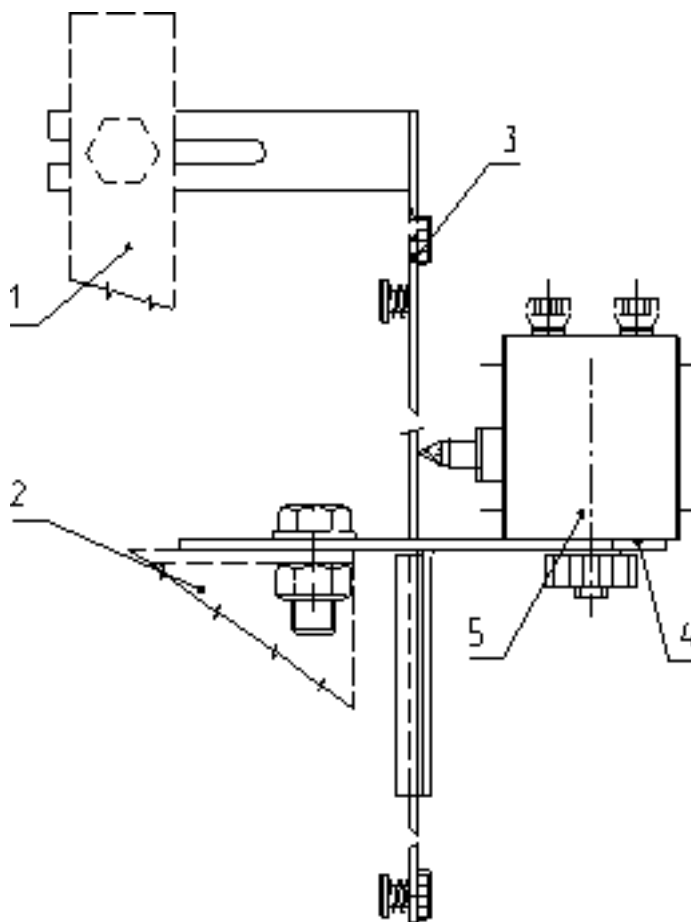


Рисунок 2.1 – Застосування вібрографа

Існує два основних класи осцилографів: променеві осцилографи, призначені для спостереження повільних процесів, і електронно-променеві осцилографи, які можуть відображати як повільні, так і швидкі процеси.

Променеві осцилографи електромеханічно відхиляють світлові промені під впливом досліджуваної напруги і записують їх на фотоплівку.

Електронно-променеві осцилографи засновані на електронно-променевій трубці.

Електронний промінь відхиляється безпосередньо електричним сигналом.

Електронний промінь відхиляється безпосередньо електричним сигналом і є

майже інерційним.

Досліджуваний процес відображається на екрані з підсвічуванням, а також може бути задокументований фотографічно.

Найпоширеніший тип - променевий осцилограф. Променеві осцилографи використовуються для дослідження електричних сигналів з верхніми частотами нижче 30 кГц.

Перевагами цих приладів є простота обладнання та можливість реєструвати багато (зазвичай 12 або 24) процесів одночасно.

Всі швидкісні характеристики визначаються шляхом багаторазового тестування вимикача і спостереження за робочим процесом за допомогою осцилографа.

Також тестуються повітряний потік, скидання тиску і сигнальні замикаючі контакти.

Оскільки кількість операцій може бути значною і під час випробувань доводиться безперервно вносити регулювання, всі роботи проводяться з використанням тимчасового пульта, встановленого в захищеному приміщенні (шафі або іншому укритті), щоб уникнути нещасних випадків, викликаних можливим пошкодженням порцеляни вимикача під час випробувань.

Приклад такого пульта показаний на рисунку 2.2.

Рисунок 2.2 KL1, KL2 - реле типу RP-232 220 В, 4 А; YB - відкритий контакт SBC; KL3 - реле типу RP-23 220 В; CT1, CT2 - реле часу типу EV-114 220 В, 1,3 с; R1 - резистор 800 Ом, 50 Вт; R2 - опір лінії (шунт) 0 . 1 Ом, 20 А; S1 - S5 - перемикачі, S6 - перемикач для команди запуску циклу: клеми 6, 7 - напруга 220 В постійного струму; клеми 8, 9 - виносна кнопка для команди запуску циклу; клеми 10, 11 - запуск осцилографа

Перевірка роботи з циклами і кількістю циклів, зазначеними в таблиці 2.5, завершує монтаж перемикача. У таблиці 2.5 позначено: і - увімкнено, о - вимкнено.

Таблиця 2.5 – Положення ключів при різних циклах

Ключ	Цикл				
	Вмикання (В)	Вимикання (О)	Вмикання на КЗ (В-О)	АПВ успішне (О-В)	АПВ неуспішне (О-В-О)
SI	В	О	В	В	В
S2	О	В	В	В	В
S3	О	В	О	В	В
S4	О	В	В	О	В

(О)-ОПЕРАЦІЯ ВИМКНЕННЯ

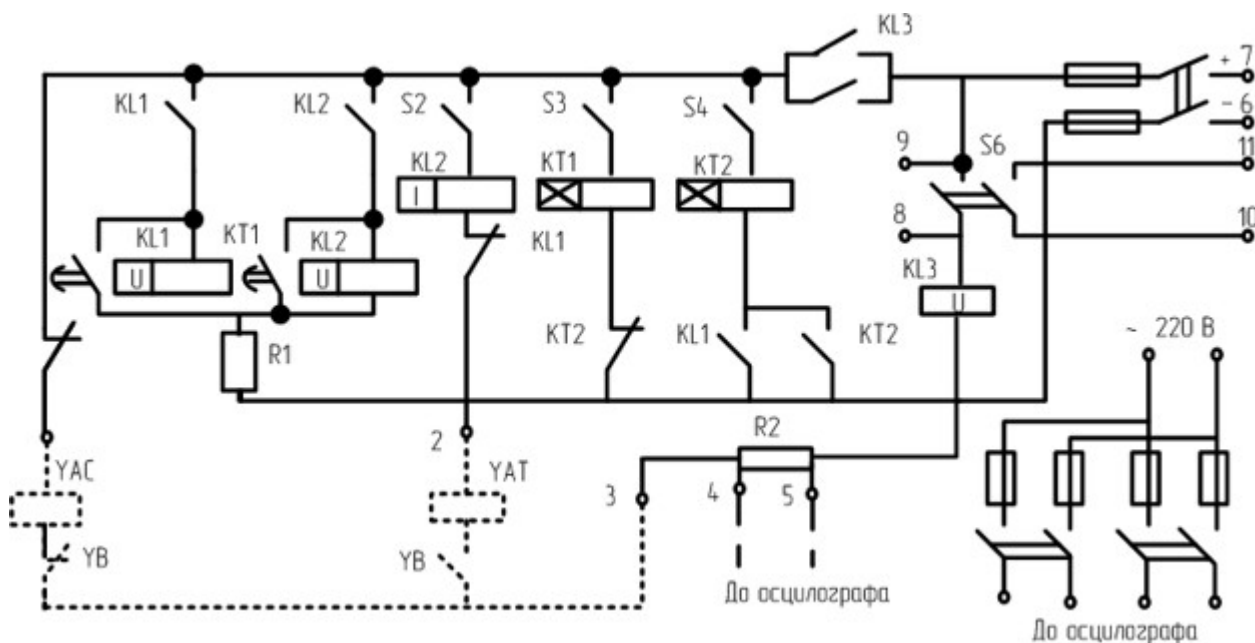


Рисунок 2.2 – Схема пульту для осцилографування роботи вимикачів

Метод визначення мінімальної робочої напруги приводу автоматичного вимикача. Мінімальна робоча напруга приводу вимикача повинна бути не менше 0,35 номінальної напруги, а гарантована робоча напруга - не менше 0,65

номінальної напруги приводної обмотки. Контактор повинен забезпечувати

Надійна комутація вимикача повинна бути гарантована при напрузі, що не перевищує 0,8 номінальної напруги. Оскільки індуктивність котушки змінюється під час роботи і співвідношення L до R також змінюється, рекомендується використовувати для випробувань схему з реостатом. Котушки та контактори слід випробовувати у фазовій послідовності. Для всіх типів автоматичних вимикачів з фазними приводами і з послідовно з'єднаними котушками вимикання і розчіплювача, напруга відключення - це найнижча напруга, при якій всі три послідовно з'єднані котушки надійно відключаються одночасно. Автоматичні вимикачі випробовуються шляхом багаторазового вмикання та вимикання при напрузі на клеммах приводу в діапазоні від 1,1-1,0 до 0,9-0,8 від номінальної напруги відключення. Вимикачі випробовуються три-п'ять разів при кожній напрузі, плюс два-три рази в циклі О-В-О при номінальній напрузі на клеммах автоматичного замикання і приводу.

Методи інфрачервоного термографічного контролю вимикачів Для інфрачервоного термографічного контролю вимикачів використовують тепловізори з роздільною здатністю не менше 0,1 °С.

Підходять тепловізори з роздільною здатністю [7]. Кут огляду приладу повинен бути обраний правильно.

Під час використання цього методу слід користуватися такими поняттями

Перегрів - різниця між виміряною температурою нагріву і температурою навколишнього середовища;

Перевищення температури - різниця між виміряною температурою нагрівання і температурою навколишнього середовища; - Перевищення температури - різниця між виміряною температурою нагрівання і температурою навколишнього середовища. Перевищення температури - виміряна температура контрольованого вузла перевищує температуру аналогічного вузла в іншій фазі, виміряну за тих самих умов;

Коефіцієнт похибки - відношення перевищення температури, виміряної на контактному з'єднанні, до перевищення температури, виміряної вздовж шини на відстані не менше 1 м від контактного з'єднання.

Контакт - активна частина пристрою, яка розмикає або замикає ланцюг під час роботи або, у випадку ковзних або шарнірних контактів, забезпечує безперервність ланцюга;

Контактне з'єднання - активне дротове з'єднання (болтове, зварне або обтискне), яке забезпечує безперервність ланцюга струму.

Таблиця 2.6 – Допустимі температури нагріву

Вузли вимикача	Найбільші допустимі значення	
	температура нагріву, °C	перевищення температури, °C
1. Апаратні вводи з міді, алюмінію і їх сплавів, які призначені для з'єднання із зовнішніми провідниками електричних кіл:		
-без покриття	90	50
-з покриттям оловом, сріблом чи нікелем	105	65
2. Болтові контактні з'єднання з міді, алюмінію і їх сплавів:		
-без покриття, у повітрі / в ізоляційному маслі	90/100	50/60
-з покриттям оловом, в повітрі / в ізоляційному маслі	105/100	65/60
-з покриттям сріблом або нікелем, у повітрі / в ізоляційному маслі.	115/100	75/60

Під час перевірки контактів і контактних з'єднань вимірюється температура нагріву контактів і контактних з'єднань, з'єднань камери і модулів, а також корпусу. Залежно від умов експлуатації та конструкції вимикача, тепловий стан вимикача можна оцінити як нормована температура нагріву (перегріву), перегрів,

коефіцієнт відмов, динаміка зміни температури в часі при зміні навантаження, вимірювання температури всередині фаз, між фазами, з порівнянням явно дефектних деталей тощо.

При оцінці теплового стану вимикача розрізняють наступні ступені відмови на основі заданих значень коефіцієнта відмов- 1,2 і нижче - початковий ступінь несправності;-1,2-1,5 - розвинений ступінь несправності. Вжити заходів щодо усунення несправності якнайшвидше після виведення електрообладнання з експлуатації;- 1,5 і вище - термінова несправність. Необхідно негайно усунути несправність.

Стрімкий розвиток технологій призвів до стрімкого розвитку обладнання для моніторингу та діагностики працездатності високовольтних вимикачів. Низка провідних виробників енергетичного обладнання та науково-дослідних інститутів наразі займаються розробкою такого обладнання. Сучасні прилади характеризуються високою швидкістю, точністю та легкістю модернізації. Багато пристроїв виготовляються з використанням новітніх мікропроцесорних технологій [7].

За кордоном такі прилади розробляють такі відомі фірми, як Doble, Zensol, LER, Programma та EUROSMC.

Керування приладом може здійснюватися вручну або за допомогою окремого блоку управління, який виконує необхідні перемикання і зберігає результати тестування. Автоматичне керування здійснюється за допомогою програмного забезпечення з використанням операційної системи MS DOS, а програма тестування може бути підготовлена на місці або заздалегідь. Результати випробувань можуть відображатися у вигляді багатоколірного графіка з часом розгортки 1600 мс, або можуть бути обрані певні інтервали для більш детального вивчення. Роздільна здатність повноекранного графіка автоматично встановлюється програмним забезпеченням. При максимальній роздільній здатності сканування можна реєструвати контактні вібрації тривалістю 30 мкс і більше. Прилад має можливість реєструвати як рух контактів, так і параметри контактної провідності. Остання модель, TDR-9000, важить 13,6 кг. Її зовнішній вигляд показано на рисунку 2.3. Функціональність приладу така ж, як і у TR-3000.



Рисунок 2.3 – Прилад TDR-9000 фірми Doble

Для роботи цього пристрою потрібен комп'ютер. Програмне забезпечення призначене для роботи в середовищі операційної системи Windows 98. Результати тестів і тестові програми зберігаються. Результати відображаються в табличному та графічному форматах для полегшення аналізу. До них відносяться

Такі параметри, як швидкість, переміщення контактів, командний сигнал і струм електромагніту відображаються тільки в графічному форматі.

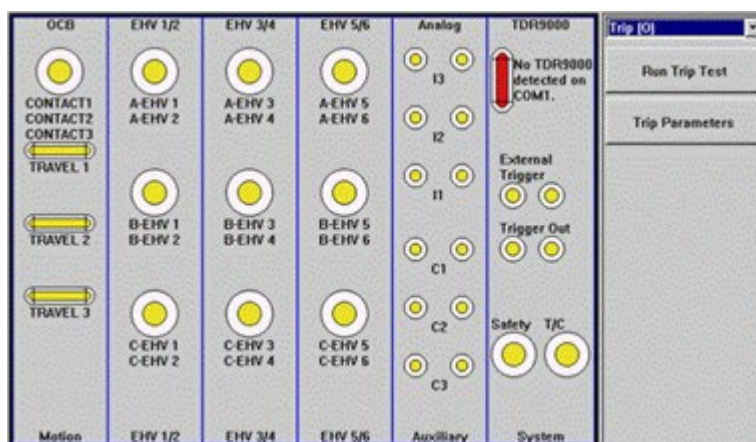


Рисунок 2.4 – Контрольна панель на екрані дисплею TDR-9000

ПЗЕС та ВНТУ розробляє та виготовляє серію приладів під назвою АРВВН (Аналізатор високовольних вимикачів). Ці прилади реєструють стан до 16 контактів, вимірюють струм увімкнення/вимкнення електромагнітів з роздільною здатністю вимірювання 1 мс та автоматично формують протоколи випробувань і бази даних. Перший працює в середовищі DOS і дозволяє проводити "налагоджувальне"

тестування навіть на низькопродуктивних старих комп'ютерах. Кінцевим продуктом є форма сигналу, яку дуже легко масштабувати.

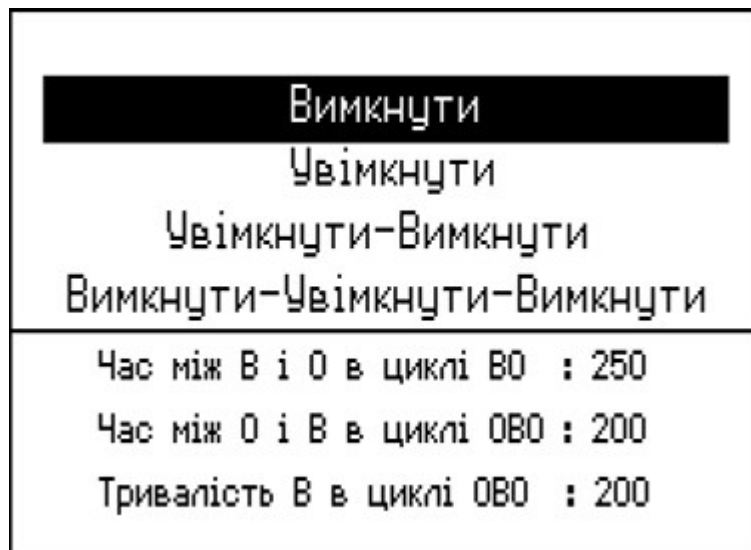


Рисунок 2.5 – Вигляд повідомлень на екрані дисплею приладу APBBH-4

Друга програма, яка працює під Windows, підходить для "чистих" випробувань, коли протоколи повинні бути створені на папері. Результатом є звіт про окремі тестові операції та зведений звіт про всі випробування конкретного вимикача.

Для вимірювання та діагностики опору та стану ізоляції високовольтних вимикачів використовується найсучасніше обладнання, таке як мікроомметр серії MOM шведської компанії Programma.

Мікроомметр MOM-690 використовується для вимірювання опору вимикачів, роз'єднувачів, плавких запобіжників, з'єднань шин і лінійних контактів. Мікропроцесорне вимірювання, зберігання та відображення результатів. Програмне забезпечення всередині приладу дозволяє виконувати одне випробування або серію випробувань і зберігати результати; виходи змінного струму можна використовувати для швидкого і легкого розмагнічування трансформаторів струму; програмне забезпечення MOMWin можна використовувати для швидкого і легкого розмагнічування трансформаторів струму; програмне забезпечення MOMWin можна використовувати для швидкого і легкого відображення результатів; програмне забезпечення MOMWin можна використовувати для швидкого і легкого відображення

результатів; програмне забезпечення MOMWin можна використовувати для відображення результатів випробувань.

Тестовий струм (без поправок) 0-600 А, діапазон 0-200 мОм.

Роздільна здатність 1 мкОм. вага: 23,7 кг.

Компактні, точні і прості у використанні сучасні тепловізійні камери використовуються для теплового контролю вимикачів. Прикладом є новітня тепловізійна камера ThermoCAM P65, розроблена компанією Flir Systems AB, Швеція.

ThermoCAM P65 створює чіткі 14-розрядні тепловізійні зображення. Вбудований лазерний показчик Laser LocatIR активується одним натисканням кнопки і швидко і безпечно вирівнює дефекти, показані на тепловізійному зображенні, з проблемними ділянками на об'єкті, що перевіряється. Зображення можуть бути збережені як радіометричні зображення у форматі JPEG.



Рисунок 2.6 - Зовнішній вигляд тепловізора ThermoCAM P65

Ці зображення, разом з результатами вимірювань і будь-якими звуковими або текстовими коментарями, зберігаються на знімній флеш-карті або в пам'яті камери. Зображення можна легко перенести з камери на ПК за допомогою програмного забезпечення ThermoCAM Quick View. Найсучасніший неохолоджуваний мікроболометричний детектор виявляє різницю температур всього $0,08^{\circ}\text{C}$ і створює чіткі, безшумні зображення з високою роздільною здатністю.

Радіометричні зображення, отримані за допомогою ThermoCAM P65, можна легко обробити за допомогою програмного забезпечення ThermoCAM Reporter.

Сучасний етап розвитку діагностики високовольтних вимикачів включає в себе широкий спектр діагностичних методів і прикладного програмного забезпечення. Багато провідних виробників енергетичного обладнання та науково-дослідних інститутів працюють над цією темою.

Недоліком майже всіх сучасних методів діагностики стану високовольтних вимикачів є їх періодичність. Ці методи не можуть безперервно контролювати стан працюючого вимикача. Багато методів вимагають повного відключення вимикача.

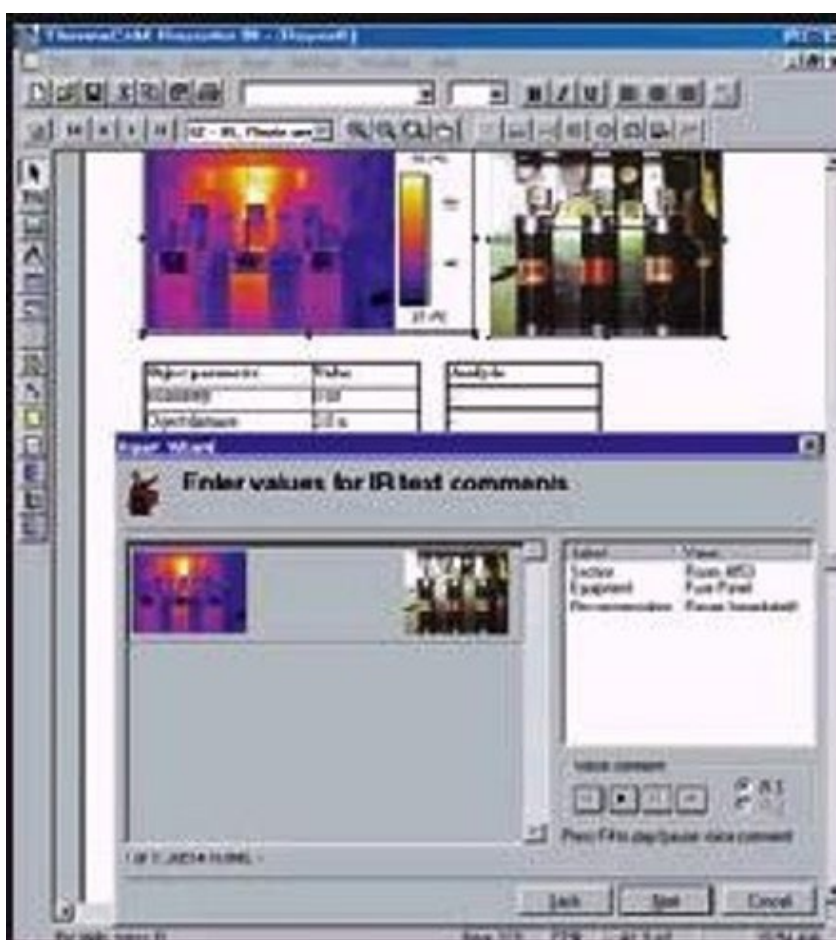


Рисунок 2.7 – Інтерфейс програми Thermo CAM Reporter

Сучасне обладнання для діагностики вимикачів вирізняється високою швидкістю, точністю та простотою модернізації. Більшість приладів виготовлено з використанням новітніх мікропроцесорних технологій.

Розробкою РЕКОН в Україні займаються Інститут електродинаміки (ІЕД) Національної академії наук України, Вінницький національний технічний університет

(ВНТУ) та Південно-Західна енергосистема (ПЗЕС), які накопичили великий досвід у цій галузі. Вони розробили і виготовили обладнання, яке за своїми характеристиками не поступається кращим зарубіжним зразкам, але коштує майже вдесятеро дешевше.

Однак, оскільки вимикачі продовжують виходити з ладу в непередбачуваний час, роботи з удосконалення методів та обладнання для технічної діагностики високовольтних вимикачів необхідно продовжувати.

Висновки до другого розділу

Згідно з дослідженням повітряних вимикачів 330 кВ в Україні, існуючі повітряні вимикачі 330 кВ, що експлуатуються в Україні, вичерпали свій ресурс і потребують заміни на сучасні елегазові вимикачі.

Експлуатація вимикачів 330 кВ включає в себе монтаж, поточні та капітальні ремонти і діагностику несправностей, які виконуються як експлуатуючими компаніями, так і підрядними організаціями.

Діагностика пошкоджень ВРП 330 кВ в сучасних умовах передбачає регулярний контроль діагностичних параметрів та використання систем оперативного моніторингу.

З МАТЕМАТИЧНОМОДЕЛЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ПВ 330 КВ

3.1 Пошкоджуваність та визначення роботоздатності високовольтного обладнання

Згідно з дослідженням повітряних вимикачів 330 кВ в Україні, існуючі повітряні вимикачі 330 кВ, що експлуатуються в Україні, вичерпали свій ресурс і потребують заміни на сучасні елегазові вимикачі.

Експлуатація вимикачів 330 кВ включає в себе монтаж, поточні та капітальні ремонти і діагностику несправностей, які виконуються як експлуатуючими компаніями, так і підрядними організаціями.

Діагностика пошкоджень ВРП 330 кВ в сучасних умовах передбачає регулярний контроль діагностичних параметрів та використання систем оперативного моніторингу.

Таблиця 3.1 – Причини відмов повітряних вимикачів по окремим елементам

Елемент вимикача	% від загального числа відмов
Дуттєвий клапан камери	9,52
Дуттєвий клапан відокремлювача	9,52
Контакти відокремлювача	4,76
Контакти камери	4,76
Обігрів шафи	4,76
Клапана відключення	4,76
Клапана включення	4,76
Гумові ущільнення	19,04
Фарфор камери	19,04
Фарфор відокремлювача	9,52
Електромагніти	4,76
Клапана управління	4,76

Таблиця 3.2 – Причини відмов повітряних вимикачів по вузлам

№ п/п	Вузол вимикача	% від загального числа відмов
1	Опорно стрижнева ізоляція	23,56
2	Електромагнітний привід	4,76
3	Дугогасильна камера	19,04
4	Ресивер	4,1
5	Контактна система	9,52
6	Клапана система шафи керування	14,28
7	Пневмо – кінематична схема	19,04
8	Магістраль подачі повітря	5,7

На основі аналізу наведеної вище таблиці, літературних джерел [8] та рекомендацій фахівців Південно-Західної ОЕС пропонується наступна функціональна схема вимикача (рис. 3.1).

Кожен блок на цій схемі вказує на працездатність вузла з відповідним порядковим номером з таблиці 3.2. Блок 9 - це працездатність автоматичного вимикача. На рисунку 3.1 синім кольором показано відсоток відмов вимикача, спричинених цим блоком з таблиці 3.2.

Далі пропонується метод для переоцінки вагових коефіцієнтів впливу. Цей метод складається з трьох правил.

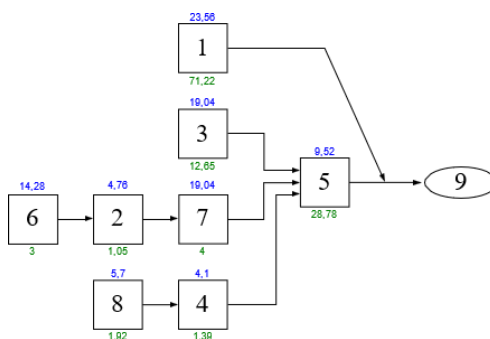


Рисунок 3.1 – Функціональна схема повітряного вимикача (ПВ).

Правило 1. Продуктивність повністю функціонуючої одиниці обладнання дорівнює 1.

Правило 2. додаємо паралельно параметри, які впливають на продуктивність обладнання (рис. 3.2)

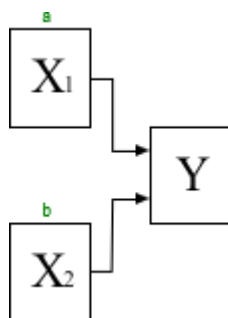


Рисунок 3.2 – Графічне пояснення до 2 правила методики

$X_1, X_2...$ Продуктивність кожного агрегату, $a, b...$ Ваговий коефіцієнт впливу кожного агрегату на загальну продуктивність обладнання, $Y...$ Загальна продуктивність обладнання. У цьому випадку загальна продуктивність обладнання розраховується за такою формулою

$$a \cdot X_1 + b \cdot X_2 = Y. \quad (3.1)$$

Вагові коефіцієнти впливу доступності вузлів X_1 та X_2 на загальну доступність становлять 0,4 та 0,6 відповідно. При цьому, якщо доступність цих вузлів ідеальна (тобто дорівнює 1), доступність обладнання дорівнює 1 відповідно до рівняння 4.1. Якщо з якихось причин продуктивність цих вузлів падає до 0,5, то продуктивність обладнання

$$0,4 \cdot 0,5 + 0,6 \cdot 0,5 = 0,5.$$

Перемножуємо параметри, що впливають на продуктивність обладнання, за

схемою, наведеною на рисунку 3.3.

У цьому випадку загальна продуктивність обладнання розраховується за наступною формулою:

$$a \cdot X_1 \cdot b \cdot X_2 = Y. \quad (3.2)$$

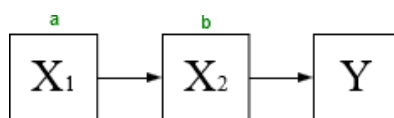


Рисунок 3.3 – Графічне пояснення до 3 правила методики

$X_1, X_2 \dots$ Продуктивність кожного агрегату, $a, b \dots$ Ваговий коефіцієнт впливу кожного агрегату на загальну продуктивність обладнання, $Y \dots$ Загальна продуктивність обладнання.

Вагові коефіцієнти впливу доступності вузлів X_1 та X_2 на загальну доступність становлять 0,5 та 2 відповідно. Тоді, коли доступність цих вузлів ідеальна (тобто дорівнює 1), доступність обладнання дорівнює 1 відповідно до рівняння 4.2. Якщо з якихось причин продуктивність цих одиниць падає до 0,5, то продуктивність обладнання буде дорівнювати 0,5:

$$0,5 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 0,5 = 0,25.$$

Після застосування цих правил вагові коефіцієнти впливу кожного вузла на загальну ефективність запропонованої функціональної схеми були перераховані з урахуванням даних таблиці 3.2 і показані зеленим кольором на рисунку 3.1. 3.1.

Після аналізу функціональної схеми та запропонованої методики пропонується математична модель для визначення продуктивності вимикача:

$$Y = 0,7122 \cdot X_1 + 0,1265 \cdot X_3 + 0,658 \cdot X_6 + 0,2193 \cdot X_2 + 0,8772 \cdot X_7 + 0,1923 \cdot X_8 + 0,1383 \cdot X_4$$

На основі аналізу моделей, літератури [8] та рекомендацій експертів Південно-Західної ОЕС, вплив енергоблоку №5 спрощено у рівнянні 3.3, оскільки продуктивність енергоблоку №5 залежить від енергоблоків №2, №3, №4, №6, №7 та №8. Продуктивність цих блоків має значний вплив як на продуктивність 5-го енергоблоку, так і на загальну продуктивність енергоблоку.

На основі наведеної вище моделі було створено початковий набір даних для нечіткого моделювання. Приклад цих даних представлено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вибірка з даних, отриманих з запропонованої моделі

X1	X2	X3	X4	X6	X7	X8	Y
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	1	1	1	1
0,9	1	0,4	1	0,6	1	1	0,794123
0,8	0,9	1	0,9	1	0,8	1	0,811333
0,7	0,4	0,7	0,2	0,8	0,1	0,6	0,594332
0,6	0,4	0,7	0,4	0,8	0,2	0,9	0,533545
0,5	0,7	0,8	0,2	0,9	0,3	0,3	0,482819
0,4	0,1	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	0,366933
0,3	0,7	0,5	0,9	0,4	0,3	0,1	0,289936
0,2	0,9	0,6	0,2	1,0	0,7	0,3	0,299681
0,9	0,4	0,8	0,9	0,7	0,4	0,1	0,75875
0,8	0,6	0,4	0,7	0,9	0,7	0,9	0,684962
0,7	0,1	0,5	0,3	0,9	0,8	0,3	0,573297
0,6	0,7	0,9	0,5	0,3	0,9	0,8	0,575732
0,5	0,3	0,6	0,8	0,6	0,4	0,8	0,458135
0,4	0,7	0,4	0,6	0,5	0,6	0,6	0,371636

X1	X2	X3	X4	X6	X7	X8	Y
1	2	3	4	5	6	7	8
0,1	0,2	0,4	0,1	0,3	0,5	0,2	0,126149
0,9	0,9	1,0	1,0	0,8	0,7	1,0	0,857871
0,7	0,8	0,5	0,9	0,3	0,6	1,0	0,603953
0,6	0,8	0,8	0,4	0,7	0,5	0,2	0,56609
0,5	0,7	0,6	0,7	0,8	0,3	0,5	0,462574
0,4	0,7	0,8	0,3	0,6	0,3	0,5	0,406018
0,3	0,5	0,4	0,3	0,5	0,7	0,2	0,288007
0,2	0,6	0,3	0,5	0,6	0,7	0,3	0,216277
0,1	0,5	0,5	0,3	0,6	0,2	0,7	0,14765
.....							

3.2 Нечітке моделювання в програмному середовищі MathLab

Нечітке моделювання проводилося за допомогою програми FuzzyTech програмного пакета MATLAB 6.5.

Система MATLAB являє собою інтегроване програмне середовище для чисельних розрахунків, комп'ютерного моделювання та чисельних експериментів, яке охоплює більш-менш різноманітні розділи класичної та сучасної математики і широкий спектр інженерних застосувань [9].

Нечітке моделювання в MATLAB здійснюється за допомогою пакета Fuzzy Logic Toolbox, який реалізує можливості нечіткої логіки та нечітких міркувань.

Нейро-нечітке моделювання працює з концепцією штучних нейронів і штучних нейронних мереж.

Штучні нейрони складаються з помножувачів (синапсів), суматорів і нелінійних перетворювачів. Нейрони мають певну внутрішню структуру (рис. 3.4) і правила перетворення сигналів [12].

Синапси зображуються у вигляді діагональних кіл (рис. 4.4) і призначені для

з'єднання нейронів зв'язку і множення вхідного сигналу x_1 на певну константу [9]. Число w_1 називається синаптичною вагою і характеризує силу зв'язку. Суматор підсумовує всі сигнали, що надходять на вхід нейрона від інших нейронів і зовнішніх вхідних сигналів. Нелінійний перетворювач призначений для нелінійного перетворення вихідного значення суматора відповідно до функції від певних аргументів. Ця функція називається функцією активації або передавальною функцією нейрона [11].

Правила перетворення сигналу визначаються математичною моделлю нейрона і можуть бути записані у вигляді таких аналітичних рівнянь:(3.4)

$$s = \sum w_i \cdot x_i + b;$$

$$y = f(s),$$

де w_i – вага синапса ($i \in \{1, 2, \dots, n\}$);

b – значення зміщення;

s – результат сумування;

x_i – компонент вектора входу або вхідного сигналу ($i \in \{1, 2, \dots, n\}$);

y – вихідний сигнал нейрону;

n – число входів нейрону;

f – функція активації нейрону.

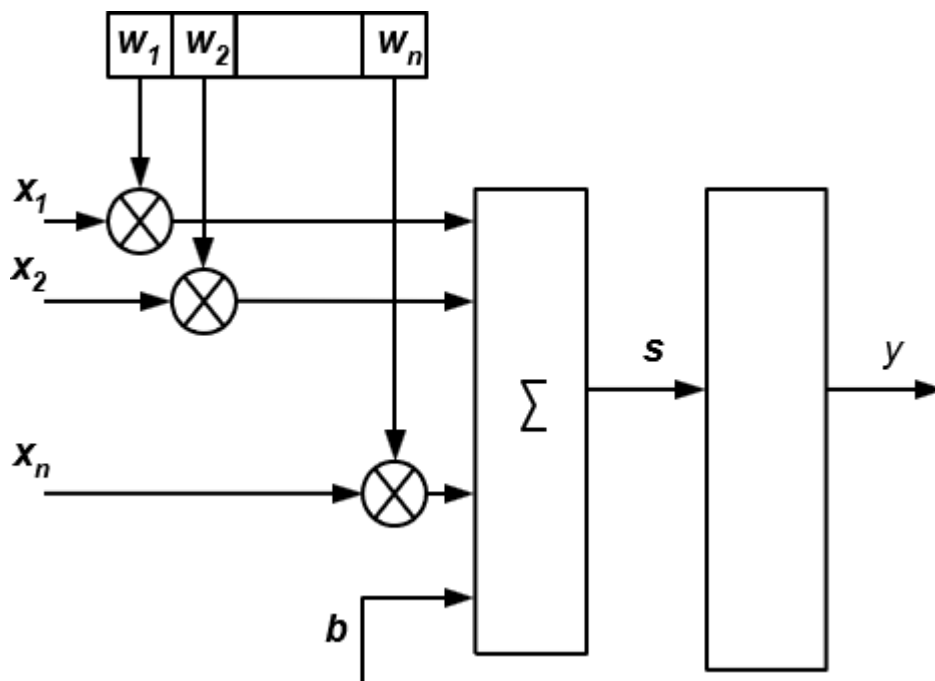


Рисунок 3.4 – Структура штучного нейрона

Позитивні синаптичні зв'язки називаються збуджуючими, а негативні - гальмівними.

Нейронна мережа - це сукупність окремих нейронів, які взаємодіють певним чином. Взаємозв'язок нейронів визначається або регулюється структурою нейронної мережі [13].

Нейро-нечіткі моделі для діагностики вимикачів будуються за допомогою

наступних кроків

1. створення навчальної вибірки. Запропонована модель використовується для генерації вибірки даних. Кількість рядків m відповідає кількості серій вимірювань, n - кількості контрольних параметрів, останній стовпець $(n+1)$ - значенням вихідних змінних, решта - значенням вхідних змінних. Розмір навчальної вибірки: $m=200$, $n+1=8$. Частину навчальної вибірки наведено в табл. 4.3.

2. вибір архітектури нейро-нечіткої мережі. Систему нечіткого виводу цієї архітектури визначено як Sugeno.

3. навчання нейронної мережі на основі наявної інформації із запропонованої моделі. Було завантажено навчальні дані (рис. 4.5) та обрано тип функції належності. Для навчання використовувалися різні функції належності: μ -типу (μ_{mf}), гауссова функція належності (gaussmf), S-типу (sffis), Z-типу (zmf), трикутна функція належності (trimf) і трапецієподібна функція належності (trapmf). Ця функція використовується для позначення наступних типів невизначеності, які характеризують тип: "приблизно однакова", "середня" та "в межах діапазону".

Загалом, цю функцію можна аналітично описати наступним рівнянням:

$$f_{\Delta}(x;a,b,c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}$$

Тут a , b і c - числові параметри, які можуть приймати будь-які значення і впорядковуються за формулою a, b, c .

Z і S - подібні функції. Назви цих функцій походять від форми кривої, що представляє графік. Інша назва функції - сплайн-функція. Функції використовуються для визначення множин, які характеризують невизначеність певного типу: "малі числа", "малі значення", "тривіальні значення".

Перше аналітично визначається виразом:

$$f_z(x;a,b) = \begin{cases} 1, & x < a \\ -\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{x-a}{b-a} \pi\right), & a \leq x \leq b \\ 0, & x > b \end{cases}$$

де a, b , – деякі числові параметри, що приймають довільне значення і впорядковані виразом $a < b$.

Друга аналітично задається виразом:

$$f_z(x;a,b) = \begin{cases} 0, & x < a \\ -\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{x-b}{b-a} \pi\right), & a \leq x \leq b \\ 1, & x > b \end{cases}$$

Тут a і b - числові параметри, які можуть приймати будь-які значення і впорядковані за формулою $a < b$.

P - аналогічна функція. Вона аналітично визначається формулою

$$f_{\Pi}(x;a,b,c,d) = f_S(x;a,b) \cdot f_Z(x;c,d),$$

Тут a, b, c, d - деякі числові параметри, які можуть приймати будь-які значення і впорядковуються за формулою $a=b < c=d$, де знак "=" вказує на звичайний арифметичний добуток відповідних значень функції.

Трапецієподібна функція. Ця функція використовується для визначення тієї ж множини, що і тригонометрична функція. Аналітично вона визначається наступним рівнянням:

де a, b, c, d – деякі числові, що приймають довільне значення і впорядковані

виразом $a \leq b \leq c \leq d$. *Функція приналежності типу функції Гауса.* Симетрична

функція Гауса визначається виразом:

Побудова факторної моделі ресурсів за допомогою алгоритму Сугено

Під час навчання час навчання для всіх функцій склав 85%.

Епохи.

В якості методу навчання обрано гібридний метод, що поєднує метод найменших квадратів та метод зворотного поширення помилки.

Це комбінація методу найменших квадратів і методу зворотного поширення помилки.

Похибки, які демонструють різні функції під час навчання, наведено в таблиці 3.4.

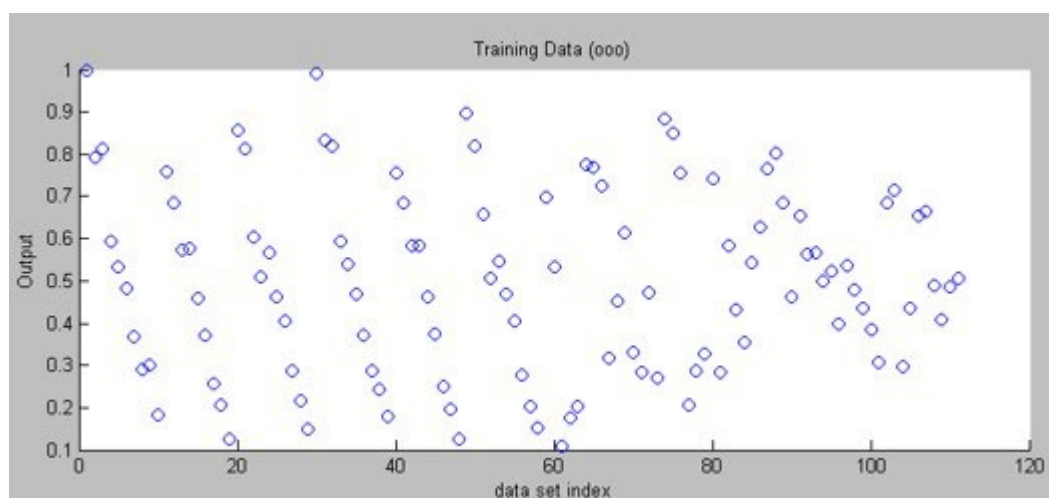


Рисунок 3.5 – Графічний інтерфейс редактора ANFIS після завантаження навчаючих даних

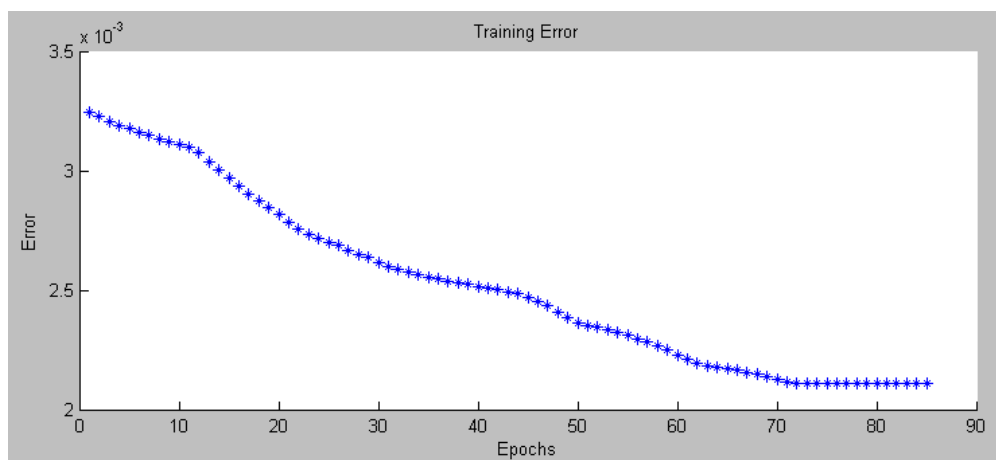


Рисунок 3.6 – Графічний інтерфейс редактора ANFIS після навчання з функцією приналежності *trapmf*

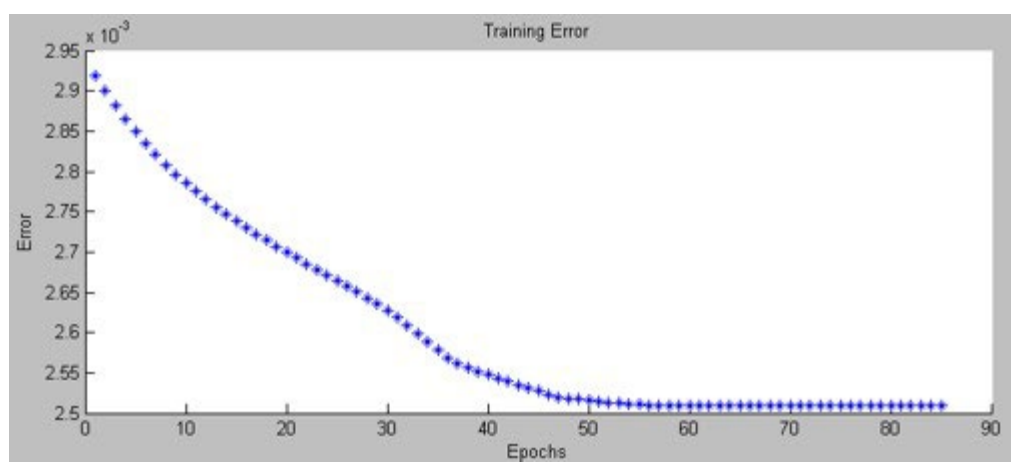


Рисунок 3.7 – Графічний інтерфейс редактора ANFIS після навчання з функцією належності *Gaussmf*.

Після аналізу похибок, отриманих з різними функціями належності, було обрано трапецієподібну функцію (*trapmf*) як базову функцію належності для параметрів нейро-нечіткої моделі для діагностики вимикачів.

Оптимальну нейро-нечітку модель для діагностики вимикачів було отримано шляхом навчання, а потім протестовано на даних, наданих експертами "Південно-Західного енергетичного обладнання".

Таблиця 3.4 - Похибки функцій належності під час навчання

Функція приналежності	Похибка навчання (%)
pimf	0,78
gaussmf	0,25
sffis	0,84
zmf	0,39
trimf	0,62
tramf	0,21

Дані були згенеровані наступним чином: всі значення параметрів з датчиків і контролерів були переведені у відносні одиниці, і було зроблено припущення, що значення параметрів на входах перемикачів дорівнюють 1 і можуть змінюватися на 0 під час роботи (під час аварії).

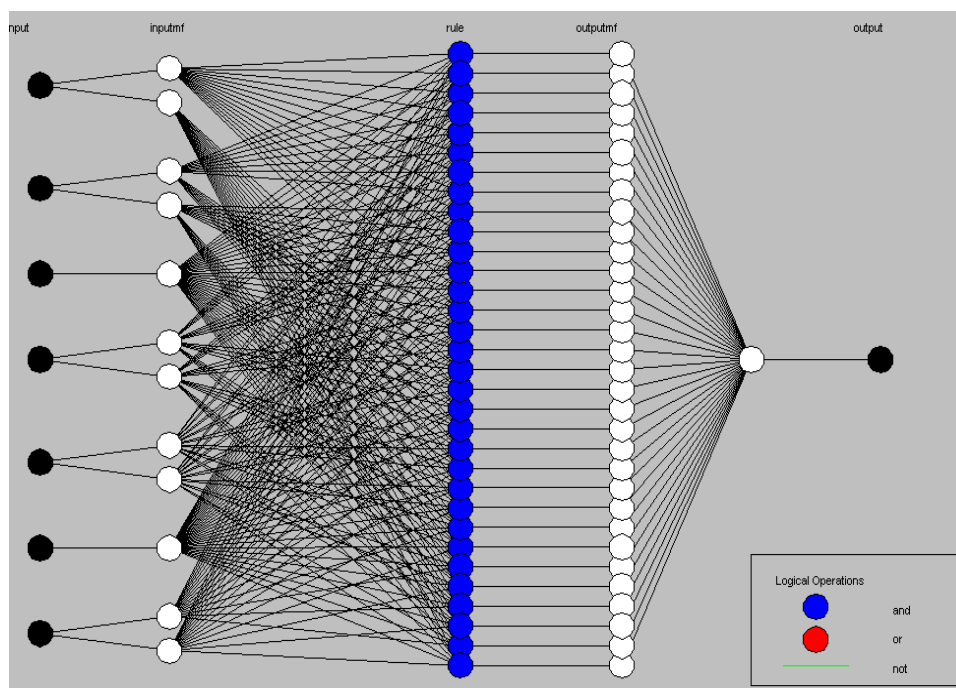


Рисунок 3.8 – Структура згенерованої обладнання нечіткого висновку після

навчання з функцією приналежності trapmf з термами $2 - 2 - 1 - 2 - 2 - 1 - 2$

На рисунку 3.8 показано наступне: input - вхідний сигнал (справність вимикача), inputfm - функція належності вхідного сигналу, rule - правило обробки вхідного сигналу, outputfm - функція належності вихідного сигналу, output - сумарний вихідний сигнал (справність вимикача).

Іншими словами, навіть якщо рівні параметрів моніторингу відрізняються під час роботи вимикача, експерт оцінює значення цього параметра вимикача як 1 і 0 у відносних одиницях, коли вимикач зупинено.

Експерт використовує цю інформацію для визначення загального стану вимикача у відносних одиницях.

Приклад експертних даних наведено в таблиці 3.5.

Для зменшення помилок нейро-нечіткої модель було перенавчено шляхом додавання даних експерта до нових навчальних даних, згенерованих на основі початкових навчальних даних.

Після цього модель була протестована повторно, і було виявлено, що помилка становить 14,27%. Це свідчить про те, що нейро-нечіткої модель для діагностики вимикачів здатна до самонавчання і може коригувати початкові значення характеристик вимикача та зменшувати обчислювальну похибку.

Мінімальна помилка валідації моделі склала 9,84%.

Тести з використанням методу дали похибку 18,53% (рис. 3.11), що значно перевищує похибку визначення того, спрацює вимикач чи ні. Правила нечіткої моделі були розроблені відповідно до функціональної схеми вимикача (рис. 3.1) та моделі, що характеризує функціональну якість компонентів вимикача (рівняння 3.3), з нечіткою змінною функціональної якості вимикача.

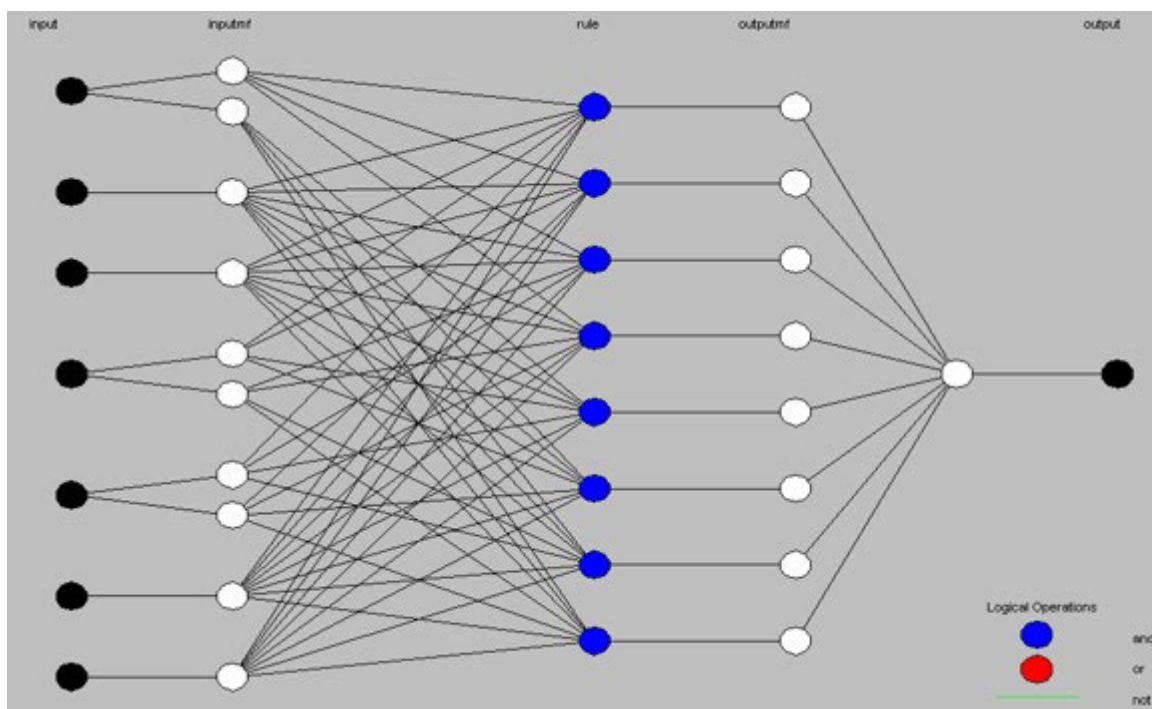


Рисунок 3.9 – Структура згенерованої обладнання нечіткого висновку після навчання з функцією приналежності trapmf з термами 2 – 1 – 1 – 2 – 2 – 1 – 1

Таблиця 3.5 – Вибірка з даних, наданих експертами Південно – Західної електроенергообладнання

X1	X2	X3	X4	X6	X7	X8	Y
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	1	1	1	1
0,9	1	0,4	1	0,6	1	1	0,810796
0,8	0,9	1	0,9	1	0,8	1	0,828611
0,7	0,4	0,7	0,2	0,8	0,1	0,6	0,612891
0,6	0,4	0,7	0,4	0,8	0,2	0,9	0,556083
0,5	0,7	0,8	0,2	0,9	0,3	0,3	0,508097
0,3	0,7	0,5	0,9	0,4	0,3	0,1	0,30747
0,2	0,9	0,6	0,2	1,0	0,7	0,3	0,323986

X1	X2	X3	X4	X6	X7	X8	Y
1	2	3	4	5	6	7	8
0,1	0,4	0,8	0,3	0,3	0,5	0,2	0,182274
0,9	0,4	0,8	0,9	0,7	0,4	0,1	0,785372
0,8	0,6	0,4	0,7	0,9	0,7	0,9	0,710072
.....							
0,9	0,9	1,0	1,0	0,8	0,7	1,0	0,869759
0,8	0,9	1,0	0,9	0,8	1,0	1,0	0,827128
0,6	0,5	0,4	0,4	0,5	0,7	0,8	0,53272
0,5	0,7	0,6	0,7	0,8	0,3	0,5	0,470403
0,4	0,7	0,8	0,3	0,6	0,3	0,5	0,421361
0,3	0,5	0,4	0,3	0,5	0,7	0,2	0,298161
0,2	0,6	0,3	0,5	0,6	0,7	0,3	0,23352
0,1	0,5	0,5	0,3	0,6	0,2	0,7	0,160673
.....							

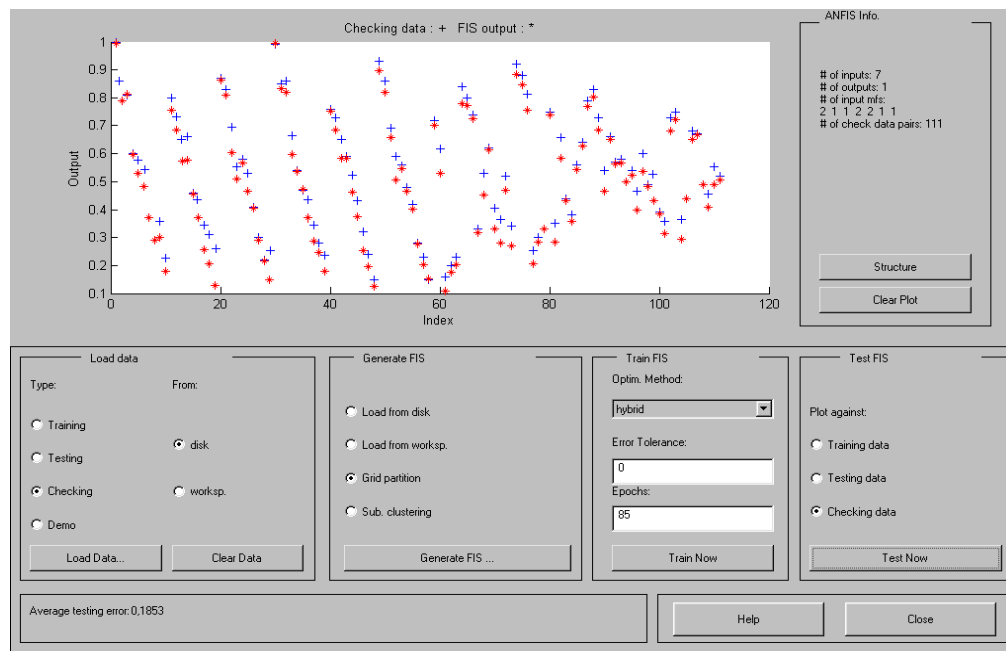


Рисунок 3.10– Графічний інтерфейс редактора ANFIS при першій перевірці нейро – нечіткої моделі вимикача по даним експертів

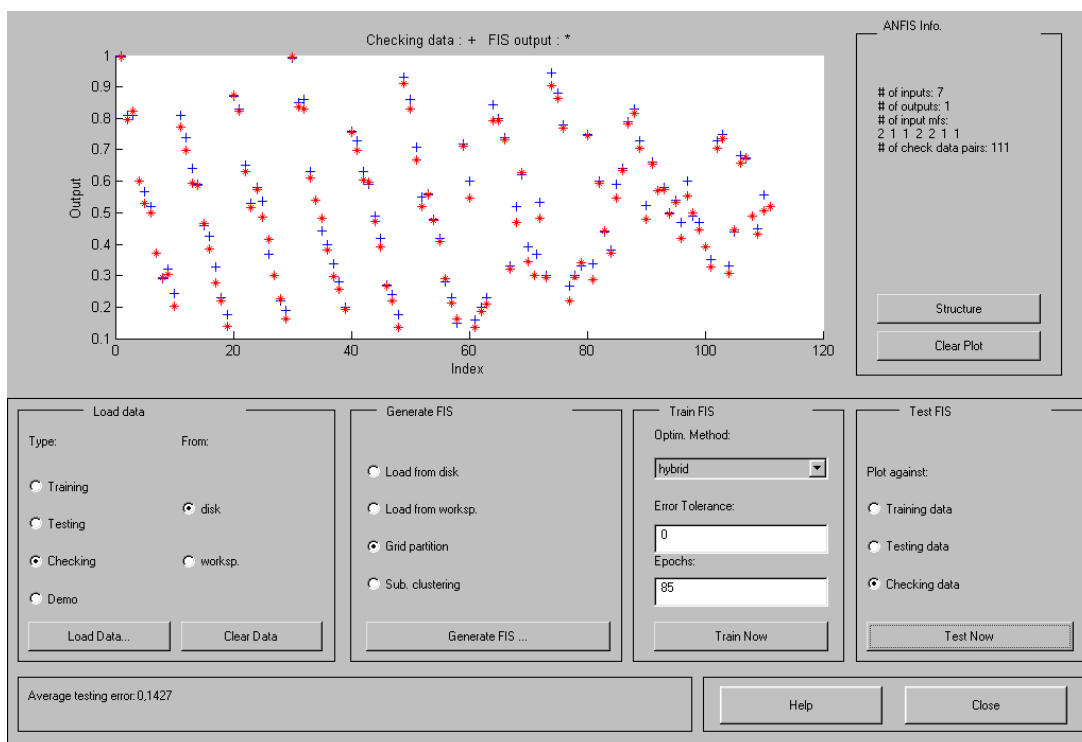


Рисунок 3.11– Графічний інтерфейс редактора ANFIS при повторній перевірці нейро – нечіткої моделі вимикача по даним експертів

Ця книга містить (якщо input1 знаходиться в in1mf1) і (якщо input2 знаходиться в in2mf1) і (якщо input3 знаходиться в in3mf1)

1. якщо (input1 in1mf1), (input2 in2mf1), (input3 in3mf1) та (input4 in4mf1), (input5 in5mf1), (input6 in5mf1) та (input7 in7mf1), (output out1 mf1) (1)

2. if (if input1 is in1mf1) and (if input2 is in2mf1) and (if input3 is in3mf1) and (вхід4 є in4mf1) і (вхід5 є in5mf2) і (вхід6 є in5mf1) і (вхід7 є in7mf1) тоді (вихід є out1 mf2) (1).

3. якщо (вхід1 - in1mf1) і (вхід2 - in2mf1) і (вхід3 - in3mf1) і (input4 in4mf2) and (input5 in5mf2) and (input6 in5mf1) and (input7 in7mf1)

output out1 mf3) (1)

4. if (input1 in1mf1) and (input2 in2mf1) and (input3 in3mf1)
(input4 is in4mf2) and (input5 is in5mf2) and (input6 is i65mfl) and (input7 is in7mfl) then (output is out1 mf4) (1).

5. if (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) and
(output out1 mf5) if (input4 is in4mf1) and (input5 is in5mf2) and (input6 is in65mfl) and (input7 is in7mfl) (1).

6. if (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) and
(input4 is in4mf1) and (input5 is in5mf2) and (input6 is i65mfl) and (input7 is in7mfl) then (output is out1 mf6) (1).

7. якщо (вхід1 - in1mf2) і (вхід2 - in2mf1) і (вхід3 - in3mf1) і
(input4 is in4mf2) and (input5 is in5mf1) and (input6 is i65mfl) and (input7 is in7mfl) then (output is out1 mf7) (1).

8. якщо (вхід1 - in1mf2) і (вхід2 - in2mf1) і (вхід3 - in3mf1) і
(якщо вхід4 is in4mf2) і (якщо вхід5 is in5mf2) і (якщо вхід6 is i65mfl) і (якщо вхід7 is in7mfl) то (якщо вихід out1 is mf2) (1)

де вхідні параметри вимикача позначені відповідно: Ізоляція сердечника: вхід 1; приймач: вхід 4; система клапанів шафи управління: вхід 5; дугогасильна камера: вхід 2; електромагнітний привід: вхід 3; пневматична лінія живлення: вхід 6; пневматичний тренувальний контур: вхід 7; функціональна якість автоматичного вимикача: вхід.

Регресійний аналіз за допомогою Matlab 6.5 дозволив отримати поліноміальну модель четвертого порядку:

Перевірка середньоквадратичного відхилення цієї моделі від результатів перевірочних даних попередньої моделі - 23,8%.

3.2.1 Цифрова модель автоматичного вимикача з використанням алгоритму Мамдані

Для підвищення ефективності роботи пропонується використовувати інформаційну систему, реалізовану на персональному комп'ютері, яка складається з реляційної бази даних (БД), генеративної бази знань (БЗ) та спеціалізованого обладнання (СО).

Спеціалізоване обладнання (СО) включає в себе.

Джерело діагностики повітряних вимикачів включає наступні фази контролю
Експлуатаційна фаза - випробування електрообладнання та контроль параметрів (в міжремонтний період, в процесі експлуатації) без відключення напруги, з відключенням; Критична фаза - розширене випробування АВ у разі відмови, контроль параметрів (початкова фаза) швидкого погіршення, запиту експертної системи в результаті запитів до БД і КД, ремонт, Оперативна фаза передремонтного контролю.

Формування бази знань.

Експертне обладнання забезпечує інформаційну підтримку, необхідну для діагностування ресурсів обладнання. В його основі лежать структуровані інформаційні правила, створені на основі знань висококваліфікованих фахівців і необхідних даних, отриманих з бази даних. До таких правил відносяться: 'ІФ... (ЯКЩО...) , ЗА... (Коментар, Пояснення, Рекомендація). Приклад БЗ для етапу експлуатації наведено в таблиці 3.6.

"Зона ризику" відповідає діапазону від параметрів у нормальних умовах (при введенні літака в експлуатацію, тобто нового або після ремонту) до гранично допустимого значення показника в процесі експлуатації.

Якщо будь-який з показників погіршується (від 1 відсоткового пункту до 0 відсоткових пунктів), надійність обладнання знижується.

У цьому випадку потрібен більш високий рівень моніторингу, щоб оцінити ресурс вимикача і вжити спеціальних заходів для відновлення працездатності обладнання. Експертні системи можуть порадити відповідальним особам, яких заходів слід вжити (Таблиця 3.7). Таким чином можна уникнути відключення обладнання.

На етапі моніторингу ремонтної фази уточнюються і виявляються несправності (після експлуатаційної фази) і більш детально оцінюється стан вимикача. З цією метою характеристики та параметри (наприклад, перехідний опір контактів, електромагнітний опір, ємність конденсаторів [15.2]) [15.2]) перевіряються внутрішнім стандартизованим способом. Крім того, повторюються теплові випробування.

Аналізуючи результати вимірювань перехідного опору контактів і теплових випробувань, можна визначити ступінь пошкодження срібного гальванічного покриття головних контактів внаслідок дугоутворення, що особливо важливо для прогнозування можливості подальшої експлуатації вимикача.

Коли поверхня гальванічного покриття на рухомих і нерухомих контактах порушується і розрізається, краплі міді піддаються впливу дуги і пошкоджують глазур в порцеляновій внутрішній порожнині дугогасильної камери.

Це погіршує структуру порцеляни і знижує динамічну і статичну міцність контактних елементів вимикача.

Теплові випробування допомагають виявити причини підвищеного тепловиділення і деградації ізоляції, що впливають на роботу електрообладнання, і визначити подальші роботи. Якщо під час демонтажу розподільного пристрою виявлено порушення, подальші роботи визначаються відповідно до правил техніки безпеки. Приклади наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.6 - Приклад бази знань для визначення необхідних дій під час оперативного контролю

БЗ: Досвід експлуатації (бакові вимикачі)	
ЯКЩО	вимикач, який знаходиться під напругою
ТО	вимикач необхідно оглядати один раз на добу, в тому числі перевіряти наявність роботи обладнання вентиляції по вказівникам продування
БЗ: Досвід експлуатації (повітрянаповненні з відокремлювачем)	
ЯКЩО	при вимірюваннях перехідного опору елементів камер та відокремлювачів, струмоведучого контуру одержані нормативні значення
ТО	занести в звітні документи та базу даних для зрівнювання з значеннями капітального ремонту

Таблиця 3.7 – Приклад бази знань для проведення заходів по відновленню характеристик обладнання під час експлуатації при відхиленнях контрольованих параметрів від норми

БЗ: Досвід експлуатації (бакові вимикачі)	
ЯКЩО	при великих змінах температури навколишнього середовища
ТО	необхідно збільшити витрати повітря на вентиляцію, періодично 1-2 рази в місяць, через спускові клапани видаляти конденсат, відвернувши на 3-4 оберти болт спускового клапану.
БЗ: Досвід експлуатації (повітрянаповненні з відокремлювачем)	

ЯКЩО	при вимірюваннях перехідного опору елементів камер та відокремлювачів, струмоведучого контуру раніше отримані нормативні значення збільшилися в межах норми
ТО	довести до величини паспортних даних шляхом зачистки та змащення тонким шаром мастилом місця приєднання шин між камерами та відокремлювачами

Важливим елементом прогнозової та тестової діагностики є профілактичне випробування епоксидних введів у бакових вимикачах та ізоляторів у елегазових вимикачах з роз'єднувачем.

Під час тривалої експлуатації глазур може руйнуватися, на внутрішній поверхні ізоляторів можуть утворюватися капілярні тріщини, а порцеляна - плавитися в місцях, де діє електрична дуга.

Другий етап фази аналізу полягає в оцінці попередніх варіантів діагностики та прийнятті обґрунтованого рішення.

Порівняння результатів випробувань зі стандартами (табл. 3.10) є діагностичною оцінкою. Це дозволяє виявити пошкодження у вигляді часткового розряду, іскріння контактів, вібрації контактів, вологи, забруднення і старіння ізоляції, пошкодження головних і допоміжних контактів і порушення регулювання пружин.

Таблиця 3.8 - Приклад бази знань для визначення працездатності паливної збірки після розбирання

БЗ: Досвід експлуатації	
1	2
ЯКЩО	Накопичення конденсату в резервуарах вимикача перевищує норму
ТО	Не допускається експлуатація ПВ
БЗ: Досвід експлуатації	

БЗ: Досвід експлуатації	
1	2
ЯКЩО	Перехідний опір елементів камер та відокремлювачів, струмоведучого контуру більше норми заводу-виробника.
ТО	Не допускається експлуатація ПВ
БЗ: Досвід експлуатації	
ЯКЩО	$\text{tg}\delta$ експлуатації епоксидних вводів перевищує 1% .
ТО	Не допускається експлуатація вводів ВВ
БЗ: Досвід експлуатації	
ЯКЩО	Тріщини, деформації, значне зношування, пошкодження більше 20% контактної поверхні рухомих та нерухомих контактів вимикачів
ТО	Не допускається експлуатація ПВ
БЗ: Досвід експлуатації	
ЯКЩО	Вологість стисненого повітря в компресорних установках більше норми.
ТО	Не допускається експлуатація ПВ

Таблиця 3.9 – БЗ для прийняття зваженого рішення

БЗ: Досвід експлуатації(бакові вимикачі)	
ЯКЩО	в процесі експлуатації при перевірці якості вентиляції або при явному витoku стиснутого повітря з вказівника продування
ТОДІ	терміново вивести вимикач з роботи для заміни гумових ущільнень по місці встановлення епоксидного вводу або приєднання склопластикової труби постійного високого тиску
	Не допускається в порожнині фарфорової покритишки вводу номінальний тиск вимикача, що може призвести до аварійної ситуації.
БЗ: Досвід експлуатації (повітрянаповненні з відокремлювачем	
ЯКЩО	при вимірюваннях перехідного опору елементів камер та відокремлювачів, струмоведучого контуру одержані значення більше норми заводу-виготовлювача
ТОДІ	обладнання необхідно вивести в ремонт для з'ясування причини дефекту

Таблиця 3.10 – Нормовані параметри повітряних вимикачів 330кВ (ГКД 34.20.302-2002) для формування БД

Показник	$R_{\text{із.контактів}}$ в, МОм	$R_{\text{.контактів}}$ в, мКОм	Власний час спрацювання, мс	Різночасність спрацювання контактів, мкс	$\text{tg}\delta$ епоксидних вводів, %
Граничне значення	≥ 5000	≤ 16	≤ 18	≤ 3	≤ 1

На основі всіх отриманих результатів цей етап завершується прийняттям одного з наступних рішень:

- Продовжити експлуатацію несправного обладнання відповідно до системи технічного обслуговування і ремонту та проводити регулярне профілактичне обслуговування. При цьому контрольовані параметри повинні відповідати вимогам

технічних регламентів експлуатації та інших стандартів;

- при відхиленні деяких параметрів від норми продовжувати експлуатацію обладнання у понаднормативний термін і частіше проводити діагностику несправностей;

- Необхідність всебічного та відносно швидкого моніторингу різних параметрів відхилення дозволяє завчасно виявити можливий швидкий розвиток несправностей;

- продовжити термін експлуатації обладнання, що відпрацювало свій ресурс, шляхом зменшення навантаження, оскільки експлуатація з номінальним навантаженням не відповідає умовам і не призводить до швидкого розвитку несправностей;

- Приступити до третього етапу обстеження для визначення конфігурації та обсягу ремонту обладнання, що відпрацювало свій ресурс. Несправності, в тому числі і невизначені, оскільки подальша експлуатація неможлива без усунення несправності шляхом ремонту вимикача.

Третій рівень перевірки - це спеціалізована діагностика та перевірка, що виконується спеціалізованими ремонтними підрозділами або персоналом організації. Цей рівень важливий для оцінки та підвищення надійності попередніх висновків, оновлення баз даних та інформації. Водночас, надійність третього рівня залежить від результатів, отриманих раніше.

3.3 Нечітка модель для аналізу результатів випробовувань вимикача

Відома низка моделей для високовольтних вимикачів [8]. Еталонні значення визначаються емпірично і підлягають статистичним та імовірнісним поправкам. Крім того, результати вимірювального аналізу параметрів низьковольтних вимикачів залежать від низки факторів (виконання вимикача, методу вимірювання,

кількості вимірювань, конструкції вимірювального приладу, кваліфікації персоналу, часу випробувань), що робить результати порівняння умовно неточними. Тому для компенсації цих невизначеностей і спрощення порівняння різних форм представлення даних еталонні значення і результати аналізу перетворюються в нечіткі числа за допомогою обчислень в експертній системі.

Діапазон зміни параметрів управління в процесі експлуатації виражається у вигляді функцій приналежності лінгвістичних змінних. “tgδ”:

$$G_i = \langle T^i_R, T^i_{LR1}, T^i_{LR2}, T^i_L \rangle,$$

Де i - номер параметра:

1 - Ris. контакти,

2 - R. контакти,

3 - власний час спрацьовування, мкс,

4 - різниця в часі спрацьовування контактів, мкс,

5 - tgδ епоксидної вставки; $T = \mu(x)$ - терм-множина. Визначається нечіткою кількістю функцій належності μ значення керованого параметра x ; $R = f(\beta)$, $L = f(\alpha)$, $LR = f(\alpha, \beta)$ - різновид нечіткого числа (НЧ) з правою та лівою спадними частинами (нечіткі коефіцієнти α та β) та двома спадними частинами відповідно.

На відміну від відомої PV-моделі [8], ми пропонуємо модель нечіткого виводу з використанням алгоритму нечіткого виводу Мамдані. Нечітка модель розроблена в середовищі MATLAB Fuzzy Logic Toolbox. На основі стандартів випробувань вимикачів та паспортних даних розроблено таблицю терм-нормативів для контрольних параметрів ВВ. Визначимо ці норми у вигляді бази даних (кореляцій між різними параметрами), прийнятної для побудови нечітких моделей (табл. 3.11). Така база даних подібна до таблиці, за якою можна діагностувати

пошкодження ББ.

У розрахунках для лінгвістичних змінних, що характеризують значення контрольних параметрів, використовувалися різні функції належності.

Терм-множині T_i присвоюється лінгвістичне значення, що представляє значення контрольного параметра: TR - параметр низького впливу, $TLR1$ - зона ризику, $TLR2$ - граничне значення, TL - параметр високого впливу.

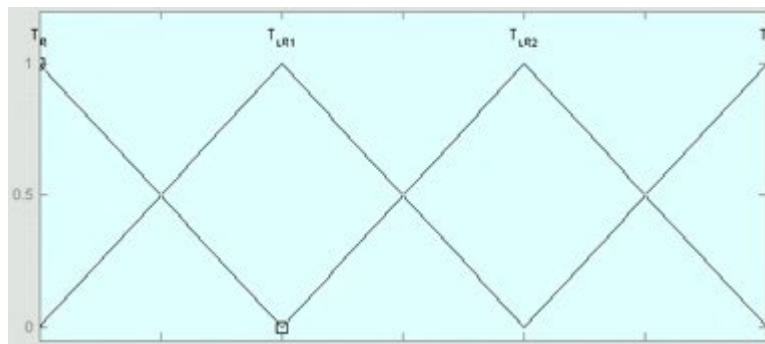


Рисунок 3.12 – Терм-множина лінгвістичної змінної у вигляді трикутних функцій приналежності

Таблиця 3.11 – Співвідношення величин різних параметрів ВВ

$R_{\text{із.контактів,}} \\ \text{Мом}$	$R_{\text{контактів,}}$	Власний час спрацювання,	Різночасність спрацювання контактів, мкс	$\text{tg}\delta$ епоксидних ввідів, %	Терм-множина дефектів D
1	2	3	4	5	6
Дія на ізоляцію електричних розрядів ($D^{(1)}$)					
T^1_L	T^2_{LR1}	T^3_R	T^4_{LR1}	T^5_L	$D^{(1)}_1$
T^1_L	T^2_{LR2}	T^3_R	T^4_{LR2}	T^5_L	$D^{(1)}_2$
T^1_L	T^2_{LR3}	T^3_R	T^4_R	T^5_{LR2}	$D^{(1)}_3$

$R_{\text{із.контактів}},$ Мом	$R_{\text{контактів}},$	Власний час спрацюв ання,	Різночасні сть спрацюва ння контактів, мкс	$\text{tg}\delta$ епоксидн их введів, %	Терм-множина дефектів D
1	2	3	4	5	6
Пошкодження головних контактів ($D^{(2)}$) _j					
T^1_L	T^2_{LR1}	T^3_R	T^4_{LR1}	T^5_L	$D^{(2)}_1$
T^1_L	T^2_{LR2}	T^3_R	T^4_{LR2}	T^5_L	$D^{(2)}_2$
T^1_L	T^2_{LR3}	T^3_R	T^4_R	T^5_{LR2}	$D^{(2)}_3$
T^1_R	T^2_{LR1}	T^3_L	T^4_{LR2}	-	$D^{(3)}_4$
Пошкодження обладнання приготування повітря ($D^{(3)}$) _j					
T^1_R	T^2_{LR1}	T^3_L	T^4_{LR2}	-	$D^{(3)}_1$
T^1_{LR2}	T^2_{LR1}, T^2_{LR2} T^2	T^3_R	T^4_L	-	$D^{(3)}_2$
T^1_{LR2}	T^2_{LR1}, T^2_{LR2}	T^3_R	T^4_L	-	$D^{(3)}_3$

Таблиця 3.12 – Залежність пошкодження від сукупності параметрів

Руйнування ізоляції електричними розрядами ($D_i^{(1)}$)	
$D_{1(1)}$	Дуговими
$D_{2(1)}$	Іскровими
$D_{3(1)}$	Частковими
Місцеві перегіви $D_i^{(3)}$	
$D_{1(2)}$	до 300 °C
$D_{2(2)}$	від 300 до 700 °C
$D_{3(2)}$	понад 700 °C
$D_{4(2)}$	Місцевий перегрів елементів ПВ при температурі 300 °C
Пошкодження обладнання приготування повітря $D_i^{(3)}$	
$D_{1(3)}$	Вологе повітря
$D_{2(3)}$	Малий тиск повітря
$D_{3(3)}$	Підвищена кількість конденсату

Після введення результатів вимірювань тип дефекту можна визначити шляхом розрахунку в Matlab за допомогою моделі, яка застосовує правила, складені відповідно до таблиці 3.12.

Висновки до третього розділу

При перевірці роботи вимикача необхідно враховувати його технічний стан.

За відсутності вихідних даних про поточні значення діагностичних параметрів вимикача виправданим є використання методів теорії нечітких множин.

Враховуючи, що на залишковий ресурс вимикача одночасно впливають багато діагностичних параметрів, і не всі з них чітко визначені, виправданим є використання методів теорії нейронних мереж або нейронного моделювання.

Враховуючи необхідність вирішення всіх питань охорони праці, пов'язаних з діагностикою умов праці з метою мінімізації ризику професійних захворювань і травматизму працівників, задіяних в експлуатації вимикачів, в рамках науково-дослідної роботи "Розробка організаційно-технічних рішень з охорони праці при експлуатації вимикачів 330 кВ" було сформульовано основне завдання "Охорона праці": Розрахунок параметрів заземлюючих пристроїв підстанцій 330 кВ.

В Україні кожен має право на охорону праці. Гарантії права на охорону праці починаються з моменту підписання трудового договору. Стаття 5 Закону "Про охорону праці" передбачає, що умови трудового договору не повинні містити положень, що суперечать законодавству та іншим нормативно-правовим актам. Роботодавець під час укладення трудового договору зобов'язаний проінформувати працівника під розписку про умови праці, про наявні на робочому місці небезпечні і шкідливі виробничі фактори (які ще не усунуто), їх можливий вплив на здоров'я та про права працівника на пільги і компенсації за роботу в таких умовах.

Працівникам не може бути запропонована робота, протипоказана їм за станом здоров'я. Особам, які пройшли психофізіологічний огляд, можуть бути запропоновані роботи з підвищеною небезпекою або такі, що потребують спеціального допуску.

У виробничому процесі присутні небезпечні та шкідливі виробничі елементи. Проектом передбачені наступні рішення з охорони праці

Фізичні:

- Небезпечні рівні напруги в електромережі можуть спричинити коротке замикання в організмі людини;

- Висока або низька відносна вологість повітря;

- Підвищення або зниження температури в робочій зоні;

- збільшення або зменшення швидкості вітру; - збільшення або зменшення швидкості вітру.

- Підвищена запиленість робочої зони;

- Недостатня освітленість робочої зони;

- недостатнє природне освітлення;

-статичні (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність роботи, емоційні перевантаження).

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

Відповідно до ГОСТ 12.1.013-78, оскільки підлога розподільчих приміщень є струмопровідною, умови праці в розподільчих приміщеннях відносяться до категорії небезпечних з точки зору ризику ураження персоналу електричним струмом; відповідно до ГОСТ 12.1.030-81, для запобігання ураження персоналу електричним струмом передбачено заземлення. Також безпека при нормальній експлуатації забезпечується використанням ізолюючих пристроїв, огороженням струмоведучих частин і застосуванням низьких напруг. Персонал, який використовує електрообладнання, повинен носити ЗІЗ, включаючи спеціальне взуття та рукавички. Захисні засоби необхідно регулярно перевіряти і захищати від механічних пошкоджень і факторів, що погіршують діелектричні властивості.

Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання визначаються відповідно до ГОСТ 12.2.003-74.

Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання визначені згідно з ГОСТ 12.2.003-74.

Перед початком робіт на КРП необхідно виконати такі технічні заходи

- Відключити ланцюг живлення приводу, ланцюг робочого струму і ланцюг нагріву;
- Закрийте та заблокуйте вентилі на лініях подачі повітря до баку вимикача або пневмоприводу та випустіть газ в атмосферу;
- Відключіть навантаження або пружину, що приводить у дію автоматичний вимикач;
- Не відкривайте автоматичний вимикач. "Працює" пульт дистанційного керування; "Не відкривати" закриту засувку. "Працює" на закритій засувці; "Не відкривати"; "Не відкривати"; "Не відкривати"; "Не відкривати".

Для пробного відкривання і закривання під час налагодження і регулювання вимикача, якщо інструкція з експлуатації ще не видана, допускається подавати на

привід робочий струм і перехідну напругу в силові кола, кола сигналізації і нагріву76 також подавати повітря на привід і вимикач. Під час подачі газу забороняється підривати запобіжники, розмикати відключені ланцюги, відкривати вентиля, а також знімати плакати "Не відкривати" і "Не відкривати" під час випробувань. Таблички "Відповідальна особа" та "Не відкривати" і "Не відкривати" не можна знімати. Таблички "Оператор" повинні бути зняті оператором або уповноваженим ним керівником робіт. Особа, яка виконує налагодження/регулювання, або особа, яка виконує роботи, на її прохання, може дистанційно вмикати та вимикати розподільчий пристрій для проведення випробування.

Якщо після випробування необхідно продовжити роботу на розподільчому пристрої, особа, відповідальна за експлуатацію, або уповноважений керівник робіт повинні вжити необхідних технічних заходів для забезпечення доступу до роботи.

Перш ніж піднятися на повітряний вимикач для випробування та налаштування, необхідно виконати такі дії

- Від'єднайте ланцюг робочого струму;
- Альтернативно, біля вимикача повинен бути призначений працівник, який повинен працювати на вимикачі (після ввімкнення робочого струму) тільки під керівництвом керівника робіт разом із призначеним працівником. Під час перебування працівника на вимикачі всі роботи на щиті керування та розподільчому пристрої повинні бути припинені.

Під час замикання та розмикання повітряних вимикачів для огляду, регулювання або випробування забороняється перебування людей поблизу вимикача.

Керівник випробувань і пусконаладжувальних робіт (або уповноважений ним член бригади) може дати команду на розмикання вимикача тільки після того, як член бригади відійде на безпечну відстань від вимикача або сховається в укритті.

Перед початком робіт необхідно виконати такі дії, щоб забезпечити доступ людей до системи збору повітря

- Усі клапани повітропроводів, які можуть подавати повітря, повинні бути закриті, заблоковані та позначені написом "Не відкривати. Працюють люди";
- Залиште заглушку над повітрозабірником і запобіжний клапан відкритими,

щоб дозволити стисненому повітрю виходити з повітрозабірника;

77

- Від'єднайте лінію подачі повітря від повітрозабірника і встановіть заглушку на місце,

Нульовий показник на манометрі в камері вимикача і повітрозабірника не є достовірною ознакою відсутності стисненого повітря, запобіжної пробки (клапана) або запірного клапана. Закривати запобіжні пробки (клапани) або запірну арматуру дозволяється тільки після затягування всіх болтів і гайок, що кріплять кришку люка,

Електропривод насосів, вентиляторів та іншого обладнання повинен бути виконаний відповідно до Правил улаштування електроустановок.

Для установок з напругою до 1 кВ корпуси повинні бути міцними. Протипожежна відстань між корпусом і неізолюваними струмоведучими частинами визначається ПУЕ і становить 5 см для установок напругою до 1 кВ, де корпус не пошкоджений. Висота неізолюваних струмоведучих частин залежить від напруги та рівня підготовки особи, яка обслуговує електрообладнання. Там, де проведення робіт заборонено, використовуйте струмоведучі частини напругою до 1 кВ.

Встановіть захисне заземлення та захист від перевантаження по струму. Під час роботи з електрообладнанням використовуйте основні та додаткові електрозахисні засоби. До основних засобів захисту відносяться ізолюючі штанги, ізолюючі кліщі, затискні кліщі, струмові кліщі і монтажні інструменти з ізолюючими ручками. Інші захисні засоби включають діелектричні рукавички, переносні заземлювальні пристрої, захисні пристрої, плакати та знаки безпеки.

На підставках для запобіжників, які можуть бути використані для подачі напруги на роз'єднувачі, вимикачі навантаження, виконавчі механізми та робочі зони, повинні бути таблички "Не відкривати - працює персонал". Вентилі таких вимикачів, що перекривають подачу повітря до пневматичних приводів, повинні бути позначені плакатом з написом "Не відкривати - працює персонал".

Автоматичні вимикачі повинні працювати відповідно до номінальних значень струму і напруги, зазначених у проекті. Під час експлуатації необхідно постійно контролювати стан контактних з'єднань та ізоляції вимикача, наявність слідів дуги, оплавлення вібруючих елементів, опір ізоляції силової та освітлювальної мережі і

Заземлені робочі місця повинні бути позначені плакатом "Працювати тут".

4.1.1 Мікроклімат

Основним нормативним документом, що регламентує параметри мікроклімату для промислових об'єктів, є ДСН 3.3.6.042-99. Мікроклімат енергетичних установок характеризується температурою повітря, відносною вологістю, швидкістю вітру та інтенсивністю теплового випромінювання. За трудомісткістю обслуговування електроустановок відноситься до категорії Ів. Споживана потужність в цій категорії коливається від 140 до 174 Вт максимум.

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³. Енергетичне обладнання виділяє нешкідливий пил. При увімкненій системі вентиляції в приміщення може надходити пил та інші шкідливі речовини, що виділяються під час технічних операцій на робочому місці та містяться в навколишньому повітрі. ГДК згідно з [40] наведені в таблиці 6.1. Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 цим Проектом пропонуються наступні рішення [41]: - використання аспіраційного обладнання з рукавними фільтрами, встановленими безпосередньо біля обладнання, через які очищене повітря надходить у виробничу зону - контроль вмісту шкідливих речовин у приміщенні за ГДК - використання природної вентиляції: організованої та неорганізованої. Цеоліт не токсичний,

Фільтри з цеолітом не токсичні, але наявність цеолітового пилу в повітрі може викликати ерозії носоглотки. Допустима концентрація цеолітового пилу в повітрі приміщень становить 2 мг/м.

Заповнення і спорожнення фільтрів повинно проводитися в спеціально обладнаному приміщенні (або у витяжній шафі) персоналом у захисному одязі і респіраторах.

4.1.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря в робочій зоні регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³.

Енергетичне обладнання виділяє нешкідливий пил. Пил та інші шкідливі речовини, що виділяються під час технічних операцій на робочому місці і присутні в навколишньому повітрі при включеній системі вентиляції.

Речовини, що виділяються під час технічних операцій на робочому місці та містяться в атмосферному повітрі.

ГДК згідно з [40] наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	Величина ГДК, $мг / м^3$		Клас небезпеки
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

4.2 Розрахунок параметрів заземлюючого пристрою підстанції 330 кВ

Грунтові електроди характеризуються опором навколишнього ґрунту до струму, що протікає через ґрунтовий електрод.

Грунти мінерального або органічного походження, через які протікає струм через ґрунтовий електрод, є сухими і електропровідність твердого субстрату є незначною.

Однак різні солі та кислоти, присутні в ґрунті, утворюють електроліти в присутності вологи, і саме вони в першу чергу визначають електропровідність ґрунту. Чим менший розмір зерен ґрунту, тим більша його водоемність.

Пісок має пористу структуру і дуже низьку водоемність, тоді як глина і гумус мають колоїдну структуру частинок і високу водоемність. Наближені значення питомого опору деяких ґрунтів наведені в табл. 4.3.

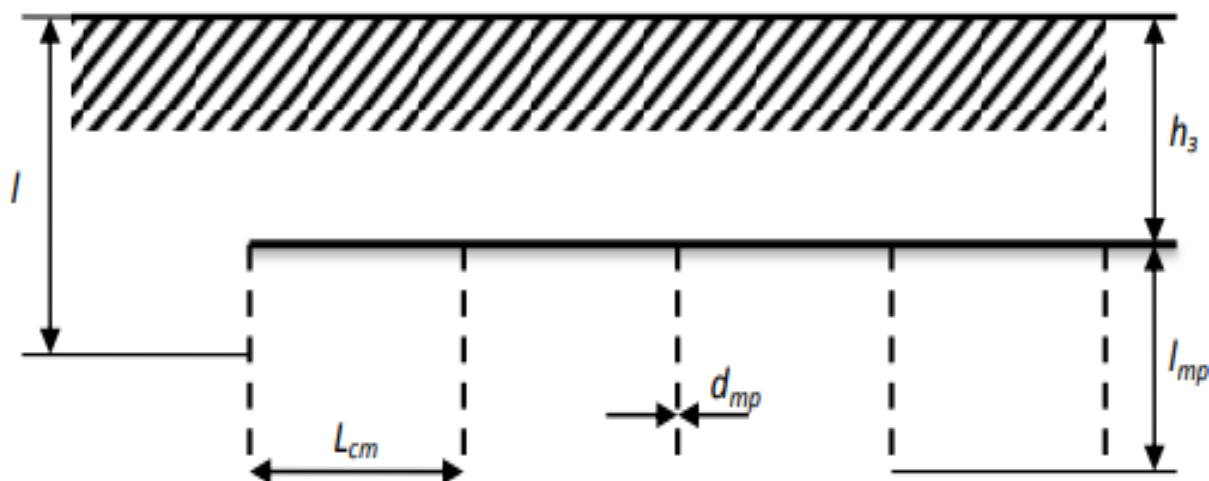


Рисунок 4.1 – Схема заземлюючого пристрою.

Знаходимо питомий розрахунковий опір ґрунту для вертикальних електродів з урахування несприятливих умов за допомогою підвищувального коефіцієнта:

$$\rho_{розр.т} = 4000 \cdot K_{П.Т}$$

$$\rho_{розр.т} = 4000 \cdot 1,7 = 6800 (\text{Ом} \cdot \text{см}).$$

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для розрахунку заземлення

Вид заземлювача	стрижневий
Довжина заземлювача, $l_{тр}$, см	500
Діаметр заземлювача, $d_{мп}$, см	4
Глибина занурення вимикача, $h_з$, см	80
Ширина з'єднувальної смуги, b_c , см	5
Ґрунт	глина
Кліматична зона	II

Ґрунт	Значення, які рекомендуються для розрахунків, $\text{Ом} \cdot \text{см}$
Пісок	70000
Супісок	30000

родовження таблиці 4.3

Суглинок	10000
Глина	4000
Чорнозем	2000

Таблиця 4.4 – Значення підвищувальних коефіцієнтів за кліматичними зонами

Кліматична зона	Тип заземлювача	
	Горизонтально прокладені заземлювачі, $K_{П.С}$	Стрижневі вертикально встановлені заземлювачі, $K_{П.Г}$
I	4,5-7	1,8-2
II	3,5-4,5	1,6-1,8
III	2,5-4	1,4-1,6
IV	1,5-2	1,2-1,4

Визначаємо питомий розрахунковий опір ґрунту для горизонтального заземлювача (з'єднувальної смуги):

$$\rho_{\text{розр.н}} = \rho_{\text{табл}} \cdot K_{П.С} \quad (4.2)$$

Розрахуйте необхідну кількість вертикальних заземлювачів без урахування коефіцієнта екранування; визначте наступне відповідно до вимог ПУЕ.

$R_3 = 0,5 \text{ Ом}$ (для мереж 110 кВ).

Результат розрахунку округлюємо для найближчого цілого числа.

Знаходимо розрахунковий опір розтікання

Висновки до четвертого розділу

В Україні людина, її життя і здоров'я визнані найвищою соціальною цінністю.

Експлуатація повітряних вимикачів 330 кВ повинна бути безпечною.

Методи та заходи, розглянуті в цій статті, повинні забезпечити безпечну експлуатацію повітряних вимикачів 330 кВ.

ВИСНОВКИ

1. Конструктивні особливості повітряних вимикачів 330 кВ залежать від типу вимикача і включають ВВ-330, ВВД-330 та ВВДМ-330. Всі вони використовують стиснене повітря для гасіння дуги в демпферній камері і є багатомодульними, багаторозрядними конструкціями вимикачів.

2. Експлуатація обмежувачів перенапруг 330 кВ складається з монтажу, поточних і капітальних ремонтів та діагностики, що виконуються експлуатуючою організацією або підрядною організацією

3. Діагностика ПЛ 330 кВ в сучасних умовах передбачає регулярний контроль діагностичних параметрів та використання систем оперативного моніторингу.

4. Використання методів теорії нечітких множин обґрунтовано з урахуванням того, що вихідні дані про поточні значення діагностичних параметрів повітряних вимикачів відсутні

5. Використання методів теорії нейронних мереж або нейронного моделювання виправдано з огляду на те, що на залишковий ресурс вимикача одночасно впливає низка діагностичних параметрів, які не мають точного визначення.

6. Повітряні вимикачі 330 кВ повинні бути безпечними в експлуатації

7. Методи та запобіжні заходи, розглянуті в цьому документі, забезпечують безпечну експлуатацію повітряних вимикачів 330 кВ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Панов А.В., Панюв В.І., Сопель М.Ф., Стогній Б.С., Танкевич С.М. Практичні проблеми моніторингу та обслуговування високовольтних вимикачів. Технічна електродинаміка. 2018. № 2. С.75-85.
2. Сопель М. Ф., Панов А. В., Панова В. І., Танкевич С. М. Нормативне забезпечення моніторингу високовольтних вимикачів в енергосистемах. Праці ІЕД НАНУ. 2018. випуск 49. с. 17-27.
3. Панов А. В., Панова Б. І., Сопель М. Ф., Танкевич С. М. Удосконалення моніторингу технічного стану механічних елементів високовольтних вимикачів. Збірник наукових праць ІЕД НАНУ. 2018. вип. 51. с. 99-109.4 Белкін Г.С., Шилін Н.В.
4. Високовольтні вимикачі. Електрика - 1989, № 8, с. 24-27.
5. Стогній Б.С., Сопель М.Ф., Третьякова Л.Д., Танкевич С.М., Панов А.В., Панова В.І. Визначення джерел комутації високовольтних вимикачів Технічна електродинаміка. 2017. № 1. С. 71. -80.
6. Рубаненко О.Є. Удосконалення способів та засобів діагностування високовольтних вимикачів: монографія / О.Є. Рубаненко - Вінниця: ВНТУ, 2012.
7. Леоненков А.В. Нечітке моделювання та нечіткі технології в MATLAB - С.-Петербург: БХВ-Петербург, 2003 - 736 с.
8. Бжезіцький В. О., MATLAB: навчальні курси: Пітер, 2001. Електротехнічне обладнання: підручник / В. О. Бжезіцький, В. С. Зелінський, П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко: - Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2016.
9. Ковальський Р.Г. Логіка у розв'язуванні задач. - Логіка, - К.: - 1992. - 275 с.
10. Кутін В. М., Рубаненко О. Є., Кутін В. М., Рубаненко О. Є., Мисенко С. В., "Дослідження впливу втулки на швидкісні характеристики високовольтних вимикачів", Дослідження впливу втулки на швидкісні характеристики пристроїв контролю струмових випробувальних сигналів

високовольтних вимикачів, Технічна електродинаміка, замітка, 1992 р. Технічна електродинаміка, замітка № 2, с. 93-94, 2012.

11. Кутін В.М. Методи та засоби діагностування елегазових вимикачів: монографія / В.М. Кутін, О.Є. Рубаненко, С.В. Місенко - Вінниця: ВНТУ, 2018.

12. Інформаційне забезпечення зовнішньої експлуатації зношених силових трансформаторів // Промислова енергетика.- 2002. № 2.- С.17-24.

13. Визначення оптимальної швидкості перетворення трансформаторів енергосистеми за наявності неповної інформації про значення діагностичних параметрів / Частина 4 книги: "Нечітка логіка": монографія / Петро Лежнюк, Олександр Рубаненко, Олена Рубаненко: ТОВ "ІнтехОпен Лімітед", 2019.

14. Інструкція з експлуатації ВВ-330. vd2.025.061.to. - Л. Електроапаратура. - 87 с.

15. Шидловський А.К., Стогній Б.С. та ін. Паливно-енергетичний комплекс України в контексті глобальної енергетичної трансформації - К.: Енциклопедичні знання України, 2004.- 468 с.

19. Лежнюк П.Д., Рубаненко О.Є., Дослідження причин пошкоджень розподільчих пристроїв 750 кВ під час керування режимами енергосистеми, Вісник КДПУ. Випуск 3/2007 (44). Частина 1, с. 125-127.

20. НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК ДО РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ» В МАГІСТЕРСЬКИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБОТАХ для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А
ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ
ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ
ВИМИКАЧІВ

Тип роботи: Бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра електричних станій та систем, факультет електроенергетики та
електромеханіки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 96.9% Схожість 3.1%

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)

Вишневський С.Я.
(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи

(підпис)

Бондаренко А. Є.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Рубаненко О. Є.
(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б

Ілюстративний матеріал



Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій і систем

1

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ВИМИКАЧІВ

Керівник роботи: к.т.н., проф. каф. ЕСС
Рубаненко О. Є.

Виконав: студент групи ІЕЕ-20Б
Бондаренко А. Є.

Актуальність теми. Ефективна національна енергетична політика є ключовим елементом успішного розвитку будь-якої країни. Для України це питання є життєво важливим сьогодні, і її енергетична безпека в найближчому майбутньому буде прямо залежати від здатності адекватно вирішувати це питання в різних його аспектах.

Важко переоцінити значення енергетики в сучасному суспільстві. Національна безпека, відродження національної економіки та підвищення рівня життя нерозривно пов'язані зі сталим розвитком енергетичного сектору країни. Енергетичний потенціал України є надійною основою для стабільного забезпечення економіки та населення паливно-енергетичними ресурсами.

На електростанціях та підстанціях електропередавальних компаній вже багато років експлуатується велика кількість енергетичного обладнання та розподільчих пристроїв. Однак, заміна відпрацьованого електрообладнання на нове для забезпечення надійної безперебійної передачі електроенергії гальмується через брак фінансування. Тому існує нагальна потреба в розробці нових технічних методів діагностики стану електрообладнання в енергосистемах з терміном експлуатації понад 25 років.



2

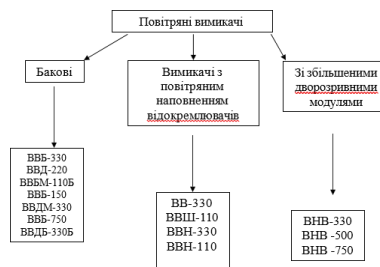
По-перше, необхідно переглянути систему технічної діагностики та ремонту вимикачів, яка використовується в Україні ще з радянських часів. Прикладом цього є регулярне профілактичне обслуговування. Очевидно, що відключення великого електрообладнання для профілактики та поточного ремонту призводить до невиправданих витрат. Це пов'язано з тим, що періодичні ремонти не можуть виявити приховані несправності, і ці несправності розвиваються, що призводить до більш дорогого і тривалого аварійного ремонту.

Призначення повітряних високовольтних вимикачів

Автоматичні вимикачі є основними комутаційними апаратами в електроустановках з різними номінальними напругами. Найскладнішою і найважливішою операцією є переривання струму короткого замикання і перемикання вимикача на відповідне коло короткого замикання.

Більшість високовольтних вимикачів (включаючи приводи) призначені для комутації електричних кіл в нормальному і аварійному режимах в трифазних мережах змінного струму частотою 50 Гц і номінальною напругою від 6 до 750 кВ (ГОСТ 687-78). Незважаючи на значне вдосконалення елегазових вимикачів за останні роки та вдосконалення слабкострумівих гідравлічних і вакуумних вимикачів, використання пневматичних вимикачів все ще є дуже поширеним.

Класифікація повітряних вимикачів



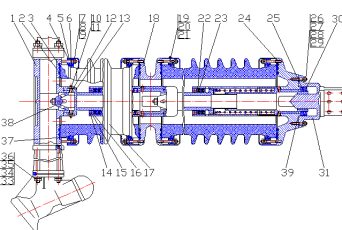
3

Конструктивні особливості ПВ 330 кВ ПЗЕС

4

У повітряних вимикачах дуга гаситься стисненим повітрям, а ізоляція між активним контуром і розрядником виконана з порцеляни або іншого жорсткого ізоляційного матеріалу. Автоматичні вимикачі складаються з трьох однакових полюсів і загальної розподільної шафи. Індикатором положення вимикача є сигнальна лампа на передній стінці шафи (з червоним світлофільтром - "Вимкнено. вимикач замкнений") та електричний контактний манометр у шафі керування полюсами, який показує тиск стисненого повітря в роз'єднувачі при увімкненому вимикачі. Основними елементами щогли вимикача є візок, шафа управління, стійка, камера гасіння, роз'єднувач, омичний дільник і конденсатор. Основною частиною щогли є повітряна смінь у вигляді двох циліндричних резервуарів (труб) діаметром 720 мм, з'єднаних між собою трубами і повітроводами. У нижній частині лайнер-бака розташовані два клапани і оглядовий люк для зливу повітря і конденсату. На кінцях повітряного і конденсатного баків розташовані ревізійні та ремонтні люки. Вентиляційні клапани сепаратора розташовані в цистерні машини. З цистерни повітря подається в камеру загартування і сепаратор. Клапан випуску повітря на сепараторі обладнаний зворотним клапаном. Цей клапан запобігає витoku повітря під тиском з сепаратора при розмиканні автоматичного вимикача. Повітродувний клапан з'єднаний з камерою пожежогасіння та сепаратором за допомогою прокладки. Панель управління розташована в центрі цистерни автомобіля. Панель управління містить всі елементи електропневматичного управління запірним стовпом. Сюди входять робочі контакти, клемні колодки та електромагнітні манометри. Шафа також містить лічильник аварійного відключення електроенергії, вентиляційний бак, нагрівач, запобіжні клапани та електропроводку. Блок клапанів приводиться в дію високошвидкісним керуючим магнітом. Котушка електромагніту має дві обмотки.

1, 18, 24... Фланці, 2, 3, 37, 39... Прокладка, 4... Корпус, 5. Притискне кільце, 6... Півкільце, 7... Шпильки M10, 8, 10... Гайки M10, 9, 11... Шайби Pr10, 12... Спеціальні болти 13... Типи кріплення
17... Ізолятори; 19... M6 гвинти; 20... Pr6 шайби; 21, 29, 36... Шайби; 22... Рухомі контакти
Рухомі контакти; 23... Пружини; 25, 30... Гайки спеціальні; 26, 33... Шпильки
M16; 27, 34... Гайки M16; 28, 35... Шайби Pr16; 31... Головка; 32... Випускний клапан; 38... Втулки.



5

Для зменшення згинальних навантажень і підвищення стійкості стійка посилена опорами, що складаються зі стрижневих ізоляторів з кріпленнями і пружинними стяжками. Для забезпечення рівномірного розподілу напруги між ізоляторами над стійкою розміщується електростатичний високовольтний екран. Дугогасильні камери призначені для гасіння електричних дуг, що виникають при замиканні контактів камери при відключеному вимикачі. Дугогасильні камери призначені для гасіння електричних дуг, що виникають при замиканні контактів камери при відключеному вимикачі. Камера складається з двох однакових вертикальних колон, встановлених на опорах і симетрично розташованих на резервуарі. Кожна колона демпфуючої камери складається з чотирьох демпфуючих елементів (дисків).

Елементи камери загартування складаються з порцелянового ізолятора, нерухомого контакту і вбудованого в нього механізму рухомого контакту. Контактний тиск між рухомих і нерухомих контактами забезпечується пружинами. Рухомі контакти приводяться в рух стисненим повітрям, що діє на поршень. Струм передається від рухомих контактів до корпусу механізму за допомогою рухомих контактів, розташованих у двох розрядних секціях (по 14 в ряд).

Контакти в камері гасіння мають внутрішню порожнину. Внутрішні порожнини контактів з'єднані з атмосферою через отвори, просвердлені у фланцях, і випускні клапани (по два клапани на фланці), встановлені на фланцях.

Підготовка до монтажу ПВ 330 кВ

6

Встановлення та налаштування автоматичного вимикача має виконуватися персоналом, який має відповідну підготовку та ознайомлений із заходами безпеки, описаними в розділі "Заходи безпеки".

Під час підготовки до встановлення автоматичного вимикача виконайте такі дії

- Підготуйте фундамент (згідно з проектом) і місце встановлення з опорними конструкціями для автоматичного вимикача;
- Підготуйте кабельні та повітряні канали;
- Підготувати приміщення для огляду, демонтажу та монтажу окремих компонентів вимикача;
- Забезпечити умови для запобігання потрапляння дощу, снігу та пилу в зону монтажу вимикача;
- Доставити складальну одиницю та її складові частини в упаковці до місця монтажу;
- Доставити монтажний блок і комплектуючі в упаковці до місця монтажу;
- Доставити складальну одиницю та її компоненти в упаковці до місця монтажу;
- Доставити монтажний блок та його складові частини в упаковці до місця монтажу. Перед монтажем розпакуйте, перевірте цілісність поставки та огляньте всі зібрані вузли, щоб переконатися у відсутності ознак пошкодження, вологи та корозії. За результатами перевірки складіть інспекційний звіт;
- Підготувати вантажопідйомне обладнання, інструменти та аксесуари.
- Підготуйте місце монтажу до гідравлічних випробувань ізоляції.

Обладнання випробовувань та діагностики вимикачів

7

Надійне електропостачання споживачів можливе тільки за умови надійної роботи всіх підстанцій і розподільних пристроїв. Традиційно особливу увагу приділяють обладнанню, надійна робота якого забезпечує усунення аварій і нормальну роботу іншого обладнання.

До них належать високовольтні автоматичні вимикачі. Однією з їхніх функцій є ізоляція пошкоджених елементів силового кола та усунення коротких замикань.

Жорсткі вимоги до надійності високовольтних вимикачів супроводжуються високими вимогами до систем діагностики для перевірки їхньої працездатності.

Особливо гостро проблема діагностики стоїть в Україні, де в більшості вимикачів використовуються пневматичні вимикачі, які практично або повністю вичерпали свій паспортний і фактичний ресурс. Нині існує низка методів і засобів діагностики таких вимикачів. Деякі з них використовують і в Україні.



Нечітке моделювання в програмному середовищі MathLab

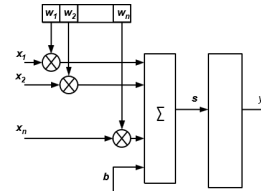
8

Позитивні синаптичні зв'язки називаються збуджуючими, а негативні - гальмівними.

Нейронна мережа - це сукупність окремих нейронів, які взаємодіють певним чином. Взаємозв'язок нейронів визначається або регулюється структурою нейронної мережі [13].

Нейро-нечіткі моделі для діагностики вимикачів будуються за допомогою наступних кроків

1. створення навчальної вибірки. Запропонована модель використовується для генерації вибірки даних. Кількість рядків m відповідає кількості серій вимірювань, n - кількості контрольних параметрів, останній стовпець $(n+1)$ - значенням вихідних змінних, решта - значенням вхідних змінних. Розмір навчальної вибірки: $m=200$, $n+1=8$. Частину навчальної вибірки наведено в табл. 4.3.
2. вибір архітектури нейро-нечіткої мережі. Систему нечіткого виводу цієї архітектури визначено як Sugeno.



3. навчання нейронної мережі на основі наявної інформації із запропонованої моделі. Було завантажено навчальні дані (рис. 4.5) та обрано тип функції належності. Для навчання використовувалися різні функції належності: p-типу (pimf), гауссова функція належності (gaussmf), S-типу (sffis), Z-типу (zmf), трикутна функція належності (trimf) і трапецієподібна функція належності (trapmf). Ця функція використовується для позначення наступних типів невизначеності, які характеризують тип: "приблизно однакова", "середня" та "в межах діапазону".

Висновки

9

1. Конструктивні особливості повітряних вимикачів 330 кВ залежать від типу вимикача і включають ВВ-330, ВВД-330 та ВВДМ-330. Всі вони використовують стиснене повітря для гасіння дуги в демпферній камері і є багатомодульними, багаторозрядними конструкціями вимикачів.
2. експлуатація обмежувачів перенапруг 330 кВ складається з монтажу, поточних і капітальних ремонтів та діагностики, що виконуються експлуатуючою організацією або підрядною організацією
3. діагностика ПЛ 330 кВ в сучасних умовах передбачає регулярний контроль діагностичних параметрів та використання систем оперативного моніторингу.
4. використання методів теорії нечітких множин обґрунтовано з урахуванням того, що вихідні дані про поточні значення діагностичних параметрів повітряних вимикачів відсутні
5. використання методів теорії нейронних мереж або нейронного моделювання виправдано з огляду на те, що на залишковий ресурс вимикача одночасно впливає низка діагностичних параметрів, які не мають точного визначення.
6. повітряні вимикачі 330 кВ повинні бути безпечними в експлуатації
7. методи та запобіжні заходи, розглянуті в цьому документі, забезпечують безпечну експлуатацію повітряних вимикачів 330 кВ