

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

02.02 - МКР.1666 «С», 2024.09.26.032 ПЗ

ЄВЛАХА ЄВГЕНІЯ ВАЛЕРІЙОВИЧА

2024 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

УДК 641.337.48

ПОГОДЖЕНО

**Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження**

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій**

Д.Т.Н., проф. /КАПЛУН В.В./

вчене звання, науковий ступінь підпис

ДОЦ., К.Т.Н. /ОКУШКО О.В./

вчене звання, науковий ступінь підпис

„ _____ ” 2024 р.
число місяць рік

„ _____ ” 2024 р.
число місяць рік

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Розробка технологій та апаратного забезпечення для проведення
діагностування та випробувань вакуумних вимикачів.»**

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Усенко С.М.

(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Наливайко В.А.

(ПІБ)

Виконав

Євлах Є. В.

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ – 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

ДОЦ., К.Т.Н / ОКУШКО О.В./

науковий ступінь, вчене звання підпис ПІБ

число ” 26 ” 2024 року
місяць рік

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Євлаху Євгенію Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Розробка технологій та апаратного забезпечення для проведення діагностування та випробувань вакуумних вимикачів»

затверджена наказом ректора НУБіП України від “_26_”_09_2024 р. № 1666 “С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2024.11.15

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи:

Випробувальна установка ISA CBA-1000;

Автоматичний вимикач Schneider Electric Masterpact MTZ

Лабораторний блок живлення ProDiag AP-10

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз стану, перспектив і напрямків реалізації новітніх форм діагностування енергообладнання.
2. Технологічна частина.
3. Електротехнічна частина.
4. Розробка пристроїв для діагностування вимикачів.
5. Обслуговування і ремонт енергетичного обладнання.
6. Охорона праці.

Дата видачі завдання “_26_” вересня 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи Наливайко В.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання Євлах Є.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

ФОРМА ОПИСУ РОБОТИ МАГІСТРА*

I. Кваліфікаційна магістерська робота (папка Yevlakh_2024):

1. Робота (Yevlakh.docx)
2. Реєстраційна форма (Yevlakh_Forma.docx)
3. Додатки (рецензії, схеми, програмний код, акти впровадження тощо) – подаються окремими файлами в zip-архіві

Реєстраційна форма

№	Назва поля	Зміст поля
1	Назва роботи	Розробка технологій та апаратного забезпечення для проведення діагностування та випробувань вакуумних вимикачів
2	УДК	641.337.48
3	Автор(ПІБ)	Євлах Євгеній Валерійович
4	Дата (рік, місяць, день)	2024.11.15
5	Факультет (ННІ)	Енергетики, автоматики і енергозбереження
6	Кафедра (шифр, назва)	02.08 Електротехніки, електромеханіки та електротехнологій
7	Спеціальність	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
9	Спеціалізація (дослідницька, виробнича)	виробнича
10	Форма навчання	Денна
11	Тема магістерської роботи	Розробка технологій та апаратного забезпечення для проведення діагностування та випробувань вакуумних вимикачів
12	Керівник (ПІБ, наукова ступінь, вчене звання)	Наливайко Віталій Адамович., к.т.н, доцент
13	Консультант (якщо є)	
14	Ключові слова (до 10 слів)	Часо-струмова характеристика, автоматичний вимикач, вольт-амперна характеристика, перехідний опір, випробувальна установка.
15	Анотація (до 300 символів)**	У магістерській роботі описано перспективи використання та розвитку апаратно-програмних комплексів, представлено огляд науково-технічної літератури з питань випробувань та діагностики вимикачів з використанням вузькоспеціалізованого випробувального обладнання, а також стандартів та норм щодо виконання описаних процедур.
Необов'язкові поля		
	Назва поля	Ім'я файлу
	Перелік додаткових матеріалів	.doc
	Архів додаткових матеріалів	.zip

Форма подання переліку додаткових матеріалів

№	Назва поля	Ім'я файлу в архіві
1	Презентація	.pps
2		

* подається одночасно з магістерською роботою в електронному та паперовому вигляді, підписана керівником магістерської роботи;

** готує керівник магістерської роботи.

Керівник кваліфікаційної магістерської роботи _____

Наливайко Віталій Адамович

(підпис)

(ПІБ)

Реферат

В даному дипломному проєкті представлено огляд науково-технічної літератури з питань випробувань та діагностики вимикачів з використанням вузькоспеціалізованого випробувального обладнання, а також стандартів та норм щодо виконання описаних процедур.

Описано перспективи використання та розвитку апаратно-програмних комплексів, які поєднують можливість виконання різних видів випробувань з подальшим отриманням точних результатів випробувань та вимірюванням характеристик, виключаючи можливість впливу людини в процесі розрахунків та генеруючи часово-струмові характеристики в графічному вигляді.

Досліджувана багатофункціональна випробувальна машина виводить результати двох процедур у вигляді готових даних, які можуть бути внесені в протоколи випробувань.

Таким чином, використання СВА 1000 має обґрунтовані переваги з точки зору точності і надійності отриманих даних, придатності до виконуваних процедур випробувань і простоти використання.

Ключові слова: Часо-струмова характеристика, автоматичний вимикач, вольт-амперна характеристика, перехідний опір, випробувальна установка.

Зміст

ЗАТВЕРДЖУЮ	3
Вступ	8
Розділ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ І ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	10
1.1. Опис та принцип роботи ідеального вимикача	10
1.2. Відключення струму навантаження	17
Висновок.....	29
Розділ 2. Виклад загальних підходів і основних методів досліджень і експериментальних досліджень	30
2.1. Процес проведення обслуговування електротехніки	30
2.2. Склад і схема побудови енергетичної служби господарства і її документації.....	32
2.3. Порядок розрахунку об'ємів робіт по технічному обслуговуванню і ремонту енергообладнання	36
2.4. Вибір кабельно-провідникової продукції.....	37
2.5. Відповідальність за експлуатацію електроустановок і рівень кваліфікації персоналу.....	38
Висновок.....	41
Розділ 3. Проектування ремонтно-обслуговуючої бази електротехнічного обладнання.....	42
3.1. Аналіз існуючої обслуговувальної служби	42
3.2. Обґрунтування та створення проекту бази технічної підтримки та обслуговування електротехнічного обладнання.....	42
Висновок.....	45
Розділ 4. Перевірка основних вузлів апарату	46
4.1. Загальна характеристика досліджень.....	46
4.2. Способи вимірювання температури контактних з'єднань.....	47
4.3. Забезпечення захисних функцій та експлуатаційні вимоги	49
Розділ 5. Характеристики випробувального комплексу, методологія виконання випробувань	53
5.1. Ознайомлення з випробувальним обладнанням.....	53
5.1.1. Апаратна частина.....	53
5.1.2. Програмне забезпечення TDMS.....	62
5.2. Технічні характеристики випробувального апарату.....	63
5.3. Характеристика ходу випробувань	66
5.4. Схема керування процесом випробувань	67
5.5. Етапи випробування силових вимикачів	67
5.6. Виконання фізичної схеми керування та вимірювання.....	68
5.7. Принципова схема тестування	70
5.7. Відповідність нормативній документації	70
6. Вимоги безпеки під час виконання діагностування електрообладнання	71
6.1. Проведення випробувань з подачею підвищеної напруги від стороннього джерела струму	71

6.2. Роботи з електровимірювальними кліщами і вимірювальними штангами	81
6.3. Вимоги безпеки при аварійних ситуаціях.....	83
6.4. Вимоги безпеки після закінчення робіт.....	83
Висновки.....	84
Список використаних джерел	86

ВСТУП

Обґрунтування актуальності обраної теми. У 2024 році процедури діагностики, виявлення несправностей, технічного обслуговування та ремонту вимагатимуть використання високоточного вимірювального та випробувального обладнання разом із застосуванням електронно-обчислювальної техніки та використанням сучасних математичних моделей, щоб гарантувати максимально точні результати і на цій основі сучасні інженери могли давати точні та необхідні рекомендації, які дійсно мають відношення до надійності роботи обладнання.

Сучасна промисловість вимагає швидкого реагування від інженерів, які можуть проводити перевірки, випробування і ремонт, а також надавати необхідні рекомендації в найкоротші терміни з метою досягнення максимальної продуктивності та ефективності. Це також необхідно для мінімізації економічних втрат під час простою обладнання.

Тому використання тестових програмно-апаратних комплексів є дуже вдалим рішенням, яке гарантує спрощення та прискорення виконання таких завдань.

Метою роботи є розробка програми для отримання максимальної ефективності при випробуванні вимикачів та оптимізації виконання схем.

Мета і задачі дослідження Об'єктом дослідження є вакуумні вимикачі середньої та високої напруги.

Предметом роботи є процедура, конфігурація та виконання процесу перевірки параметрів автоматичного вимикача.

Методи дослідження Вивчалися нормативні документи, документи виробника, математичні моделі та апаратні комплекси, що стосуються випробувань вимикачів.

Експериментальні дослідження проводилися шляхом поєднання вимірювання досліджуваних параметрів з їх подальшим вивченням та аналізом.

Наукова новизна отриманих результатів: Описано методи підвищення ефективності та якості процесу випробувань силових вимикачів.

Практичне значення отриманих результатів. Спосіб проведення процесу випробувань значно зменшує кількість некоректних показників випробувань, підвищує надійність вимикачів та запобігає виникненню відмов, несправностей та аварій на більш ранній стадії.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ І ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.

1.1 Опис та принцип роботи ідеального вимикача

Теоретично, здатність миттєво переривати струм означає, що автоматичний вимикач може перемикатися безпосередньо з провідного в ізолюючий стан. Таким чином, опір такого «ідеального» вимикача повинен миттєво змінюватися від нуля до нескінченності (див. Рисунок 1.1).

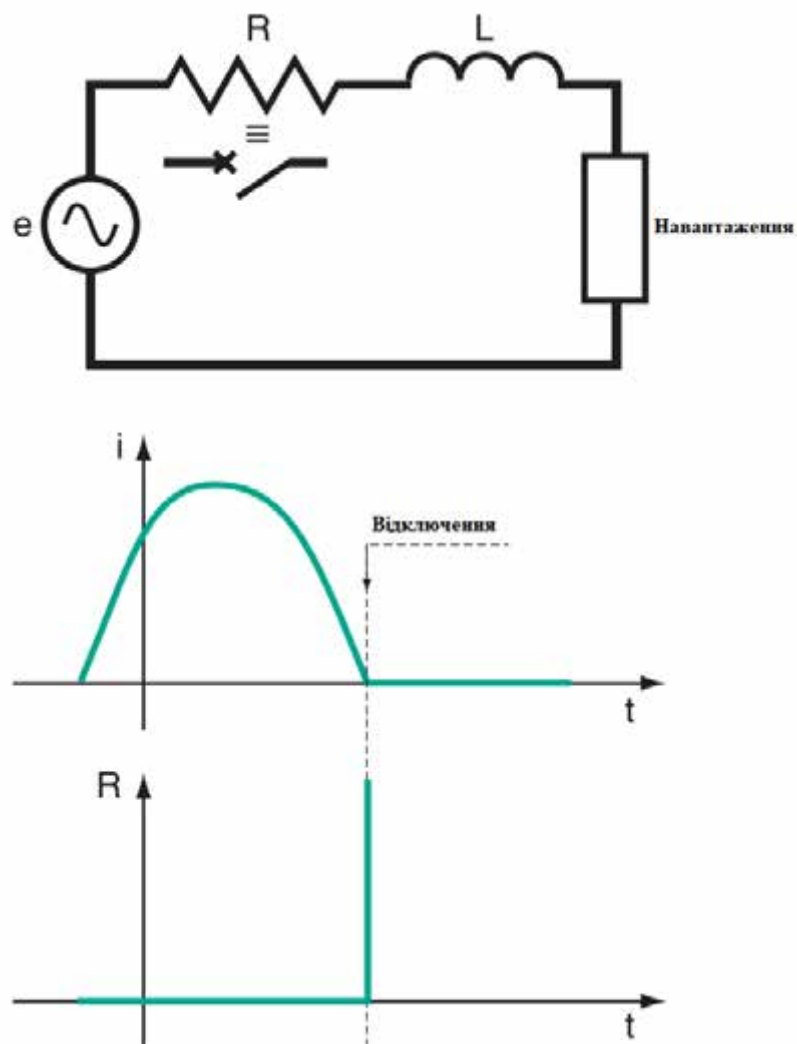


Рисунок 1.1 Вимкнення за допомогою ідеального вимикача

Такі пристрої мають такі особливості:

- Вони поглинають всю електромагнітну енергію, накопичену в ланцюзі перед увімкненням (наприклад, у разі короткого замикання);;
- Якщо перехід з ізолюючого в провідний стан відбувається за нескінченно малий час, то перенапруга, що генерується на клемі пристрою (Ldi/dt), нескінченно мала, щоб витримати, і неминуче призводить до пробію діелектрика.

Вважаючи, що ці труднощі можна подолати, ідеально синхронізувавши природний перехід струму через нуль і перехід з ізолюючого в провідний стан пристрою, необхідно врахувати ще одне досить серйозне явище, а саме появу перехідних напруг відновлення.

Дійсно, відразу після переривання струму (струм відновлення) напруга на затискачах автоматичного вимикача додається до напруги мережі. Це відбувається без будь-якого раптового відключення в ланцюзі через наявність ємнісних опорів мережі. Таким чином створюється перехідний режим, і результуюча напруга додається до напруги мережі.

Ця напруга називається перехідною напругою відновлення і визначається характеристиками мережі, а швидкість наростання (dv/dt) цієї напруги є великою (порядку кВ/мкс). Простими словами це означає, що ідеальний вимикач для успішного відключення повинен витримувати напругу в кілька кіловольт протягом менш ніж мікросекунди після переходу з провідного в ізолюючий стан [1]. [1]

Відключення через дугу

Дуги можуть виникати з двох причин:

- Для ефективного номіналу 10 кА миттєвий струм перед перетином нуля за 1 мкс становить 3000 А. Якщо вимикач негайно переключиться в ізолюючий стан, миттєва перенапруга (Ldi/dt), що генерується на клемі пристрою, буде

нескінченною і спричинить раптове відключення у все ще дуже короткому інтервалі часу між контактами.

- Розмикання контактів повинно відбуватися досить швидко, щоб електрична потужність між контактами була більшою, ніж перехідна відновлювальна напруга. Це вимагає майже нескінченної механічної енергії, яку практично жоден пристрій не може забезпечити.

Розглянемо процес розмикання електричним дуговим розрядом. Цей процес складається з трьох етапів:

- час очікування;
- фаза згасання дуги;
- післядугова фаза.

Час очікування.

До досягнення нульового струму обидва контакти роз'єднуються і відбувається діелектричний пробій з'єднувального середовища. Дуга, що утворюється в результаті, складається з плазмового стовпа іонів та електронів із з'єднувального середовища або парів металу, що виділяються з електродів (рис. 1.2). Цей стовп залишається провідним доти, доки його температура підтримується на досить високому рівні. Таким чином, дуга «консервується» за рахунок енергії, що розсіюється завдяки ефекту Джоуля-Ленца.

Напруга, що виникає між двома контактами внаслідок опору дуги і падіння поверхневого натягу (катодна або анодна напруга), називається напругою дуги (U_a). Її величина залежить від природи дуги, на яку впливають густина струму і теплообмін із середовищем (стінками, матеріалами тощо). Цей теплообмін може відбуватися у формі випромінювання, конвекції або теплопровідності і характеризує захисну здатність пристрою.

Роль напруги дуги є життєво важливою, оскільки від неї сильно залежить потужність, що розсіюється в пристрої при розриві: $W = \int_{t_0}^{t_{arc}} U_a * i dt$,

де: t_0 – момент виникнення дуги і t_{arc} – момент відключення.

У мережах середньої та високої напруги значення U_a завжди набагато нижче напруги мережі і тому не має обмежувального ефекту, за винятком деяких випадків, описаних нижче. Тому переривання відбувається поблизу «природного» нуля змінного струму.

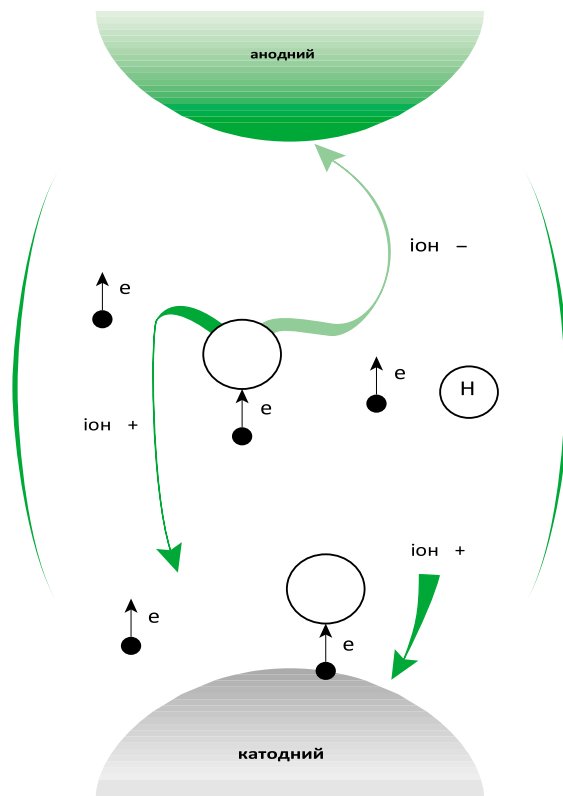


Рис. 1.2. Утворення електричної дуги в газовому середовищі

Фаза гасіння дуги.

Припинення струму, що відповідає гасінню дуги, відбувається при нульовому струмі, за умови, що середовище негайно стає ізолюваним. Щоб запобігти цьому, необхідно порушити траєкторію руху іонізованих молекул. Поблизу нульового струму опір дуги зростає відповідно до кривої, яка залежить

головним чином від постійної часу деіонізації інтеркалюючого середовища (див. рис. 1.3).

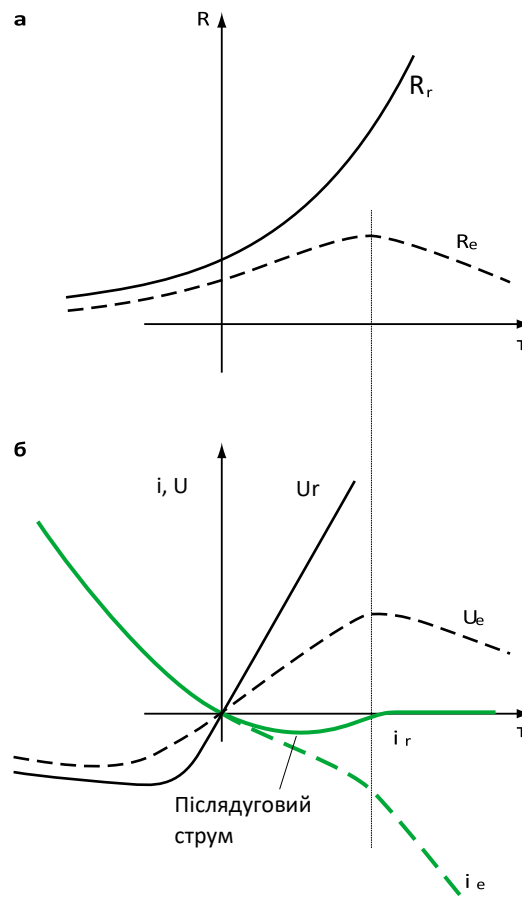


Рис. 1.3 Зміна опору дуги (а), напруги і струму (б) протягом періоду затухання у випадку успішного відключення (r) або теплового пошкодження (e)

Коли струм падає до нуля, цей опір має нескінченне значення, і перехідна напруга відновлення, що генерується на клеммах, дозволяє струму після дугового спалаху знову протікати через пристрій. Якщо потужність, що розсіюється за рахунок ефекту Джоуля-Ленца, перевищує характерну охолоджувальну здатність пристрою, середовище більше не охолоджується і відбувається термічне пошкодження.

З іншого боку, якщо підвищення напруги не перевищує певного критичного значення, опір дуги зростає досить швидко, так що потужність, що розсіюється в проміжку, не перевищує охолоджувальну здатність пристрою, і теплового пошкодження можна уникнути.

Післядугова фаза

Успішний пробій діелектрика також вимагає, щоб швидкість відновлення діелектрика була набагато вищою за швидкість відновлення напруги (рис. 1.4). Як тільки відбувається пробій діелектрика, середовище знову стає провідним і відбувається перехідний процес.

Таке пошкодження діелектрика після пробою називається

- Якщо це відбувається протягом 1/4 часу нульового струму, це називається повторним запалюванням,
- Якщо воно відбувається після цього часу, то називається повторним займанням.

Напруга відновлення відповідно до стандартів

Швидкість наростання напруги відновлення (НВ) має фундаментальний вплив на здатність пристрою до відключення, але це значення не може бути точно визначене для всіх конфігурацій мережі: Стандарт ІЕС 60056 визначає діапазон НВ для кожної номінальної напруги, який відповідає найпоширенішим вимогам (рис. 1.5). Таким чином, відключаюча здатність автоматичного вимикача визначається як максимальний струм, який може відключатися при номінальній напрузі для відповідного номінального НВ.

Вимикач повинен бути здатним вимикати всі струми нижче його відключаючої здатності для всіх напруг нижче його номінальної напруги.

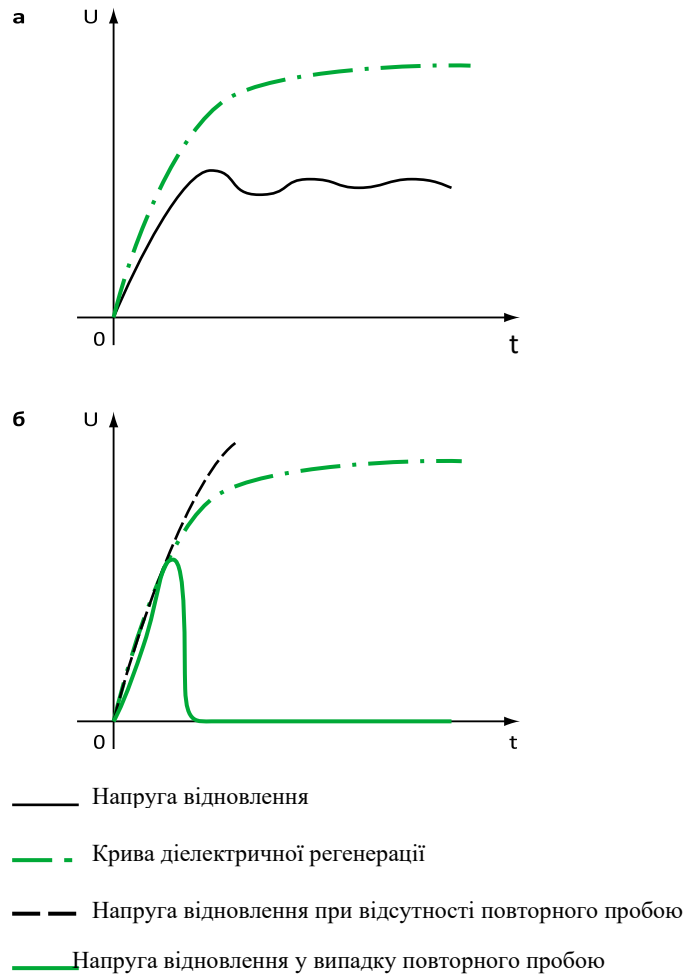


Рис. 1.4. Криві відновлення діелектричної міцності, успішне відключення (а) або пошкодження діелектрика (б)

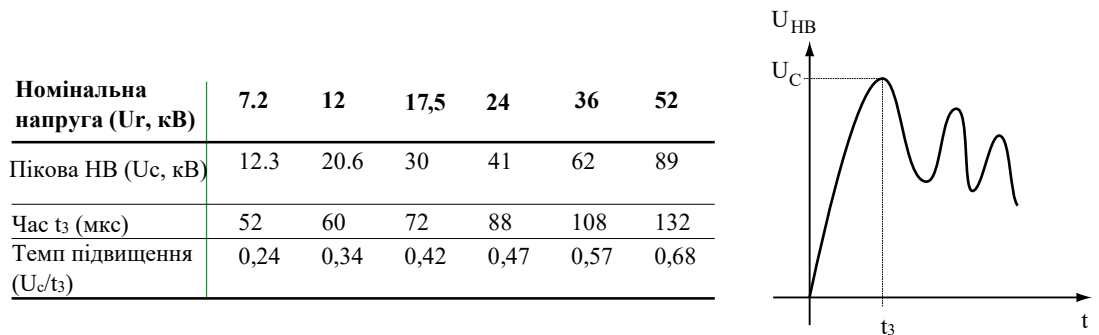


Рис. 1.5. Номінальна перехідна відновлювальна напряга у випадку короткого замикання на виводах вимикача (зі стандарту МЭК 60056)

1.2. Відключення струму навантаження

При нормальній роботі високовольтної мережі ланцюг переривається в наступних випадках:

- коли струми навантаження від декількох до декількох сотень ампер менші за струм короткого замикання (від 10 до 50 кА);
- коли коефіцієнт потужності 0,8 або вище, зсув фаз між напругою і струмом кола невеликий, і мінімальна напруга виникає поблизу мінімального значення струму (високоєфективні резистивні ланцюги).

При цьому мережева напруга не створює перехідних струмів, але на клеммах пристрою з'являється напруга (рис. 6). За таких умов пристрій спрацьовує, коли струм перевищує нуль. Оскільки пристрій розрахований на великі струми зі зсувом фази лише на 90° відносно напруги, проблем не виникає.

Переривання індукованих струмів

- Струм обриву ланцюга

Струми холостого ходу можуть викликати перенапруги через передчасний обрив струму.

Коли індуковані струми низькі (від декількох ампер до десятків ампер), охолоджувальна здатність пристроїв, розрахованих на струми короткого замикання, набагато більша, ніж енергія, що розсіюється в дузі. Це призводить до того, що дуга стає нестабільною і виникає коливальний процес через обмін енергією між конденсатором, «видимим» розчіплювачем та котушкою індуктивності (див. рис. 1.7 та 1.8). Під час цього коливального процесу на високих частотах (порядку 1 МГц) можливий перехід струму від нуля до нормального нульового струму, і вимикач може перемикає струм на нормальний нульовий струм на промислових частотах (50 Гц).

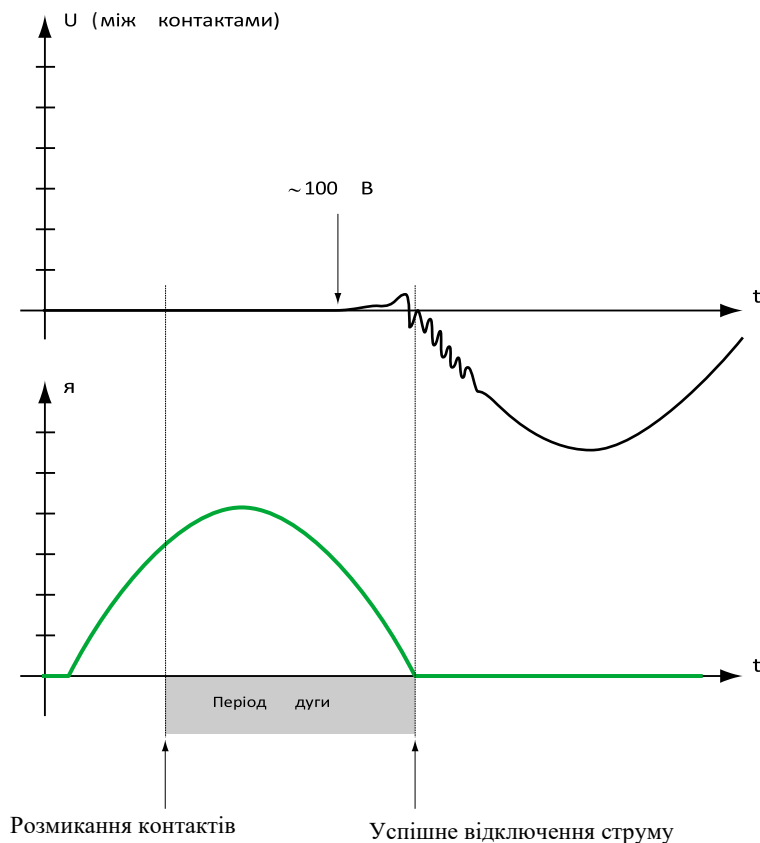
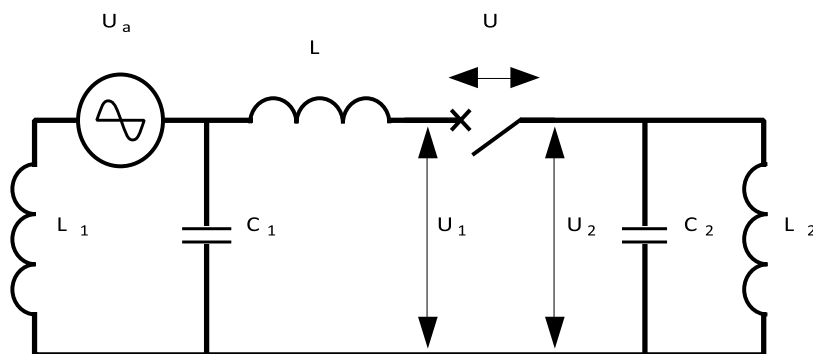


Рис. 1.6. Виникнення дуже слабких перехідних процесів при відключенні струму у випадку резистивного навантаження

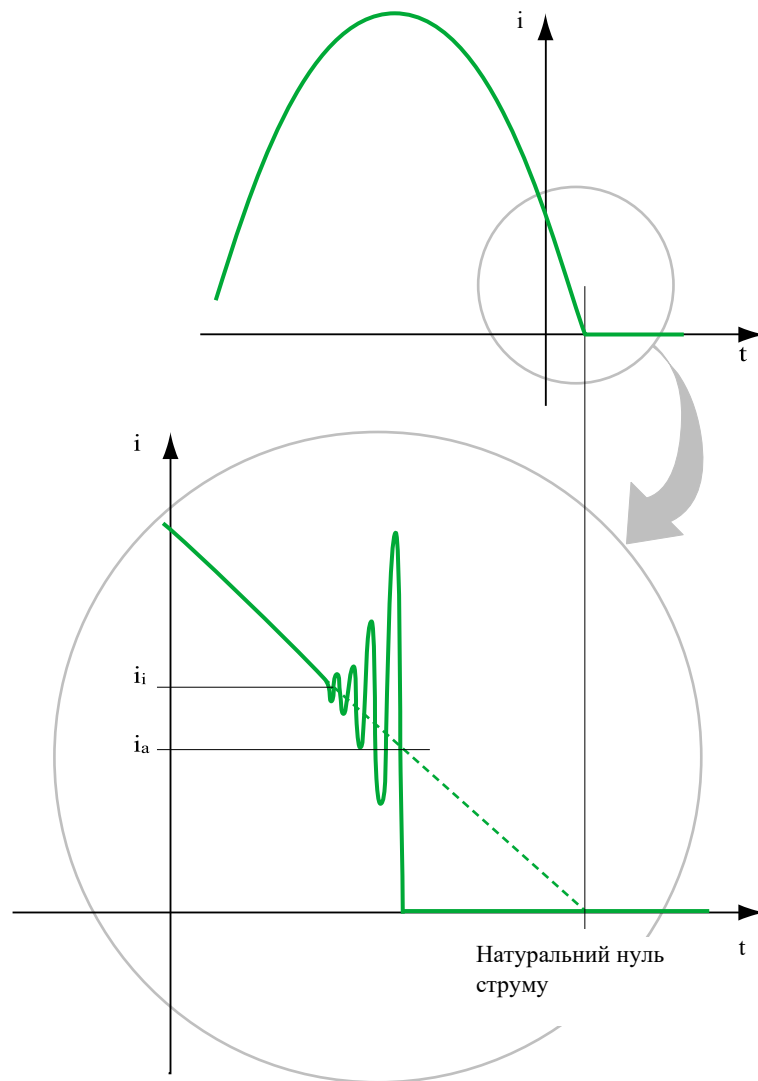


L_1, C_1 – котушка індуктивності і ємність, що розташовані зі сторони джерела живлення;

L_2, C_2 – котушка індуктивності і ємність, що розташовані зі сторони первинної обмотки трансформатора;

L – котушка індуктивності для під'єднання зі сторони джерела живлення до вимикача збірних шин або кабелів

Рис. 1.7. Схема ланцюга при відключенні слабого індуктивного струму



i – струм у вимикачі;

i_i – значення струму, що викликає нестійкий стан;

i_a – значення струму обриву.

Рис. 1.8, Коливальний процес на високій частоті або «обрив струму» при відключенні індуктивного струму

Це явище називається «обривом ланцюга» і включає в себе перехідні перенапруги, головним чином, через коливальні умови, що виникають на стороні навантаження (див. Рисунок 1.9). Максимальне значення перенапруги на стороні навантаження (U_{Cmax}) визначається за формулою

$$U_{Cmax}^2 = u_a^2 + \left[\frac{n_m + L_2 + i_a^2}{C_2} \right],$$

де:

u_a – напруга обриву;

i_a – струм обриву;

η_m – магнітний ККД.

Значення напруги на стороні живлення становить U_a , а напруга мережі в режимі коливань, підключена до $C1$ і $L1$, зміщена в бік U_n . Напруга між контактами перемикача дорівнює різниці між цими двома напругами.

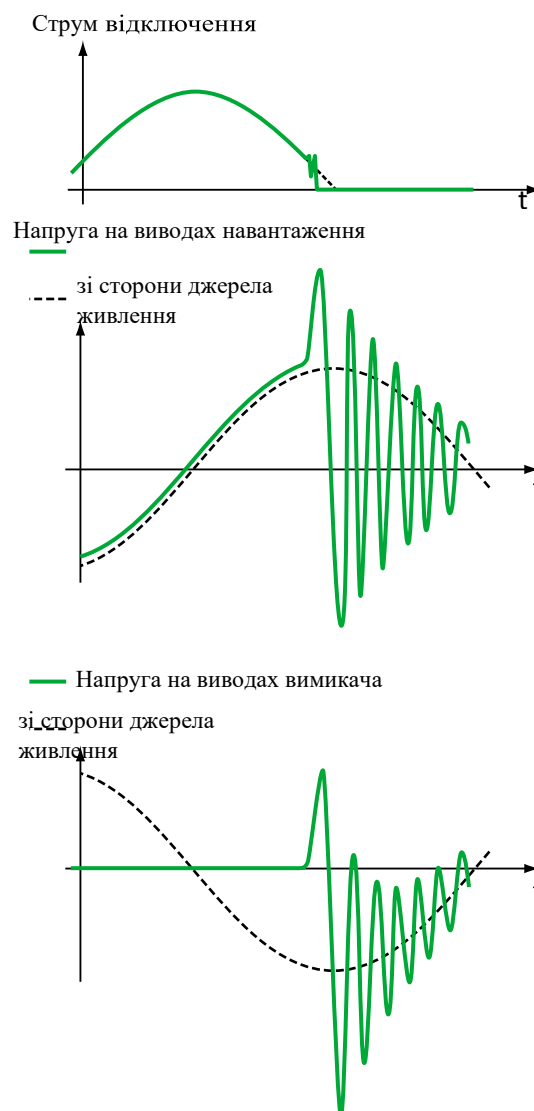


Рис. 1.9. Криві струму і напруги у випадку відключення слабких індуктивних струмів

Це співвідношення чітко показує вплив характеристик мережі, враховуючи, що струм обриву значною мірою залежить від величини $C1$ та вибору відповідного пристрою.

Повторне займання.

Значні перенапруги можуть бути спричинені другою подією. Це повторне займання під час вимкнення.

Коли час горіння дуги короткий, повторне займання зазвичай неминуче, оскільки відстань між контактами недостатня, щоб витримати напругу, яка генерується на клеммах пристрою. Це відбувається, коли дуга виникає безпосередньо перед тим, як струм перетинає нуль.

У цьому випадку напруга на стороні навантаження додається до напруги на стороні живлення, і виникає високочастотний (порядку 1 МГц) перехідний режим коливань. Пікове значення коливань, яке визначається напругою навантаження на паразитному конденсаторі з боку споживача, вдвічі перевищує попереднє значення.

Якщо автоматичний вимикач може переривати високочастотні струми, пристрій може увімкнутися через кілька мікросекунд після повторного займання, коли струм вперше переходить до нуля.

Вважається, що виникнення нового повторного займання спричинене збільшенням амплітуди коливань, а повторення цього явища створює стрибок напруги, який є небезпечним для навантаження.

Подібне явище відбувається при вмиканні пристрою. Якщо контакти знаходяться досить близько один до одного, виникає переднесправний стан. Як і при послідовному повторному запалюванні, накопичена енергія збільшується з кожною спробою відключення, але зростання напруги обмежується замиканням контактів.

Область застосування.

У мережах середньої напруги основна увага приділяється намагнічуванню струмів у трансформаторах з малим або легким навантаженням, двигунах і шунтуючих котушках індуктивності.

Трансформатори з низьким або малим навантаженням

Трансформатори можуть працювати в умовах низького навантаження (наприклад, вночі). Струми, що відповідають струмам намагнічування, коливаються від декількох ампер до десятків ампер, а тангенс кута діелектричних втрат може бути дуже високим. Однак, навіть якщо струм відсікається на піковому значенні, тангенс кута діелектричних втрат, як правило, низький, якщо врахувати ємність та індуктивність.

При подачі електроенергії через повітряну лінію ризик перенапруги знижується, оскільки обмежувачі перенапруги обмежують перенапругу.

Однак, згідно зі стандартами на трансформатори, імпульсні випробування є обов'язковими для перевірки здатності трансформаторів витримувати комутаційні перенапруги.

Індуктивність шунта.

Ця індуктивність застосовується для компенсації реактивної складової лінії або для запобігання стрибкам напруги на дуже довгих чи слабо навантажених лініях. Шунтуюча індуктивність зазвичай використовується в мережах високої напруги (ВН), але також може знаходити застосування в мережах середньої напруги (СН).

Завдяки наявності відповідного імпедансу, перенапруги, що викликають відключення, зазвичай менші за коефіцієнт перенапруги 2,5.

Якщо існує ймовірність перевищення цієї межі, паралельно з вимикачем необхідно встановити розрядник і резистор.

Двигуни.

Обмотки статора і ротора двигунів працюють таким чином, що струм, який споживається в стані холостого ходу і пусковий струм, є переважно індуктивними струмами. Через велику кількість перемикань часто виникають перенапруги, які поступово послаблюють або пошкоджують ізоляцію.

Загалом, слід вибирати вимикачі, які або не страждають від повторюваних несправностей, або мають дуже низьку ймовірність повторюваних несправностей. В іншому випадку на клеммах двигуна можна встановити R-C систему для високочастотних перехідних процесів або систему придушення перенапруг ZnO.

Стандарти для індуктивного вимкнення струму

Міжнародних стандартів на процедури вимкнення індуктивного струму не існує, але Технічний звіт MEK 61233 визначає вимоги до випробувань автоматичних вимикачів, що використовуються для живлення двигунів і шунтувальних індукторів.

Двигуни.

Для вимикачів з номінальною напругою від 1 до 17,5 кВ доступні стандартні схеми для імітації блокування ротора двигуна під час лабораторних випробувань.

Індуктивність шунта.

Шунтувальна індуктивність не часто використовується в мережах середньої напруги, але може застосовуватися в мережах 36 кВ.

Лабораторні випробування трифазних ланцюгів доступні тільки для мереж з номінальною напругою вище 12 кВ.

Переривання ємнісного струму.

У разі обриву ємнісного струму можуть виникати перенапруги через повторні обриви під час періоду відновлення напруги.

- Теоретично, відключення ємнісного струму має бути простим у виконанні. Насправді, коли пристрій перериває струм, струм і напруга зсуваються в фазі на $\pi/2$, тому напруга на клеммах генератора досягає свого максимального значення. Оскільки конденсатор залишається зарядженим на цьому значенні після відключення струму, напруга на клеммах перемикача, спочатку нульова, повільно зростає з похідною за часом, що дорівнює нулю на початку, не генеруючи жодної перехідної напруги відновлення.

- З іншого боку, існує проблема повторного збурення. Фактично, після половини циклу напруга мережі змінюється на протилежну і напруга на клеммах вимикача досягає вдвічі більшої пікової напруги. Таким чином, зростає ризик повторного пробоя між контактами, який посилюється тим, що відключення відбувається повільно.

Коли повторне пошкодження відбувається при максимальній напрузі, ємність розряджається в індуктивність контуру і генерує коливальний струм $3E$, що втричі перевищує пікову напругу (див. рис. 1.10). Коли струм переходить через наступне нульове значення, якщо конденсатор успішно від'єднати, він залишиться зарядженим до значення напруги $3E$.

Коли напруга «е» знову змінюється на протилежну, напруга на клеммах вимикача стає $5E$. Це перенапруження може спричинити нову несправність. Це також може статися, коли напруга на клеммах вимикача становить $5E$, $7E$ тощо.

Повторне підключення, яке відбувається через чверть часу після того, як струм пройшов нульове значення, може бути «стрибком напруги», який створює пікову напругу, неприйнятну для навантаження.

Однак, повторне вмикання є прийнятним через розмір вимикача: коливальна напруга на клеммах конденсатора залишається нижчою за

абсолютною величиною, ніж максимальна напруга генератора, і не становить небезпеки для автоматичного вимикача.

Випробування конденсатора на перенапругу проводиться при напрузі, що в 2,25 рази перевищує номінальну.

Відновлення електричної міцності проміжку між контактами має відбуватися достатньо швидко, щоб уникнути повторного пробоя після завершення чверті періоду.

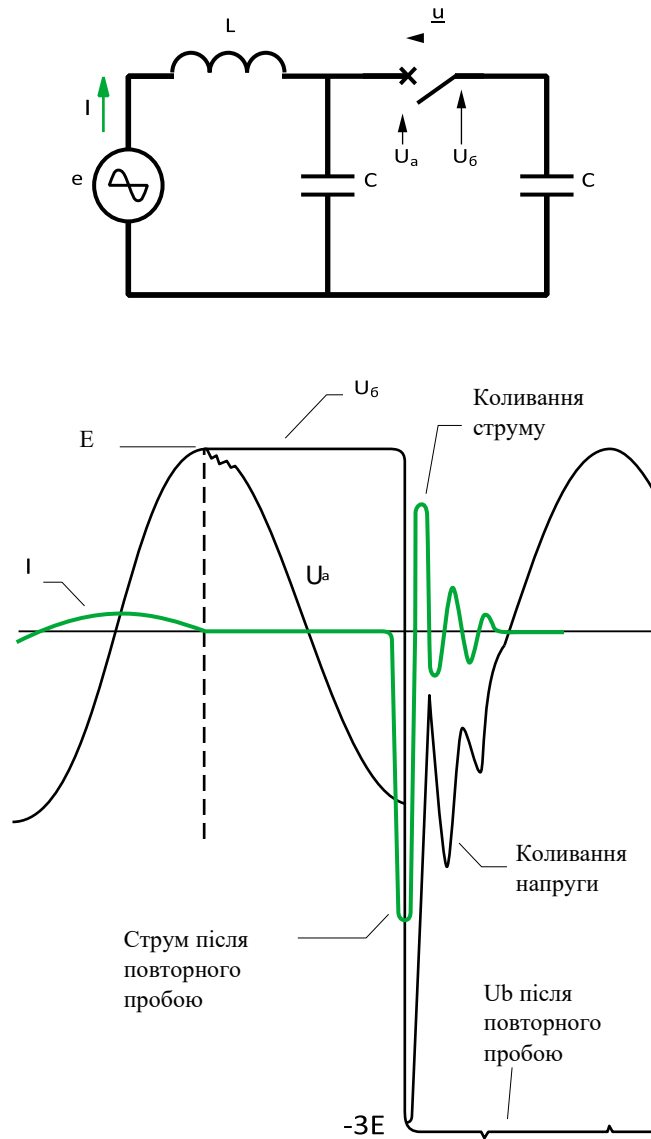


Рис. 1.10. Схема ланцюгів з ємнісним навантаженням у випадку відключення, коли вимикач не виконує достатньо швидке розмикання ланцюга і внаслідок послідовних повторних пробойів може виникнути небезпечна перенапруга на навантаженні

Встановлення ємнісного струму і повторний пробій

При виключенні приладу керування, що подає живлення на ємнісні навантаження виникають явища, що властиві ємнісним ланцюгам. [1]

Так, при включенні конденсаторної батареї відбуваються значні коливання струму при підвищеній частоті (рис.11), максимальна амплітуда коливань визначається по формулі:

$$I_c = \frac{U\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{C}{L_0 + L}}$$

де L_0 – Індуктивність мережі з боку джерела живлення;

L – Індуктивність підключення до конденсаторної батареї, зазвичай менша за L_0 .

У випадку узгоджених багатоступеневих конденсаторних батарей це явище ще більше посилюється енергією, накопиченою у вже введених в експлуатацію конденсаторах: перехідний струм може в кілька сотень разів перевищувати номінальний струм на частотах у кілька кілогерц через низький загальний опір з'єднань між ступенями батареї.

Якщо на рівні контактів пристрою керування відбуваються повторні пробої ізоляції (запалювання струмопровідних дуг до моменту зіткнення контактів), таке збільшення перехідного струму призводить до передчасного зносу, а в деяких випадках і до зварювання контактів. Для зменшення впливу цих явищ послідовно з батареєю конденсаторів підключаються обмежувальні котушки (повний опір).

Таким чином, для конденсаторної батареї з n ступенями і заданою ємністю C попереднє рівняння набуває вигляду

$$I_c = \frac{U\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{C}{L n + 1}}$$

де:

L – Обмежувальна індуктивність (повний імпульсний опір), збільшена порівняно з L_0 .

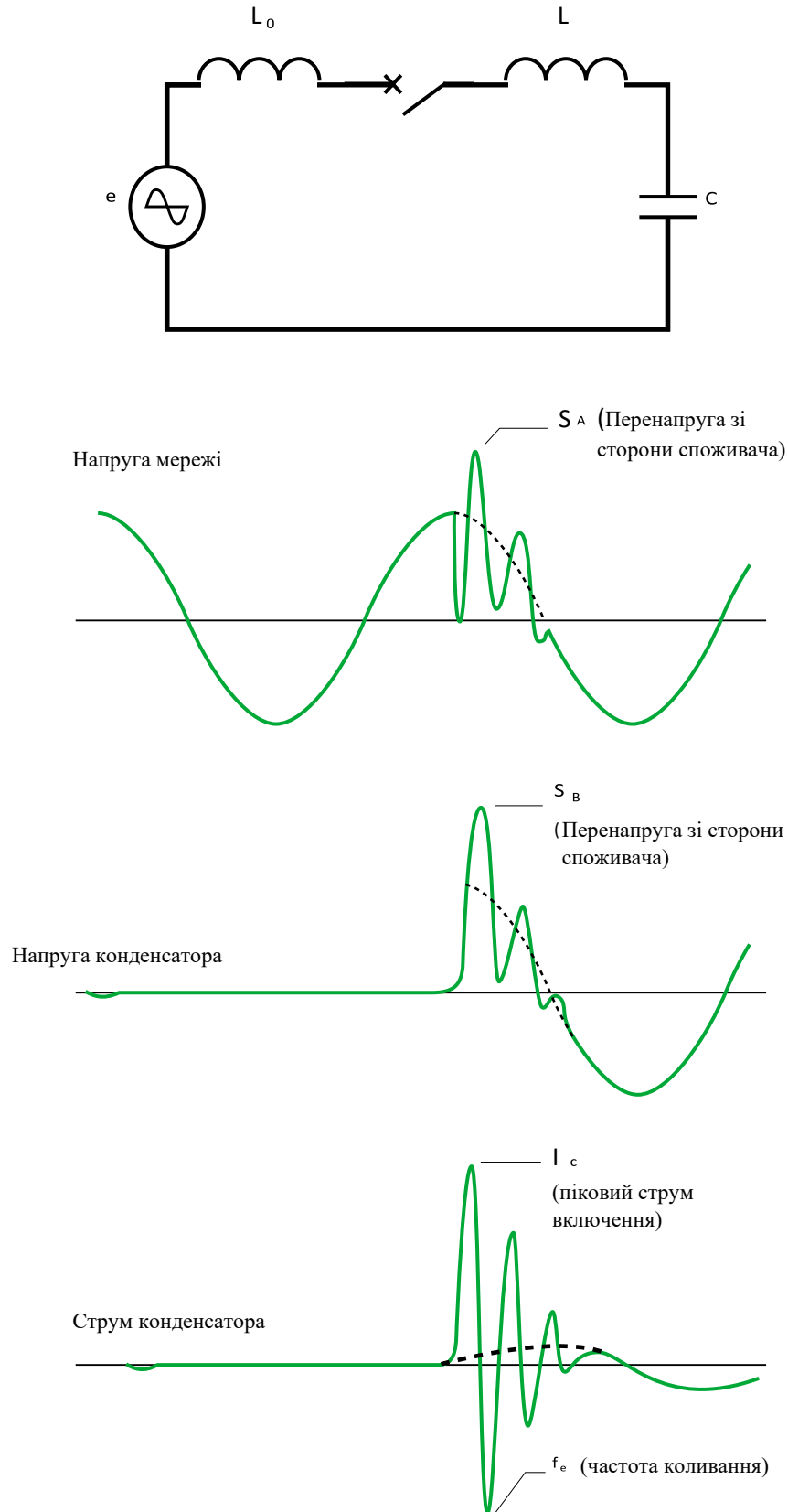


Рисунок. 1.11. Характер форми струму і напруги (перенапруги перед аварійним станом) при підключенні одноступеневої конденсаторної батареї до мережі.

Висновок.

Серед усіх технологій розділення під високим тиском (СН), розділення в газі та у вакуумі працює значно краще.

Оскільки ці два методи мають багато переваг над іншими, жодна інша технологія наразі не може замінити роз'єднання у вакуумі або інертному газі:

- безпека: під час роз'єднання немає ризику вибуху, пожежі або зовнішніх впливів;
- компактність: вакуум і газ є дуже хорошими ізоляторами, тому вакуумні та газові пристрої мають невеликі розміри відповідно;
- надійність: Ці пристрої мають мало рухомих частин і низьку енергію керування, що призводить до низьких витрат на обслуговування, високої доступності та дуже тривалого терміну служби;
- іншими важливими перевагами цих пристроїв є те, що їх легше монтувати в корпуси і можна виготовляти компактні цілісні корпуси.

Захисне обладнання постійно вдосконалюється завдяки сучасним комп'ютерним засобам, які дозволяють проводити моделювання та імітацію.

Однак найбільший успіх з точки зору підвищення експлуатаційної надійності обладнання полягає в тому, що воно знаходиться в готовому корпусі і дуже широко використовується обладнання, що пройшло заводські випробування.

РОЗДІЛ 2. ВИКЛАД ЗАГАЛЬНИХ ПІДХОДІВ І ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Процес проведення обслуговування електротехніки

Від рівня технічного стану електрообладнання значною мірою залежить безпека персоналу, якість продукції, що випускається, умови праці та здоров'я працівників. Електрообладнання повинно експлуатуватися відповідно до «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів» та «Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів» або, якщо користувач використовує спеціальне обладнання, не зазначене в нормативних документах, відповідно до інструкції з експлуатації, затвердженої керівництвом підприємства і прийнятої під час технічного огляду. Користувач не повинен використовувати будь-яке спеціальне обладнання, не зазначене в Правилах.

Періодичність технічного обслуговування електроустановок також регулюється «Системою періодичного планово-попереджувального ремонту і технічного обслуговування електроустановок». Ця система являє собою комплекс організаційно-технічних заходів з планування і виконання різних видів робіт для забезпечення безаварійної і безпечної роботи обладнання при мінімальних експлуатаційних витратах.

Основними завданнями, що виконуються при технічному обслуговуванні енергетичного обладнання, є:

- Поточне обслуговування, що включає зовнішній огляд, очищення від пилу і бруду, усунення дрібних несправностей (наприклад, підтягування гвинтів);
- Планове обслуговування, що включає огляд, очищення, діагностику, прості регулювання, випробування і дрібний ремонт із заміною деяких деталей без демонтажу і зняття обладнання з місця установки;

- Заміна мастила, що виконується за програмою або під час планового технічного обслуговування;
- Планове технічне обслуговування енергетичного обладнання. Роботи з технічного обслуговування включають складання, налагодження та випробування після розробки, очищення деталей і вузлів, усунення дефектів, заміну або ремонт зношених або пошкоджених деталей, усунення інших несправностей, налагодження та ремонт;
- Капітальний ремонт проводиться в міру необхідності разом із заміною або ремонтом деталей і вузлів, які вийшли з ладу або відпрацювали свій ресурс;
- Технічне обслуговування при зберіганні: включає в себе комплекс робіт, пов'язаних з підготовкою обладнання до зберігання, його зберіганням та використанням під час зберігання.

Матеріально-технічна інфраструктура станції повинна включати станції технічного обслуговування, доступні ремонтні пункти та енергоремонтні і вимірювальні лабораторії. Пункти поточного ремонту є основною технічною базою сховища і призначені для проведення технічного обслуговування та дрібного ремонту обладнання, а також для зберігання запасних частин, вузлів, обладнання, інструменту, матеріалів і технічної документації. Ці пункти повинні розташовуватися в місцях технічного обслуговування технічних засобів.

Пункт поточного ремонту — це основний технічний об'єкт матеріально-технічної інфраструктури фермерського господарства, призначений для виконання профілактичних і діагностичних робіт, поточних ремонтів, випробувань та налаштування техніки в стаціонарних умовах. Такий об'єкт має бути організований як частина централізованої ремонтної майстерні або майстерні для ремонту транспортних засобів.

Енергетичні ремонтно-вимірювальні лабораторії призначені для проведення діагностики на місці, поточного ремонту, огляду, налагодження та випробувань енергетичного обладнання і доставки його до місця ремонту.

Матеріально-технічне оснащення енергосервісу виготовляється за типовим проектом.

2.2 Склад і схема побудови енергетичної служби господарства і її документації

Схема структури послуг. Послуги на фермах охоплюють газифікацію, обслуговування холодильного обладнання, диспетчеризацію та послуги зв'язку, залежно від ресурсного забезпечення та масштабу господарства. Енергетична служба займається організацією і забезпеченням експлуатації та ремонту електричних мереж, внутрішньої електропроводки, електроустановок, а також ліній газопостачання та опалення, теплових і енергетичних установок на фермі. Вона несе відповідальність за подальший розвиток і модернізацію електрифікації, газифікації, тепlopостачання, раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів на стаціонарних виробничих об'єктах, дотримання вимог охорони праці та безпеки, а також за підготовку й підвищення кваліфікації персоналу, що працює з енергетичними об'єктами.

Загальну схему надання енергетичних послуг показано на рис. 2.2.12. Залежно від матеріально-технічної бази підприємства та організації енергозабезпечення, до складу цієї служби можуть входити інші підрозділи, ніж ті, що наведені на схемі. Адміністративно головний електрик підпорядковується керівнику господарства та відповідному спеціалісту, який має вищі повноваження з технічних питань. Головному інженеру з електропостачання підпорядковуються інженер-електрик, інженер-теплотехнік, фахівець з холодильної техніки та газифікації, радіотехнік і фахівець з електро- та теплотехнічної служби.



Рис. 2.2.12 – Структура експлуатаційної служби

Персонал групи експлуатації та ремонту розподіляється на бригади, які закріплюються за певними ділянками (монтажними майданчиками) з постами технічного обслуговування. Керівником бригади призначається електрик з вищою освітою або, за однакових освітніх рівнів, працівник з вищою групою допуску з техніки безпеки. Завдання керівника включають організацію виконання робіт згідно з програмою, контроль якості та витрат матеріалів, ведення звітності щодо виконаної роботи і дотримання техніки безпеки, підготовку заявок на запчастини і матеріали, а також нагляд за дотриманням правил безпеки членами бригади.

Кількість електротехніків у групі визначається трудовитратами, необхідними для виконання відповідних завдань.

Документація. Діяльність у сфері енергосервісу повинна бути належним чином задокументована. Головним документом є енергетичний паспорт господарства, де описано все енергетичне обладнання разом з його основними характеристиками. У ньому перераховано об'єкти та обладнання за відповідними розділами: електропостачання, теплопостачання, водопостачання, газифікація, охолодження, каналізація, а також телефонний і радіозв'язок. Кожен розділ супроводжується пояснювальними записками, що включають відповідні схеми та стислий опис стану мереж і найбільш енергоємних споживачів.

Інші технічні документи та матеріали ведуться у формі журналів, оформлених за затвердженим зразком. До таких журналів належать:

1) Журнал обліку оперативних і захисних пристроїв, електропроводок та електроприймачів, що фіксує дані про електроустановки на промислових, комунально-побутових і культурних об'єктах.

2) Програма технічного обслуговування та ремонту електроустановок, яка розробляється для кожної окремої електроустановки.

3) Журнал обліку несправностей, виявлених під час планового технічного обслуговування та ремонту обладнання.

4) Журнал обліку відмов електрообладнання, який включає фіксацію часу і причин виходу обладнання з ладу.

5) Журнал обліку кількості та тривалості перерв в електропостачанні від енергосистеми.

6) Реєстр споживання електроенергії для виробництва; за відсутності лічильника споживання можна приблизно обчислити як добуток потужності обладнання на час його роботи.

7) Реєстр операцій з постачання електроенергії, де реєструються всі накази та розпорядження від електропостачальної організації (зберігається 3 роки).

8) Журнал обліку основних і додаткових заходів безпеки при обслуговуванні електропостачального обладнання (зберігається 3 роки).

9) Журнал перевірок заземлювального обладнання.

10) Журнал реєстрації вступного інструктажу з техніки безпеки для нових працівників.

11) Журнал реєстрації інструктажів з техніки безпеки для інженерів-електриків.

12) Журнал інструктажів з техніки безпеки для електротехнічного персоналу, де зазначається, що інженери-електрики проходять інструктаж щонайменше раз на квартал. Сторінки журналу мають бути пронумеровані, прошиті та скріплені печаткою, з підписами інструктора та інструктованого працівника.

13) Журнал перевірки знань з техніки безпеки для персоналу першої кваліфікаційної групи, призначений для фахівців, що обслуговують електрообладнання та відповідають за електрогосподарство на підприємствах.

14) Журнал обліку навчання персоналу, де реєструються всі навчальні заходи.

Склад персоналу. Для визначення чисельності персоналу та розподілу його обов'язків стандарт застосовує умовні одиниці встановленого обладнання або обсяг спожитої електроенергії на виробництві, обчислені з використанням коефіцієнтів перерахунку, наведених у таблиці 2.2.1. Наприклад, якщо господарство має понад 1500 умовних одиниць і певний рівень споживання електроенергії перевищує 1 мільйон кіловат-годин, створюється посада головного електрика господарства; якщо господарство має від 501 до 1500 у.о і споживання електроенергії на виробництво становить від 0,5 до 1 мільйона

кіловат-годин, створюється посада старшого інженера-електрика, інженер-електрик – від 251 до 500 у.о.; старшого техника-електрика становить – від 101 до 250 у.о., Середнє навантаження на електрика повинно складати 70 у.о., а річні затрати праці -1950 годин.

2.3. Порядок розрахунку об'ємів робіт по технічному обслуговуванню і ремонту енергообладнання

При організації планового технічного обслуговування та ремонту енергетичного обладнання із залученням сторонніх організацій важливо чітко визначити обсяги робіт, пов'язаних з обслуговуванням та ремонтом у господарстві, річні витрати трудових ресурсів, необхідну кількість персоналу та загальні витрати на виконання робіт.

Обсяг робіт оцінюється за кількістю операцій з технічного обслуговування і ремонту з урахуванням відповідних рекомендацій, а також залежить від кількості та сфери застосування обладнання й відпрацьованих годин. Ці показники визначаються шляхом інвентаризації моторизованої техніки, де фіксується обладнання, згруповане за назвою, умовами використання, кількістю робочих годин на день і робочих місяців на рік, які заносяться до таблиці для розрахунку річного обсягу робіт з технічного обслуговування та ремонту.

Після розрахунку кількості умовних ремонтів визначаються трудовитрати, необхідні для виконання всіх робіт. Використовуються такі нормативи трудомісткості: умовна одиниця обслуговування передбачає 0,5 години роботи для ремонту, 0,25 години для мастила, 4,8 години для поточного обслуговування і 12,5 години для капітального ремонту. Щоб обчислити загальні трудовитрати в годинах, необхідно помножити кількість умовних одиниць кожного виду обслуговування на встановлену норму трудомісткості.

Далі визначається кількість обслуговуючого персоналу, поділивши отримані трудовитрати на річний фонд робочих годин одного працівника.

Вартість технічного обслуговування та необхідних матеріалів визначається відповідно до чинних стандартів.

2.4 Вибір кабельно-провідникової продукції

Переріз струмоведучих проводів і кабелів вибирається на основі умов допустимого нагріву та необхідної механічної міцності.

$$I_{\text{тр.доп.}} \geq I_{\text{мах. тр.доп.}} \quad (2.4.1)$$

де $I_{\text{тр.доп.}}$ – тривало допустимий струм нагріву проводу, А.

$I_{\text{мах. д.доп.}}$ - максимальний довгостроковий допустимий робочий струм, А.

Виконаємо розрахунок та підбір проводки для вентиляційного електродвигуна, який працює під постійним навантаженням. Максимальним робочим струмом вважаємо його номінальний струм.

$$I_{\text{мах. тр.доп.}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot U_{\text{н}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi}; \quad (2.4.2)$$

$$I_{\text{мах. тр.доп.}} = \frac{0.37 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.72 \cdot 0.86} = 0.925 \text{ А.}$$

Обираємо провід марки ПВ1 з мідними жилами, який прокладається в сталевих водогазопровідних трубах під підлогою. Переріз струмоведучої жили, $S = 1 \text{ мм}^2$. Для цього перерізу $I_{\text{тр.доп.}} = 14 \text{ А}$. Провід ПВ1(1×4).

Внутрішній діаметр труби:

$$D \geq 1,5 \cdot d, \quad (2.4.3)$$

де d - діаметр проводу, мм.

Діаметр трижильного проводу ПВ1 із заземлюючою жилою становить.

$d = 9 \text{ мм}$, отже:

$$D > 1,5 \cdot 9 = 13,5 \text{ мм.}$$

Вибираємо трубу з найближчим стандартним внутрішнім діаметром 15 мм.

Лінія електроживлення вибирається аналогічно. Живлення електроприймача здійснюється від розподільного щита типу SHRS1 із

запобіжниками NPN2 та розподільного щита типу PPII. В якості апаратів захисту і пуску електродвигунів застосовуються теплові реле і контрольні вимикачі типу RTL і електромагнітні пускачі типу PML.

Пересувні та переносні електроприймачі підключаються від ящиків живлення за допомогою штепсельних з'єднувачів типу PШ-30 та ШГП-10. [7]

В електророзподільній частині кабелі АBBГ прокладені в кронштейнах по всій конструкції будівлі, а кабелі АПВ і ПВ1 (у вібраційних вентиляторах і установках класу В) - в поліетиленових трубах і водогазопровідних трубах. Вхідні автоматичні вимикачі - 3-полюсні ВА 47-33 на струм до 160 А, а лінійні автоматичні вимикачі - 3-полюсні ВА 47-29 на струм до 25 А.

2.5. Відповідальність за експлуатацію електроустановок і рівень кваліфікації персоналу

Організація та правильне використання електроустановок на підприємстві чи фермі є прямим обов'язком керівника.

На кожному підприємстві обов'язково призначається фахівець з електрогосподарства. Його завдання – забезпечити безперебійну роботу електроустановок, стежити за їх технічним станом, організовувати ремонт та обслуговування, а також навчати персонал правилам електробезпеки; вжиття заходів для економії електроенергії та підвищення коефіцієнта потужності; встановлення нового обладнання для підвищення продуктивності; своєчасне проведення планово-попереджувальних ремонтів; складання графіків навантажень, облік електроенергії, підготовку звітів і виконання вимог органів державного нагляду; здійснення контролю; організацію підготовки, навчання та перевірки знань ремонтного персоналу.

При призначенні на самостійну посаду, переведенні на іншу роботу або після відпустки тривалістю шість місяців і більше персонал, що обслуговує електроустановки, повинен пройти навчання на робочому місці у строки, визначені адміністрацією (головним інженером з електрогосподарства).

Програма навчання має забезпечити здобуття виробничих навичок, вивчення правил експлуатації електроустановок споживачів та правил техніки безпеки відповідно до специфіки виконуваних робіт.

Для забезпечення безпечної експлуатації електроустановок, працівники регулярно проходять перевірку знань. Особи, відповідальні за електровипробувальні лабораторії та пов'язані з електромонтажними роботами, проходять перевірку щорічно. Інші працівники – раз на три роки. Обслуговуючий персонал повинен пройти спеціальне навчання, скласти іспит та отримати відповідну групу з техніки безпеки для допуску до електромонтажних робіт.

Для допуску до електромонтажних робіт та обслуговування технологічних електроустановок, працівники повинні пройти спеціальне навчання, успішно скласти іспит, що підтверджує їх знання з електробезпеки, та отримати відповідну кваліфікаційну групу.

2.6. Об'єм і норми прийомо-здавальних і профілактичних випробувань електрообладнання

Випробування обладнання. З метою зниження ймовірності аварійного виходу з ладу електрообладнання, підвищення загальної надійності обладнання та забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу, обладнання, що запускається, реконфігурується або ремонтується, повинно піддаватися приймально-здавальним випробуванням відповідно до ПУЕ. Пошкодження ізоляції елементів установки або несправність заземлюючих пристроїв і обладнання, призначених для захисту від короткого замикання, можуть призвести до виходу з ладу електрообладнання, пожежі або електротравми. Тому випробування електрообладнання слід проводити і в профілактичних цілях.

Для підтвердження відповідності електрообладнання вимогам безпеки проводять комплекс випробувань, серед яких обов'язковими є вимірювання опору ізоляції та випробування ізоляції під високою напругою. Ці процедури

виконуються на етапі монтажу та перед введенням обладнання в експлуатацію. Результати випробувань фіксуються в спеціальних протоколах.

Опір ізоляції силових і освітлювальних кабелів, обмоток електричних машин та інших елементів обладнання вимірюється мегомметром. Значення опору ізоляції визначаються як між різними частинами, що знаходяться під напругою, так і між провідником і землею. Перед вимірюванням корпус мегомметра, особливо між контактами, ретельно очищають від пилу і перевіряють на придатність до використання. При обертанні ручки стрілка повинна зупинитися на позначці «□» на шкалі «MΩ», а при замиканні клем «L» і «земля» - на позначці «0» на тій же шкалі. Якщо відхилення стрілки від зазначеної позначки перевищує відстань, що відповідає основній похибці приладу (від 0,8 до 1 мм), прилад не можна використовувати. Кабелі, до яких підключається прилад, повинні мати хорошу ізоляцію. Не можна використовувати дроти в оплітці, оскільки вони схильні до впливу вологи. [6]

Для оцінки стану ізоляції та виявлення прихованих пошкоджень проводять спеціальні випробування під підвищеною напругою. Це дозволяє переконатися, що ізоляція здатна витримувати робочу напругу протягом тривалого часу. Для цього використовується випробувальне обладнання, таке як трифазний автотрансформатор або індукційний регулятор з вихідною напругою не менше 300 В. Для вихідної напруги 0 ... 250 В для вихідної напруги 0 можна також використовувати три однофазних автотрансформатора з вихідною напругою 250 В. [3]

В якості альтернативи випробуванню ізоляції напругою 1000 В допускається попереднє вимірювання опору ізоляції мегомметром напругою 2500 В. При недотриманні нормованих значень опору проводиться повторне випробування напругою 1000 В.

Висновок.

Умовою, що дозволяє скоротити простої обладнання та мереж на ремонт і обслуговування і значно підвищити продуктивність праці ремонтно-обслуговуючого персоналу, є підготовка матеріалів до роботи. Завдання полягає в тому, щоб своєчасно (до початку робіт) закупити необхідні матеріали, запасні частини і покупні вироби в необхідних кількостях.

Як показує практика, зусилля, витрачені інженерами на розробку і оформлення технічної документації, багаторазово окупаються зниженням трудовитрат і скороченням часу простою обладнання.

РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ РЕМОНТНО-ОБСЛУГОВУЮЧОЇ БАЗИ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

3.1 Аналіз існуючої обслуговувальної служби

Насамперед потрібно проаналізувати наявну систему технічного обслуговування ферми та виявити слабкі місця:

- 1) Застаріле випробувальне, монтажне та вимірювальне обладнання та інструменти.
- 2) Кількість, якість та доступність запасних частин та ремонтних запасів.
- 3) Рівень кваліфікації персоналу.

Об'єктивна оцінка місць обслуговування і персоналу дозволяє більш точно визначити потенційний термін служби обладнання і порівняти його з заявленим виробником.

У цьому розділі представлено різноманітні варіанти проектів, які дозволять підвищити ефективність роботи ремонтно-обслуговуючих підприємств.

3.2. Обґрунтування та створення проекту бази технічної підтримки та обслуговування електротехнічного обладнання

Науково-дослідні інститути створили докладні інструкції щодо технічного обслуговування електрообладнання. Деякі з цих рекомендацій впроваджені в промисловість.

Застосування економічних розрахунків дозволяє енергоремонтним службам обирати найбільш раціональні та ефективні форми організації праці, а також використовувати передові технологічні процеси в межах встановлених обмежень та з урахуванням доступних ресурсів (обладнання, виробничих площ, персоналу, матеріалів, заробітної плати тощо) для виконання своїх функцій. Широке застосування різних форм економічного стимулювання працівників дає

можливість виявити і використати резерви підвищення продуктивності праці, забезпечення ефективності, поліпшення якості технічного обслуговування і ремонту, підвищення безпеки виробничих фондів підприємства.

При вивченні розвитку систем ремонту обладнання на промислових підприємствах, необхідно окремо відстежувати розвиток досвіду і практики технічного обслуговування і ремонту на енергетичних підприємствах.

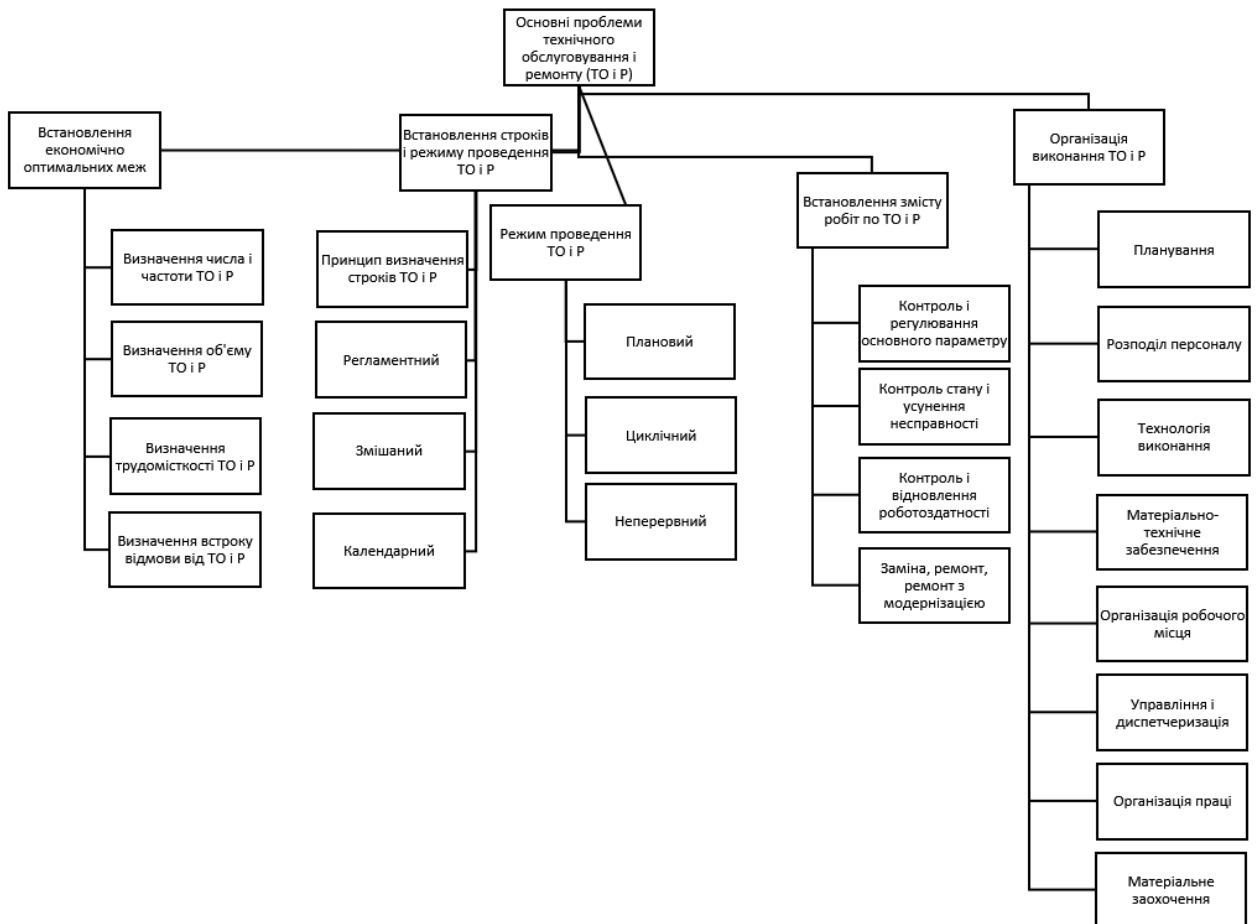


Рис. 3.2.1 – Чинники, що обумовлюють труднощі в підтримці обладнання.

1. Основна задача оптимізації $C(L_0) = \min C(L)$; (1.1)

$$Q_j(L) \Leftrightarrow Q_{3j}, j = 1, 2, \dots, m, (1.2)$$

де L – множина допустимих рішень:

$$L = (l_1, l_2, \dots, l_n);$$

$C(L)$ – Витрати на утримання системи технічного обслуговування та ремонту і відповідають рішенню L ;

L_0 – Найкраще рішення з точки зору цільової функції

(1.1) і задовольняє m обмежень (1.2); $Q_j(L)$ - значення j -ї властивості ефективності обладнання або характеристики системи ТО і Р; Q_{3j} - задане значення j -ї властивості ефективності обладнання або системи ТО і Р.

Як випливає з (1.1) і (1.2), така постановка задачі побудови системи ТО і Р вибирає з множини L допустимих рішень рішення, яке мінімізує вартість обраного типу і задовольняє заданим обмеженням. Функцію $G(L)$ можна розглядати як витрати праці, коштів або заходів, зумовлені непрацездатністю обладнання у зв'язку з реалізацією заходів системи ТО і Р для усунення наслідків несправності протягом розглянутого періоду експлуатації. [3]

Ліміти $Q_j(L)$ можуть включати інші показники, пов'язані з ремонтпридатністю, експлуатаційними характеристиками, витратами часу на певні профілактичні заходи, трудовими ресурсами, коштами, вартістю запасного інструменту та приладдя, кількістю та кваліфікацією спеціалістів, технічним оснащенням організації чи підприємства, що виконує технічне обслуговування та ремонт.

1. Зворотне завдання оптимізації

$$C(L_0) = \max C(L); \quad (1.3)$$

$$C_j(L) \Leftrightarrow C_{3j}, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (1.4)$$

У цій постановці задачі необхідно знайти рішення L_0 , яке максимізує показник ефективності $Q(L)$ і задовольняє обмеження на вартість $C_j(L)$. Як і в задачі прямої оптимізації, $Q(L)$ може, наприклад, представляти характеристики ефективності, надійності та терміну служби обладнання. Тип задачі оптимізації, цільова функція і тип обмежень залежать від конкретних умов.

Складнощі розв'язання задачі оптимізації полягають у встановленні аналітичних зв'язків між цільовими критеріями (1.1) та (1.3) і умовами, що накладаються на систему. (1.2) і (1.4). Характер цих залежностей визначає вибір математичного

апарату для розв'язання задачі. Незважаючи на теоретичну можливість сформулювати розв'язок задачі оптимізації систем технічного обслуговування та ремонту, практична реалізація таких рішень в умовах промислових підприємств стикається з низкою перешкод, що роблять їх недоступними для більшості підприємств.

Висновок.

Слід зазначити, що такий підхід до вирішення проблем технічного обслуговування і ремонту дозволяє по-новому і більш глибоко поглянути на прийняту систему технічного обслуговування і ремонту основних виробничих фондів підприємства. Слід також зазначити, що використання математичних моделей і електронних калькуляторів для вирішення завдань систем ТОіР (без використання електронних калькуляторів було б практично неможливо вирішити наведений вище приклад) є обґрунтованим кроком до підвищення ефективності та якості обслуговування і експлуатації вузлів і агрегатів в цілому. Слід зазначити наступне.

РОЗДІЛ 4. ПЕРЕВІРКА ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ АПАРАТУ

4.1 Загальна характеристика досліджень

Дослідження науково-популярної літератури виявило критичну потребу в глибокому науковому аналізі контактних з'єднань автоматичних вимикачів.

Їхній вплив на появу несправностей є значним і становить 18%.

Враховуючи, що мідь широко використовується в контактних з'єднаннях, розуміння процесів окислення є ключовим для забезпечення їх надійної роботи.

«Як відомо, всі метали при впливі на них кисню повітря покриваються плівкою окислу. Товщина цієї плівки залежить від матеріалу контактних деталей, часу окислення, температури навколишнього середовища, наявності у повітрі вологості, а також від інших факторів, що прискорюють або уповільнюють процес окислення. Наявність плівки окислу на поверхні контактуючих деталей дуже сильно впливає на величину перехідного опору, яка може збільшуватись при цьому в сотні разів.

В таблиці 4.1.1 Наведено порівняння значень перехідного опору різних контактних матеріалів до та після окислення за температури 35⁰С.

Таблиця 4.1.1

Матеріали контактів	Тривалість окислення, діб	Коефіцієнт α		У скільки раз перехідний опір збільшився в результаті окислення
		до окислення	після окислення	
Мідь	2	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$180 \cdot 10^{-4}$	164
Олово	12	$1,56 \cdot 10^{-4}$	$110 \cdot 10^{-4}$	77
Срібло	100	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$11 \cdot 10^{-4}$	22

Як видно з таблиці, під впливом окислення найбільше зростає перехідний опір мідних контактів: більш ніж у 150 разів через 2 дні. Найбільш стійким до окислення є срібло: через 100 днів його перехідний опір зростає лише в 22 рази.

Таке швидке збільшення перехідного опору контактних з'єднань з міддю не можна допускати. Тому вживаються різні заходи для запобігання окисленню контактних поверхонь.

Для забезпечення надійного контакту деталі часто покривають шаром олова, кадмію або срібла. Якщо таке покриття неможливе, використовують технічний вазелін.

Для відкритих контактів, призначених для пропускання струму і безперервної роботи, найкраще використовувати контакти зі срібла або металокераміки на основі срібла. У разі використання мідних або інших контактів, що швидко окислюються, кінематична конструкція контактних елементів дозволяє контактним поверхням ковзати одна проти одної під час контакту, а оксидна плівка стирається кожного разу при розмиканні контакту.

Для моніторингу стану контактів (струмопровідних частин) під час роботи обладнання можна вимірювати температуру нагрівання контактного з'єднання за допомогою інфрачервоної термографії, лазерів, інфрачервоних термометрів або біметалевих ізоляційних щупів (для найбільш точного вимірювання необхідно короткочасно натиснути на точку вимірювання).

4.2. Способи вимірювання температури контактних з'єднань

Технологія інфрачервоної термографії значно розвинулася за останні роки. Сьогодні невеликі ручні інфрачервоні камери, такі як показана на рис. 4.2.1, дозволяють користувачам швидко отримувати більш точні показники температури, просто наводячи їх на об'єкт. Програмне забезпечення зазвичай надає кольорове підсвічене зображення, щоб користувач міг легко визначити, що його цікавить, а що ні.



Рис. 4.2.1. – Застосування тепловізора

Важливо, щоб під час тестування система була під навантаженням. Тепловий моніторинг слід проводити при найвищому навантаженні або при навантаженні не менше 40 відсотків (відповідно до NFPA 70B). Тепловтрати через нещільні з'єднання збільшуються пропорційно квадрату навантаження, і чим вище навантаження, тим легше знайти окислені контакти.

При проведенні вимірювань поза приміщеннями слід враховувати вплив вітру та інших рухів повітря, що можуть призвести до додаткового охолодження досліджуваних об'єктів.

Для отримання точних результатів термографічних вимірювань необхідно враховувати матеріал контактних з'єднань. Емісійність матеріалу, тобто його здатність випромінювати інфрачервоне випромінювання, є важливим параметром, який необхідно встановити перед проведенням вимірювань та задати в налаштуваннях термографічної камери.

Оскільки тепловтрати призводять до значних енергетичних витрат підприємства, дослідження в цій галузі є ключовим етапом при проведенні діагностики, технічного обслуговування та ремонтного обладнання.

4.3. Забезпечення захисних функцій та експлуатаційні вимоги

Ці технічні вимоги стосуються автоматичних вимикачів, призначених для комутації електричних кіл у нормальних і аварійних режимах, а також для виконання циклів АПВ у трифазних мережах змінного струму частотою 50 Гц з номінальною напругою від 6 до 110 кВ.

Встановлювані вимикачі повинні відповідати таким технічним характеристикам:

- Забезпечувати тривалий термін експлуатації з мінімальними витратами на обслуговування;
- Мати конструкцію, яка є простою в ремонті, з економічно вигідними витратами на ремонтні роботи;
- Конструктивне з'єднання між полюсами вимикача — три полюси розташовані на загальній основі з фіксованою відстанню між ними.

Вимикачі можуть мати конструкцію з функціонально залежними полюсами (загальний привід на три полюси) або, для моделей з напругою 6-10 кВ, з функціонально незалежними полюсами.

Тип приводу:

- Пружинний (з пружинним двигуном). Конструкція пружинних приводів повинна включати механізм, який забезпечує:
 - можливість повторного розмикання;
 - захист від переміщення контактів вимикача з відключеного положення у разі, якщо пружина приводу не повністю заведена.

У разі тимчасового відключення живлення приводу запас енергії в пружинах має бути достатнім для виконання циклу «замикання-відмикання-замикання». Має бути передбачена можливість ручного заведення пружини.

- Електромагнітні приводи.

Незалежно від типу приводу, необхідно забезпечити можливість розмикання та замикання вимикача навіть за відсутності робочого струму.

Використання заземлювача або роз'єднувача, вбудованого у вимикач 35/110 кВ, дозволяється лише за умови можливості візуальної перевірки його положення [4].

Вимикачі повинні бути обладнані візуальними індикаторами, що показують положення контактів (відкриті або замкнуті) і рівень заряду пружини приводу. Сталеві частини, які піддаються впливу кліматичних та природних факторів, повинні бути захищені методом гарячого цинкування. В інших питаннях, не зазначених у цьому документі, вимикач повинен відповідати чинним законодавчим вимогам.

Комплект поставки

До комплекту запасних частин для кожного вимикача мають входити котушки для вмикання та вимикання. Для забезпечення безпечної та ефективної експлуатації елегазових вимикачів кожна партія повинна містити портативний датчик витoku газу, манометр для вимірювання густини, вторинний вимикач, підігрівач та комплект для заправки.

Вимикачі на напругу 6, 10 і 35 кВ

Вакуумні вимикачі застосовуються на напругу 6, 10 і 35 кВ.

Вимикачі на 6 кВ та 10 кВ повинні витримувати щонайменше 50 000 механічних циклів увімкнення/вимкнення та 100 циклів відключення при номінальному струмі короткого замикання.

Для вимикачів на 35 кВ механічний ресурс повинен становити не менше 30 000 циклів відключень, а ресурс роботи при допустимому струмі короткого замикання — не менше 25 циклів. Вимикачі призначені для застосування в системах електропостачання з ізольованою нейтраллю.

Електромагнітний привід має бути оснащений пристроєм для керування процесами вмикання/вимикання через спеціальний пусковий механізм (наприклад, батарею конденсаторів) замість безпосереднього підключення електромагніта до мережі робочого струму. Максимальний струм вимикання автоматичного вимикача не повинен перевищувати 3 А.

Привід зовнішніх автоматичних вимикачів має бути встановлений так, щоб обслуговування можна було виконувати без роз'єднання ланцюга автоматичного вимикача. Нагрівальні елементи у полюсах автоматичного вимикача не допускаються. У разі заміни нагрівальних елементів автоматичний вимикач має бути демонтований для ремонту.

Довжина шляху витoku по внутрішніх поверхнях опорних ізоляторів і тягових пристроїв вимикача повинна бути не меншою, ніж довжина шляху витoku по зовнішній поверхні ізолятора.

Вимикачі на напругу 110 кВ

Для напруги 110 кВ слід використовувати елегазові вимикачі колонкового типу з елегазовою ізоляцією. Для підстанцій, розташованих у регіонах із температурами нижче -55°C , рекомендується застосовувати елегазові вимикачі з додатковим контуром обігріву та нагрівальною оболонкою.

Вимикачі на 110 кВ повинні мати механічний ресурс не менше 10 000 циклів перемикавання. Ресурс спрацьовувань має становити не менше 20 циклів при допустимому струмі короткого замикання і не менше 5 000 циклів при робочому струмі, що відповідає номінальному струму вимикача.

Вимикачі мають бути придатні для використання в електричних мережах із заземленою нейтраллю (коефіцієнт витoku 1,4 або менше).

Вимикачі мають бути обладнані пристроєм для контролю тиску газу за стандартних атмосферних умов (температура $+20^{\circ}\text{C}$, тиск 101,3 кПа). Цей пристрій повинен мати допоміжний контакт, який подає попереджувальний

сигнал у разі зниження тиску до аварійного рівня через витік газу, а також замикає автоматичний вимикач при досягненні критичного тиску для відключення. Значення зниженого тиску газу повинні бути зазначені в технічній документації та експлуатаційних інструкціях, зокрема:

- стандартний тиск заповнення;
- тиск, за якого спрацьовує сигналізатор витоку газу (змішаного газу);
- тиск для блокування автоматичного вимикача.

На кожному вимикачі 110 кВ у тих підключеннях, де несправність може спричинити суттєву втрату потужності передачі, слід встановити два електромагніти відключення.

РОЗДІЛ 5. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИПРОБУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ, МЕТОДОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ ВИПРОБУВАНЬ

5.1. Ознайомлення з випробувальним обладнанням.

5.1.1. Апаратна частина

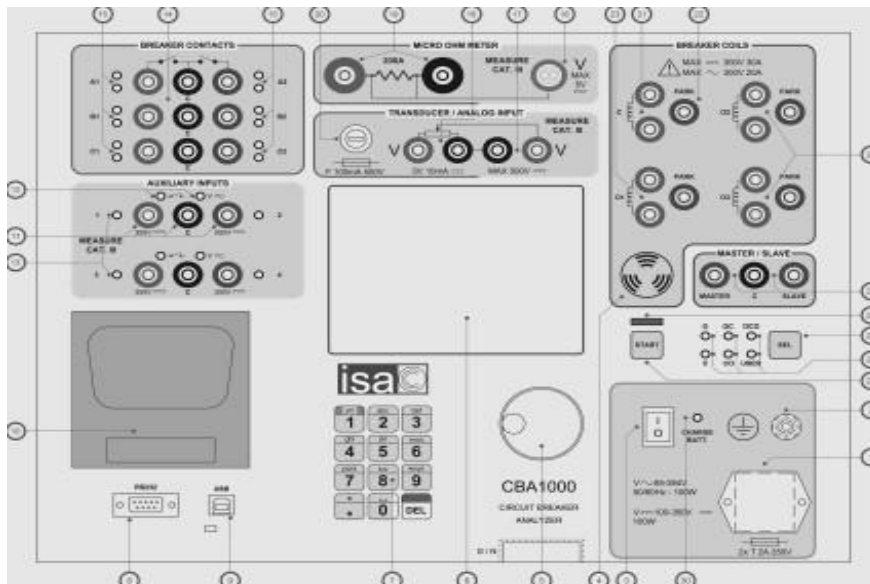
СВА1000 - це аналізатор автоматичних вимикачів і мікроомметр «два в одному».

При використанні як аналізатора вимикачів, пристрій дозволяє проводити автономне тестування характеристик усіх сучасних вимикачів середньої та високої напруги.

У режимі мікроомметра він здатний вимірювати контактний опір контактів вимикача, а також з'єднань та інших компонентів ланцюга. Доступне також динамічне тестування контактної опору, яке фіксує і відображає зміну контактної опору під час замикання контактів.

Тестер СВА 1000 призначений для контролю основних параметрів вимикачів середньої та високої напруги і здатен тестувати масляні, газові та вакуумні вимикачі в трифазному режимі з одним або двома розривами на фазу. Вбудований мікроомметр усуває потребу в окремому вимірювальному пристрої.

Усі схеми розроблені для безпечної роботи в умовах високого рівня шуму на підстанціях середньої та високої напруги. Прилад розміщений у портативному алюмінієвому корпусі зі знімною кришкою і ручкою для зручного транспортування. Нижче представлена передня панель, де розташовані всі компоненти панелі та основні елементи випробувального комплекту.



- 1) Розетка живлення та головний запобіжник, номінал T5A, вбудовані в розетку живлення.
- 2) Розетка заземлення.
- 3) Вимикач живлення, зі світлом.
- 4) Зумер: він повідомляє, що тест ось-ось почнеться.
- 5) Ручка керування MENU, з перемикачем.
- 6) Дисплей: перед тестуванням дозволяє вибрати параметри тесту; після запуску тесту він відображає результати тесту.
- 7) Алфавітно-цифрова клавіатура для введення заголовка тесту.
- 8) Роз'єм послідовного інтерфейсу.
- 9) Інтерфейсний роз'єм USB.
- 10) Розетки допоміжних входів: дві групи по два контакти, ізольовані.
- 12) Допоміжні входи: сухе або вологе освітлення.
- 13) Рівень допоміжних входів: ON = закритий або з напругою.
- 14) Головні контакти вхідні розетки: три фази по дві камери кожна.
- 15) Основні входи світяться: ЗЕЛЕНИЙ = головний вхід ЗАКРИТО; ЧЕРВОНИЙ = головний вхід ВІДКРИТИЙ або резистор попередньої вставки.
- 16) Вхідний роз'єм вимірювання 5 В постійного струму, для схеми мікроомметра.
- 17) Вимірювальні вхідні гнізда для датчиків положення або інших вимірювань.
- 18) Допоміжне живлення 5 В 10 мА для датчика положення.
- 19) Вихідні гнізда високого струму для мікроомметра.
- 20) Запобіжник допоміжного живлення 5 В, F 63 мА 500 В.
- 21) Розетки PARK, не підключені, для безпечного розташування команд котушки.
- 22) Командні розетки ВІДКРИТИ котушки: одна сторона буде підключена до плюса або до мінуса джерела постійного струму. Він запускає фазу 1, якщо є трифазний відкритий варіант.
- 23) Додаткові командні розетки ВІДКРИТИ котушки для фаз 2 і 3: одна сторона буде підключена до плюса або мінуса джерела постійного струму.
- 24) Тип кнопки вибору тесту: при натисканні індикатори (26) рухаються по колу. Якщо не використовується, відображається вибір, здійснений за допомогою ручки (5) і дисплея (6).
- 25) Вибрані тестові лампи. O = відкритий; C = Закрити; OC = відкрити-закрити; CO = закрити-відкрити; OCO = Відкрити - Закрити - Відкрити; USER = запрограмована послідовність тестів.
- 26) Кнопка СТАРТ тесту: при натисканні запускається вибраний тест.
- 27) Індикатори виконання тесту: вони увімкнені, доки тест не буде завершено. Коли увімкнено, подальша команда START не приймається.

Рис. 5.1.1. – Зображення робочої панелі виводів та керування пристроєм

Перегляд

Цей вибір дозволяє вибрати, які канали відобразатимуться на екрані, мінімізуючи кількість доріжок. На додаток до цього вибору, дисплей налаштовується для того, щоб результати тесту було легше бачити. Натискання на «Перегляд» відкриває наступне вікно.

У лівій частині екрана відображається ваш вибір.

Значення головної контактної лінії:

Тонка лінія = контакт відкритий;

Товста лінія = контакт замкнутий; - Товста лінія = контакт розімкнутий; - Товста лінія = контакт замкнутий. Найтовстіша лінія = контакт замкнутий.

Допоміжні лінії: тонка лінія = контакт розімкнений; найтовстіша лінія = контакт замкнений.

Наступний рядок - профіль струму котушки; якщо опція встановлена, то чотири рядки.

Базою часу є час тесту зі шкалою, що відповідає тривалості тесту.

Параметр тригера.

Цей вибір визначає базу вимірювання часу. Натисніть на нього, і з'явиться наступне вікно

Якщо вибрано «Струм котушки», час вимірюється відносно першого виявленого струму котушки, незалежно від того, увімкнена вона чи вимкнена в послідовності тесту. У наступному вікні можна вибрати поріг струму котушки у відсотках від 1% до 30% від обраного діапазону струму, що відображається на екрані: Діапазон котушки вибирається в «Аналоговий канал/Налаштування котушки».

Цей вибір використовувався в минулому, коли приводи котушок виготовлялися з релейних контактів, що відскакують, де точно вимірювання часу

було складним і дозволяло порівнювати з попередніми результатами тестування. Зміна порогового значення струму також змінює результати хронометражу, оскільки індуктивність котушки уповільнює наростання струму. Вибір «Внутрішнє спрацьовування» є кращим в СВА1000, оскільки управління котушкою електронне, тому фронт напруги крутий і немає віддачі. Різниця між цими двома виборами становить приблизно 1% мс.

Якщо вибрано «внутрішнє спрацьовування», вимірювання часу починається, коли схема керування подає першу команду «Увімкнути або вимкнути» на котушку.

Якщо вибрано «вибір скидання команди котушки», вимірювання часу починається, коли команда «Відкрити» або «Закрити» зникає.

Аналоговий вхід. Якщо вибрано «Аналоговий вхід», вимірювання часу починається, коли рівень аналогового входу перевищує вибраний поріг (вищий або нижчий). Поріг аналогового входу можна вибрати у наступному вікні:

«Зовнішнє спрацьовування на веденому вході». Цей тестовий набір має один головний вихід і один підлеглий вхід (29), що дозволяє синхронізувати до чотирьох СВА1000 (1 головний, 3 підлеглі). У цьому режимі один СВА1000 діє як ведучий, а вихід ведучого з'єднаний з усіма іншими пристроями, вибраними як ведені. Коли ведучий пристрій ініціює тест, всі інші ведені пристрої вимірюють синхронізацію ведучого, допоміжних і аналогових входів, але не генерують сигнали керування котушками. Ця функція дозволяє тестувати вимикачі з більш ніж двома камерами на фазу, тестувати більш ніж чотири допоміжні входи та кілька аналогових входів одночасно.

Якщо вибрано «Допоміжний вхід», вимірювання часу запускається, коли вибраний допоміжний вхід вмикається або змінює стан. Запуск також може бути виконаний на логічних комбінаціях допоміжних входів. Вибір здійснюється у наступному вікні.

Якщо оператор виконує команду SEL, коли це вікно відкрите, вибір повторюється.

Цей вибір корисний, коли

Визначення відкритих команд, визначення тестових послідовностей, коли доступна опція 4-котушкового приводу.

Якщо вибрано «Увімкнути», CBA1000 видає команду «Увімкнути» і зберігає час відповідно до інших вибраних параметрів; якщо використовуються чотири котушки, запускається вибрана фаза розімкнутої котушки.

Якщо вибрано «Однофазний цикл», в серії команд увімкнення перша команда увімкнення подається на фазу А, наступна команда увімкнення подається на фазу В і наступна команда увімкнення подається на фазу С. Цей цикл повторюється для наступних команд увімкнення. Якщо вибрано «Двофазний цикл», у серії команд увімкнення перша команда увімкнення подається на фази А і В, наступна команда увімкнення подається на фази В і С, а наступна команда увімкнення подається на фази С і А. Цей цикл повторюється з наступною командою «Відкрити».

Якщо вибрано параметр «Цикл для всіх», він міститиме послідовність команд «Відкрити»: фаза А, фаза В, фаза С, фаза АВ, фаза ВС, фаза СА, фаза АВС. Цикл повторюється з наступною командою Open.

Послідовність дозволяє користувачеві редагувати бажану послідовність тесту. Це дозволяє користувачеві:

Видайте послідовність команд «Відкрити» та «Закрити»: можна запрограмувати до 200 команд. За допомогою цього вибору можна запрограмувати затримку між командами ОС: діапазон затримки від 30 до 999 с. У разі чотирьох котушок запрограмуйте будь-яку серію команд Open; . Запрограмуйте послідовність СОС.

Імітаційні випробування проводяться без допоміжної напруги.

Час затримки і тривалість встановлюються незалежно для кожного циклу. Ці значення не залежать від значень, вибраних для окремого тесту.

Користувач повинен подбати про те, щоб визначити правильну послідовність з точки зору часу і послідовності вмикання/вимикання; команди Додати і Видалити допомагають організувати послідовність тестів. Вибір затримки повинен бути встановлений між цими двома командами: Зауважте, що СВ не можна контролювати протягом періодів, коротших за 30 секунд.

Команда Параметри запису відкриває наступне вікно.

Перший вибір призводить до безперервного запису, включаючи затримки між тестами. Цей вибір слід використовувати лише для коротких тестів: довгі затримки зменшують роздільну здатність дисплея і точність вимірювання часу.

При другому виборі запис виконується з найвищою роздільною здатністю, зокрема, за допомогою команди «Відкрити» або «Закрити».

Параметри запису.

Цей вибір визначає спосіб запису результатів тесту: натисніть, щоб відкрити наступне вікно.

Визначення часу відображаються при натисканні на «Chart HELP». Як видно з визначення часу, команда «Закрити» може бути накладена на команду «Відкрити».

Час «Попереднього запуску» дійсний лише на початку тесту (або послідовності).

Він застосовується лише до початку тесту (або послідовності).

Час запису «включає всі затримки». Pre-Trigger «+» OS Delay «+» CO Delay «+» СВ timings «має бути більшим за “+” СВ timings, щоб значна частина тесту не була втрачена. З іншого боку, воно не повинно бути занадто великим, оскільки визначає розмір результатів тесту, тобто кількість результатів тесту, які можуть

бути збережені в пам'яті. Натисніть на графічну підказку, і наступне вікно пояснить визначення термінів.

Виберіть два записи. У цьому режимі вимірювання виконується в два етапи, розділені паузою. Можна запрограмувати час першого запису, час паузи і час другого запису. У цьому режимі струм котушки та аналогові входи не контролюються. Встановлення прапорця змінює вікно вибору.

Налаштування основного та допоміжного каналів.

Цей вибір визначає канали, які будуть контролюватися і записуватися: натисніть, щоб відкрити наступне вікно.

У першому наборі параметрів для контактів СВ ви можете вибрати, які контакти слід контролювати: «A1 тільки для попередніх тестів»; «A1 B1 C1» для однокамерних СВ; «Всі» для 2-камерних СВ. Ви також можете вибрати перевірку резисторів перед встановленням.

У другому і третьому наборах вибору ви можете увімкнути і позначити елементи керування допоміжними входами, а також вибрати, чи є контакти вологими або сухими: A1-A2 можуть відрізнятися від A3-A4.

Налаштування аналогового каналу / котушок

Цей набір параметрів визначає параметри аналогового каналу та струми котушок, які потрібно контролювати та реєструвати. Перший набір параметрів дозволяє окремо визначити діапазон струмів замкненої та розімкненої котушки.

Вибране значення має бути більшим за номінальний струм котушки. В іншому випадку запис у вибраному діапазоні значень блокується (насичується) і пікові струми не можуть бути виміряні. Однак неправильний вибір не призводить до пошкодження вимірювального кола.

Для аналогових каналів встановлення прапорця відобразить нижню частину екрана, як показано нижче.

Якщо вибрано «Аналоговий вхід», канал підключається до будь-якого джерела, відмінного від датчика руху або тиску (наприклад, допоміжна напруга, напруга двигуна, струм двигуна і т.д.). Після цього вибору відображається наступний екран. [10]

Ви можете позначити вхід і вибрати діапазон напруги, який повинен бути більшим за номінальний струм котушки. В іншому випадку реєстр буде відсікатися (насичуватися) на значенні у вибраному діапазоні і реальне вимірювання буде неможливим. Однак, неправильний вибір не призведе до пошкодження вимірювальної схеми.

Вибір «Перетворювач ходу» означає, що канал підключається до датчика ходу і вхідна напруга перетворюється в величину ходу, швидкості або прискорення. Програма враховує, що початок ходу не є 0 В, а кінець ходу не є напругою, що подається на датчик.

Після цього вибору з'явиться наступне вікно.

Ви повинні вибрати одиницю виміру і ввести відрізок, що відповідає максимальному переміщенню датчика. Після цього програма запропонує вам увімкнути (або вимкнути) СВ і відобразить положення увімкнення/вимкнення та відповідну смужку.

Якщо відмічено «Використовувати 5В допоміжний генератор для датчика руху», датчик необхідно підключити до вихідного роз'єму 5В.

«Датчик тиску» означає, що якщо до каналу підключено датчик тиску і вхідна напруга дорівнює нулю, бажано перетворити вхідну напругу в тиск, враховуючи, що тиск може відрізнитися від нуля. Після цього вибору з'являється наступне вікно.

Ви можете позначити датчик, вибрати одиницю виміру, тиск при 0 В і константу датчика В/тиск. Ці параметри забезпечують відображення на екрані фактичного тиску.

Вибір «Струмовий затискач» призначений для вимірювання струму за допомогою трансформатора, який видає напругу з коефіцієнтом, що програмується в наступному вікні.

Тест мікроомметра.

При натисканні на цю опцію з'являється наступне вікно.

«Тест статичного опору» вибирається, коли СВА1000 підключено до тестового зразка для вимірювання його опору. Об'єктом для вимірювання є з'єднання або головний контакт. Опір головних контактів вимірюється в замкнутому стані.

Виберіть «Динамічний тест опору», щоб записати опір головних контактів, коли вимикач замкнутий. Увімкніть СВ перед початком тесту: СВА1000 подає команду «Замкнути». Коли контакт замикається, через нього протікає тестовий струм, і СВА1000 вимірює зміну опору контакту під час замикання. Значення контактного опору менш точні, ніж наведені вище вимірювання, але фактична поведінка контакту при замиканні надає додаткову інформацію.

При виборі «Випробування статичного опору» відкривається наступне вікно

При виборі «Номінальний випробувальний струм» встановлюється діапазон вимірювання опору, а також випробувальний струм: 200 А для діапазону 1 мОм, 80 А для діапазону 10 мОм і 25 А для діапазону 100 мОм.

Залежно від вибору «Режиму тестування» можна виконати одне вимірювання або послідовно виміряти опір усіх контактів вимикача; вибір «Випробування на фазі вимикача» дозволяє вказати фазу АВ і контакти, які потрібно перевірити. Якщо вибрано «Одиночний тест», відобразиться наступний екран.

Якщо вибрано «Динамічний тест опору», відображається наступний екран.

Як зазначено вище, якщо вибрано «Номінальний тестовий струм», встановлюється тестовий струм і діапазон вимірювання опору: 200 А для діапазону 1 мОм, 80 А для діапазону 10 мОм і 25 А для діапазону 100 мОм. Після вибору струму відображається відповідний діапазон опору; зверніть увагу, що діапазон 1 мОм є типовим.

Як зазначено вище, вибір «Режим тестування» дозволяє виконати одне вимірювання або послідовно виміряти опір усіх контактів вимикача; вибір «Випробування на фазі вимикача» дозволяє вказати фазу АВ і контакти, які потрібно перевірити. Результати тестування відображаються у зведеній таблиці.

Вибір опції «Показати графік» дозволяє відобразити результати тестування у вигляді графіка залежності опору від часу.

5.1.2. Програмне забезпечення TDMS

TDMS – це потужний застосунок, що забезпечує управління даними в ході проведення прийомоздавальних і експлуатаційних випробувань. Технічні характеристики високовольтних вимикачів і результати їх випробувань зберігаються для наступного аналізу в базі даних TDMS.

Функціональні особливості ПЗ TDMS:

- керування всім функціоналом СВА 1000 з ПК;
- завантаження планів випробувань;
- експорт результатів випробувань на ПК;
- перегляд, редагування, друк і експорт результатів випробувань.

Можливість суміщення декількох результатів випробувань для порівняння за допомогою двох курсорів;

- створення планів випробувань і їх наступних завантажень в СВА 1000;
- масштабування результатів для кращого аналізу;

- розширені можливості вимірювань при контролі переміщення, швидкості і прискорення контактів вимикача.

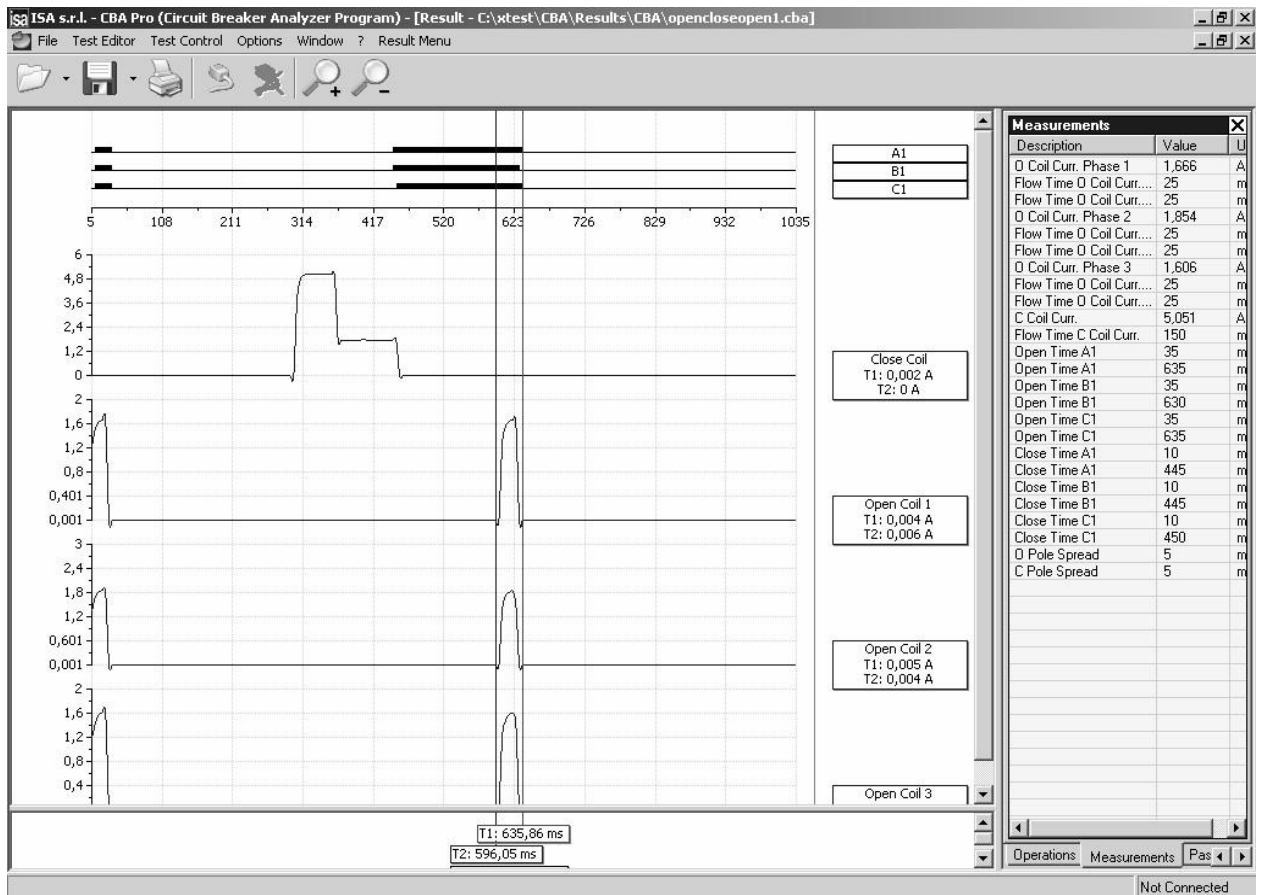


Рис. 5.1.2. – Візуальне відображення інтерфейсу користувача ПЗ

5.2. Технічні характеристики випробувального апарату

Управління електромагнітами ВКЛ/ВИКЛ

- кількість каналів керування електромагнітами (ЕМ):
 - 1 ЕМ ВКЛ і 1 ЕМ ВИКЛ;
- тип керування: електронний, що забезпечує кращий контроль часових характеристик;
 - максимальна напруга: 300 В постійного струму;
 - максимальний струм: 30 А постійного струму;
 - погрішність вимірювань часу: 0,025% вим.знач. +100 мкс;

- у випадку комплектації чотирма каналами керування ЕМ доступна можливість пофазного відключення вимикача;
- вимірювання струму ЕМ – по одному на канал з можливістю відображення форми сигналу;
- діапазони вимірювань струму ЕМ: 2,5; 10 і 25 А;
- погрішність вимірювань струму ЕМ: 0,5 зм. знач. + 0,1 діап.;
- всі виходи ізолювані один від одного.

Контроль основних контактів

- основних контактів (розриви на фазу) з можливістю перевірки контактів з шунтуючими резисторами;
- діапазом опору шунтуючих резисторів: 25 Ом – 10 кОм;
- випробувальна напруга: 24 В;
- випробувальний струм: 50 мА;
- всі виходи ізолювані один від одного.

Контроль допоміжних контактів

- 4 допоміжних контакти (розділених на 2 групи по два входи в кожен);
- можливість перевірки «сухих» контактів (24 В) або контактів під напругою (20 – 300 В) при випробувальному струмі 2 мА.

Частота дискретизації

20 кГц – 10 кГц – 5 кГц – 2 кГц – 1 кГц – 500 Гц – 200 Гц – 100 Гц, 50 Гц, 20 Гц по вибору оператора.

Погрішність вимірювання часу

100 мкс \pm 0,025% від діапазону при частоті 20 кГц.

Тривалість запису

1000 с.

Аналогові входи

- кількість аналогових входів: 4
- 2 для вимірювання струмів ЕМ ВКЛ/ВИКЛ;
- 1 для вимірювання опору в статичному і динамічному режимах, вхідна напруга ± 5 В;
- 1 для контролю робочого ходу і швидкості контактів, вимірювання напруги АКБ підстанції і т.д., діапазони вхідної напруги ± 5 ; ± 50 ; ± 500 В, по вибору оператора;
- роздільна здатність при вимірювання: 16 біт;
- аналогові входи ізольовані по відношенню до решти всіх ланцюгів.

Вимірювання статичного/динамічного опору контактів 200 А

- випробувальний струм: 20, 100, 200 А постійного струму;
- діапазони вимірювання опору: 200 мкОм, 1 мОм, 10 мОм або 100 мОм по вибору оператора;
- роздільна здатність: 0,1 мкОм, 1 мкОм, 10 мкОм, 100 мкОм;
- погрішність вимірювання опору: 1% вим. знач. $\pm 0,2\%$ діапазону.

Внутрішня пам'ять

Об'єм внутрішньої пам'яті становить 128 Мб або 250 результатів.

Інші характеристики

СВА 1000 може працювати як від мережі (змінного або постійного струму), так і від внутрішньої батареї:

- параметри живлення:
 - від 85 до 265 В змінного струму, 50-60 Гц;
 - від 100 до 350 В постійного струму;
- тип внутрішньої батареї: NiMh;
- корпус виконаний з алюмінію з відкидною знімною кришкою і ручкою для транспортування;
- габарити: 400 x 300 x 240 мм;
- маса: 10 кг.

5.3. Характеристика ходу випробувань

Крива переміщення показує поточне положення силового вимикача під час його роботи. Вона надає важливу інформацію, зокрема про повний хід, наявність брязкоту, довжину переміщення та положення рухомих контактів тощо

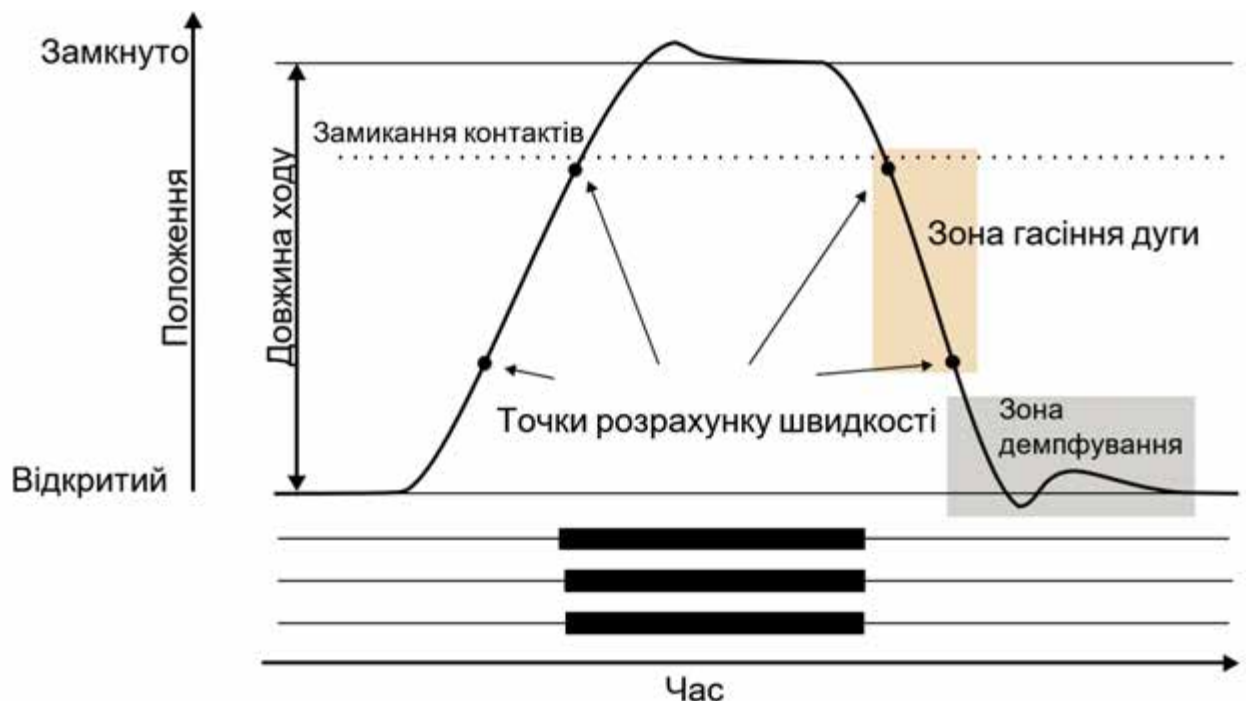


Рис. 5.3.1 – Досліджувана часо-струмова характеристика

5.4. Схема керування процесом випробувань

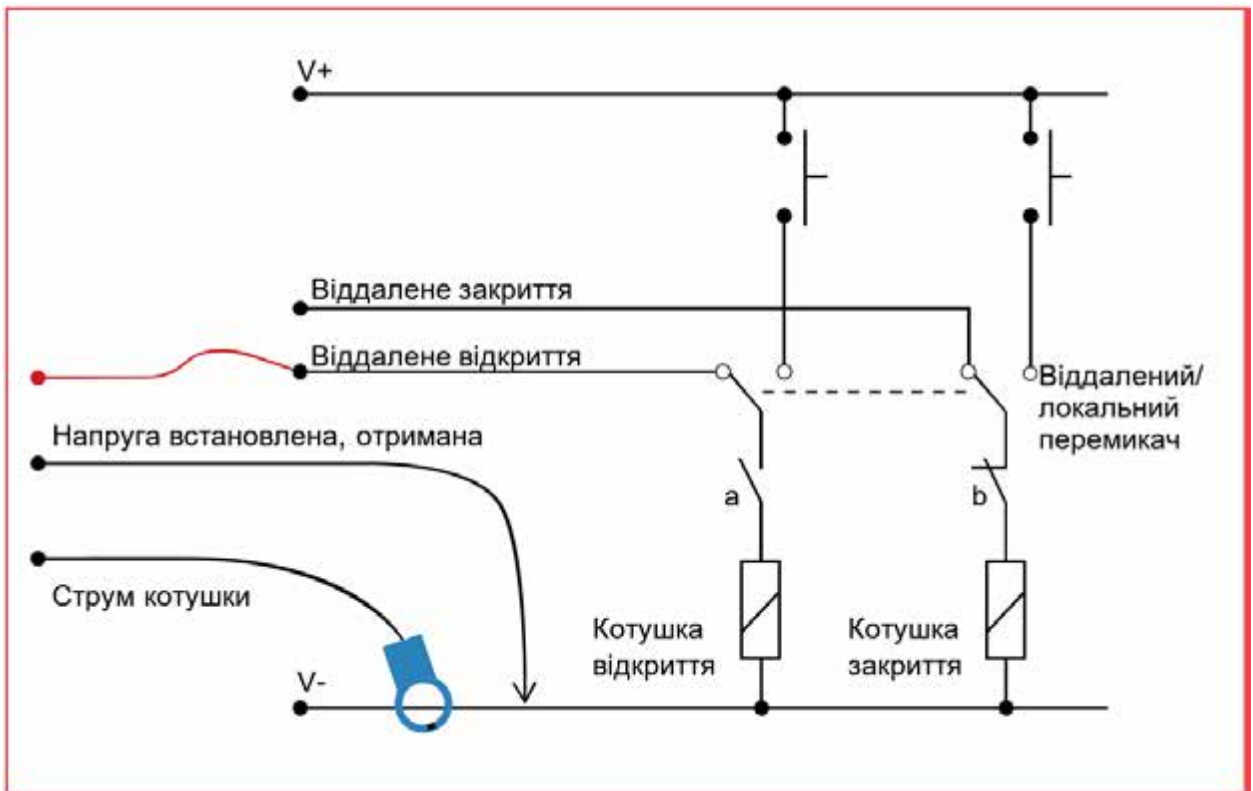


Рис. 5.4.1 – Схема керування і зняття показників випробування

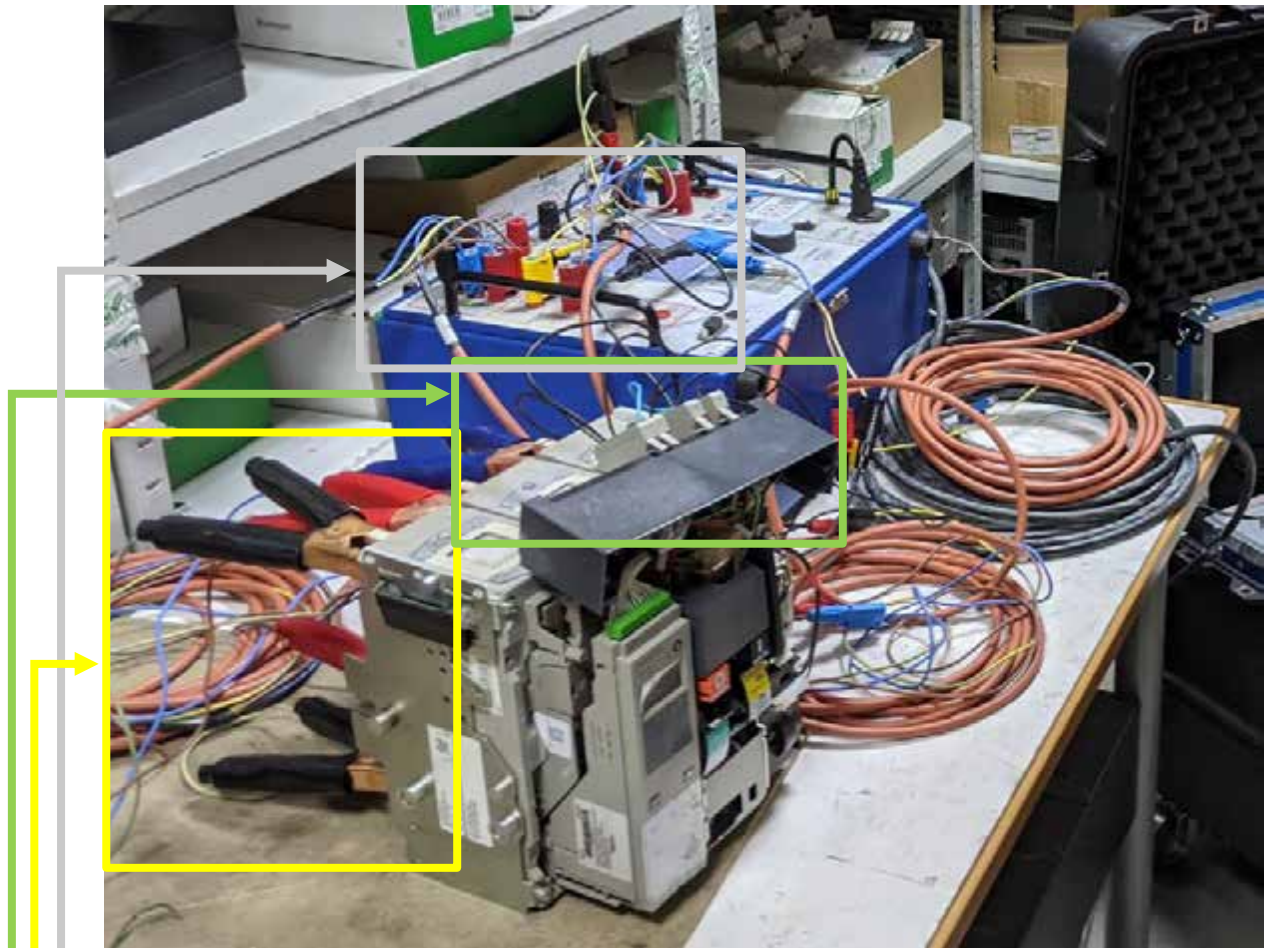
5.5. Етапи випробування силових вимикачів

- Вимірювання опору ізоляції (рухомі та направляючі компоненти з органічних матеріалів, вторинні ланцюги, рознесені електромагніти)
- Випробування ізоляції зі збільшенням промислової частотної напруги (ізоляція перемикача від корпусу або опорної ізоляції; Вторинна ланцюг і електромагнітна розімкнута і замкнута обмотка);
- Вимірювання опору постійному струму (контакт масляного вимикача; опір шунта дугогасящего пристрою; включення / вимикання електромагнітної обмотки);
- Перевірте повторно включення і виключення перемикача.

5.6. Виконання фізичної схеми керування та вимірювання



Рис. 5.6.1 – Виконання випробувань вакуумного вимикача в лабораторних умовах



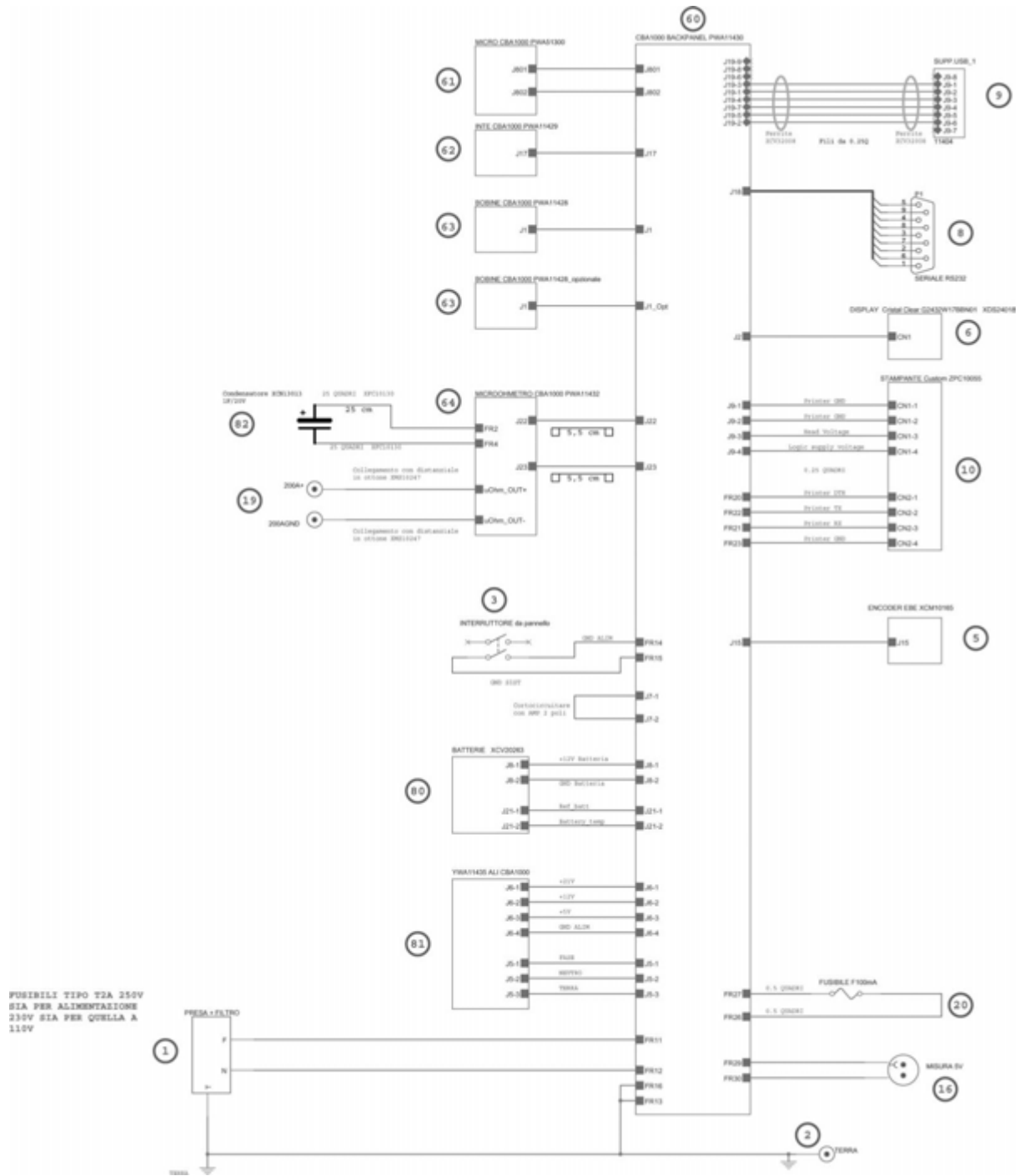
затискачі типу «крокодил» для вимірювання стану силових контактів;

підключення каналів керування: сигнал на включення електромагнітних катушок «Увімкнути» і «Вимкнути»;

порти підключення вимірювальних клем до апарату випробувального комплексу.

Рис. 5.6.2. Проведення з'єднувальних робіт

5.7. Принципова схема тестування



5.7. Відповідність нормативній документації

Випробування силових вимикачів повинно проводитись відповідно до наступних стандартів: СОУ-Н ЕЕ 20.302.2020, розділи 12, 13, 14, 15, 16; ПТЕЕС; ГОСТ 1516.2-97; ДСТУ ІЕС 60947-3:2010; ПУЕ, пункт 1.8

6. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

6.1. Проведення випробувань з подачею підвищеної напруги від стороннього джерела струму

Випробувальним електроустановкам та електролабораторіям без відповідних дозволів забороняється проводити електричні випробування та електричні вимірювання на обладнанні,

Випробування повинна проводити бригада у складі щонайменше двох працівників, з яких керівник робіт повинен мати групу IV, а інші працівники - групу III. До проведення випробувань допускаються працівники, які пройшли спеціальну підготовку, перевірку знань планів випробувань і нормативних документів, передбачених цією главою, та мають практичний досвід проведення випробувань під час експлуатації електроустановок, набутий під час стажування тривалістю не менше одного місяця під наглядом досвідченого працівника з групою III. До такого нагляду може залучатися випробувач обладнання з групою з електробезпеки V у разі перевірки знань працівників, які випробовують електроустановки напругою понад 1000 В, та випробувач обладнання з групою IV у разі перевірки знань працівників, які випробовують електроустановки напругою до 1000 В. Вона проводиться одночасно із загальною перевіркою знань нормативно-правових актів з охорони праці в ті ж терміни тією ж комісією і фіксується в посвідченні та журналі реєстрації. [12]

Випробування електроустановок напругою понад 1000 В проводяться відповідно до інструкції. Випробування електродвигунів напругою понад 1000 В, де кабель живлення відключений і заземлений з обох кінців, можуть проводитися на замовлення.

Приймання за нарядом, виданим на випробування або на підготовчі та ремонтні роботи, не пов'язані з випробуваннями, може здійснюватися тільки

після того, як інші бригади, що працюють на обладнанні, яке випробовується, покинуть робоче місце і здадуть свої наряди.

До складу бригади, яка проводить випробування, можуть входити ремонтники II групи для виконання підготовчих робіт, захисту обладнання, що випробовується, а також для від'єднання або приєднання шин.

Перед початком випробування керівник робіт повинен проінструктувати цих працівників про заходи безпеки, яких слід дотримуватися під час випробування.

Для проведення необхідних випробувань до складу бригади, яка ремонтує або встановлює обладнання, можуть також входити працівники координуючої організації. У цьому випадку відповідальність за безпеку проведення випробувань покладається на керівника робіт або, за його дорученням, на старшого працівника лабораторії або пусконаладжувальної організації з групою IV. У цьому випадку у графі «відповідальний» наряду-замовлення робиться відмітка про те, хто є відповідальним за проведення випробувань під час монтажу або ремонту. Вказівки цих відповідальних осіб є обов'язковими для всіх членів бригади.

Інструктаж, знеструмлення, вивішування плакатів, вимкнення робочої зони, підтвердження відсутності напруги, встановлення заземлення та оформлення входу в роботу повинні здійснюватися відповідно до цих «Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів». [13]

Не допускається одночасне виконання випробувань і ремонтних робіт різними бригадами на одному приєднанні.

Серійні випробування ізоляційних матеріалів і виробів (наприклад, захисних пристроїв, різних ізоляційних компонентів тощо) проводяться поза електроустановками напругою понад 1000 В на закритому стенді зі струмоведучими частинами, що перебувають під напругою, або особами з групою допуску IV під час виконання ними повсякденної роботи самостійно.

Блокування повинне гарантувати повне зняття напруги при відкриванні дверей та унеможливити її подачу на стенд, якщо двері залишаються відчиненими.

При складанні випробувальної схеми першочергово слід виконати захисне та робоче заземлення випробувального обладнання, а за потреби – захисне заземлення корпусу пристрою, що проходить випробування.

Забороняється проводити випробування пересувного обладнання, корпус якого заземлений тільки робочим контуром. Корпус пересувної випробувальної установки повинен бути заземлений окремим заземлювальним провідником з гнучкого мідного дроту перерізом не менше 10 мм²,

Перед початком випробувань перевірте надійність заземлення корпусу.

Перед підключенням випробувальної установки до електромережі 380/220 В необхідно заземлити високовольтні клеми установки.

Переріз мідного дроту, що використовується у випробувальному колі для заземлення, повинен бути не менше 4 мм².

Випробувальне коло обладнання має бути зібране працівником випробувальної бригади.

Перед початком випробування виконавець повинен перевірити правильність складання схеми і надійність робочого і захисного заземлення.

Переносні заземлення, встановлені на електрообладнанні, що заважають проведенню випробувань, можуть бути зняті і знову встановлені тільки за вказівкою персоналу, що проводить випробування, після заземлення високовольтного виходу випробувального обладнання.

Випробувальний майданчик і всі з'єднувальні канали, які перебувають під випробувальною напругою під час випробування, повинні бути огорожені, а на випробувальному майданчику повинен бути присутній наглядач.

Особа, яка підключає вимірювальну схему до випробувального обладнання, може також виступати в ролі наглядача.

Огородження виконує працівник випробувальної бригади. Щити, шлагбауми, світлові покажчики з написом «Випробування проводяться; Небезпечно для життя!» або аналогічні.

Під час прокладання з'єднувальних ліній під випробувальною напругою поза приміщеннями, коридорами, сходовими клітками, проїздами або зонами електроустановок напругою понад 1000 В біля огорожі повинен перебувати один або кілька відповідальних за безпеку, які мають зазначену групу II, для попередження про небезпеку наближення до огорожі або входу за неї,

Обладнання, що захищається, вважається таким, що знаходиться під напругою.

Керівник робіт має впевнитися, що особи, відповідальні за захист, присутні на своїх місцях і проінформовані про початок випробування.

Вони можуть залишати приміщення тільки з дозволу керівника робіт.

Якщо випробувальна установка та обладнання, що випробовується, розташовані в різних приміщеннях або в різних частинах розподільного пристрою, членам групи III дозволяється контролювати стан ізоляції окремо від особи, яка виконує роботи.

Перед початком випробування ці члени бригади повинні отримати необхідні інструкції від керівника робіт і перебувати за межами огороження.

Під час випробування кабельної лінії, якщо її протилежний кінець знаходиться в зачиненому приміщенні (відсіку) або в приміщенні розподільного пристрою, необхідно повідомити про це члена бригади: «Виконується випробування. Ваше життя в небезпеці!» повинні бути вивішені плакати. Якщо ці ворота або огорожа не зачиняються, або якщо випробування відремонтованої лінії проводиться з демонтованим кінцем (жилою) кабелю на

трасі, крім вивішування плакатів біля воріт, огорожі або демонтованого кінця кабелю, необхідна охорона працівниками бригади, які мають групу II з охорони праці, що входять до складу бригади.

Підключення випробувального обладнання до мережі 380/220 В повинно здійснюватися через розподільний пристрій з видимим автоматичним вимикачем або штепсельною вилкою, встановленою в точці управління обладнанням.

На розподільчому пристрої повинен бути встановлений блокувальний пристрій або між рухомими і нерухомими контактами розподільчого пристрою повинна бути встановлена ізоляційна прокладка.

Дроти або кабелі, що використовуються для подачі живлення від електромережі до випробувальної станції, повинні бути захищені запобіжниками або автоматичними вимикачами, встановленими в електромережі. Підключення пересувної випробувальної станції до електромережі повинен здійснювати представник організації, що експлуатує лінію.

Приєднання і від'єднання з'єднувального кабелю до фази, полюса або жили кабелю випробувального обладнання дозволяється тільки після заземлення, яке може бути виконане шляхом відкриття заземлювального ножа або приєднання переносного заземлювального пристрою, в тому числі спеціального лабораторного заземлювача з ізолюваною ручкою, під керівництвом персоналу, що проводить випробування.

Перед подачею випробувальної напруги інспектор праці повинен

- Перевірити правильність складання електричної схеми та надійність робочого і захисного заземлення;

- Переконатися, що всі члени бригади та працівники, відповідальні за безпеку, перебувають у спеціально відведених для цього місцях, що доступ сторонніх осіб виключений і що є можливість подати випробувальну напругу на обладнання;

- Перед зняттям заземлення з розетки випробувальної установки та подачею напруги 380/220 В на випробувальну установку попередьте бригаду про подачу напруги, сказавши «подається напруга», і переконайтеся, що всі члени бригади почули попередження.

Після зняття заземлення з розетки пристрою весь випробувальний стенд, випробуваний пристрій і з'єднувальні кабелі вважаються під напругою, і повторне підключення до випробувальної схеми та обладнання заборонено.

З моменту подачі напруги забороняється входити або виходити з випробувального стенду, стояти на випробувальному стенді або торкатися самого випробувального стенду, стоячи на землі.

Після закінчення випробування керівник робіт повинен знизити напругу на випробувальному обладнанні до нуля, відключити його від мережі 380/220 В, заземлити клеми обладнання та повідомити бригаду про те, що напруга знята.

Лише після цього кабелі можуть бути знову підключені або, у разі завершення випробувань, від'єднані від випробувальної установки та знята огорожа.

До і після випробувань ізоляції КЛ і ПЛ кабелі і лінії повинні бути розряджені на землю через додатковий резистор, заземлення повинно бути підключено і перевірено на наявність заряду. Тільки після цього можна знімати плакати.

Особа, яка виконує розряд, повинна бути в діелектричних рукавичках і захисних окулярах і стояти на ізольованій підставці.

Ця ж особа повинна бути в діелектричних рукавичках під час приєднання і зняття заземлення за допомогою заземлювача до високовольтних клем випробувального обладнання, а також під час приєднання і від'єднання кабелів від цього обладнання до випробувального обладнання.

Під час випробувань та у разі повторного підключення незаземлених частин випробувального обладнання вони вважаються під напругою.

На робочому місці оператора інший світловий сигнал становить 1000 В і виконується подальше перетворення напруги.

При використанні мобільного або стаціонарної випробувальної установки необхідно дотримуватися наступних умов:

- Випробувальна установка повинна бути розділена на 2 категорії, 1 категорія-це оператор для установки обладнання з напругою до 1000 В і запуску установки, Джерело живлення перевищує 2-1000 В;

- Установчі пристрої з напругою понад 1000 В повинні бути повністю обгороджені від того місця, де їх можна помацати;

- За допомогою пристрою з напругою більше 1000 в двері, що ведуть в монтажну секцію, може бути встановлена на напругу більше 1000 в під час світлової сигналізації, яка спрацьовує при відкритті дверей і подачі живлення на вихід високої напруги.

Вимірювання за допомогою мегомметра дозволяється проводити навченим електрикам.

При установці напруг вище 1000 В вимір проводять 2 людини, 1 з яких повинен бути IV групи.

При монтажі напруг до 1000В виміри проводять близько 2 осіб, 1 з яких повинен бути III групи.

Опір ізоляції окремо розташованих провідних частин вимірюється мегаомметром, і ці частини вимірюються мегаомметром, при цьому навантаження знімається шляхом попереднього заземлення. Заземлення струмопровідних частин слід знімати тільки після підключення мегаомметра.

При вимірюванні опору ізоляції струмоведучих частин мегомметром з'єднувальний провід повинен бути з'єднаний з ізоляційним тримачем (стрижнем); для електроустановок вище 1000 В слід також надягати діелектричні рукавички.

Для ліній, до яких напруга може бути подана з обох боків, перевірку ізоляції повинна проводити особа, відповідальна за електроустановку, підключену на іншому кінці лінії, яка повинна переконатися, що роз'єднувач і рубильник на лінії відключені, і зробити напис «Не вмикати!». На ній працюють люди.

Перед початком випробування переконайтеся, що на тій частині електроустановки, до якої підключено випробувальне обладнання, ніхто не працює. Заборонити особам, які перебувають поблизу обладнання, торкатися активної лінії і, за необхідності, встановити огороження.

Для перевірки стану ізоляції електричних машин згідно з методичними вказівками або програмами вимірювань вимірювання проводять мегомметром при зупинених або обертових роторах, але якщо машина не перебуває під напругою, вимірювання можуть бути виконані на замовлення оперативним персоналом або співробітниками електротехнічного інституту під час поточної експлуатації. Під наглядом обслуговуючого персоналу ці вимірювання також можуть бути виконані персоналом з технічного обслуговування. Випробування ізоляції ротора, якоря і кола збудження може виконувати одна особа з групою III, а випробування ізоляції статора - щонайменше дві особи (одна з групою IV і одна з групою III).

Під час роботи з мегомметром забороняється торкатися струмоведучих частин, до яких підключений мегомметр. Після закінчення роботи необхідно на короткий час заземлити мегомметр, щоб зняти залишковий заряд зі струмоведучих частин.

Забороняється проводити вимірювання мегомметром на одному колі двокової лінії напругою понад 1000 В, коли інше коло знаходиться під напругою, під час роботи і паралельно з лінією напругою понад 1000 В, під час грози або грози, що наближається, під час грози.

Підключення або відключення обладнання, яке може призвести до роз'єднання електричних кіл, що перебувають під напругою до 1000 В, повинно здійснюватися після зняття напруги з цих кіл.

Підключення та відключення обладнання, яке не потребує роз'єднання електричних кіл, може здійснюватися під напругою із застосуванням електрозахисних засобів.

У разі необхідності вимірювання електричних параметрів обладнання під напругою до 1000 В необхідно використовувати спеціальні щупи або провідники для заземлення металевого корпусу переносного обладнання та з'єднання його з ізолюючою рукояткою.

При вимірюванні опору ізоляції струмоведучих частин мегомметром з'єднувальний провід повинен бути з'єднаний з ізоляційним тримачем (стрижнем); для електроустановок вище 1000 В слід також надягати діелектричні рукавички.

Для ліній, до яких напруга може бути подана з обох боків, перевірку ізоляції повинна проводити особа, відповідальна за електроустановку, підключену на іншому кінці лінії, яка повинна переконатися, що роз'єднувач і рубильник на лінії відключені, і зробити напис «Не вмикати!». На ній працюють люди.

Перед початком випробування переконайтеся, що на тій частині електроустановки, до якої підключено випробувальне обладнання, ніхто не працює. Заборонити особам, які перебувають поблизу обладнання, торкатися активної лінії і, за необхідності, встановити огороження.

Для перевірки стану ізоляції електричних машин згідно з методичними вказівками або програмами вимірювань вимірювання проводять мегомметром при зупинених або обертових роторах, але якщо машина не перебуває під напругою, вимірювання можуть бути виконані на замовлення оперативним персоналом або співробітниками електротехнічного інституту під час поточної експлуатації.

Під наглядом обслуговуючого персоналу ці вимірювання також можуть бути виконані персоналом з технічного обслуговування.

Випробування ізоляції ротора, якоря і кола збудження може виконувати одна особа з групою III, а випробування ізоляції статора - щонайменше дві особи (одна з групою IV і одна з групою III).

Під час роботи з мегомметром забороняється торкатися струмоведучих частин, до яких підключений мегомметр. Після закінчення роботи необхідно на короткий час заземлити мегомметр, щоб зняти залишковий заряд зі струмоведучих частин.

Забороняється проводити вимірювання мегомметром на одному колі двокової лінії напругою понад 1000 В, коли інше коло знаходиться під напругою, під час роботи і паралельно з лінією напругою понад 1000 В, під час грози або грози, що наближається, під час грози.

Підключення або відключення обладнання, яке може призвести до роз'єднання електричних кіл, що перебувають під напругою до 1000 В, повинно здійснюватися після зняття напруги з цих кіл.

Підключення та відключення обладнання, яке не потребує роз'єднання електричних кіл, може здійснюватися під напругою із застосуванням електрозахисних засобів.

У разі необхідності вимірювання електричних параметрів обладнання під напругою до 1000 В необхідно використовувати спеціальні щупи або провідники

для заземлення металевого корпусу переносного обладнання та з'єднання його з ізолюючою рукояткою

6.2. Роботи з електровимірювальними кліщами і вимірювальними штангами

В установках з напругою понад 1000 В вимірювання за допомогою електричних вимірювальних щипців і вимірювальних стрижнів повинно виконувати 2 людини. 1-а група-IV. 2. Група III.

Вимірювання проводиться на замовлення майстрами по ремонту і робітниками,

В електроустановках з напругою до 1000 вольт людина з групою III може використовувати електричні вимірювальні ножиці.

Для вимірювання необхідно використовувати **кліщі з амперметром, які кріпляться до робочих частин**. Використання щипців зі знятим амперметром не допускається.

Вимірювання в електроустановках при напругах понад 1000 В слід проводити за допомогою діелектричних рукавичок і гароша (або стоячи на ізолюючій основі), надівши захисне скло. Кліща слід тримати в повітрі. Забороняється нахилитися до амперметра при підрахунку індикатора.

Забороняється торкатися до приладів, проводки і вимірювальних трансформаторів під час вимірювання. [10]

Декоммер Декоммерції можуть проводитися тільки по перетину шини, її конструкції і провідним частинам різних фаз, а також по відстані між ними і заземленою частиною, що виключає можливість електричного руйнування між фазами. або частина плоскогубців в підлогу, в залежності від зменшення відстані ізоляції при проведенні робіт.

Для кабелів з напругою понад 1000 в допускається використання електричних щипців дека для вимірювань тільки в тому випадку, якщо жили кабелю ізольовані, а відстань між ними становить не менше 250 мм.

На шинах з напругою до 1000 В На землі або на спеціальних будівельних лісах слід проводити вимірювання за допомогою електричних щипців для вимірювання напруги.

Під час поетапних вимірювань струму за допомогою монтажних ножиць з напругою до 1000 В, в разі горизонтального зазору ступені, перед виконанням вимірювань необхідно закрити кожен сходинку ізоляційними ущільненнями. Ці маніпуляції виконуються за допомогою діелектричних рукавичок.

Для виконання робіт без перекладин необхідно підійматися на конструкції і телескопічні вишки. Необхідно підняти штангу за допомогою мотузки і утримувати її у вертикальному положенні робочою частиною вгору. Забороняється використовувати металеву мотузку для підйому стрижня.

Під час підйому не можна розгойдувати штангу і заглиблюватися об твердий предмет.

При підйомі на невелику висоту штангу можна переносити з рук в руки.

Забороняється працювати з щупами під час грози, туману, дощу і мокрого снігу.

При роботі зі штангою необхідно витримувати нормалізоване відстань від провідної частини до робочої.

. Вимірювання опори ПЛ напругою до 1000 вольт виконується 1 людиною, що стоїть на цапфі (люфті), і надійно кріпиться до опори ременем безпеки.

Забороняється проводити виміри повітряних ліній, стоячи на сходах.

Забороняється вимірювати повітряні дроти від опор з перепадами ґрунту.

6.3. Вимоги безпеки при аварійних ситуаціях

Електричну схему (електроустановку) необхідно негайно відключити у разі: потрапляння людини під напругу; появи диму або полум'я з обладнання чи установки; зашкалювання стрілок вимірювальних приладів; порушення нормальної роботи схеми або порушення ізоляції струмопровідних частин.

У випадку виникнення пожежі:

Негайно повідомити про пожежу по телефону 101, вказавши точну адресу місця пожежі.

Вжити заходів для гасіння пожежі, використовуючи первинні засоби пожежогасіння, що знаходяться в лабораторії та у вестибюлі навчального корпусу.

Повідомити про пожежу у найближчі кімнати з метою евакуації людей.

6.4. Вимоги безпеки після закінчення робіт

Вимкнути живлення електричного кола (електрообладнання) головним вимикачем на робочому місці.

Від'єднайте електричні ланцюги та покладіть вимірювальні прилади на тривале зберігання.

Організувати робочу зону.

ВИСНОВКИ

1) Перспективи використання та розвитку апаратно-програмних комплексів, які поєднують в собі можливість проведення різних видів випробувань з подальшим отриманням точних результатів випробувань та вимірюванням характеристик без можливості штучного впливу в процесі розрахунку та формуванням часових характеристик в графічному вигляді.

2) Досліджувана багатофункціональна випробувальна машина виводить результати двох процедур у вигляді готових даних, які можуть бути внесені в протоколи випробувань.

3) Завдяки інтегрованим функціям автоматизації та сучасним алгоритмам аналізу даних, СВА 1000 мінімізує вплив людського фактора на точність результатів, забезпечуючи високу повторюваність та достовірність вимірювань.

4) Простота у налаштуванні та можливість адаптації під різні види випробувань роблять цей комплекс не лише ефективним, але й економічно вигідним рішенням для тривалого використання.

5) Перспективи розвитку таких апаратно-програмних комплексів передбачають інтеграцію з хмарними технологіями для віддаленого моніторингу та аналізу даних, а також впровадження штучного інтелекту для автоматизованого визначення аномалій та оптимізації тестувальних процесів.

6) Використання СВА 1000 відкриває нові можливості для стандартизації досліджень та міжнародного співробітництва у галузі тестування матеріалів та обладнання. Це сприяє підвищенню конкурентоспроможності вітчизняних підприємств на світовому ринку.

7) Використання СВА 1000 має значні переваги з точки зору точності і надійності отриманих даних, придатності до виконуваних процедур випробувань і простоти використання.

Таким чином, СВА 1000 є інноваційним рішенням, що відповідає сучасним вимогам до точності, ефективності та універсальності випробувальних систем, забезпечуючи високий рівень довіри до отриманих результатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Theoleyre Serge, MV breaking techniques, ETC 193, 1999
2. Закон України «Про енергетику». В редакції від 1 липня 2010 року N 2388-VI
3. Закон України «Про енергозбереження». (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, N 15, ст.126)
4. ДНАОП 0.00. – 1.32 – 01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних електроустановок. – К.: ПП „Фірма Гранмн”, 2001. – 117 с.
5. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено Наказом Міністерства палива та енергетики України за № 258 від 25.07.2006. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України за № 1143/13017 від 25.10.2006.
6. Лут М.Т., Мірошник О.В., Трунова І.М. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК.: Підручник для студентів ВНЗ. – Харків, Факт, 2008. – 438 с.
7. Єрмолаєв С.О., Яковлев В.Ф. Експлуатація і ремонт електрообладнання та засобів автоматизації /За ред. С.О. Єрмолаєва. – К.: Урожай, 1996 – 336 с.

ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ РОБІТ			
№	Найменування, опис роботи	Позначка про виконання	
		успішно ✓	не успішно/не виконано ✗
1	Доступні фактичні електричні схеми (мережеве живлення)		
2	Необхідні додаткові заходи безпеки в щитовому приміщенні, ЗІЗ (Окуляри / Шолом і корирок / Рукавиці / Ізоляційні рукавиці / Одяг, захищений від дугового спалаху / Ізоляційний килимок)		
3	Доступний відповідний детектор напруги		
4	Доступний та перевірений евакуаційний шлях		
5	Доступні відповідні вогнегасники		
6	Контактне ім'я осіб на випадок надзвичайних ситуацій (наприклад, пожежна команда, екстрений контакт)		
7	Робоча зона розмічена і заблокована		
8	Вимкнуті основні джерела живлення		
9	Вимкнуті допоміжні / резервні джерела живлення		
10	Зняти запобіжники / вимкнуті автоматичні вимикачі		
11	Випробувальний стенд зібрано без подачі напруги		
12	За допомогою мультиметра перевірити правильність виконання збірки випробувальної схеми		
13	Після того, як пункт 12 виконано успішно, перейти до виконання випробувань		

ОГЛЯД ТА ДЕФЕКУТВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ

Огляд корпусу	Відповідність
Відсутність слідів жирових плям, надмірного пилу або конденсату	
Відсутність ознак перегріву або тріщин, які зменшують механічну міцність корпусу і таким чином, його здатність витримувати коротке замикання	
Перевірка цілісності, наявності тріщин на рукоятці ручного зведення механізму	
Перевірка цілісності, люфту механічних клавіш «On», «Off»	
Перевірка цілісності кнопки «Reset», відсутність перешкод натисканню	

Перевірка пристрою і механізму шасі	Відповідність
Перевірка дугогасильних камер на наявність корозії, слідів нагару, жирових плям	
Перевірка стану силових контактів на наявність корозії, слідів нагару, сторонніх елементів	
Перевірка механізму на наявність пилу, бруду	
Перевірка механізму на достатню кількість змащувального матеріалу	
Перевірка механізму на наявність стуків, сторонніх вібрацій при операціях замикання, розмикання, зведення пружини	

1. Технічні дані

Тип	CEi-12/1250-25 kA
Виробник	COOPER(NINGBO) ELECTRIC CO., LTD
Серійний №	196339

Ном. напруга, кВ	12
Роб. напруга, кВ	10
Ном. струм, А	1250

2. Вимірювання опору ізоляції при t= 6°C.

№	Об'єкт вимірювань	Опір ізоляції, МОм						Нормова не значення
		Фаза А – «земля», фаза В, фаза С	Фаза В – «земля», фаза А, фаза С	Фаза С – «земля», фаза А, фаза В	Міжконтактний проміжок			
					Фаза А	Фаза В	Фаза С	
Робоча напруга мегаомметра 2500 В								
1.	Ізоляція опорних і рухомих частин	Більше 99900	Більше 99900	Більше 99900	Більше 99900	Більше 99900	Більше 99900	Не менше 3000 МОм
Робоча напруга мегаомметра 1000 В								
2.	Ізоляція вторинних кіл привода вимикача	18000						Не менше 1 МОм

Примітка: При вимірюванні опору ізоляції всі кола, які не були задіяні у вимірюваннях, були закорочені і заземлені.

3. Вимірювання опору постійному струму струмопровідного контура кожного полюса при t=6 °C

Параметр	Струмопровідний контур			Примітки
	А-А	В-В'	С-С'	
Виміряне значення, мкОм	23,41	23,39	23,37	
Приведене до температури +75 °C, мкОм	30,11	30,09	30,06	
Дані заводу-виробника, мкОм	<250	<250	<250	

4. Випробування ізоляції підвищеною напругою промислової частоти

4.1 Випробування ізоляції полюса відносно землі та інших полюсов				
Назва параметра	Фаза А – «земля», фаза В, фаза С	Фаза В – «земля», фаза А, фаза С	Фаза С – «земля», фаза А, фаза В	Результат випробувань
Значення випробувальної напруги, (кВ)	37,8	37,8	37,8	Витримала
Тривалість випробувань (хв.)	1	1	1	
4.2 Випробування ізоляції межконтактних проміжків				
Назва параметра	А – А1	В – В1	С – С1	Результат випробувань
Значення випробувальної напруги, (кВ)	37,8	37,8	37,8	Витримала
Тривалість випробувань (хв.)	1	1	1	
4.3 Випробування ізоляції вторинних кіл				
Назва параметра	Ізоляція вторинних кіл			Результат випробувань
Значення випробувальної напруги, (кВ)	1			Витримав
Тривалість випробувань (хв.)	1			
<u>Примітки:</u>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Випробування проводились шляхом подачі напруги від високовольтного джерела змінного струму частотою 50 Гц плавно від 0 до нормованого значення. Під час випробувань всі струмоведучі частини, на які не подавалась напруга були заземлені, були заземлені. 2. Випробування основної ізоляції проводилось при включеному положенні вимикача. 3. Випробування ізоляції між контактних проміжків проводилось при виключеному положенні вимикача 			

5. Перевірка мінімальної напруги спрацювання вимикача

Параметр	Номинальна напруга привода вимикача, В	Значення напруги привода вимикача при випробуваннях, В	Відносне значення напруги привода вимикача при випробуваннях	Нормоване значення	Результат випробувань
Цикл «Вмикання»	220	187	0,85 U _{ном.}	не більше 0,85 U _{ном.}	Включився
Цикл «Вимикання»	220	143	0,65 U _{ном.}	не более 0,65 U _{ном.}	Виключився

Примітка: Напруга на кола привода вимикача подавалась поштвом.

6. Перевірка часових характеристик вимикача при номінальній напрузі на приводі вимикача

Параметр	Вимірний	Норма заводу-виробника	Результат вимірювань
Час включення, мс	2,8	<3	Відповідає
Час виключення, мс	2,7	<3	Відповідає

Примітка: В таблиці наведено найбільше значення часу вмикання і вимикання окремого полюса із декількох комутацій.

7. Випробування вимикача багаторазовим включенням і відключенням

Випробування проводились за наступними операціями без затримки часу при номінальній напрузі на приводі вимикача:

- включення – 5 разів;
- відключення – 5 разів;

7. Інформація щодо наявності та стану засобів виміральної техніки

Назви величин, що вимірюються, та об'єктів вимірювань	Назва і умовне позначення ЗВТ	Заводський номер ЗВТ	Основні метрологічні характеристики ЗВТ	Дата наступної повірки ЗВТ
Електричний опір	Мікроомметр ЦС4105	60207086	0,00001-50 Ом± 2,5 %	7 жовтня 2024 р.

	Мегаомметр KYORITSU модель 3125	WO 165082	від 0 до 99900 МОм, 2500 В, від 0 до 1990 МОм 1000 В, $\delta = \pm 5 \% + 3 \text{dgt}$, DC = 0-5100В, $\delta = \pm 5 \% + 3 \text{dg}$	9 жовтня 2020 р.
Напруга	Вольтметр Э545	6742	10-600 В $\pm 0,5 \%$	7 жовтня 2024 р.
Час	Секундомір Механічний СОПпр-2а-2-010	8749	0-60 хв. $\pm 0,2 \text{ с}$	11 листопада 2024 р.
	Осцилограф цифровий	DS1EB120400283	0-10 хв. $\pm 0,0002 \text{ с}$	1 грудня 2024 р.
Випробування ізоляції підвищеною напругою промислової частоти	Апарат АИИ-70, Сертифікат Укрметтестстандарт №306-3838 від 7 жовтня 2019	№6079/123	Uном 50-кВ Umax 70-кВ $\delta = \pm 3\%$	8 жовтня 2021 р.

Висновок: Вимикач вакуумний випробуваний відповідно до п.п. 1.8.119 – 1.8.124 ПУЕ-2017 та методики-заводу-виробника. Виміряні параметри відповідають вимогам діючих нормативних документів і даним заводу-виробника. Вимикач може бути ввімкненим на робочу напругу 10 кВ.

Випробування проводили:

Представник ТОВ «Шнейдер Електрик Україна»			
	Інженер-лаборант	Євлах Євгеній	
	Завідувач вимірювальної лабораторії	Наливайко Віталій Адамович	
дата	посада	ім'я	підпис

Представник замовника		
дата	ім'я	підпис