

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

УДК 621.316.57

ПОГОДЖЕНО

Директор Інституту Енергетики,
автоматики і енергозбереження

Каплун В.В.

(підпис)

(ПІБ)

«__» _____ 2020 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри електротехніки,
електромеханіки та
електротехнологій

Жильцов А.В.

(підпис)

(ПІБ)

«__» _____ 2020 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: «ВИПРОБУВАННЯ СИЛОВИХ ВИМИКАЧІВ ЗА ДОПОМОГОЮ
АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ISA CBA-1000»

Спеціальність 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Магістерська програма «Енергоінжиниринг в АПК»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Керівник магістерської роботи

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Виконав

Наливайко В.А.

(підпис)

(ПІБ)

Подобайло М.О.

(підпис)

(ПІБ)

Нормконтроль

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Консультант

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Консультант

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Коробський В.В.

(підпис)

(ПІБ)

Окушко О.В.

(підпис)

(ПІБ)

Чусько Р.М.

(підпис)

(ПІБ)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри електротехніки,
електромеханіки та електротехнологій
Жильцов А.В.

(підпис)

(ПІБ)

2020 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Подобайлу Миколі Олександровичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Магістерська програма «Енергоінжиніринг в АПК»
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: «**Випробування силових вимикачів за допомогою апаратно-програмного комплексу ISA CBA-1000.**»

керівник магістерської роботи: Наливайко В.А., к.т.н., доцент.

Затверджена наказом ректора НУБіП України від 20.06.2020 р. № 639 „3”.

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15.11.2021

Вихідні дані до магістерської роботи: \ /

Завдання кафедри на дипломне проектування. Матеріали обстеження об'єкту дослідження.

Нормативні документи по проектуванню енергетичних об'єктів. Наукова література з тематики магістерських робіт

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз стану експлуатації енергетичного обладнання на об'єкті проектування.
2. Розробка питань організації енергетичної служби.
3. Проектування ремонтно-обслуговуючої бази енергетичної служби.
4. Розрахунки і вибір силового електрообладнання та електричного освітлення.
5. Розробка питань енергопостачання та енергозбереження.
6. Система обліку та регулювання енергоносіїв.
7. Охорона праці.
8. Техніко-економічні розрахунки.

Дата видачі завдання 26.04.2021 р.

Керівник магістерської роботи

(підпис)

Наливайко В.А.

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Подобайло М.О.

(ПІБ)

Реферат

В дипломному проєкті представлено огляд науково-технічної літератури за темою випробувань та діагностики силових вимикачів з використанням вузькоспеціалізованих випробувальних установок, а також стандартів та норм по виконанню описаних процедур.

Перспективами використання та розвитку анаратно-програмних комплексів, що об'єднують у собі можливість виконання випробувань різних типів з подальшим отриманням коректних результатів випробувань та вимірювань характеристик без можливості впливу людського фактору на процес проведення обрахунків та створення часо-струмових характеристик у вигляді графіків.

Досліджуваний випробувальний комплекс передбачає видачу результатів виконання обо'язових процедур у вигляді готових даних, готових до внесення у протокол випробувань.

Тому використання СВА 1000 є обґрунтовано вигідним в плані точності отримуваних даних, достовірності, відповідності виконаних процедур випробування, а також зручності у використанні.

ЗМН	АПК	№ док.ум.	Підпис	Дата

Зміст

Вступ	5
Розділ 1. Огляд літератури і вибір напрямків досліджень	7
1.1. Опис та принцип роботи ідеального вимикача	7
1.2. Відключення струму навантаження	14
Висновок	26
Розділ 2. Вигляд загальних підходів і основних методів досліджень і експериментальних досліджень	27
2.1. Процес проведення обслуговування електротехніки	27
2.2. Склад і схема побудови енергетичної служби господарства і її документації	29
2.3. Порядок розрахунку об'ємів робіт по технічному обслуговуванню і ремонту енергообладнання	33
2.4. Відповідальність за експлуатацію електроустановок і рівень кваліфікації персоналу	34
Висновок	37
Розділ 3. Проектування ремонтно-обслуговуючої бази електротехнічного обладнання	38
3.1. Аналіз існуючої обслуговувальної служби	38
3.2. Обґрунтування та створення проекту бази технічної підтримки та обслуговування електротехнічного обладнання	38
Висновок	41
Розділ 4. Перевірка основних вузлів апарату	42
4.1. Загальна характеристика досліджень	42
4.2. Способи вимірювання температури контактних в'єднань	43
4.3. Забезпечення захисних функцій та експлуатаційні вимоги	45
Розділ 5. Характеристики випробувального комплексу, методологія виконання випробувань	49
5.1. Ознайомлення з випробувальним обладнанням	49
5.1.1. Апаратна частина	49
5.1.2. Програмне забезпечення TDMS	58
5.2. Технічні характеристики випробувального апарату	59
5.3. Характеристика ходу випробувань	62
5.4. Схема керування процесом випробувань	63
5.5. Етапи випробування силових вимикачів	64
5.6. Виконання фізичної схеми керування та вимірювання	64
5.7. Принципова схема тестування	66
5.7. Відповідність нормативній документації	66
Висновки	67
Список використаних джерел	69

ЗМН	Арк	№ док.ум.	Піппис	Лата

Вступ

Обґрунтування актуальності обраної теми. Процедури діагностики, дефектування, ТО і Р, у 2021 році потребують використання високоточного вимірювального та випробувального обладнання із впровадженням електронно обчислювальних машин та використанням актуальних математичних моделей, щоб забезпечити максимально точні результати, на основі яких сучасний інженер може видавати дійсно актуальні, точні та необхідні рекомендації для надійності роботи електротехнічного обладнання.

Промисловість у зв'язку з сьогоденніми масштабами продуктивності та досягнення максимальної ефективності потребує оперативні реагування інженерів, здатних провести дослідження, випробування та ремонт, а також надати необхідні рекомендації у максимально короткий термін. Це також необхідно для того, щоб забезпечити мінімальні економічні втрати під час простою обладнання.

Тому використання випробувальних апаратно-програмних комплексів є дуже вдалим рішенням, що забезпечить простоту та високу швидкість виконання таких робіт.

Мета і завдання дослідження. Завданням цієї роботи є розробка програм і оптимізація виконання схем для досягнення максимальної ефективності проведення випробувань силових вимикачів.

Об'єкт і предмет дослідження. Об'єктом дослідження є силові вимикачі середнього та високого класу напруги.

Предметом дослідження є порядок, склад і виконання процесів перевірки параметрів автоматичних силових вимикачів.

						Арк
ЗМН	Арк	№ док.ум.	Піппис	Дата		5

Методи дослідження Досліджено нормативну документацію, документацію заводів-виробників, математичні моделі, апаратні комплекси, які пов'язані з виконанням випробувань силових вимикачів.

Проведено експериментальні дослідження у поєднанні з вимірюванням параметрів об'єкту дослідження і їх подальшим дослідженням і аналізом.

Наукова новизна одержаних результатів. Описаний метод покращення ефективності і якості процесів випробування силових АВ.

Практичне значення одержаних результатів. Використовуваний шлях виконання процесу випробування дозволить значно зменшити кількість хибних показників випробувань, покращити надійність роботи автоматичних вимикачів та запобігти виникненню відмов, несправностей та/або аварій на більш ранніх стадіях.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

					Арк
Змн	Арк	№ док.ум.	Піппис	Дата	6

Розділ 1. Огляд літератури і вибір напрямків досліджень.

НУБІП України

1.1 Опис та принципи роботи ідеального вимикача

Теоретично, мати можливість миттєво перервати струм – це мати можливість безпосередньо переходити з стану провідника в стан ізолятора.

НУБІП України

Таким чином, опір подібного «ідеального» переривника повинен від нуля відразу перейти в нескінченність див. рисунок 1.1.

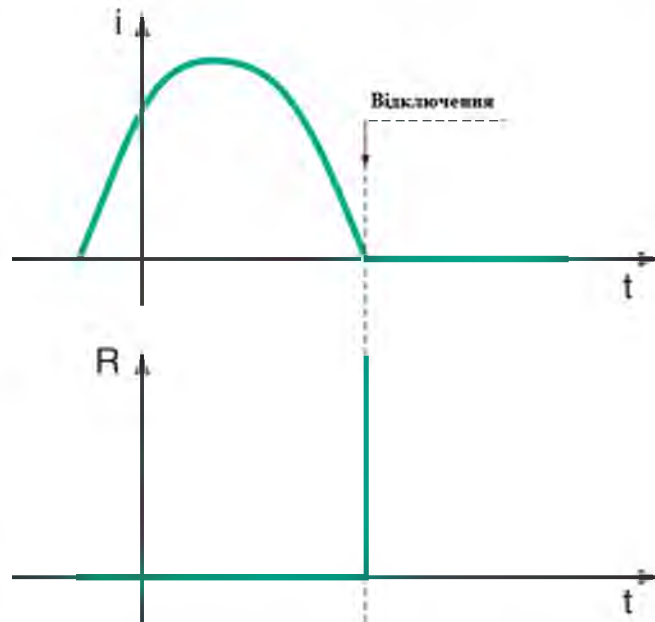
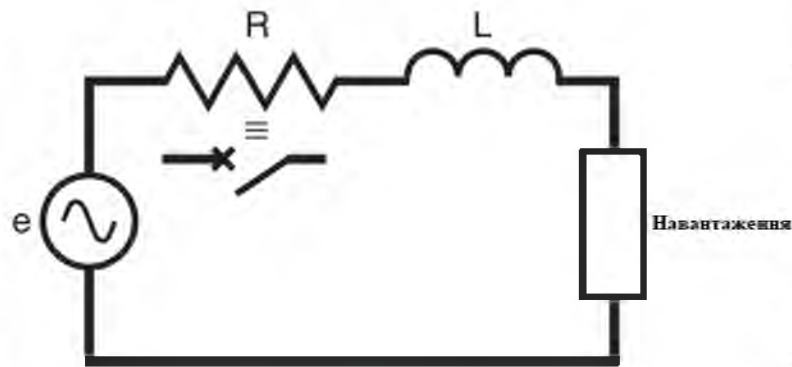


Рис. 1.1 Відключення за допомогою ідеального вимикача

НУБІП України

Такий пристрій міг би мати наступні властивості:

					Арх
Змн	Арх	№ докум	Підпис	Дата	7

• поглинати всю електромагнітну енергію, що накопичена в ланцюгу до відключення, наприклад, у випадку короткого замикання, $1/2 Li^2$ внаслідок індуктивного характеру мереж;

- витримувати перенапруги (Ldi/dt), що виникають на виводах пристрою, які могли б мати значення нескінченності, якщо перехід від стану ізолятора в стан провідника відбувся у нескінченно малий проміжок часу, що неминує привело б до пробоя діелектрику.

Якщо представити, що ці складності можна подолати, досягнувши повної синхронізації природного переходу струму через нуль і переходу від стану ізолятора в стан провідника пристрою, то необхідно також враховувати ще одне достатньо серйозне явище, а саме, виникнення перехідної відновлювальної напруги.

В дійсності, безпосередньо після відключення струму (відновлюючого) напруга на виводах вимикача додається до напруги мережі, яка в цей момент являється максимальним для індуктивних ланцюгів. Це відбувається без різкого розриву ланцюга через наявність ємнісного опору мережі. Таким чином, встановлюється перехідний режим, забезпечуючи додавання виниклої напруги до напруги мережі.

Ця напруга, що називається перехідною відновлювальною напругою, що обумовлена характеристиками мережі і швидкість підвищення цієї напруги (dv/dt) може бути значною (порядку кВ/мкс). Простіше кажучи, це означає, що для успішного відключення ідеальний вимикач повинен витримувати напругу в декілька кіловольт протягом цього періоду менше мікросекунди після переходу зі стану провідника в стан ізолятора.

Відключення з розривом електричної дуги

Виникнення електричної дуги пояснюється двома причинами:

					Арк
Змн	Арк	№ докум.	Піппис	Дата	8

• Практично неможливо розімкнути контакти точно в момент природнього проходження струму через нуль через погрішності у вимірах і організації управління: при діючому значенні 10 кА величина миттєвого струму за 1 мкс до проходження через нуль, як і раніше, складає 3000 А.

Миттєва перенапряга (Ldi/dt), яке б виникало на виводах пристрою, у випадку якби вимикач одразу перейшов у стан ізолятора, було б нескінченно і негайно викликало б пробій в ще дуже малому проміжку часу між контактами.

• Розмикання контактів повинно відбуватись із доволі значною швидкістю, щоб електрична міцність між контактами була більше перехідної відновлювальної напруги. Для цього необхідна механічна енергія, по значенню близька до нескінченності, що на практиці не може забезпечити ні один пристрій.

Розглянемо процес відключення з розривом електричної дуги. Він складається із трьох етапів:

- період онікування;
- фаза затухання дуги;
- фаза після дуги.

Період онікування

Перед досягненням нульового струму два контакти роз'єднуються, викликаючи діелектричний пробій міжконтактного середовища. Дуга, що з'являється, складається з плазмового стовпа, що складається з іонів та електронів із міжконтактного середовища або парів металу, що виділяються електродами (рис. 1.2). Ця колона залишається провідною до тих пір, поки її температура підтримується на достатньо високому рівні. Таким чином, дуга «підтримується» енергією, яку вона розсіює завдяки ефекту Джоуля-Ленца.

Напряга, яка виникає між двома контактами через опір дуги та падіння поверхневої напруги (катодна чи анодна напруга), називається напругою дуги (U_d). На її величину, яка залежить від характеру дуги, впливають інтенсивність

									Арк
Змн	Арк	№ докум.	Пілпис	Дата					9

струму та теплообмін із середовищем (стінками, матеріалами тощо). Цей теплообмін, який є радіаційним, конвективним і провідним, характерний для очолюючої здатності 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.

В мережах середньої і високої напруги значення U_a завжди значно менше напруги мережі і, відповідно, не впливає обмежуючу дію, за виключенням окремих випадків, що розглядаються нижче. Таким чином, відключення проводиться близько «натурального» нуля змінного струму.

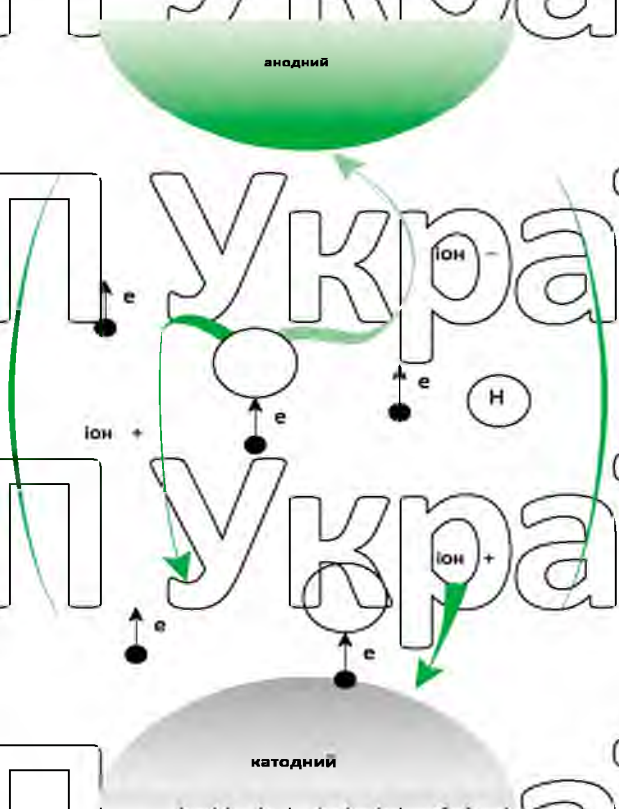


Рис. 1.2. Утворення електричної дуги в газовому середовищі

Фаза затухання дуги

Припинення струму, що відповідає гасінню дуги, здійснюється при нульовому струмі за умови, що середовище швидко стає ізоляційним. Щоб не

сталосся, канал іонізованих молекул повинен бути порушений. Процес гасіння здійснюється таким чином: біля нульового струму опір дузі зростає за кривою, яка в основному залежить від постійної часу деіонізації у міжконтактному

середовищі (див. рис. 1.3)



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

При нульовому струмі цей опір має значення, яке не є нескінченним, і струм після дузі знову перетікає пристрій через перехідну напругу відновлення, яка в'являється на клемі. Якщо потужність, що розсіюється ефектом Джоуля-Ленца, перевищує характерну охолоджувачу здатність пристрою, середовище більше не охолоджується: відбувається теплове пошкодження.

Якщо, навпаки, підвищення напруги не перевищує визначене критичне значення, то опір дузі може достатньо швидко підвищитись, щоб потужність,

						Арк
Змн	Арк	№ докум	Піліпис	Дата		11

що розсіюється в просторі, як і було не перевищувала потужність охолодження пристрою, що таким чином дозволить запобігти тепловому пробію.

Фаза після дуги

Для того, щоб розрив був успішним, також необхідно, щоб швидкість відновлення діелектрика була набагато швидшою, ніж швидкість відновлювальної напруги (рис. 1.4), інакше відбувається діелектричний пробій. У момент, коли відбувається руйнування діелектрика, середовище знову стає провідним, породжуючи перехідні явища, які будуть розглянуті більш детально далі.

Ці пошкодження діелектрика після розриву називаються.

- повторним займанням, якщо воно відбувається протягом чверті періоду нульового струму,
- повторний пробій, якщо він виникає пізніше.

Напруга відновлення у відповідності до стандартів

Незважаючи на те, що швидкість збільшення напруги відновлення (НВ) має фундаментальний вплив на відключаючу здатність пристроїв, це значення не може бути точно визначено для всіх конфігурацій мережі. Стандарт ІЕС 60056 визначає діапазон НВ для кожної номінальної напруги, що відповідає вимогам, які зазвичай зустрічаються (рис. 1.5). Тому відключаюча здатність вимикача визначається як: найбільший струм, який він може відключити при номінальній напрузі з відповідною номінальною НВ.

Автоматичний вимикач повинен бути здатен відключити всі струми, менші за його відключаючу здатність для всіх НВ, значення яких менше номінального значення НВ.

ЗМН	Арк	№ докум.	Піппис	Дата



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

Мінімальна напруга (U_r , кВ)	7,2	12	17,5	24	36	52
Пікова ПВ (U_c , кВ)	11,3	20,6	30	41	62	89
Час t_0 (мкс)	52	60	72	88	108	132
Темп підвищення (U/t_0)	0,24	0,34	0,42	0,47	0,57	0,68



Рис. 1.5. Номінальна перехідна відновлювальна напруга у випадку короткого замикання на виводах вимикача (зі стандарту МЭК 50056)

1.2. Відключення струму навантаження

При звичайній експлуатації мереж середньої напруги відключення ланцюгів відбувається у наступних випадках:

- якщо струм навантаження, що скаладає від декількох ампер до декількох сотень ампер, менше струму короткого замикання (10-50 кА);
- якщо коефіцієнт потужності більше або рівний 0,8, зсув фази між напругою електричного ланцюга і струмом – невеликий, і мінімальна напруга виникає поблизу мінімальних значень струму (ланцюг з великим активним опором).

При цьому на виводах пристрою виникає напруга, тоді як напруга мережі не створює, практично, ніяких перехідних процесів (рис. 6). В таких умовах відключення відбувається при проходженні струму через нуль, без будь-яких труднощів, так як пристрій розрахований на струм більшої сили, зсунутий по фазі на 90° відносно напруги.

Відключення індуктивного струму

- Обрив струму

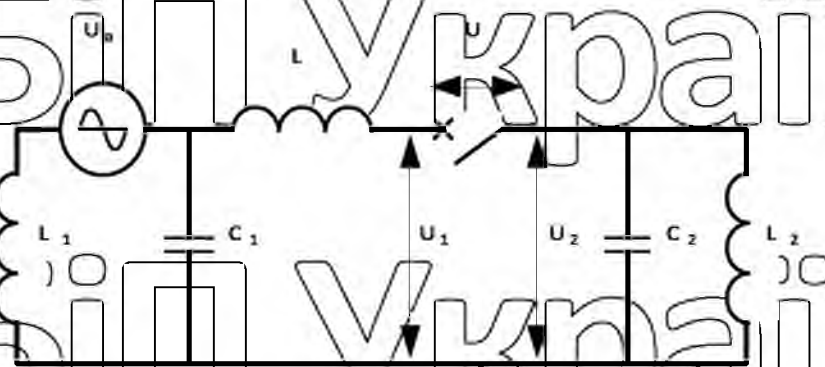
Струми обриву можуть спричинити переінапруги, викликані раннім розривом струму, інакше відомі, як явища «обриву струму».

При малих індуктивних струмах (від кількох ампер до кількох десятків ампер) охолоджуюча здатність апаратів, розрахованих на струм короткого замикання, набагато більше енергії, що розсіюється в дузі. Це викликає нестійкість дури, в результаті чого виникає коливальний процес, пов'язаний з обміном енергії між ємностями, «видимими» апаратами відключення і котушками індуктивності (див. рис. 1.7 і 1.8). Під час цього коливального процесу на високій частоті (порядку 1 МГц) можливе проходження струму через нуль до нормального проходження струму через нуль, і вимикач може

провести відключення струму до нормального проходження через нуль на промисловій частоті (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 панцюга при відключенні слабого індуктивного струму

					Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата	15



i – струм у вимикачі;

i_1 – значення струму, що викликає нестійкий стан;

i_2 – значення струму обриву.

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

Це явище, яке називається «обрив струму», супроводжується перехідною перенапругою головним чином через коливальний стан, який створюється на стороні навантаження (див. рис. 1.9). Максимальне значення перенапруги (U_{Cmax}) на стороні навантаження визначається таким рівнянням:

$$U_{Cmax}^2 = u_{\alpha}^2 + \left[\frac{\eta_{\text{m}} + L_2 + i_a^2}{C_2} \right]^2$$

де:

Змн	Арк	№ док.м	Піппис	Дата

НУБІП України

U_a – напруга обриву;
 I_a – струм обриву;
 η_{m} – магнітний ККД.

Зі сторони джерела живлення значення напруги рівне U_a і прямує до величини напруги мережі U_n при коливальному режимі, яка залежить від C і L . Значення напруги між контактами вимикача рівне різниці між цими двома напругами.



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

Це співвідношення ясно демонструє вплив характеристик мережі, з урахуванням того, що струм обриву сильно залежить від величини СІ і від використання відповідного пристрою.

Повторне запалювання

Значні перенапруги можуть бути викликані другим явищем. Мова іде про повторне запалювання при відключенні.

В цілому, повторне запалювання не уникає у випадку нетривалого часу горіння дуги, так як розходження контактів незначне, щоб витримати напругу, що виникає на виводах пристрою. Це відбувається кожен раз, коли дуга виникає безпосередньо перед проходженням струму через нуль.

У цьому випадку напруга зі сторони навантаження додається до напруги зі сторони джерела живлення в перехідному коливальному режимі з високою частотою (порядку 1 МГц). Таким чином, пікове значення коливання, що визначається на напрузі навантаження паразитних ємностей зі сторони споживача, в два рази перевищує попереднє значення.

Якщо вимикач здатен відключати струм високої частоти, то цей пристрій може виконати відключення при першому проходженні струму через нуль, через декілька мікросекунд після повторного запалювання.

Виникнення нового повторного запалювання цілком ймовірно внаслідок збільшення амплітуди коливань, і це явище повторюється, викликаючи скачок напруги, який може бути небезпечним для навантаження.

Слід відзначити, що подібне явище відбувається при включенні пристрою: виникає передпробійний стан, коли контакти знаходяться достатньо близько один до одного. Як у випадку послідовного повторного запалювання, з кожною спробою відключення, накопичена енергія виростає, але підвищення напруги обмежено зближенням контактів.

ЗМН	АПК	№ док.ум.	Піппис	Дата

Області застосування

Для мереж середньої напруги мова йде про намагнічувальні струми, недовантажених або слабонавантажених трансформаторів, двигуни і шунтуючі індуктивності.

Недовантажені або слабонавантажени трансформатори

Трансформатори можуть працювати в умовах низького навантаження (наприклад, вночі). Струми, що відповідають їх струмам намагнічування, варіюються від кількох ампер до кількох десятків ампер, і їх коефіцієнт розсіювання може бути дуже високим. Однак, навіть якщо струм обривається на пікове значення, можливі фактори перенапруги, як правило, є низькими, враховуючи ємність та індуктивність.

При організації електропостачання по повітряним лініям ризик, що пов'язаний з виникненням струму перенапруги, зменшується, оскільки розрядники обмежують перенапругу.

Однак у відповідності зі стандартами для трансформаторів, передбачені випробування імпульсами, що дозволяють перевірити здатність трансформаторів витримувати комутаційні перенапруги.

Шунтуюча індуктивність

Ця індуктивність використовується, щоб компенсувати реактивну складову ліній або для запобігання підвищенню напруги в дуже довгих лініях і в лініях з малим навантаженням. Частіше за все шунтуюча індуктивність застосовується у мережах високої напруги (ВН), але і може використовуватись у мережах середньої напруги (СН).

Перенапруга відключення зазвичай менше коефіцієнту перенапруги, рівного 2,5, в результаті присутності відповідного повного опору.

Якщо існує ризик перевищити цю межу, то паралельно з вимикачем повинні бути встановлені резистори і резистори.

Двигуни

Статорна і роторна обмотки двигуна працюють таким чином, що струм, який вони споживають без навантаження, а також їх пусковий струм, являються, в основному, індуктивними. По причині великої кількості здійснюваних комутаційних операцій дуже часто виникають перенапруги, які викликають поступове ослаблення або пошкодження ізоляції, в результаті чого ці перенапруги можуть стати критичними, зокрема, у випадку якщо відключення виконується у фазі пуску.

В цілому, необхідно вибирати вимикачі, які не дають повторного пробоя або забезпечують дуже малу ймовірність повторного пробоя. У протилежному випадку, можна встановити на виводах двигуна систему R-C для відводу перехідного струму високої частоти або систему обмеження перенапруг ZnO.

Стандарти на відключення індуктивного струму

Не існує міжнародних стандартів на процедуру відключення індуктивного струму, однак у технічному звіті 61233 МЕК визначені вимоги до проведення випробувань вимикачів, що використовують для подачі живлення на двигуни і шунтуючі індуктивності.

Двигуни

Для вимикачів, розрахованих на номінальну напругу від 1 до 17,5 кВ, передбачений стандартний ланцюг, що моделює блокування ротора двигуна, при проведенні лабораторних випробувань.

Шунтуюча індуктивність

Шунтуюча індуктивність не дуже часто застосовується в мережах середньої напруги, тим не менше, вона інколи використовується в мережах з напругою 36 кВ.

Лабораторні випробування, що виконуються на трифазних ланцюгах, передбачені тільки для мереж з номінальною напругою більше 12 кВ.

Відключення ємнісного струму

При відключенні ємнісного струму може виникнути перенапруга внаслідок повторного пробію протягом періоду відновлення напруги.

- Теоретично, відключення ємнісного струму може відбуватись без ускладнень. В дійсності, коли пристрій відключає струм, напруга на виводах генератора має максимальне значення, так як струм і напруга зміщені по фазі на $\pi/2$; оскільки конденсатор залишається зарядженим при цьому значенні після відключення струму, напруга на виводах вимикача, будучи початково нульовим, повільно підвищується, без створення перехідної відновлювальної напруги і з похідною по часу, на початку рівною нулю.

- З іншого боку, існує проблема виникнення повторного пробію. В дійсності, по проходженні півперіоду напруги мережі інвертується, і напруга на виводах вимикача досягає двократного значення пікової напруги. Таким чином, ризик виникнення повторного пробію між контактами зростає, і це посилюється тим, що відключення відбувається повільно.

Якщо повторний пробій виникає на максимумі напруги, то ємність розряджається на індуктивність ланцюга, створюючи коливальний струм трикратного пікової напруги $3E$ (див. рис. 1.10). Якщо при наступному проходженні струму через нуль виконано успішне відключення, конденсатор залишається зарядженим до величини напруги $3E$.

Коли напруга «e» знову інвертується, напруга на виводах вимикача рівна $5E$. Таким чином, ця перенапруга може викликати новий повторний пробій. Це явище може відбуватись при напрузі на виводах вимикача $5E$, $7E$ і т.д.

При будь-якому повторному пробію, який відбувається по проходженню четверти періоду після проходження струму через нуль, може спостерігатись

									Арк
ЗМН	Арк	№ докум.	Піппис	Дата					21

«стрибок напруги», в результаті чого створюється недопустима пікова напруга для навантаження.

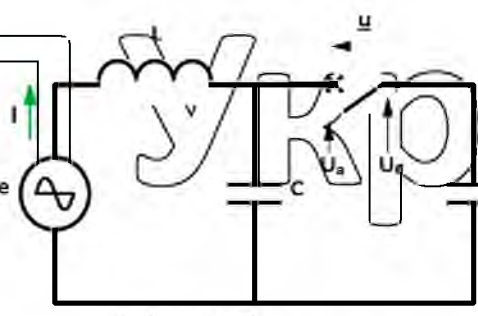
Але, повторне запалювання, виникнення якого обумовлене розмірами вимикача, являється допустимим: коливальна напруга на виводах конденсатора, по абсолютному значенню, залишається менше максимального значення напруги генератора, що не представляє собою небезпеки для вимикачів.

Випробування перенапругою конденсаторів виконується при 2,25-кратному значенні їх номінальної напруги.

Таким чином, відновлення електричної міцності проміжку між контактами повинно відбуватись достатньо швидко, щоб не виникло повторного пробую по проходженні четверті періоду.

ЗМН	Арк	№ док.ум.	Піппис	Лата

НУБІП України



НУБІП України



НУБІП України

НУБІП України

Рис. 1.10. Схема ланцюгів в ємнісним навантаженням у випадку відключення, коли вимикач не виконує достатньо швидко розмикання ланцюга і внаслідок послідовних повторних пробіїв 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.

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

НУБІП України

НУБІП України

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

де L_0 – індуктивність мережі зі сторони джерела живлення;

L – індуктивність з'єднання з конденсаторною батареєю, зазвичай менше L_0 .

У випадку використання регульованої багатоступенєвої конденсаторної батареї, це явище ще більше підсилюється за рахунок енергії, накопиченої в уже включених конденсаторах: перехідний струм може в декілька сотень разів перевищувати номінальний струм з частотою, що складає декілька кілогерц, через низький повний опір з'єднань між ступенями батареї.

У випадку повторного пробію на рівні контактів приладу керування (запалювання струмопровідної дуги до зіткнення контактів) цей підвищений перехідний струм являється причиною виникнення передчасної ерозії контактів і, можливо, їх зварювання. Щоб зменшити дію цих явищ, обмежуючі дроселі (повний імпульсний опір) з'єднуються послідовно з конденсаторною батареєю.

Таким чином, для конденсаторної батареї з n ступенями і питомою ємністю C попередня формула буде виглядати наступним чином:

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

де:

L – обмежуюча індуктивність (імпульсний повний опір), підвищена відносно L_0 .

НУБІП України

НУБІП України

ЗМН	Арк	№ докум.	Піппис	Дата

Висновок

Серед усіх технологій відключення по середній напрузі (СН) відключення в елегазі і відключення у вакуумі забезпечує помітно кращі робочі характеристики.

У справжній час не існує будь-якої іншої технології, здатної замінити відключення у вакуумі або в елегазі, так як ці два методи, у порівнянні з іншими, мають багато переваг:

- безпека: немає ризику вибуху, пожежі або виникнення зовнішніх проявів при відключенні;

- компактність: вакуум і елегаз являються дуже хорошими ізоляторами, відповідно, вакуумні і елегазові пристрої мають менші габарити;

- надійність: в цих пристроях мало рухомих частин при невеликій енергії керування, в результаті чого, забезпечується технічне обслуговування у скороченому об'ємі, висока експлуатаційна готовність і дуже великий термін служби;

- більш проста установка в корпус цих пристроїв і можливість виготовлення компактних комплектних щитів СН являється ще однією важливою перевагою цього обладнання, так як наявність металічних перегородок не впливає на відключаючу здатність.

Завдяки використанню сучасних засобів обчислювальної техніки, що забезпечують процес моделювання і симулювання, відбувається постійне вдосконалення пристроїв захисту.

Однак, найбільш значні успіхи у плані підвищення експлуатаційної надійності обладнання пов'язані з дуже поширеним використанням пристроїв у готовому корпусі і протестованим у заводських умовах.

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

2.1 Процес проведення обслуговування електротехніки

Виробник, якість отримуваної продукції, умови праці і безпека персоналу в значній мірі визначаються рівнем технічного стану електроенергетичного обладнання. Експлуатація обладнання повинна проводитись у відповідності з «Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів» і «Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок користувачів» або, якщо у користувачів присутні спеціальні установки, не передбачені Правилами, у відповідності з експлуатаційними інструкціями, затвердженими керівництвом підприємства і узгодженим з технічною інспекцією.

Періодичність міроприємств по експлуатації електрообладнання регламентована також «Системою планово-попереджувального ремонту і технічного обслуговування електрообладнання». Ця система представляє собою сукупність організаційно-технічних міроприємств по плануванню і проведенню різного роду робіт з метою забезпечення безвідмовної і безпечної роботи установок при мінімальних експлуатаційних затратах.

До основних видів робіт, що виконуються при обслуговуванні енергообладнання, відносяться наступні:

- поточне технічне обслуговування, що включає зовнішній огляд, очистку від пилу та бруду, усунення дрібних неполадок (підтяжка гвинтів та ін.) і т.п.;
- планове технічне обслуговування, що включає огляд, очистку, діагностику, прості регулювання, випробування і дрібний ремонт із заміною деяких деталей без розбору обладнання і зняття його з місця установки; при цьому визначається необхідність позачергового, поточного або капітального ремонту;

					Арк
Змн	Арк	№ док.ум.	Піппис	Дата	27

• заміна змозувальних матеріалів, яка проводиться у відповідності з графіком або при поточному ремонті;

• поточний ремонт енергообладнання, що включає операції технічного обслуговування, а також розробку, очистку деталей і вузлів, їх дефектування, заміну або ремонт зношених або пошкоджених деталей, усунення інших несправностей, збірку, регулювання, налаштування і післяремонтні випробування;

• капітальний ремонт, що проводиться при необхідності із заміною або ремонтом деталей і вузлів, що прийшли в несправність або тих, що відпрацювали свій ресурс;

• технічне обслуговування при зберіганні, що включає комплекс робіт при підготовці обладнання до зберігання, при зберіганні і використанні при зберіганні.

У складі матеріально-технічної бази господарства повинні бути пости технічного обслуговування, пункти поточного ремонту, енергоремонтна вимірювальна лабораторія. Пости поточного обслуговування – це основна технічна база монтажних ділянок, призначена для проведення робіт по технічному обслуговуванню і дрібному ремонту обладнання, а також для зберігання запасних частин і вузлів, приладів, інструменту, матеріалів і технічної документації. Ці пости доцільно обладнати при пунктах технічного обслуговування технологічного обладнання.

Пункт поточного ремонту – центральний технічний об'єкт матеріально-технічної бази господарства, він повинен забезпечувати профілактичні і діагностичні роботи, поточний ремонт, випробування і наладку обладнання в стаціонарних умовах. Цей пункт доцільно мати у складі центральних ремонтних майстерень або автогаражів.

Енергоремонтна вимірювальна лабораторія призначена для діагностики, поточного ремонту, перевірки, наладки і випробувань енергообладнання в місцях його установки, а також для його доставки на пункт поточного ремонту.

Об'єкти матеріально-технічної бази енергетичної служби створюються у відповідності з типовими проектами.

2.2 Склад і схема побудови енергетичної служби господарства і її документації

Схема побудови служби. У склад загальної енергетичної служби господарства в залежності від матеріально-технічного оснащення і розмірів господарства можуть входити: служба газифікації, служба обслуговування холодильного обладнання, служба обслуговування диспетчеризації і зв'язку.

Енергетична служба організує і забезпечує експлуатацію і ремонт електричних ланцюгів всередині господарства і внутрішніх проводок, електрообладнання, трас газифікації і теплотрас, теплоенергетичне обладнання. Вона також піклується про подальший розвиток і вдосконалення електрифікації, газифікації і теплофікації, відповідає за раціональне використання топливно-енергетичних ресурсів на стаціонарних установках виробництва, за відповідність правилам охорони праці і техніки безпеки, за підготовку і підвищення кваліфікації персоналу, зайнятого на експлуатації і обслуговуванні енергетичних установок.

Загальна схема побудови енергетичної служби приведена на рисунку 2.2.12. Ця служба може включати інші ланки, крім відзначених на рисунку, в залежності від складу матеріально-технічної бази і енергетичного забезпечення господарства. Адміністративно головний енергетик підчиняється керівнику господарства, а по технічним питанням – відповідному спеціалісту вищостоячого органу. В свою чергу, головному енергетику підчиняються інженер-електрик, інженер-теплотехнік, спеціалісти по холодильному обладнанню, по газифікації, радіотехнік, персонал електротехнічної і теплотехнічної служб.

									Арк
Змн	Арк	№ док.ум.	Піппис	Дата					29



Рис. 2.2.12 – Структура експлуатаційної служби

Персонал груп експлуатації і ремонту розділяється на бригади, що закріплюються за окремими ділянками (монтерськими пунктами), які оснащені постами технічного обслуговування. Бригадирами повинні назначатись більш підготовлені електромонтери, що мають більш високий розряд або при рівних розрядах більш високу групу допуску по технічній безпеці. В обов'язки керівників бригад входить забезпечення виконання робіт у відповідності з графіком і контроль за виконанням цих робіт і витратами матеріалів; заповнення журналів обліку робіт і інструктажу по техніці безпеки; складення заявок на деталі і матеріали; контроль за виконанням членами бригади правил техніки безпеки і т.д.

						Арк
ЗМН	Арк	№ докум.	Піппис	Дата		30

Число електромонтерів у групах визначається затратами праці, необхідними для виконання відповідних робіт

Документація. Діяльність енергетичної служби повинна оформлятися відповідною документацією. Основним документом являється енергетичний паспорт господарства, в якому приведений перелік усіх енергетичних установок і їх основні характеристики. Установки і їх обладнання занесені у відповідні розділи: енергопостачання, теплопостачання, водопостачання, газифікація, холодильні установки, каналізація, телефонізація і радіозв'язок. У пояснювальній записці по кожному розділу приводяться відповідні схеми і короткий опис стану різноманітних мереж і найбільш енергосмних споживачів.

Інша технічна документація і матеріали оформляються у вигляді журналів, що ведуться у відповідності із затвердженою для них формою. Це наступні журнали:

- 1) журнал обліку електроприймачів з пуско-захисною апаратурою і проводки, призначеною для реєстрації електрооснащення виробничих, загальних і культурно-побутових приміщень;
- 2) графіки технічного обслуговування і ремонту електрообладнання, які доцільно складати на кожен фізично встановлену одиницю на відповідних об'єктах;
- 3) журнал обліку дефектів, що виявляються при поточному технічному обслуговуванні і ремонті обладнання;
- 4) журнал виходу електричного обладнання в лад для обліку часу і причина виходу з ладу обладнання;
- 5) журнал обліку числа і тривалості перерв електропостачання від енергосистем; кожна перерва повинна фіксуватися окремо.

										Арк
ЗМН	Арк	№ докум.	Піппис	Дата						31

6) журнал обліку споживачів електроенергії на виробничі потреби; при відсутності лічильників кількість спожитої енергії орієнтовно може бути визначено як добуток потужності установки на число годин її використання;

7) оперативний журнал електропостачання (зі строком зберігання 3 роки) для фіксування усіх розпоряджень і наказів електропостачальною організацією;

8) журнал обліку основних і додаткових захисних заходів по обслуговуванню енергоустановок;

9) журнал обліку перевірки заземлюючих пристроїв;

10) журнал реєстрації ввідного інструктажу по техніці безпеки для знову приступаючих до роботи;

11) журнал інструктажу електромонтерів по техніці безпеки; кожен електромонтер повинен бути проінструктований не рідше одного разу у квартал по питанням техніки безпеки; листи журналу нумеруються, прошиваються і опечатуються; в журналі розписуються особи, що інструктують і інструктуються; 12) журнал перевірки знань по Правилами технічної експлуатації і правилам техніки безпеки електротехнічного персоналу; перевірку знань проводять один раз на рік для персоналу, що безпосередньо обслуговує діючі установки, проводить в них налагоджувальні, ремонтні або інші роботи;

13) журнал перевірки знань по техніці безпеки у персоналу 1 кваліфікаційної групи, яка присвоюється особам, зайнятим на обслуговуванні електрифікованих машин і механізмів, а також особам, що відповідають за електрогосподарство підприємства або ділянки;

14) журнал роботи з персоналом, в якому фіксуються різні курсові заходи і т.д.

						Арк
ЗМН	Арк	№ док.ум.	Піппис	Дата		32

часу людини, змашування – 0,25 год, поточного ремонту – 4,8 год, капітального ремонту 12,5 год. Для визначення загальних трудових затрат в годинах загальної суми умовних одиниць по видах обслуговування множать на приведені нормативи трудомісткості.

Кількість обслуговуючого персоналу можна потім розрахувати шляхом поділу отриманих заграги праці на річний фонд часу одного працюючого. Далі визначають вартість обслуговування, вартість матеріалів для обслуговування і т.п. з урахуванням діючих нормативів.

2.4. Відповідальність за експлуатацію електроустановок і рівень кваліфікації персоналу

Загальна відповідальність за організацію технічної експлуатації електроустановок і їх правильне використання покладається на керівників підприємств і господарств, на балансі яких знаходяться установки.

На кожному підприємстві адміністрацієюзначається особа, що відповідає за дотримання Правил експлуатації і техніки безпеки, та називається «відповідальний за електрогосподарство» і має відповідну підготовку. В його функції входить: забезпечення надійної, економічної і безпечної роботи електроустановок; забезпечення заходів по економії електроенергії і по підвищенню коефіцієнта потужності; впровадження нової техніки в цілях підвищення продуктивності праці; своєчасне проведення планово-попереджувальних ремонтів і профілактики; спостереження за графіком навантаження, обліком електроенергії, звітністю, дотримання виконання вимог Держнагляду і енергосистеми; організація навчання, інструктаж і перевірка знань обслуговуючого персоналу; своєчасне розслідування аварій і т.д.

Персонал, що обслуговує електроустановки, при призначенні на самостійну роботу, при переводі на іншу посаду або щеля перерви в роботі більше шести місяців повинні пройти навчання на робочому місці у строк, що

встановлений адміністрацією (головним енергетиком). Програма навчання повинна передбачати володіння виробничими навичками, вивчення правил експлуатації електроустановок споживачів і правил техніки безпеки у відповідності зі специфікою роботи.

Знання персоналу перевіряє спеціальна комісія періодично: у персоналу електролабораторій і обслуговуючого діючі електроустановки або того, що проводить їх наладку, електромонтаж, ремонт або профілактичні випробування, а також у персоналу, що оформляє розпорядження на ці роботи, один раз на рік, у решти персоналу – один раз на 3 роки.

Особи, які обслуговують технологічні електроустановки, також повинні пройти спеціальну підготовку із наступною перевіркою знань і отримати допуск до роботи в електроустановках і відповідку кваліфікаційну групу по техніці безпеки.

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

Випробування обладнання. Установки, що повторно вводяться в дію, реконструйовані і відремонтовані, повинні проходити прийомо-здавальні випробування у відповідності до ПУЕ з метою зменшення ймовірності аварійного виходу з ладу електроустановок, а також підвищення загального рівня надійності обладнання, забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу. Через пошкодження ізоляції елементів установок і несправності заземлюючих пристроїв і апаратів, призначених для захисту від коротких замикань, може виходити з ладу електрообладнання, відбуватись пожежі, спостерігатись випадки електротравматизму. Тому випробування електрообладнання повинні проводитись і з профілактичною метою.

Основні види випробувань обладнання – вимірювання опору ізоляції, випробування ізоляції підвищеною напругою. Випробування проводить монтажний персонал в процесі монтажу, налагоджувальний персонал

непосередньо перед вводом обладнання в експлуатацію, потім оформляються відповідні акти і протоколи.

Опір ізоляції силових і освітлювальних провідок, обмоток електричних машин і інших елементів установок вимірюють мегаометрами. Значення опору ізоляції визначають як між різними струмопровідними частинами, так і між провідниками і землею. Перед вимірюваннями футляр мегаометра, особливо між контактами, ретельно очищують від пилу і переконуються в його справності: при повертанні ручки стрілка повинна зупинитись на відмітці «∞» шкали «МОм», а при замиканні зажимів «L» і «Земля» - на відмітці «0» тої ж шкали. Якщо відхилення стрілки від вказаних відміток перевищує відстань, що відповідає основній погрішності приладу (0,8-1мм), приладом користуватись не можна. Провідники для підключення приладу повинні мати хорошу ізоляцію. Провідники в оплітці застосовувати не можна, так як вони легко звожуються.

Випробування ізоляції підвищеною напругою проводять з метою виявити місцеві дефекти ізоляції і визначити її міцність, тобто здатність протягом тривалого часу витримувати робочу напругу. Для цієї мети необхідно мати випробувальні установки – трифазні автотрансформатори або індукційні регулятори з вихідною напругою не вище 300В. Можна використовувати три однофазні автотрансформатори з вихідною напругою 0...250В.

Випробування ізоляції напругою промислової частоти, рівним 1000В, можуть бути замінені вимірюванням однохвилинного значення опору ізоляції мегаометром на напругу 2500 В. Якщо значення опору ізоляції менше норми, то випробування підвищеною напругою 1000 В необхідно проводити обов'язково.

ЗМН	Арк	№ док.м.	Піппис	Дата

Висновок

Умовою, що забезпечує зниження часу простою обладнання і мереж у ремонті чи обслуговуванні, значне підвищення продуктивності праці ремонтно-експлуатаційного персоналу, являється підготовка матеріалів для виконання робіт. Її задача – своєчасно (до початку робіт) забезпечити необхідні матеріали, запасні частини і куплені вироби в необхідних кількостях.

Як показує практика, труд інженера, витрачений на обробку проектно-конструкторської і технологічної документації, багатократно окупається зниженням трудових затрат і скороченням простою обладнання.

НУБІП України
НУБІП України
НУБІП України
НУБІП України
НУБІП України
НУБІП України

						Арк
ЗМН	Арк	№ докум.	Піппис	Дата		37

Розділ 3. Проектування ремонтно-обслуговуючої бази електротехнічного обладнання

3.1 Аналіз існуючої обслуговувальної служби

Першочергово повинні бути розглянуті питання про існуючу службу обслуговування господарства. Оцінити недоліки і внести необхідні дані, зокрема:

- 1) Застаріле випробувальне, монтажне, вимірювальне обладнання та інструмент.
- 2) Кількість запасних частин, якість і потенціал ремонтного фонду.
- 3) Рівень кваліфікації персоналу.

Об'єктивна оцінка обслуговуючої бази і персоналу дозволяє точніше визначати потенційний строк служби обладнання, співставити його з тим, який заявляє завод-виробник, а також це допоможе збільшити продуктивність, енергоефективність підприємства та підняти собівартість продукції на підприємстві.

Цей розділ дозволяє чітко визначити і запропонувати опції для виконання проекту вдосконалення, реконструкції або формування нової ремонтно-обслуговуючої бази.

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

Науково-дослідними організаціями та проектними інститутами розроблено перелік проектів баз і опцій технічної підтримки електротехнічного обладнання. Деякі з них є затвердженими і є типовими.

Впровадження господарського розрахунку дає енергоремонтній службі право маневрувати (з метою виконання покладених на неї функцій, для чого їй дане обладнання, виробничі площі, люди, матеріали, фонд заробітної плати і т.п.) виділеними ресурсами у відповідних рамках, використовувати найбільш раціональні і ефективні форми організації праці, прогресивні технологічні

Змн	Арк	№ доквм	Піппс	Лата

процеси. З'являється можливість на основі більш широкого застосування різних форм матеріального заохочення працівників виявляти і використовувати резерви росту продуктивності праці, досягати економічності, підвищувати якість технічного обслуговування і ремонту, збільшувати безпеку виробничих фондів підприємств.

Розглядаючи розвиток системи ремонту обладнання промислових підприємств, необхідно окремо прослідкувати розвиток досвіду і практики технічного обслуговування і ремонту енергогосподарств.

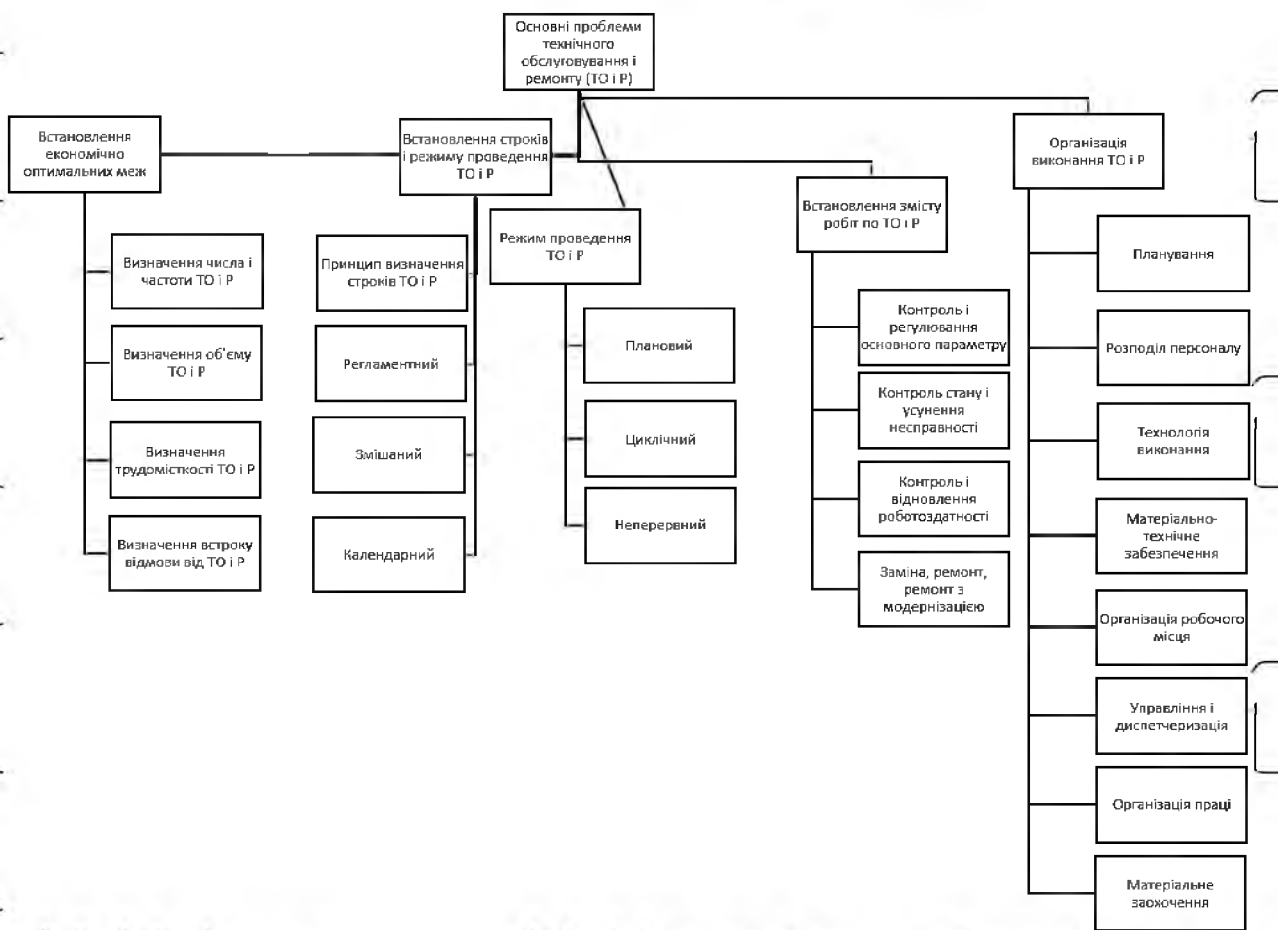


Рис. 3.2.1 – Складові основних проблем технічного обслуговування і ремонту

1. Пряме завдання оптимізації

$$C(L_0) = \min C(L); \quad (1.1)$$

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

де L – множина допустимих рішень;

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

$C(L)$ – затрати, що характеризують систему технічного обслуговування і ремонту і відповідають рішенню L ;

L_0 – оптимальне рішення, тобто рішення, що мінімізує цільову функцію (1.1) і задовольняє обмеженням (1.2); $Q_j(L)$ – значення j -тої характеристики ефективності пристрою або характеристики системи технічного обслуговування і ремонту; Q_{3j} – задане значення j -тої характеристики ефективності пристрою або системи технічного обслуговування і ремонту.

Як слідує з (1.1) і (1.2), при даному формулюванні завдання побудова системи технічного обслуговування і ремонту із множини L допустимих рішень вибирається таке, яке мінімізує вибраний вид затрат і задовольняє задані обмеження. В якості функції $G(L)$ можуть бути прийняті затрати праці, засобів або діяльність перебування пристрою в неробочому стані у зв'язку із здійсненням заходів системи технічного обслуговування і ремонту з усуненням наслідків відмов за розглянутий період експлуатації.

Обмеженнями $Q_j(L)$ можуть бути інші (додаткові) показники ремонтпридатності, характеристики ефективності, затрати часу, праці і засобів на здійснення окремих видів профілактичних заходів, затрати на запасні інструменти на приналежності, число і кваліфікація спеціалістів, технічна оснащеність організації і підприємств, що здійснюють ТО і Р.

2. Зворотне завдання оптимізації

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

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

У такій постановці задачі потрібно знайти рішення L_0 , яке максимізує значення характеристики ефективності $Q(L)$ і задовольняє обмеження по заданим видам затрат $C_j(L)$. Як і у випадку прямої задачі оптимізації, тут у якості $Q(L)$ можна розглядати, наприклад, характеристики ефективності

пристрою, показники безвідмовності, строки служби пристрою. Вид задачі оптимізації, а також вид цільової функції і обмеження визначаються конкретними умовами.

Визначення складності при вирішенні задачі установлення оптимальної системи технічного обслуговування і ремонту пов'язані з отриманням залежностей для цільових функцій (1.1) і (1.3), функцій обмеження (1.2) і (1.4). Вид цих залежностей визначає вид використовуваних математичних моделей і методів рішення задачі. Однак ці труднощі в умовах практичної діяльності працівників відповідних служб при спробі постановки рішення задач системи технічного обслуговування і ремонту по типу розглянутих задач оптимізації перетворюються в нерозв'язну проблему для більшості промислових підприємств.

Висновок

Потрібно відзначити, що такий підхід до вирішення проблеми ТО і Р дає можливість по-новому і глибше поглянути на прийнятну систему ТО і Р основних виробничих фондів підприємств. Одночасно необхідно відзначити, що застосування математичних моделей і електронної обчислювальної техніки для рішень (а рішення приведеного прикладу без застосування електронної обчислювальної техніки стає майже неможливим) проблем системи ТО і Р раціональний крок до підвищення ефективності та якості обслуговування і роботи вузлів і агрегатів в цілому.

						Арк
ЗМН	Арк	№ док.ум.	Піппис	Дата		41

Розділ 4. Перевірка основних вузлів апарату

4.1 Загальна характеристика досліджень

У ході дослідження науково-публіцистичних матеріалів було підтверджено, що елементом, який потребує найдетальнішого дослідження є група контактних з'єднань автоматичних вимикачів.

Їх вплив на виникнення несправностей оцінюється у кількості 18%.

Оскільки досі найактуальнішим матеріалом для їх виконання є мідь, варто з повною відповідальністю відноситись до виявлення впливу процесу окислення на стан контактних з'єднань.

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 приведені значення перехідного опору для різних контактних матеріалів до окислення і після окислення при температурі 35°C.

Таблиця 4.1.1

Матеріали контактних	Тривалість окислення, днів	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 перехідний опір підвищується у мідних контактів. Уже через 2 доби він виростає більше ніж у 150 разів. Найкраще протистоїть окисленню срібло. За 100 діб їх перехідний опір збільшується тільки у 22 рази. Такого різкого збільшення перехідного опору контактних з'єднань, яке має місце у міді допускати не можна. Тому приймають ряд заходів, які направлені на те, щоб запобігти окисленню контактних поверхонь.

Контактні поверхні деталей, що створюють нерозімкнене контактне з'єднання, покривають шаром олова, кадмію або срібла. Якщо здійснити таке покриття неможливо, то перед з'єднанням, контактні поверхні змащують тонким шаром технічного вазеліну.

Для контактів, що розмикаються, призначених для тривалої роботи з протіканням струму, найкраще застосовувати контакти із срібла або з металокераміки на срібній основі. У випадку застосування мідних або інших швидко окислюваних контактів кінематику контактних деталей виконують так, щоб при їх дотиканні, мало місце ковзання контактних поверхонь один по одному, в результаті чого при кожному включенні відбувається стирання плівки окислу.

Щоб контролювати стан контактів (струмопровідних частин) під час експлуатації обладнання, передбачено виконання вимірювання температури нагріву контактних з'єднань за допомогою тепловізорів; лазерних, інфрачервоних термометрів, або з допомогою ізольованого щупа, виконаного з біметалу (для короткочасного притискання до місця вимірювання для найточнішого вимірювання).

4.2. Способи вимірювання температури контактних з'єднань

Тепловізійні технології за останні роки пішли далеко вперед. Сьогодні невеликі портативні інфрачервоні камери, як показано на рисунку 4.2.1, дозволяють користувачам швидко отримати більш точні показники

температури, просто навівши на об'єкт. Програмне забезпечення зазвичай забезпечує розширене зображення з кольоровим кодуванням, щоб користувачі могли легко визнати, що актуально, а що ні.



Рис. 4.2.1. – Використання ручної інфрачервоної камери

При перевірці важливо, щоб система була під навантаженням. Потрібно виконувати термомоніторинг під час пікового навантаження, або коли навантаження становить щонайменше 40% (згідно з NFPA 70B). Теплові втрати, що виділяються нещільними з'єднаннями, зростає як квадрат навантаження, чим вище навантаження, тим легше знайти окислені контакти.

Однак також важливо враховувати ефект охолодження вітру (якщо вимірювання проводиться не в приміщенні) та інші рухи повітря.

При вимірюванні за допомогою інфрачервоних тепловізорів варто чітко знати матеріал вимірюваного контактного з'єднання, для встановлення на приладі точного коефіцієнту випромінювання матеріалу (коефіцієнт емісії).

Дане дослідження є обов'язковим, при виконання діагностики, ТО і Р, адже теплові втрати – це є втратами використовуваної електроенергії, які можуть значно відзначатись на витратах підприємства.

Змн	Арк	№ докум	Пілпис	Дата

4.3. Забезпечення захисних функцій та експлуатаційні вимоги

Поточні технічні вимоги розповсюджуються на вимикачі, призначені для комутації електричних ланцюгів при номінальних і аварійних режимах, а також в циклах АПВ в мережах трифазного змінного струму частотою 50 Гц номінальною напругою від 6 до 110 кВ включно.

Встановлювані вимикачі повинні забезпечувати:

- високу надійність роботи з мінімальним об'ємом робіт по технічному обслуговуванню і профілактиці;
- високу ремонтпридатність і мінімальні затрати при відновленні.

Виконання конструктивного зв'язку між полюсами вимикача – з трьома полюсами на спільній основі (фіксована міжполюсна відстань).

Виконання функціонального зв'язку між полюсами – з функціонально залежними полюсами (спільний привід на три полюси). Для вимикачів 6-10 кВ допустимо виконання з функціонально незалежними полюсами.

Вид приводу:

- пружинний (пружинно-моторний) привід. В конструкції пружинних приводів повинні бути передбачені пристрої, що забезпечують:

➤ можливість виконання АПВ;

➤ блокування руху контактів вимикача з відключеного положення при не повністю заведених включаючих пружинах.

Енергія приводу, запасена у зведеній пружині навіть у випадку тимчасової втрати джерела живлення приводу повинна

бути достатня для виконання циклу «Відключити – Включити –

Відключити». Повинна бути можливість заведення пружин ручним способом;

електромагнітний привід.

ЗМН	Арк	№ докум.	Пілпис	Дата

При цьому незалежно від виду приводу повинна бути можливість включення/відключення вимикача при відсутності оперативного струму.

Допускається застосування вбудованих заземлювачів/роз'єднувачів у вимикачах 35/110 кВ при умові можливості візуального визначення їх положення.

Вимикач повинен бути споряджений вказівником положення (включеного/виключеного) вимикача, а також вказівником зарядженого стану пружин приводу.

Сталеві частини, що підлягають впливу кліматичних факторів зовнішнього середовища, повинні мати захисні покриття, виконані методом гарячого цинкування.

У всьому неоговореному вимикачі повинні відповідати вимогам діючих нормативних документів.

Комплектність поставки

В комплект ЗІП на кожен вимикач повинні входити котушки включення і відключення.

На партію електричних вимикачів повинна бути передбачена поставка одного переносного датника витoku, для контролю витoku електрики, манометричний індикатор щільності, автоматичний вимикач вторинної комутації, обігрівач, комплект для заправки вимикачів електрикою.

Вимикачі на напругу 6, 10, 35 кВ

На напругах 6, 10, 35 кВ повинні застосовуватись вакуумні вимикачі.

Механічний ресурс переключень вимикачів 6 і 10 кВ повинен мати не менше 50000 циклів включення – відключення. Комутаційний ресурс повинен бути не менше 100 відключень з допустимим струмом відключення КЗ.

ЗМН	Арк	№ докум.	Піппис	Дата

Механічний ресурс переключень вимикачів 35 кВ повинен бути не менше 30000 циклів включення – відключення. Комутаційний ресурс повинен бути не менше 25 відключень з допустимим струмом відключення КЗ.

Вимикачі повинні бути призначені для роботи в електричних мережах з ізольованою нейтраллю.

Електромагнітні приводи, що застосовуються повинні мати пристрої для керування електромагнітами включення/відключення не прямим включенням в мережу оперативного струму, а через спеціальні пускові пристрої (наприклад, за допомогою конденсаторних накопичувачів).

Токи зриву вимикачів не повинні перевищувати 3 А.

Привід вимикача зовнішньої установки повинен бути встановлений так, щоб роботи в ньому можна було виконувати без розбору схеми вимикача.

Полюси вимикачів не повинні мати нагрівальних елементів, для заміни яких вимикач потрібно виводити в ремонт.

Довжина шляху витoku внутрішньої поверхні опорних ізоляторів і тяги вимикачів повинна бути не менше довжини шляху витoku зовнішньої поверхні ізолятора.

Вимикачі на напругу 110 кВ

На напругу 110 кВ повинні застосовувати елегазові вимикачі колонкового типу. Для підстанцій, розташованих в районах з можливими низькими від'ємними температурами нижче -55°C , рекомендується застосування елегазових бакових вимикачів з додатковим контуром обігріву і з застосуванням сорочок обігріву.

Механічний ресурс перемикачів вимикачів 110 кВ повинен бути не менше 10000 циклів включення-відключення. Комутаційний ресурс повинен бути не менше 20 відключень з допустимим струмом відключення КЗ і не менше

						Арк
ЗМН	Арк	№ докум.	Піппис	Дата		47

5000 циклів включення-відключення при робочих струмах, рівних номінальному струму для вимикачів.

Вимикачі повинні бути призначені для роботи в електричних мережах із заземленою нейтраллю (з коефіцієнтом замикання на землю не більше 1,4).

Вимикачі повинні мати пристрої для контролю тиску газу, приведеного до нормальних атмосферних умов (температура $+20^{\circ}\text{C}$, тиск 101,3 кПа).

Пристрій повинен мати допоміжні контакти, призначені для подачі попереджувального сигналу при зниженні тиску до тиску сигналізації внаслідок витoku газу, а також для блокування вимикача при зниженні тиску до тиску блокування. В технічних умовах або в експлуатаційній документації повинні бути вказані наступні значення приведенного тиску газу:

- нормований тиск заповнення;
- тиск спрацювання контактів попереджувальної сигналізації витoku газу (газової суміші);
- тиск блокування вимикача.

На вимикачах напругою 110 кВ відповідних приєднань, відмова у відключенні яких пов'язана із загрозою втрат значної потужності, що передається, повинні встановлюватись два електромагніти відключення.

						Арк
ЗМН	Арк	№ док.ум.	Піппис	Дата		48

РОЗДІЛ 5. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИПРОБУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ, МЕТОДОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ ВИПРОБУВАНЬ

5.1. Ознайомлення з випробувальним обладнанням.

5.1.1. Апаратна частина

Аналізатор автоматичних вимикачів і мікроомметр моделі СВА1000 – це тестовий набір «два в одному».

При використанні в якості аналізатора автоматичних вимикачів він дає змогу в автономному режимі перевіряти характеристики всіх сучасних вимикачів середнього та високого напруги.

При використанні в якості мікроомметра він дозволяє вимірювати контактний опір контакту вимикача, а також з'єднань або інших частин ланцюга. Це також дозволяє проводити динамічний тест опору контакту, тобто записувати та відображати, як змінюється контактний опір під час його замикання: це дозволяє виявити приховані дефекти, які інакше неможливо діагностувати.

Тестер СВА 1000 призначений для контролю основних параметрів вимикача середнього і високого класу напруги. СВА 1000 може перевіряти масляні, електричні та вакуумні вимикачі в трифазному режимі з одним і двома розривами на фазу. Також в нього може бути вбудований мікроомметр, що виключає необхідність використання окремого приладу.

Усі схеми розроблені для забезпечення безпечної роботи в шумному середовищі підстанцій високого та середнього класу напруги.

Інструмент поміщений в транспортабельний алюмінієвий ящик, який забезпечений знімною кришкою та ручками для зручності транспортування.

Далі – передня панель, всі компоненти на передній панелі та основні всередині тестового набору наведені нижче.

										Анк
ЗМН	Анк	№ док.ум.	Пілпис	Дата						49

Перегляд

За допомогою цього вибору можна вибрати, які канали будуть відображатися на екрані: це служить для мінімізації кількості слідів. Поруч із цим вибором дисплей самоналаштовується так, щоб було легше дивитися результати тесту. Натиснувши «Перегляд», відкриється наступне вікно.

Ліва частина екрана слідує за вибором.

Основні контактні лінії означають:

Тонка лінія = відкритий контакт;

Більш товста лінія = резистор перед вставкою закритий. Найтовстіша лінія = замкнений контакт.

Допоміжні лінії: Тонка = Відкрита; Товстий = закритий.

Наступні рядки — профілі струмів котушки: їх чотири, якщо встановлено опцію.

Часова база — це тривалість тесту зі шкалою, яка відповідає часу тестування.

Параметри тригера

Вибір визначає еталон для вимірювань часу: при натисканні на нього з'являється наступне вікно.

Вибір «Струм котушки» означає, що час вимірюється з посиленням на перший виявлений струм котушки, будь то відкритий або закритий, відповідно до послідовності випробувань. Наступне вікно дозволяє вибрати порогове значення струму котушки у відсотках від 1% до 30% від вибраного діапазону струму, який відображається: вибір діапазону котушки здійснюється за допомогою «Налаштування аналогового каналу / котушок».

Цей вибір використовувався в минулому, коли драйвери котушки були виготовлені з контактів реле, які відскакували таким чином, що точно

вимірювання часу було ускладнено, і був наданий для порівняння з результатами попередніх випробувань. Крім того, зміна порогу струму змінює результат синхронізації, оскільки струм зростає повільно через індуктивність котушки. У СВА1000 керування котушкою є електронним: край напруги крутий, і немає відскоку; тому вибір внутрішнього тригера є кращим. Різниця між двома виборами становить близько 1 мс.

Вибір «внутрішнього тригера» означає, що вимірювання часу починається, коли керуюча схема подає першу команду «Відкрити або закрити» котушки.

Вибір «Скидання команди котушки» означає, що вимірювання часу починається, коли команда «Відкрити» або «Закрити» котушку впаде.

Вибір «аналоговий вхід» означає, що вимірювання часу починається, коли рівень аналогового входу перетинає (більший, нижчий) вибраний поріг. Наступне вікно дозволяє вибрати поріг аналогового входу:

Вибір «Зовнішній тригер на веденому вході». Тестовий набір має головний вихід і вхід Slave (29), які дозволяють синхронізувати до 4 СВА1000 (1 Master, 3 Slave). У цьому режимі один СВА1000 діє як головний пристрій; його головний вихід буде підключено до всіх інших пристроїв, вибраних як підпорядкований. Коли провідний розпочинає тест, усі інші підпорядковані пристрої вимірюватимуть синхронізацію на головному, допоміжному та аналоговому входах, але не генерують сигнали керування котушкою. Ця функція дозволяє тестувати автоматичні вимикачі з більш ніж двома камерами на фазу, або оглядати більше чотирьох допоміжних входів, або досліджувати більше одного аналогового входу одночасно.

Вибір «Допоміжний вхід» означає, що вимірювання часу починається, коли вибраний допоміжний вхід увімкнеться або змінить свій стан. Тригер

										Арк
ЗМН	Арк	№ докум.	Пілпис	Дата						52

також може виконуватися на логічній комбінації допоміжних входів. Вибір здійснюється у наступному вікні.

Якщо оператор діє на SEL, відкриваючи це вікно, виконаний вибір повторюється.

Цей вибір корисний у разі:

Визначення команд Open, якщо доступна опція приводу з чотирьох котушок; Визначення тестової послідовності.

З вибором «Відкрити», CBA1000 видає команду «Відкрити» та записує таймінги відповідно до інших вибраних параметрів. У випадку чотирьох котушок, вибрана фаза відкритої котушки запускається: вибір виконується в наступному вікні.

Вибір «Однофазний цикл» означає, що у серії відкритих команд перша команда «Відкрити» буде видана на фазі А; наступна команда Open буде видана на фазі В; наступна команда Open буде видана на фазі С. З наступними командами Open цикл буде повторюватися.

Вибір «Циклувати дві фази» означає, що в серії відкритих команд перша команда Open буде видана на фазах А і В; наступна команда Open буде видана на фазах В і С; наступна команда Open буде видана на фазах С і А. З наступними командами Open цикл буде повторюватися.

Вибір «Циклувати все» означає, що в серії відкритих команд вони будуть: Фаза А; фаза В; Фаза С; Фази АВ; Фази ВС; Фази СА; Фази ABC. З наступними командами Open цикл буде повторюватися.

За допомогою вибору «Послідовність» користувач може редагувати потрібну послідовність тесту. Це дає наступні можливості:

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

										Арк
ЗМН	Арк	№ докум.	Піппис	Дата						53

с. У разі чотирьох котушок запрограмуйте будь-яку серію команд Open; .
Запрограмуйте послідовність СОС.

Виконайте тест, який імітує відсутність допоміжної напруги.

Часові затримки та тривалість встановлюються незалежно для кожного циклу; ці значення незалежні від тих, які вибрано для одного тесту: дивіться далі.

Користувач повинен подбати про визначення правильної послідовності з точки зору часу та послідовності відкриття-закриття. Команди «Додати» та «Видалити» допомагають редагувати послідовність тестів. Вибір затримки має бути встановлений між двома командами; пам'ятайте, що СВ не можна керувати з таймінгами менше 30 с.

Команда Параметри запису відкриває наступне вікно.

При першому виборі запис безперервний, включаючи затримку між тестами. Цей вибір можна використовувати лише для коротких тестів: велика затримка знижує роздільну здатність екрана та точність вимірювання часу.

При другому виборі запис виконується з найвищою роздільною здатністю, навколо команд «Відкрити» або «Закрити»: це потрібно вибрати у випадку довгих послідовностей.

Параметри запису

Цей вибір визначає, як будуть записані результати тесту: при натисканні на нього з'являється наступне вікно.

Визначення часу можна відобразити, натиснувши «Діаграма HELP»: відобразиться наступне вікно. Як ви бачите з визначення часу, можна накласти команду Close на команду Open: це досягається встановленням «Затримка відкриття для закриття» менше, ніж «Тривалість відкритої котушки».

Тривалість «Попереднього запуску» застосовується лише до початку тесту (або послідовності).

										Арк
ЗМН	Арк	№ доквм.	Пілпис	Дата						54

«Тривалість запису» включає всі затримки: вона має бути більшою, ніж «Попередній тригер» + «Затримка ОС» + «Затримка СО» + таймінги СВ, щоб значна частина тесту не була втрачена. З іншого боку, він не повинен бути занадто великим, оскільки він визначає вимір результату тесту, отже, кількість результатів тесту, які можна зберегти в пам'яті. Натиснувши діаграму HELP, у наступному вікні пояснюється визначення термінів

Вибір двох записів. У цьому режимі вимірювання виконується в два етапи, розділені паузою: це дозволяє уникнути втрати роздільної здатності. Можна запрограмувати першу тривалість запису, потім мертвий час, потім другу тривалість запису. У цьому режимі струм котушки та аналоговий вхід не контролюються. Якщо прапорець встановлено, вікно вибору змінюється

Налаштування вимикача та допоміжних каналів

Цей вибір визначає канали, які будуть відстежуватися та записуватися: натиснувши його, відобразиться наступне вікно

У першому наборі вибору, що стосується контактів СВ, можна вибрати, які контакти слід контролювати: «A1 тільки для попередніх випробувань»; «A1 B1 C1» для однокамерного СВ; «Все» для 2-х камерного КБ. Крім того, можна вибрати перевірку резистора перед вставкою

У другому та третьому наборах вибору можна включити перевірку допоміжних входів, позначити їх і вибрати, чи є контакт вологим чи сухим: A1-A2 може відрізнитися від A3-A4.

Налаштування аналогового каналу / котушок

Цей вибір визначає параметри аналогового каналу та струмів котушки, які будуть відстежуватися та записані: при натисканні на нього з'являється наступне вікно.

Перший набір вибору дозволяє окремо визначати діапазони струму закритої та відкритої котушки.

ЗМН	Арк	№ докум.	Пілпис	Дата

Вибране значення має бути більше номінального струму котушки, інакше запис буде обрізано (насичено) у вибраному діапазоні значення, і вимірювання пікового струму буде неможливим. Однак у разі неправильного вибору ніяких пошкоджень вимірювальних ланцюгів не буде.

Для аналогового каналу, якщо прапорець позначено, відображається наступна нижня частина екрана.

Вибір «аналогового входу» означає, що канал підключений до будь-якого іншого джерела, крім датчика руху або тиску: наприклад, допоміжної напруги, або напруги двигуна, або струму двигуна. Після цього вибору з'явиться наступне вікно.

Можна позначити вхід і вибрати діапазон напруги, який має бути більше номінального струму котушки, інакше запис буде обрізаний (насичений) на вибраному значенні діапазону, і реальне вимірювання буде неможливим. Однак у разі неправильного вибору ніяких пошкоджень вимірювальних ланцюгів не буде.

Вибір «Перетворювач ходу» означає, що канал підключений до датчика ходу, і що потрібно перетворити вхідну напругу в: хід, швидкість, прискорення. Програма враховує той факт, що початок ходу не 0 В, а кінець ходу не є напругою, яка живить перетворювач.

Після цього вибору з'явиться наступне вікно.

Ви можете вибрати одиницю вимірювання, і вам потрібно ввести штрих, що відповідає максимальному переміщенню перетворювача; потім програма попросить вас відкрити (або закрити) СВГ і відображає позиції відкриття та закриття та відповідний штрих.

Якщо ви поставите прапорець «Використовувати допоміжний генератор на 5 В для датчика подорожі», це означає, що у вас є підключити перетворювач до вихідних розеток 5 В; в іншому випадку потрібно ввести значення зовнішньої напруги живлення.

ЗМН	Арк	№ докум.	Пілпис	Дата

Вибір «Датчик тиску» означає, що канал підключений до датчика тиску, і що бажано перетворити вхідну напругу в тиск, беручи до уваги той факт, що при нульовій вхідній напрузі тиск може відрізнятись від нуля. Після цього вибору з'явиться наступне вікно.

Можна позначити перетворювач, вибрати одиницю вимірювання, вибрати тиск при 0 В і константу перетворювача $V / \text{тиску}$. З цими параметрами на екрані відобразиться фактичний тиск.

Вибір «Затискач струму» призначений для вимірювання струму за допомогою трансформатора, який виводить напругу з коефіцієнтом, який можна запрограмувати в наступному вікні.

Перевірка мікроомметра

До цього вибору можна отримати доступ, лише якщо доступна опція: натиснувши її, відобразиться наступне вікно.

Вибір «Тест на статичний опір» виконується при підключенні СВА1000 до тестового зразка та вимірюванні його опору. Тестовими зразками можуть бути: з'єднання, основні контакти тощо. Опір основних контактів вимірюється в закритому положенні.

За допомогою вибору «Тест динамічного опору» можна записати основний контактний опір під час замикання перемикача. СВ відкривається перед запуском тесту: СВА1000 видає команду Close; при замиканні контакту випробувальний струм проходить через контакт, і СВА1000 вимірює зміни опору контакту під час замикання. Результатом тесту є профіль опору під час замикання: значення опору контакту менш точне, ніж вимірювання вище, але додатковою інформацією є фактична поведінка контакту при його замиканні.

Якщо вибрати «Тест на статичний опір», відобразиться наступне вікно.

Вибір «Номінальний випробувальний струм» встановлює випробувальний струм, а також діапазон вимірювання опору: 200 А для

діапазону 1 мОм, 80 А для діапазону 10 мОм, 25 А для діапазону 100 мОм.
Після поточного вибору відображається відповідний діапазон опору.

Вибір «Режим тестування» дозволяє виконати одноразове вимірювання або послідовно виміряти опір усіх контактів перемикача. Якщо вибрано «Тест на фазі вимикача», можна вказати фазу АВ та контакт, що перевіряється; результати тесту будуть відображені в зведеній таблиці.

Якщо вибрано «Один тест», відобразиться наступне вікно.

Якщо вибрати «Тест динамічного опору», відобразиться наступне вікно.

Як і вище, вибір «Номінальний випробувальний струм» встановлює випробувальний струм, а також діапазон вимірювання опору: 200 А для діапазону 1 мОм, 80 А для діапазону 10 мОм, 25 А для діапазону 100 мОм.

Після поточного вибору відображається відповідний діапазон опору. Зверніть увагу, що діапазон 1 мОм є типовим.

Як і вище, вибір «Режим тестування» дозволяє виконати одноразове вимірювання або послідовно виміряти опір усіх контактів перемикача. Якщо вибрано «Тест на фазі вимикача», можна вказати фазу АВ та контакт, що перевіряється; результати тесту будуть відображені в зведеній таблиці.

Вибір «показати діаграму» дозволяє спостерігати за результатом тесту як опір проти часова діаграма.

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,

Змн	Арк	№ докум.	Пілпис	Дата

- 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.

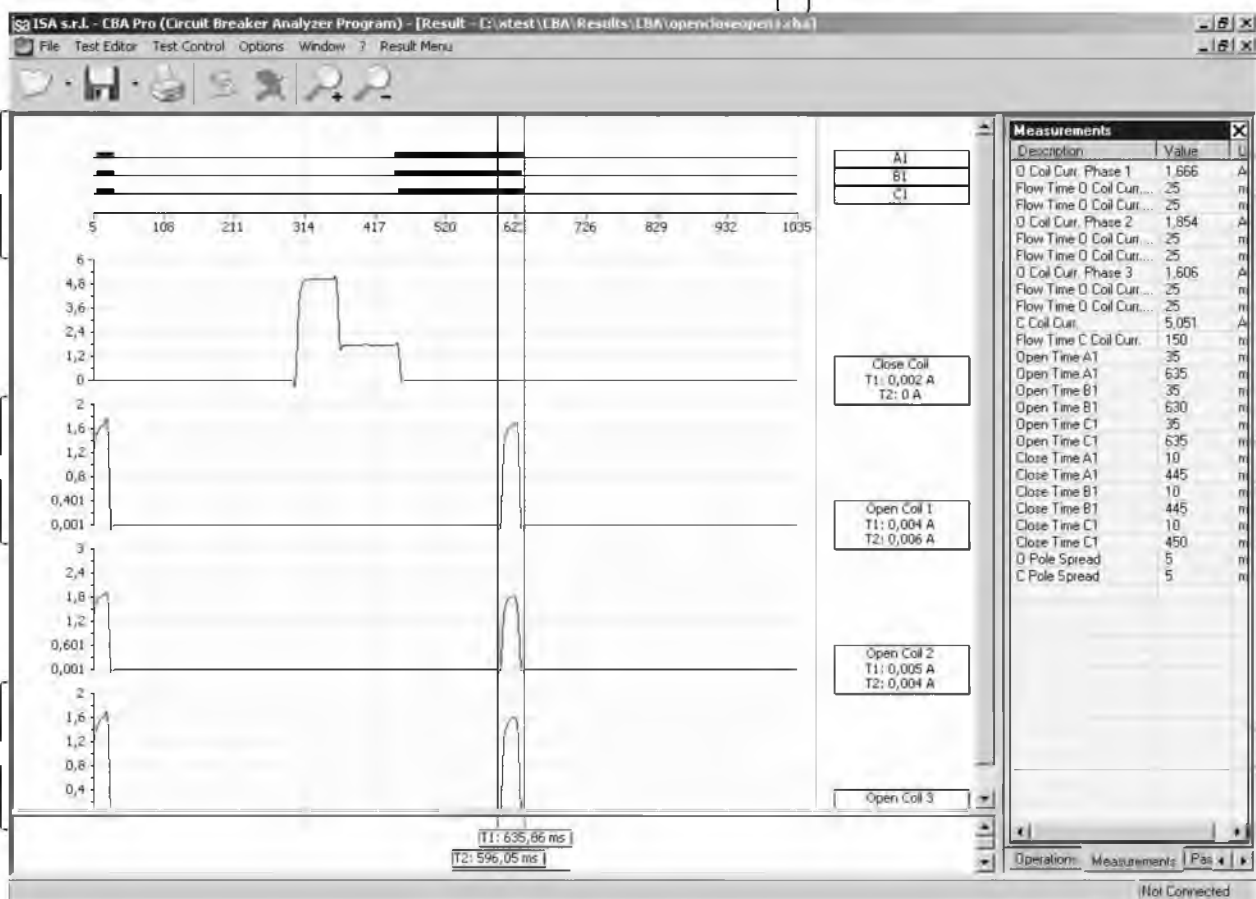


Рис. 5.1 (2). Візуальне відображення інтерфейсу користувача ПЗ

5.2. Технічні характеристики випробувального апарату

Управління електромагнітами ВКЛ/ВИКЛ

ЗМН	АПК	№ докум	Підпис	Дата

НУБІП України

- кількість каналів керування електромагнітами (ЕМ):
 - 1 ЕМ ВКЛ і 1 ЕМ ВИКЛ;
- тип керування: електронний, що забезпечує кращий контроль часових характеристик;

НУБІП України

- максимальна напруга: 300 В постійного струму;
- максимальний струм: 30 А постійного струму;
- погрішність вимірювань часу: 0,025% вим.знач. +100 мкс;

НУБІП України

- у випадку комплектації чотирма каналами керування ЕМ доступна можливість пофазного відключення вимикача;
- вимірювання струму ЕМ – по одному на канал з можливістю відображення форми сигналу;

НУБІП України

- діапазони вимірювань струму ЕМ: 2,5; 10 і 25 А;
- погрішність вимірювань струму ЕМ: 0,5 зм знач. + 0,1 діап.;
- всі виходи ізольовані один від одного.

НУБІП України

Контроль основних контактів

- основних контактів (розриви на фазу) з можливістю перевірки контактів з шунтуючими резисторами;
- діапазом опору шунтуючих резисторів: 25 Ом – 10 кОм;

НУБІП України

- випробувальна напруга: 24 В;
- випробувальний струм: 50 мА;
- всі виходи ізольовані один від одного.

НУБІП України

Контроль допоміжних контактів

										Арк
Змн	Арк	№ докум.	Піппис	Дата						60

• 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 ± 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;

ЗМН	Арк	№ док.м.	Пілпис	Дата

• 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 вказує миттєве положення силового вимикача під час роботи.

Вона надає важливу інформацію, таку, як загальний хід, брязкіт, довжина ходу і положення рухомих контактів і т.д.

ЗМН	Арк	№ докум.	Пілпис	Дата

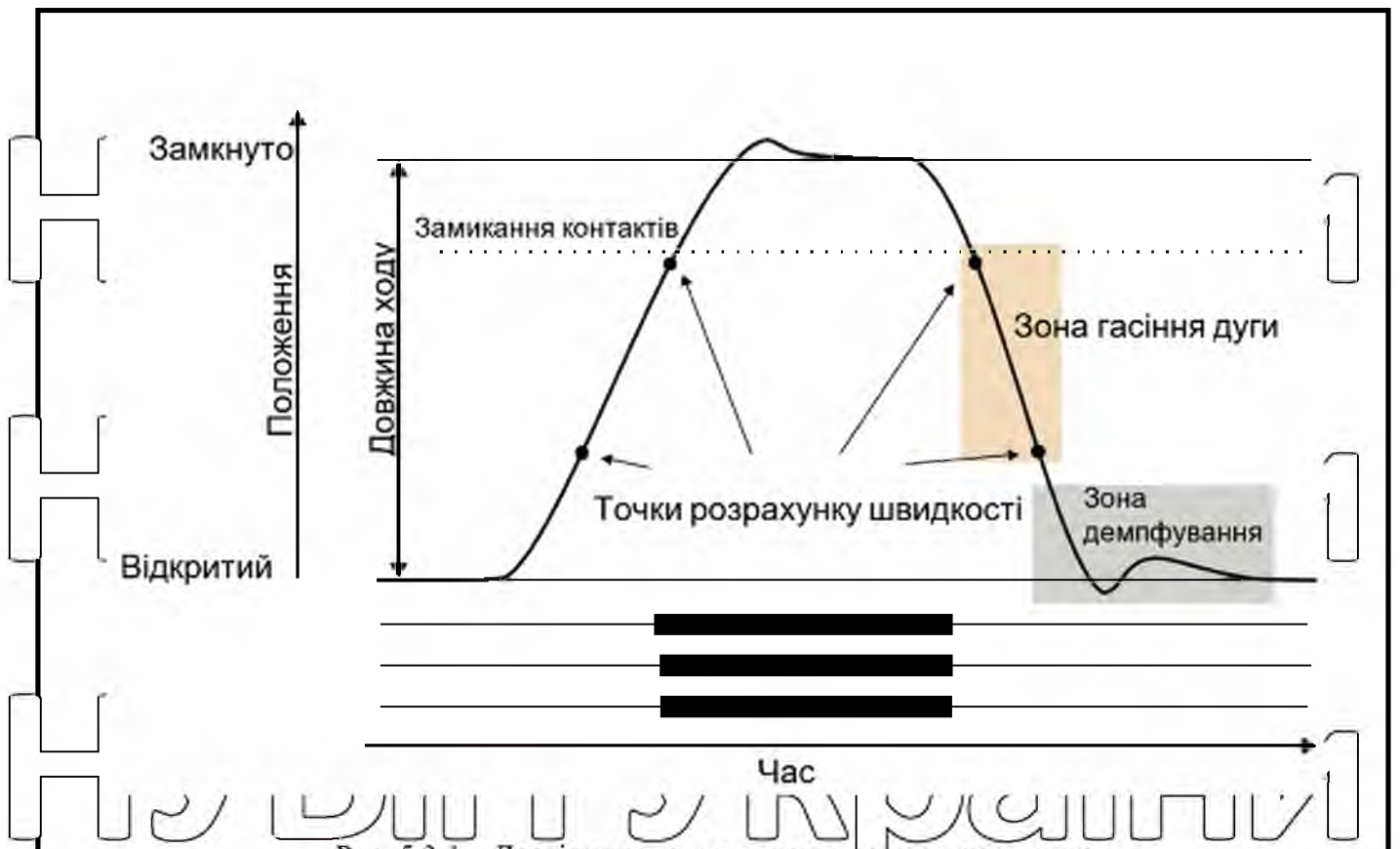


Рис. 5.3.1 – Досліджувана часо-струмова характеристика

5.4. Схема керування процесом випробувань

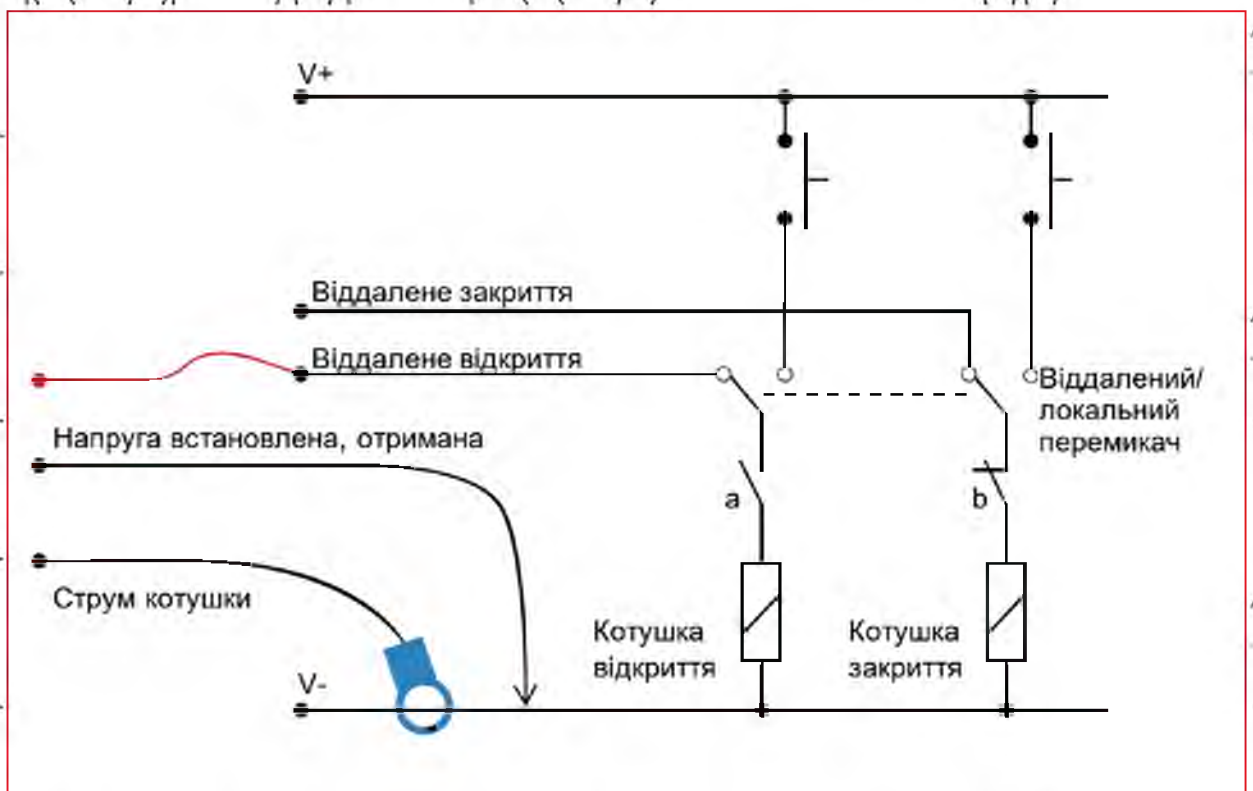


Рис. 5.4.1 – Схема керування і зняття показників випробування

НУБІП України

					Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата	63

5.5. Етапи випробування силових вимикачів

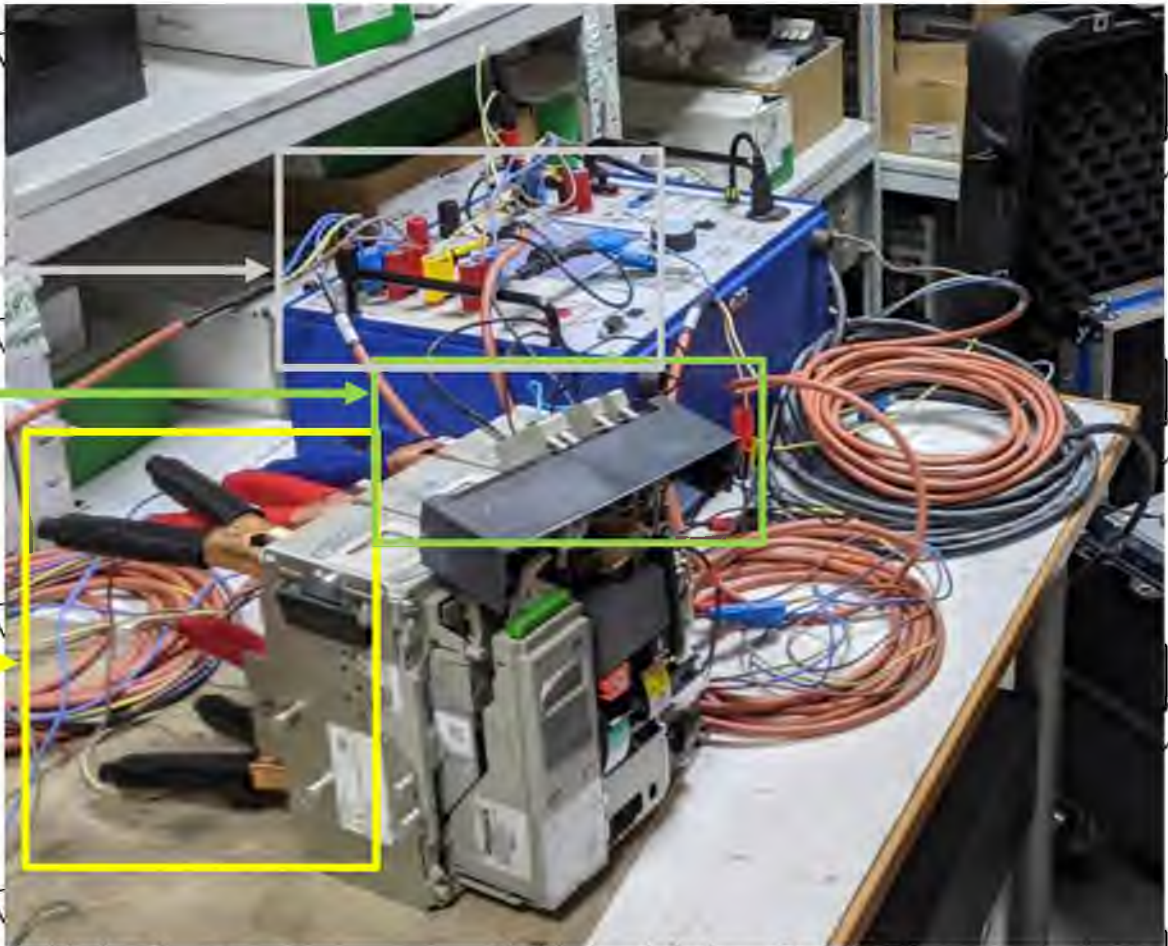
- вимір опору ізоляції (рухомих і направляючих частин, виконаних з органічних матеріалів, вторинних ланцюгів, електромагнітів включення і відключення)
- випробування ізоляції підвищеною напругою промислової частоти (ізоляції вимикачів відносно корпусу або опорної ізоляції, ізоляції вторинних ланцюгів і обмоток електромагнітів включення і відключення);
- вимір опору постійному струму (контактів масляних вимикачів; шунтуючих резисторів дугогасильних пристроїв; обмоток електромагнітів включення і відключення);
- випробування вимикача багаторазовими включеннями і відключеннями.

5.6. Виконання фізичної схеми керування та вимірювання



Рис. 5.6.1 – Виконання випробувань вакуумного вимикача в лабораторних умовах

Змн	Арк	№ докум	Пілпис	Дата



затискачі типу «кркодил» для вимірювання стану силових контактів;

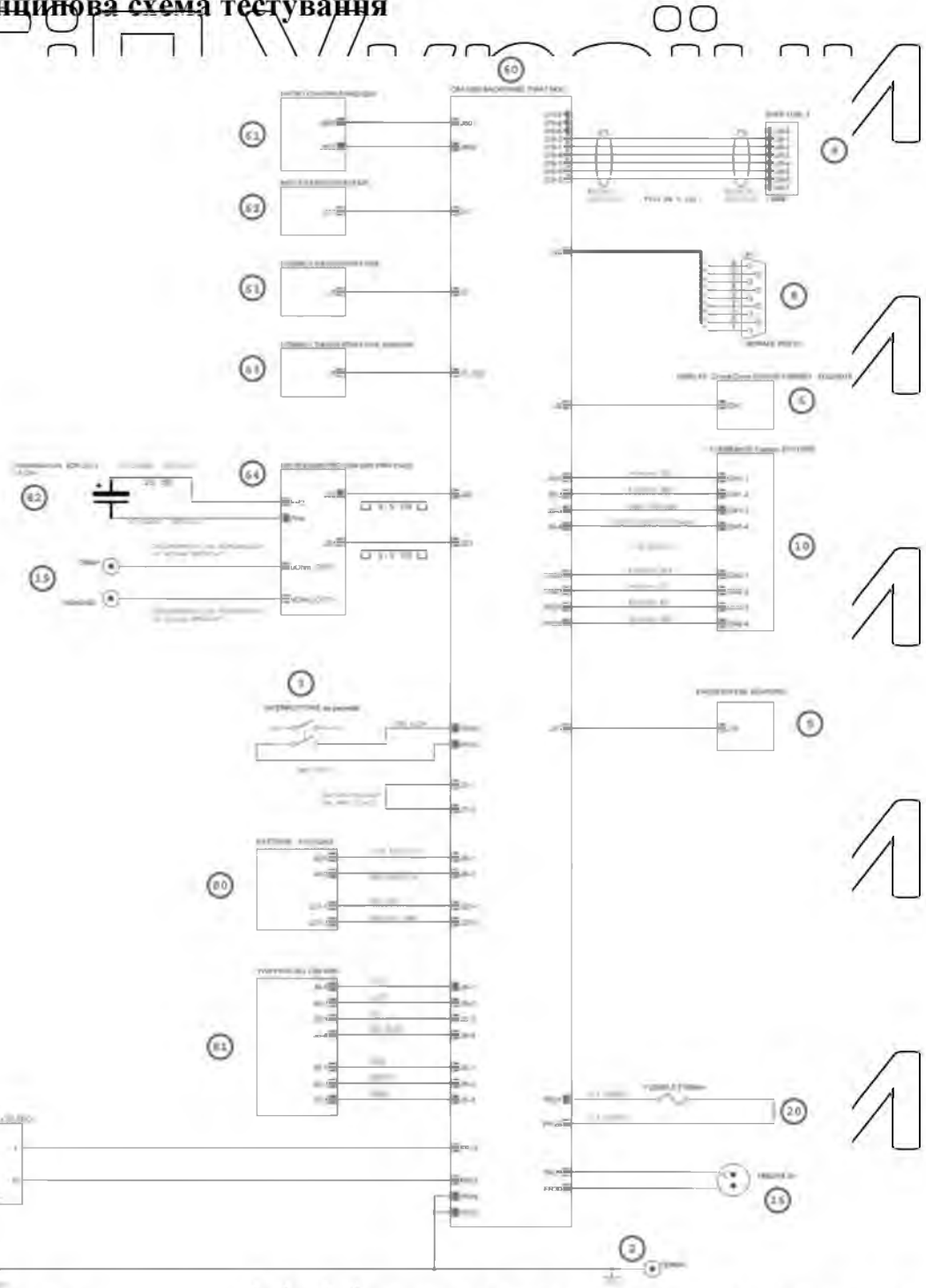
підключення каналів керування: сигнал на включення електромагнітних котушок «Увімкнути» і «Вимкнути»;

порти підключення вимірювальних клем до апарату випробувального комплексу.

Рис 5.6.2. Виконання з'єднань

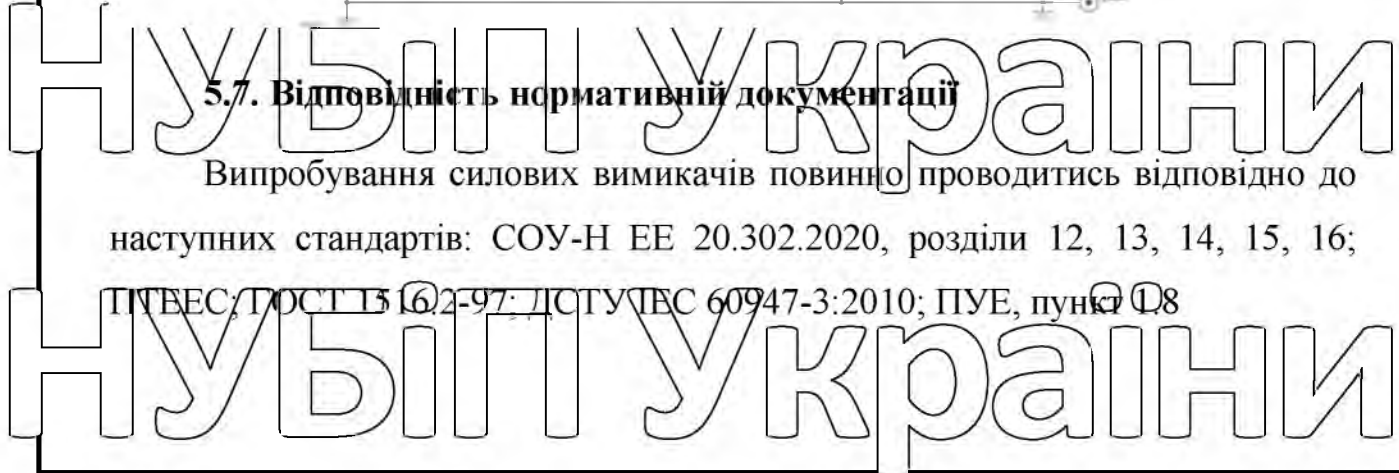
Змн	Арк	№ докум	Пілпис	Дата

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; ПУБЕС, ГОСТ 13 16.2-97; ДСТУ ПЕС 60947-3:2010; ПУЕ, пункт 1.8



					Арк
Змн	Арк	№ докум	Піппис	Дата	66

ВИСНОВКИ

Здатність розірвати струм в електричному колі є необхідною для гарантії безпеки людей і майна у разі несправностей, а також для контролю розподілу та використання електричної енергії. Метою цієї методики є детальна інформація про переваги, недоліки та сфери застосування минулих і сучасних методів відключення середньої напруги. Визначивши течії, які підлягають розриву, та обговоривши руйнування на теоретичному рівні, переходимо до розриву в повітрі, маслі та в SF₆.

Протягом кількох десятиліть інженери прагнули розробити автоматичні вимикачі без дуг або рухомих частин, зокрема, використовуючи електронні компоненти. Тиристри дозволяють виготовляти розривні пристрої, поведінка яких може бути близькою до ідеального вимикача, оскільки вони розривають струм, коли він стає нульовим; крім того, їх витривалість виняткова за нормальних умов експлуатації. На жаль, окрім їх вартості, статичні компоненти мають кілька недоліків: с висока тепловіддача, с висока чутливість до перенапруг і надструмів, струм витoku в заблокованому стані, з обмеженням зворотної напруги. Ці характеристики змушують їх комбінувати з: з радіаторами, з пристроями захисту від перенапруги, з надшвидкими запобіжниками, з перемикачами чи ізоляторами, і звичайно, електронними системами керування.

Напівпровідники: тиристри, GTO, IGBT досягли величезного прогресу і широко використовуються в НН у різних застосуваннях, наприклад, для виробництва контакторів щоразу, коли робоча швидкість дуже висока. У НН тиристри розміщуються в пристроях регулювання імпедансу, що включають власне реактори та конденсатори, у FACTS - Гнучкі системи передачі змінного струму -, роль яких полягає в оптимізації та стабілізації мережі та в розподільних мережах.

ЗМН	Арк	№ док.ум.	Пілпис	Дата

Перспективами використання та розвитку апаратно-програмних комплексів, що об'єднують у собі можливість виконання випробувань різних типів з подальшим отриманням коректних результатів випробувань та вимірювань характеристик без можливості впливу людського фактору на процес проведення обрахунків та створення часо-струмових характеристик у вигляді графіків.

Досліджуваний випробувальний комплекс передбачає видачу результатів виконання обов'язкових процедур у вигляді готових даних, готових до внесення у протокол випробувань.

Тому використання СВА 1000 є обґрунтовано вигідним в плані точності отримуваних даних, достовірності, відповідності виконаних процедур випробування, а також зручності у використанні.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

					Арк
ЗМН	Арк	№ док.ум.	Піппис	Дата	68

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Thepleyre 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. Пястолов А.А., Ерошенко Л.П. Эксплуатация электрооборудования. - М; Агропромиздат, 1990. – 287 с.
7. Г.П. Ерошенко, А.А. Пястолов. Курсовое и дипломное проектирование по эксплуатации электрооборудования. - М.: Агропромиздат, 1988 - 160 с.
8. Лут М.Т., Мірошник О.В., Трунова І.М. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК.: Підручник для студентів ВНЗ. – Харків, Факт, 2008. – 438 с.
9. Ермолаев С.О., Яковлев В.Ф. Эксплуатация и ремонт электрообладнання та засобів автоматизації /За ред. С.О. Ермолаєва. – К.: Урожай, 1996 – 336 с.
10. Коган Ф.Л. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования – ЗАО «Энергосервис», 2001. – 437

Змн	Арк	№ докум.	Піппис	Лата

11. Афанасьев Н.А., Юсипов М.А. Система технического обслуживания и ремонта энергохозяйств промышленных предприятий. Энергоатомиздат, 1989 – 516

12. Васильев С.Е., Забарский Б.М., Забокрицкий Е.И., Холодовский Б.А. Справочник по наладке электроустановок и электроавтоматики/ Научная думка, Київ, 1971 – 614

13. Образцов В.А. Уход за контактами низковольтных аппаратов, Москва, Госэнергоиздат, 1959 – 59

14. Дорошев К.И. Выключатели и измерительные трансформаторы в КРУ 6/220 кВ/ Москва, Энергоатомиздат, 1990 – 150

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

						Арк
ЗМН	Арк	№ докум.	Піппис	Дата		70